

УДК 674.023

ОБРАБОТКА КРОМОК ФАНЕРЫ РЕЗАНИЕМ© *И.Т. Глебов., канд. техн. наук, доц.**В.В. Глебов, магистрант*

Уральский государственный лесотехнический университет, Сибирский тракт, 37,

г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: GIT5@yandex.ru

Клееная фанера широко используется в народном хозяйстве. Однако методик расчета режимов резания и экспериментальных исследований по обрабатываемости резанием кромок фанеры нет, поэтому получение такой информации актуально. Процесс фрезерования кромок фанеры можно рассматривать как процесс перерезания волокон древесины листов шпона и перерезания клеевых слоев. При фрезеровании кромок фанеры в продольных слоях выполняется резание шпона вдоль волокон. Угол встречи вектора скорости главного движения с направлением волокон древесины в этом случае составляет 0° . При фрезеровании поперечных листов шпона выполняется торцовое резание с углом встречи 90° . Таким образом, сопротивление при фрезеровании фанеры можно рассматривать как сумму сопротивлений перерезанию волокон уплотненной древесины в продольных и поперечных слоях и сопротивлений перерезанию клеевых пленок. Показано, что поправочный коэффициент, учитывающий изменение удельной силы резания от плотности фанеры, для продольных слоев равен 1,20, а для поперечных слоев фанеры – 1,21. Коэффициент, учитывающий перерезание пленок связующего, принят равным 1,07...1,25 (для тонкой фанеры следует принимать большее значение этого коэффициента). Предложен расчетный метод, по которому для заданных режимов резания получены расчетные данные касательной силы резания. Далее для этих же режимов резания на экспериментальной установке получены экспериментальные данные для касательной силы резания. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных позволило сделать вывод об их удовлетворительной сходимости. Предложенный расчетный метод можно рекомендовать для решения практических задач.

Ключевые слова: кромки фанеры, фрезерование, строгание, продольные слои, поперечные слои, сила резания.

Фанера представляет собой древесный материал, состоящий из нескольких склеенных листов лущеного шпона при взаимно перпендикулярном расположении волокон древесины в смежных листах. Из-за пластических деформаций листов шпона при горячем прессовании плотность фанеры превышает плотность массивной древесины. Обычно считают, что плотность фанеры на 18...20 % выше плотности массивной древесины.

Фанера широко используется в строительстве, машино- и судостроении, домостроении, производстве мебели. При механической обработке кромки листов фанеры формируют пилением, фрезерованием, строганием, шлифованием.

Изучение специальной литературы теории резания нет информации по обработке фанеры и расчетного метода сил резания и мощности резания.

Целью настоящей работы является расчетного метода, позволяющего резания при фрезеровании и строгании общего назначения [2].

Процесс фрезерования кромок фанеры рассматривать как процесс перерезания древесины листов шпона и клеевых слоев

На приведенной схеме волокна древесины шпона 2 фанеры расположены направлению скорости подачи V_s . фрезы 1 выполняют торцово-продольное резание. В смежных листах шпона 3 волокна древесины расположены параллельно направлению V_s , режущие кромки фрезы в этих листах выполняют продольно-торцовое резание.

При диаметре окружности резания фрезы D и глубине фрезерования t угол подачи, измеряемый на середине дуги контакта между векторами скоростей главного движения (резания) и подачи,

$$\mu = \arcsin \sqrt{\frac{t}{D}}.$$

При продольно-торцовом резании угол встречи (перерезания волокон) равен $\varphi_b = \mu$, при торцово-продольном резании – $\varphi_b = 90^\circ - \mu$.

Слои фанеры, волокна древесины в которых расположены параллельно направлению вектора скорости подачи, назовем продольными, при перпендикулярном расположении волокон к вектору скорости подачи – поперечными.

При строгании кромок фанеры в продольных слоях выполняется резание вдоль волокон и угол встречи $\varphi_b = 0^\circ$ (вектор скорости главного движения \bar{V} параллелен направлению волокон), а в поперечных слоях выполняется торцовое резание с углом встречи $\varphi_b = 90^\circ$.

