

УДК 674.023

С. А. Гриневич, канд. техн. наук (БГТУ); Б. В. Войтеховский, ассистент (БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НАКЛОННЫМИ РЕЗЦАМИ

Данная статья посвящена проблеме выбора оптимальных технологических параметров процесса фрезерования. В статье рассмотрены рекомендации исследователей по выбору основных технологических параметров при обработке древесностружечных плит. Произведен их анализ.

Приведены результаты исследований влияния угла наклона режущего лезвия, угла резания, скорости резания, толщины срезаемого слоя, толщины стружки на путь резания. По опытным данным получена математическая модель, построены зависимости и сделаны выводы.

In the article basic technological parameters influence on quality of a process are investigated. The experiment results in the form of mathematical model describing process of milling of the laminated chipboard by criterion of quality are presented. Submitted graphic dependences allow evidently appreciating influences of each technology factor on quality of the processed surface. The received optimum modes of laminated chipboard processing are offered

Введение. На сегодняшний день производство конкурентоспособной мебели невозможно без высококачественной обработки исходных материалов. Одним из наиболее распространенных материалов для изготовления мебели являются ламинированные древесностружечные плиты. К качеству обработки этого материала предъявляются повышенные требования.

Высокого качества при фрезеровании ламинированных ДСП можно достичь за счет правильного выбора технологических параметров, а также за счет применения различных технических приемов. Одним из таких приемов является установка режущего лезвия под углом.

В работах А. М. Векшина [1] и В. Д. Лисикова [2] установлено, что применение наклонных резцов при фрезеровании натуральной древесины приводит к снижению потребляемой мощности на резание и улучшению качества обработанной поверхности. Поэтому было решено применить наклон режущего инструмента для обработки ламинированных древесностружечных плит. Теоретически, установка резцов под углом должна обеспечить повышение стойкости режущего инструмента и качества обработки за счет плавности входа резца в обрабатываемый материал и возникновения осевой составляющей силы резания, которая поджимает верхние слои обрабатываемого материала и препятствует возникновению сколов. Кроме того, придание угла наклона режущему элементу уменьшает угол резания в плане и создает так называемое кинематическое заострение резца (рис. 1).

Очевидно, что угол заострения резца в плане зависит от угла наклона режущей кромки:

$$\operatorname{tg}\beta' = \operatorname{tg}\beta \cdot \cos\omega,$$

где β – угол заострения; ω – угол наклона режущего элемента; β' – угол заострения в плане.

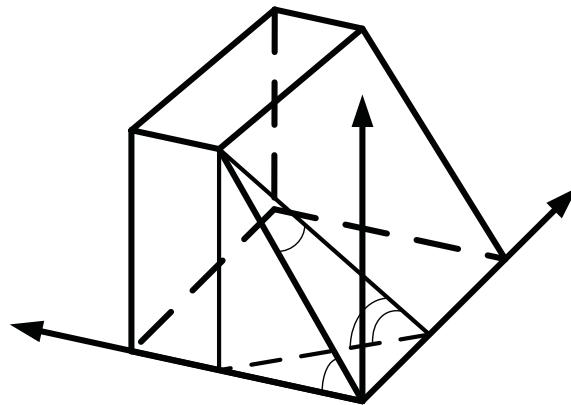


Рис. 1. Схема трансформации углов при наклоне режущего элемента

Аналогично трансформируется угол резания.

$$\operatorname{tg}\delta' = \operatorname{tg}\delta \cdot \cos\omega,$$

где δ – угол резания; δ' – угол резания в плане.

Так как $\cos\omega < 1$, то угол резания $\beta' < \beta$ и $\delta' < \delta$, т. е. поворот режущего элемента приводит к уменьшению реального угла заточки β и угла резания δ .

Теоретические предпосылки были проверены на практике.

Основная часть. Для определения оптимальных параметров обработки ламинированных древесностружечных плит, при которых будет обеспечена наибольшая стойкость режущего инструмента без потери качества обработанной поверхности (отсутствие сколов ламина), проведены экспериментальные исследования.

В работах Ю. А. Цуканова, В. В. Амалицкого [3], О. З. Хуажева [4], А. А. Гришкевича [5] установлено, что при обработке древесностружечных плит фрезерованием основными технологическими параметрами являются: толщина

стружки a , высота снимаемого слоя h , скорость резания V , угол резания δ .

