

РЕЖИМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ КРОМОК ФАНЕРЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

In this article the research results of technological parameters influence on tool life and processing quality for plywood edge milling are offered.

Качественная обработка кромок фанеры методом цилиндрического фрезерования может быть достигнута только при правильном выборе режима обработки и соответствующей подготовке режущего инструмента. По мере работы режущие элементы затупляются, и качество обработки ухудшается. В то же время для обеспечения высокой производительности требуется подобрать режим, который бы обеспечил наибольший срок службы дереворежущего инструмента без снижения качества фрезерования кромок фанеры.

Наблюдения показали, что первым появляющимся дефектом на поверхности кромки является концевой скол. Это предопределило выбор данного дефекта критерием качества обработки. Для научного обоснования выбора режима фрезерования необходимо исследовать влияние основных технологических факторов процесса (средней толщины стружки, скорости резания, толщины срезаемого слоя, угла резания) на технологическую стойкость, т. е. на путь резания до появления указанного дефекта.

Для решения поставленной задачи были проведены экспериментальные исследования с применением методов планирования, целью которых являлось получение регрессионной модели, дающей математическое описание влияния

указанных факторов на технологическую стойкость в виде уравнения второго порядка. Условия проведения эксперимента представлены в таблице.

На основании рекомендаций профессора Пижурина А. А. [1] для получения регрессионной модели в качестве метода планирования эксперимента принят план B_4 .

Статистическая обработка полученных данных позволила получить искомую регрессионную модель технологической стойкости фрезерного инструмента при обработке кромок фанеры общего назначения по выбранному критерию качества:

$$L = 2398,0 - 23\,385,6 \cdot a + 397,5 \cdot V + 835,1 \cdot h + 71,5 \cdot \delta + 38\,253,3 \cdot a^2 - 581,6 \cdot a \cdot V + 1247,1 \cdot a \cdot h + 10,7 \cdot V \cdot h - 2,4 \cdot V \cdot \delta - 26,4 \cdot h \cdot \delta. \quad (1)$$

Полученное выражение (1) позволяет прогнозировать путь резания до появления концевых сколов в зависимости от режима обработки и изучить влияние режимных факторов на технологическую стойкость. Анализ влияния технологических факторов на путь резания по критерию качества проведен по графическим зависимостям, причем зависимости 1, 2 и 3 построены соответственно на верхнем, нулевом и нижнем уровнях варьирования переменных факторов.

Таблица

Условия проведения опытов

Факторы	Условное обозначение	Уровень варьирования			Интервал варьирования Δ
		нижний (-1)	основной (0)	верхний (+1)	
1. Переменные факторы:					
1.1. Толщина стружки, мм	$X_1[a]$	0,15	0,30	0,45	0,15
1.2. Скорость резания, м/с	$X_2[V]$	20	35	50	15
1.3. Величина припуска, мм	$X_3[h]$	1,5	3,0	4,5	1,5
1.4. Угол резания, град	$X_4[\delta]$	50	60	70	10
2. Постоянные факторы:					
2.1. Исследуемый материал	Фанера береза/береза, ФК, IV/IV				
2.2. Направление резания	продольное				
2.3. Ширина фрезерования B , мм	21				
2.4. Диаметр фрезы D , мм	180				
2.5. Задний угол α , град	15				
2.6. Начальный радиус округления режущей кромки ρ_0 , мкм	5+7				
2.7. Материал ножа	Твердый сплав ВК6				

На рис. 1 представлена зависимость пути резания L от толщины срезаемой стружки a .

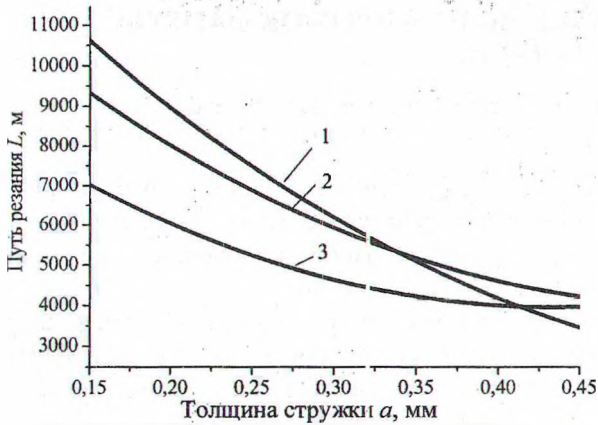


Рис. 1. Влияние толщины стружки на путь резания

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1. $V = 50$ м/с | 2. $V = 35$ м/с | 3. $V = 20$ м/с |
| $h = 4,5$ мм | $h = 3,0$ мм | $h = 1,5$ мм |
| $\delta = 70^\circ$ | $\delta = 60^\circ$ | $\delta = 50^\circ$ |

Очевидно, что во всех случаях с увеличением толщины стружки возможный путь резания уменьшается по параболической зависимости. Увеличивающаяся интенсивность падения, наблюдаемая для кривых, возможно, связана с протеканием процесса фрезерования при больших углах резания, в то время как последними и определяется плавность схода стружки.