Если лист фанеры имеет n_c слоев (изготовлен из n_c листов шпона) и лицевые слои обрабатываются при торцово-продольном резании (\perp -//), то таких поперечных слоев в листе фанеры будет

$$n_{\perp} = \frac{n_c - 1}{2} + 1,$$

продольных слоев с продольно-торцовым резанием (//- \perp)

$$n_{//} = \frac{n_c - 1}{2}.$$

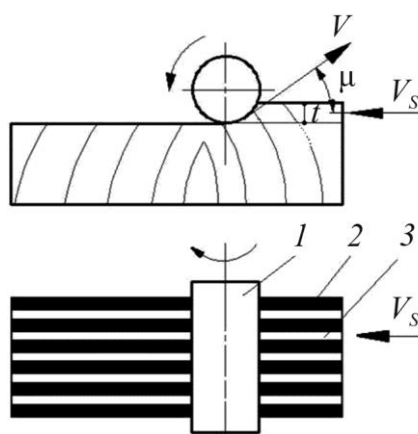


Рис. 1. Фрезерование кромок фанеры (V – скорость главного движения фрезы, V_s – скорость подачи).

показало, что в механической для определения

разработка находить силы кромок фанеры

можно волокон (рис. 1).

лицевых листов перпендикулярно Режущие кромки

Если в листе фанеры лицевые слои обрабатываются при продольно-торцовом резании, то таких продольных слоев будет

$$n_{//} = \frac{n_c - 1}{2} + 1,$$

поперечных слоев с продольно-торцовым резанием (\perp -//)

$$n_{\perp} = \frac{n_c - 1}{2}.$$

Таким образом, сопротивление при фрезеровании фанеры можно рассматривать как сумму сопротивлений перерезанию волокон уплотненной древесины в продольных и поперечных слоях и сопротивлений перерезанию клеевых пленок.

Учет изменения плотности слоев фанеры

Для расчета силы резания можно найти удельную силу резания для массивной древесины заданной породы, а затем, зная, что плотность фанеры превышает плотность массивной древесины в среднем на 18...20 %, определить поправочный коэффициент, учитывающий изменение плотности фанеры. Изменение удельной силы резания ($F_{y\partial}$, МПа) от плотности древесины ρ для главных видов резания графически показано в работе Е.Г. Ивановского [3]. Линию тренда этой зависимости можно описать следующими уравнениями:

для продольного резания

$$F_{y\partial//} = -4,43 + 73,2\rho; \quad (1)$$

для торцового резания

$$F_{y\partial\perp} = -15,6 + 156,47\rho, \quad (2)$$

где ρ – плотность, г/см^3 , массивной древесины при влажности 12 %.

Поправочный коэффициент $\alpha_{пл}$, учитывающий изменение удельной силы резания от плотности фанеры для продольных слоев:

$$\alpha_{пл//} = \frac{-4,43 + 73,2 \cdot 1,18\rho}{-4,43 + 73,2\rho}. \quad (3)$$

Для древесины березы плотностью $\rho = 0,63 \text{ г/см}^3$ поправочный коэффициент для продольных слоев $\alpha_{пл//} = 1,199$, для поперечных – $\alpha_{пл\perp} = 1,21$.

Расчет касательной силы резания

Ниже приведен расчет режимов резания кромок фанеры, основанный на использовании метода А.Л. Бершадского, который обычно применяют для расчета режимов резания массивной древесины. Для простоты иллюстрации рассмотрим его на примере.

Дано. На станке выполняется строгание кромок листов березовой фанеры (заготовки поступательно перемещаются относительно неподвижного ножа). Количество слоев березового

шпона в фанере $n_c = 7$. В лицевых слоях волокна древесины расположены параллельно направлению вектора скорости главного движения (т. е. они продольные). Скорость главного движения

$V = 0,035$ м/с; угол резания ножа $\delta = 55^\circ$; толщина срезаемого слоя $a = 0,10; 0,15; 0,20; 0,25$ мм. Ширина строгания $b = 9$ мм. Радиус закругления режущей кромки ножа $\rho_0 = 10$ мкм.