На основании методов планирования эксперимента составлена методическая сетка опытов. Основными переменными факторами приняты: средняя толщина стружки a , скорость резания V , толщина срезаемого слоя h , угол резания δ , угол наклона режущей кромки ω .

Методическая сетка опытов реализована на экспериментальной установке на базе четырехстороннего продольно-фрезерного станка марки С26-2М. Данная установка позволяет плавно изменять частоту вращения режущего инструмента и скорость подачи обрабатываемого материала.

Условия проведения опытов представлены в таблице.

При проведении исследований выходным показателем процесса фрезерования ламинированных ДСтП принята технологическая стойкость [6]. Технологическая стойкость – период работы инструмента, в пределах которого сохраняется требуемый уровень качества обработки. Технологическая стойкость может быть выражена в единицах времени, метрах пути резания, погонных метрах обработанного материала. Для наглядности и простоты обработки результатов эксперимента было принято выражать технологическую стойкость в метрах пути контакта резца L с обрабатываемым материалом до появления первых сколов.

В результате обработки опытных данных получена математическая модель (1).

$$L = 490,31 + 121,25 \cdot \omega + 0,64 \cdot \delta + 0,32 \cdot V - 51,11 \cdot h - 2218,05 \cdot a + 4,98 \cdot \omega^2 - 2,61 \cdot \omega \times$$

$$\times \delta + 1,21 \cdot \omega \cdot V + 24,75 \cdot \omega \cdot h + 288,03 \cdot \omega \cdot a + 62,78 \cdot V \cdot a + 917,19 \cdot h \cdot a. \quad (1)$$

Однако для оценки эффективности применения для обработки кромок ламинированных ДСтП того или иного режима технологическую стойкость удобнее выражать не через путь контакта резца, а через количество обработанного материала S в метрах погонных (м п.).

Количество обработанного материала можно определить по формуле (2):

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

где z – количество резцов, участвующих в резании (в исследованиях $z = 1$).

Для наглядного представления влияния основных параметров процесса обработки на путь резания были построены графики (рис. 2–6), на которых кривые 1, 2, 3 соответствуют верхнему, нулевому и нижнему уровням варьирования переменных факторов. По горизонтальной оси откладывали величину исследуемого параметра, а по вертикальной оси откладывали путь резания в погонных метрах, который прошел резец до появления сколов ламината на поверхности плиты.

На рис. 2. представлены зависимости, отражающие влияние угла наклона режущей кромки на качество обработанной поверхности. Как и предполагалось, создание угла наклона режущей кромки способствует увеличению пути резания. Так, при изменении угла наклона режущего лезвия от 0° до 30° на верхнем уровне варьирования остальных переменных факторов путь увеличился в 5,19 раза, на нулевом уровне варьирования – в 8,71, на нижнем – в 12,88 раза.

Условия проведения опытов при исследовании качества обработанных кромок ламинированных ДСтП при цилиндрическом фрезеровании

Факторы	Условное обозначение	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования Δ
1. Переменные факторы:					
1.1. Угол наклона режущей кромки, град	X1 [ω]	0	15	30	15
1.2. Угол резания, град	X2 [δ]	60	70	80	10
1.3. Скорость резания, м/с	X3 [V]	20	35	50	15
1.4. Толщина срезаемого слоя мм	X4 [h]	1,5	3	4,5	1,5
1.5. Толщина стружки, мм	X5 [a]	0,05	0,25	0,45	0,2
2. Постоянные факторы:					
2.1. Обрабатываемый материал					
2.1.1. Основа				ДСтП	
2.1.2. Облицованный слой				Ламинат	
2.1.3. Ширина фрезерования, B , мм				25	
2.1.4. Влажность, %				8 ± 2	
2.2. Режущий инструмент					
2.2.1. Материал лезвия				Твердый сплав ВК6	
2.2.2. Диаметр фрезы, D , мм				180	



Рис. 2. Влияние угла наклона режущей кромки ω на путь резания:
 $1 - a = 0,45$ мм; $h = 4,5$ мм; $V = 50$ м/с; $\delta = 80^\circ$;
 $2 - a = 0,25$ мм; $h = 3,0$ мм; $V = 35$ м/с; $\delta = 70^\circ$;
 $3 - a = 0,05$ мм; $h = 1,5$ мм; $V = 20$ м/с; $\delta = 60^\circ$