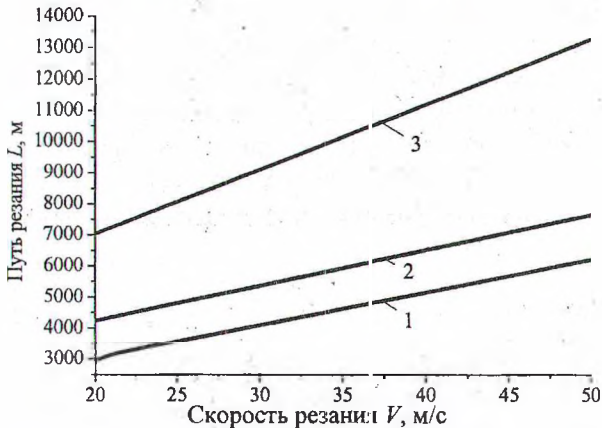


Рис. 2. Влияние скорости резания на путь резания

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1. $a = 0,45$ мм | 2. $a = 0,30$ мм | 3. $a = 0,15$ мм |
| $h = 4,5$ мм | $h = 3,0$ мм | $h = 1,5$ мм |
| $\delta = 70^\circ$ | $\delta = 60^\circ$ | $\delta = 50^\circ$ |

На рис. 2 представлена зависимость пути резания от скорости резания. С увеличением скорости резания возможный путь резания увеличивается по линейному закону. Положительное влияние скорости резания на качество обработки отмечается и для древесины. Рядом ученых этот факт объясняется влиянием инерционного «подпора» [2]. При фрезеровании кромок фанеры увеличение скорости резания с 20 до 50 м/с увеличивает возможный путь реза-

ния и производительность, что позволяет рекомендовать проведение обработки кромок фанеры при скорости 50 м/с.

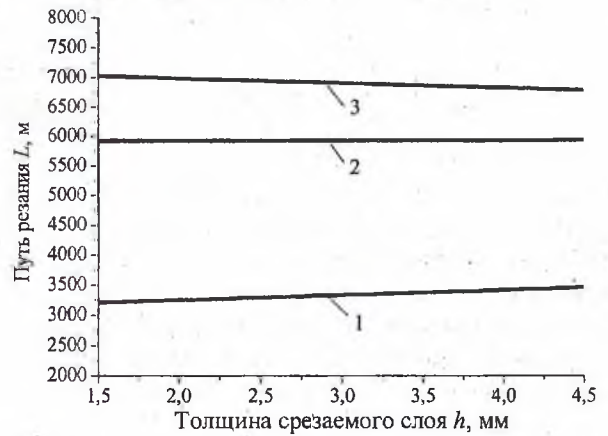


Рис. 3. Зависимость пути резания от толщины срезаемого слоя

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1. $a = 0,45$ мм | 2. $a = 0,30$ мм | 3. $a = 0,15$ мм |
| $V = 50$ м/с | $V = 35$ м/с | $V = 20$ м/с |
| $\delta = 70^\circ$ | $\delta = 60^\circ$ | $\delta = 50^\circ$ |

Влияние толщины срезаемого слоя на путь резания по критерию качества представлен на рис. 3. Очевидно, что влияние этого фактора пренебрежимо мало. Столь незначимое влияние толщины срезаемого слоя объясняется тем, что обработанная поверхность кромки фанеры формируется только в начале дуги контакта режущего элемента фрезы с обрабатываемым материалом.

На рис. 4 представлена зависимость пути резания по выбранному критерию качества от угла резания. Из построения следует, что увеличение угла резания δ , а соответственно, уменьшение переднего угла γ приводит к уменьшению технологической стойкости фрезерного инструмента при обработке кромок фанеры. Причиной этого является ухудшение условий стружкообразования. Разную интенсивность падения кривых, вероятно, предопределяет толщина стружки. Так, при срезании тонких стружек угол резания слабо влияет на качество обработки. Ввиду небольшой жесткости такая стружка плавно сходит по передней поверхности резца. В свою очередь, толстые стружки обладают значительной жесткостью, и уменьшение переднего угла резко сказывается на качестве обработки.