Принято: коэффициент породы $a_n = 1,25$ (береза); коэффициенты, учитывающие изменение удельной силы резания при уплотнении продольных и поперечных слоев фанеры $a_{пл//} = 1,20$, $a_{пл\perp} = 1,21$; коэффициент, учитывающий перерезание пленок связующего $a_{св} = 1,07 \dots 1,25$ (для тонкой фанеры следует принимать большее значение $a_{св}$).

Определить: касательную силу резания.

Решение

1. Ширина одного срезаемого слоя (шпона) фанеры

$$b_c = \frac{b}{n_c} = \frac{9}{7} = 1,29 \text{ мм.}$$

2. Находим количество продольных и поперечных слоев фанеры, если лицевые слои продольные: продольных слоев (в них осуществляется продольное резание)

$$n_{//} = \frac{n_c - 1}{2} + 1 = \frac{7 - 1}{2} + 1 = 4 \text{ шт.};$$

поперечных слоев (в них осуществляется торцовое резание)

$$n_{\perp} = \frac{n_c - 1}{2} = \frac{7 - 1}{2} = 3 \text{ шт.}$$

3. Находим фиктивную силу резания из формул для продольно-торцового резания древесины сосны:

для продольных слоев (угол встречи с волокнами $\varphi_b = 0^\circ$)

$$p_{//} = 1,57 + 3,23 \sin_{\varphi_b}^{1,25} = 1,57 + 3,23 \sin^{1,25} 0^\circ = 1,57 \text{ Н/мм};$$

для поперечных слоев (угол встречи с волокнами $\varphi_b = 90^\circ$)

$$p_{\perp} = 1,57 + 3,23 \sin_{\varphi_b}^{1,25} = 1,57 + 3,23 \sin^{1,25} 90^\circ = 4,8 \text{ Н/мм.}$$

4. Касательное давление срезаемого слоя на переднюю грань лезвия для древесины сосны [1]:

для продольных слоев

$$\begin{aligned} k_{//} &= 0,196\delta + 0,069V' - 5,4 + (0,354\delta + 0,127V' - 14,22)\sin^{1,25} \varphi_b = \\ &= 0,196 \cdot 55 + 0,069(90 - 0,035) - 5,4 + (0,354 \cdot 55 + 0,127(90 - 0,035) - \\ &\quad - 14,22)\sin^{1,25} 0^\circ = 11,59 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

для поперечных слоев

$$k_{//\perp} = 0,196\delta + 0,069V' - 5,4 + (0,354\delta + 0,127V' - 14,22) \sin^{1,25} \varphi_B =$$

$$= 0,196 \cdot 55 + 0,069(90 - 0,035) - 5,4 + (0,354 \cdot 55 + 0,127(90 - 0,035) -$$

$$- 14,22) \sin^{1,25} 90^\circ = 28,26 \text{ МПа.}$$

5. Коэффициент затупления для острого лезвия $\alpha_p = 1$.

6. Средняя сила резания на ноже

$$F_{x \text{ зуб}} = a_{\text{п}} a_{\text{св}} [a_{\text{пл//}} (\alpha_p p_{//} + k_{//} a) b_c n_{//} + a_{\text{пл}\perp} (\alpha_p p_{\perp} + k_{\perp} a) b_c n_{\perp}] =$$

$$= 1,25 \cdot 1,07 \cdot [1,2 (1 \cdot 1,57 + 11,59 \cdot 0,1) 1,29 \cdot 4 + 1,21 (1 \cdot 4,8 + 28,26 \cdot 0,1) 1,29 \cdot 3] =$$

$$= 70,4 \text{ Н.}$$

Результаты расчета для других значений толщины срезаемого слоя приведены ниже:

a , мм	0,10	0,15	0,20	0,25
$F_{x \text{ зуб}}$, Н	70,4	84,0	97,7	111,3

Для оценки расчетных данных в лаборатории кафедры станков и инструментов УГЛТУ исследовано продольное и поперечное строгание кромок 5-(толщина 6 мм, плотность $\rho = 0,770 \text{ г/см}^3$) и 7-слойной (толщина 9 мм, плотность $\rho = 0,708 \text{ г/см}^3$) фанеры. Остальные условия опытов приведены в выше приведенном примере.