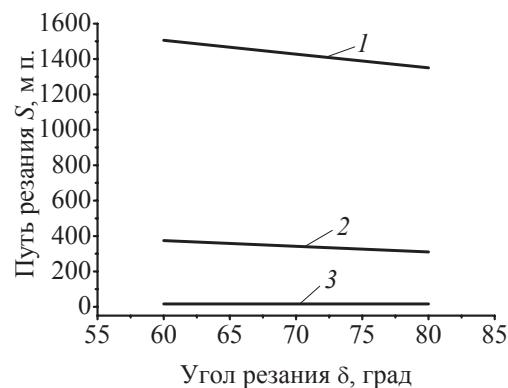


Рис. 3. Влияние угла резания δ на путь резания:
 $1 - a = 0,45$ мм; $h = 4,5$ мм; $V = 50$ м/с; $\omega = 30^\circ$;
 $2 - a = 0,25$ мм; $h = 3,0$ мм; $V = 35$ м/с; $\omega = 15^\circ$;
 $3 - a = 0,05$ мм; $h = 1,5$ мм; $V = 20$ м/с; $\omega = 0^\circ$

На рис. 3 изображены зависимости величины пути резания от угла резания. При изменении угла резания от 60° до 80° на верхнем уровне варьирования остальных переменных факторов путь уменьшился в 1,11 раза, на нулевом уровне варьирования – в 1,20, на нижнем влияние этого параметра незначительно – в 1,02 раза. На верхнем и нулевом уровнях варьирования с увеличением угла резания, а следовательно, уменьшением переднего угла, ухудшаются условия схода стружки. Поэтому путь резания падает. На нижнем уровне варьирования падение практически отсутствует, т. к. толщина стружки незначительна ($a = 0,05$ мм).

Влияние скорости резания на путь резания представлено на рис. 4. Как видно из графиков, при увеличении скорости резания с 20 до 50 м/с путь резания увеличивается в 1,16 раза на верхнем уровне варьирования переменных факторов, в 1,28 раза на нулевом уровне, в 1,22 раза на нижнем уровне варьирования. Увеличение продолжительности работы с ростом ско-

рости резания вызвано влиянием инерционного подпора. Этот дополнительный подпор за счет сил инерции способствует перерезанию материала лезвием инструмента до того, как деформация успеет распространиться на значительный объем.

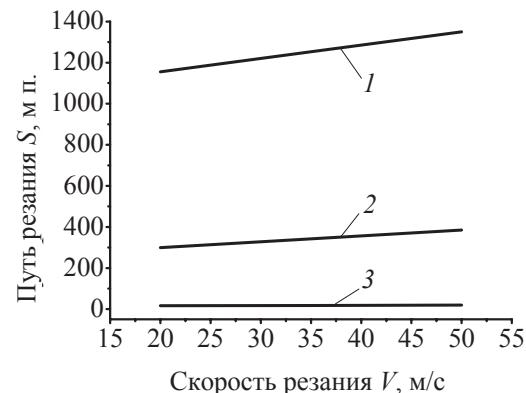


Рис. 4. Влияние скорости резания V на путь резания:
 $1 - a = 0,45$ мм; $h = 4,5$ мм; $\omega = 30^\circ$; $\delta = 80^\circ$;
 $2 - a = 0,25$ мм; $h = 3,0$ мм; $\omega = 15^\circ$; $\delta = 70^\circ$;
 $3 - a = 0,05$ мм; $h = 1,5$ мм; $\omega = 0^\circ$; $\delta = 60^\circ$

На рис. 5 представлено влияние толщины стружки a на путь резания. Из графика видно, что при увеличении толщины стружки путь резания увеличивается на всех уровнях варьирования.

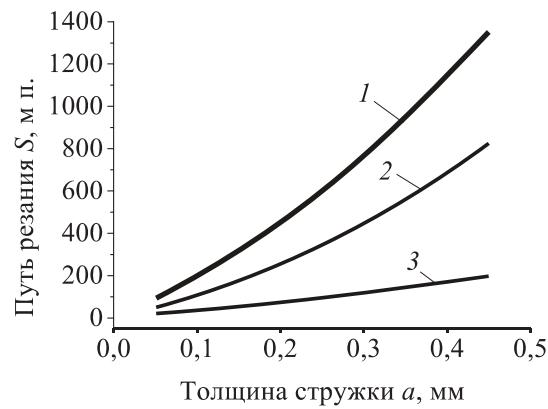


Рис. 5. Влияние толщины стружки a на путь резания:
 $1 - \delta = 80^\circ$; $h = 4,5$ мм; $V = 50$ м/с; $\omega = 30^\circ$;
 $2 - \delta = 70^\circ$; $h = 3,0$ мм; $V = 35$ м/с; $\omega = 15^\circ$;
 $3 - \delta = 60^\circ$; $h = 1,5$ мм; $V = 20$ м/с; $\omega = 0^\circ$