В данном случае на основе исследований можно рекомендовать для обработки кромок фанеры общего назначения выбирать, по возможности, меньший угол резания. Однако уменьшение угла резания δ при постоянном заднем угле α приведет к уменьшению угла заострения ножа β , а значит, сократит число возможных переточек ножа [3].

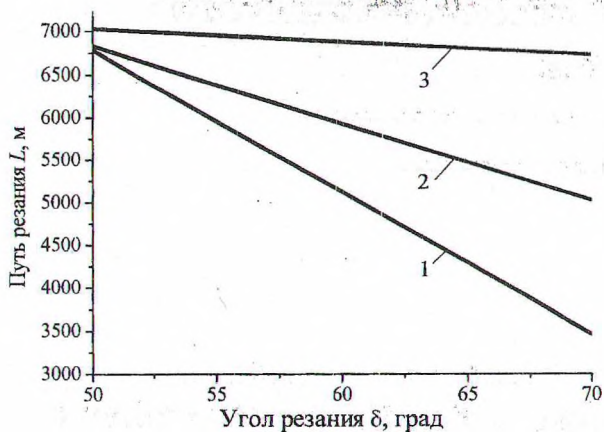


Рис. 4. Зависимость пути резания от угла резания

1. $a = 0,45$ мм	2. $a = 0,30$ мм	3. $a = 0,15$ мм
$V = 50$ м/с	$V = 35$ м/с	$V = 20$ м/с
$h = 4,5$ мм	$h = 3$ мм	$h = 1,5$ мм

Для оценки эффективности того или иного режима технологическую стойкость удобнее выражать не через путь резания L , а через количество погонных метров обработанного материала S . Количество обработанного материала с учетом числа ножей в фрезе z может быть найдено по формуле

$$S = \frac{a \cdot z \cdot L}{h} \quad (2)$$

Исходя из формул (1) и (2), увеличение толщины срезаемого слоя уменьшает возможное количество обрабатываемого материала, поэтому как в целях ресурсо- и энергосбережения, так и в целях увеличения производительности следует рекомендовать минимальное значение припуска на обработку. Для исследуемого диапазона варьирования толщина срезаемого слоя должна составлять 1,5 мм.

Для определения значений средней толщины стружки и угла резания, которые обеспечивают наибольший срок службы фрезерного инструмента, была решена задача оптимизации.

Условие максимума суммарной стойкости инструмента по критерию качества обработки, выраженной через возможное количество обработанного материала, может быть записано как

$$S \cdot m \rightarrow \max, \quad (3)$$

где m – число возможных переточек инструмента.

Число возможных переточек может быть определено по формуле

$$m = \frac{c}{k} \cdot \sin \beta, \quad (4)$$

где c – допустимая величина стачивания, мм; k – величина стачивания за одну переточку, мм; β – угол заострения ножа, град.

Поскольку экспериментальные исследования проводились при постоянном заднем угле $\alpha = 15^\circ$, можно выразить угол резания через угол заострения ножа $\delta = \beta + 15^\circ$. Для твердосплавных ножей к сборным фрезам $c = 10\text{--}12$ мм, $k = 0,15\text{--}0,3$ мм [4]. Для расчетов принято $c = 12$ мм, $k = 0,3$ мм.

Для определения значений угла резания δ и средней толщины стружки a , обеспечивающих выполнение условия (3), был использован метод покоординатного поиска (метод Гаусса – Зейделя) [1]. По результатам расчетов условие (3) выполняется при средней толщине стружки 0,25 мм и угле резания 70° .

Таким образом, в исследованном диапазоне варьирования переменных технологических факторов режимом, который обеспечивает максимальный срок службы фрезерного твердосплавного инструмента без образования концевых сколов на кромках фанеры, являются: средняя толщина стружки 0,25 мм, скорость резания 50 м/с, толщина срезаемого слоя 1,5 мм, угол резания 70° .

Литература

1. Пижурич А. А., Розенбит М. С. Исследование процессов деревообработки. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 232 с.
2. Любченко В. И. Резание древесины и древесных материалов. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 296 с.
3. Гриневич С. А. Определение угловых параметров фрезерного инструмента для обработки кромок фанеры общего назначения // Труды БГТУ. Сер. II. Лесн. и деревообр. пром-сть. – 2004. – Вып. XII. – С. 222–223.
4. Курис И. М. Эффективность применения твердосплавного дереворежущего инструмента. – Киев, 1970. – 15 с.