Для измерения силы резания использовали двухкоординатный тензометрический динамометр. Для получения и обработки данных была выбрана аппаратно-программная среда LabView, которая преобразует аналоговый сигнал в цифровой и позволяет создавать, хранить и обрабатывать базы данных на компьютере.

Пример полученного графика зависимости сил резания от толщины срезаемого слоя при продольном строгании кромок фанеры приведен на рис. 2.

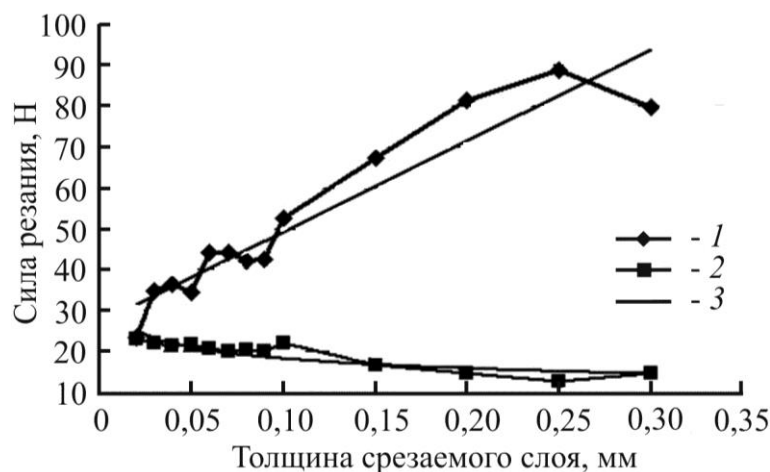


Рис. 2. Зависимость касательной F_x (1) и нормальной F_z (2) сил резания от толщины срезаемого слоя при продольном строгании кромок березовой фанеры толщиной 6 мм:

1, 2 – эксперимент; 3 – линии тренда

Расчетные и экспериментальные значения касательной силы резания F_x при продольном строгании фанеры

Количество слоев фанеры	Толщина срезаемого слоя, мм				
	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
<i>Экспериментальные данные</i>					
5	52,7	67,1	81,2	88,6	79,6
7	71,3	88,1	93,1	93,1	–
<i>Расчетные данные</i>					
5	53,0	63,3	73,7	84,0	94,3
7	70,4	84,0	97,7	111,3	–
<i>Погрешность, %, по отношению к экспериментальным данным</i>					
5	–0,7	5,6	9,3	5,2	–18,5
7	1,2	4,6	–4,9	–19,6	–

Принятые линии тренда описаны следующими уравнениями:

$$-F_x = 26,92 + 222,68a \text{ (достоверность аппроксимации } R^2 = 0,90 \text{)};$$

$$-F_x = 11,357a^{-0,2056} \text{ (} R^2 = 0,77 \text{)}.$$

При резании поперечных слоев наблюдаются вырывы волокон древесины, что приводит к уменьшению сил резания, особенно при $a \geq 0,2$ мм.

Сравнение результатов расчета с экспериментальными данными приведено в таблице.

Выводы

1. В фанере можно выделить продольные (в них осуществляется резание вдоль волокон при строгании или продольно-торцовое при фрезеровании) и поперечные (в них осуществляется резание в торец при строгании или торцово-продольное при фрезеровании) слои.
2. По предлагаемому расчетному методу сила резания складывается из сопротивлений резанию в продольных и поперечных слоях с учетом коэффициента упрессовки слоев фанеры и перерезания смоляных пленок.
3. Сравнение расчетных данных по предлагаемому методу с экспериментальными показано удовлетворительную сходимость, т. е. предлагаемый расчетный метод можно рекомендовать для использования на практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Глебов И.Т.* Резание древесины: учеб. пособие. СПб.: Изд-во «Лань», 2010. 256 с.
2. ГОСТ 3916.1–96. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1999. 12 с.
3. *Ивановский Е.Г.* Резание древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 200 с.

Поступила 07.08.12