На рис. 6 представлены графические зависимости пути резания от величины снимаемого слоя h . С увеличением высоты снимаемого слоя наблюдается уменьшение пути резания на верхнем и нулевом уровнях варьирования в 2,26 и 1,20 раза соответственно. На нижнем уровне варьирования с увеличением h от 1,5 до 4,5 мм путь резания уменьшается незначительно.

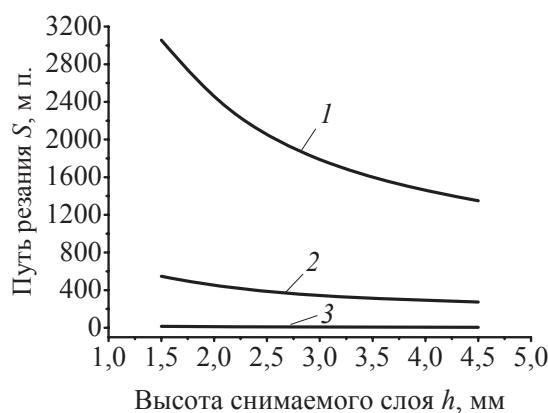


Рис. 6. Влияние толщины снимаемого слоя h на путь резания:
 1 – $a = 0,45$ мм; $V = 50$ м/с; $\omega = 30^\circ$; $\delta = 80^\circ$;
 2 – $a = 0,25$ мм; $V = 35$ м/с; $\omega = 15^\circ$; $\delta = 70^\circ$;
 3 – $a = 0,05$ мм; $V = 20$ м/с; $\omega = 0^\circ$; $\delta = 60^\circ$

В результате оптимизации регрессионной модели (1) с учетом формулы (2) установлен режим, обеспечивающий наибольший путь резания требуемого качества обработки. Этот режим характеризуется следующими технологическими и техническими параметрами $\omega = 30^\circ$; $a = 0,45$ мм; $h = 1,5$ мм; $V = 50$ м/с; $\delta = 60^\circ$. При данных параметрах и $z = 1$ путь резания составил $S = 3522$ м п.

Заключение. 1. Установлено, что приданье угла наклона режущим элементам фрезерного инструмента при обработке ламированных ДСтП приводит к увеличению пути резания с обеспечением требуемого качества обработки.

2. Получено математическое описание зависимости пути резания по критерию качества от основных технологических факторов. Установлено влияние каждого из них на путь резания.

3. Максимальный путь резания обеспечивается при: $\omega = 30^\circ$; $a = 0,45$ мм; $h = 1,5$ мм; $V = 50$ м/с; $\delta = 60^\circ$.

Литература

1. Векшин, А. М. Исследование процесса цилиндрического фрезерования древесины тонкими винтовыми ножами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 421 / А. М. Векшин; Моск. лесотехн. ин-т. – М., 1970. – 31 с.
2. Лискив, В. Д. Исследование зависимостей силовых и качественных показателей процесса цилиндрического фрезерования древесины от положения лезвия относительно направления резания: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.06.02 / В. Д. Лискив; Львов. лесотехн. ин-т. – Львов, 1973. – 24 с.
3. Цуканов, Ю. А. Обработка резанием древесностружечных плит / Ю. А. Цуканов, В. В. Амалицкий. – М.: Лесная пром-сть, 1966. – 95 с.
4. Хуажев, О. З. Исследование и разработка рациональных режимов резания и инструментов для обработки кромок облицованных древесностружечных плит: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.06.02 / О. З. Хуажев; Ленингр. лесотехн. акад. – Л., 1982. – 21 с.
5. Гришкевич, А. А. Моделирование процесса фрезерования древесностружечных плит, облицованных натуральным шпоном, по качественным показателям // Лес-96: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 1996. – С. 19.
6. Клубков, А. П. Критерии затупления дереворежущего инструмента при фрезеровании древесины и древесных материалов / А. П. Клубков, Б. В. Войтеховский // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2007. – Вып. XV. – С. 222–224.

Поступила 01.04.2010