

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСТП

Milling – one of the most widespread and highly technological processes applied in modern woodworking manufacture. Due to milling high quality of made production is reached. The main defect at milling of laminated chipboard is chip appearance on a surface. Correctly having determined a technological mode of processing it is possible to increase a durability of milling tools and receive a high quality of production.

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. В современной мебельной промышленности для создания конкурентоспособной продукции широко применяются плитные материалы с различными декоративными покрытиями. К таким материалам относятся и ламинированные древесностружечные плиты. Однако древесностружечные плиты обладают высокой абразивной способностью и их механическая обработка представляет собой довольно трудоемкую и дорогостоящую операцию. Основным требованием к механической обработке ламинированных ДСтП является высокое качество формируемой поверхности, в том числе отсутствие сколов ламината на кромках плит.

Высокого качества при фрезеровании ламинированных ДСтП можно достигнуть 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. Лискива [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).

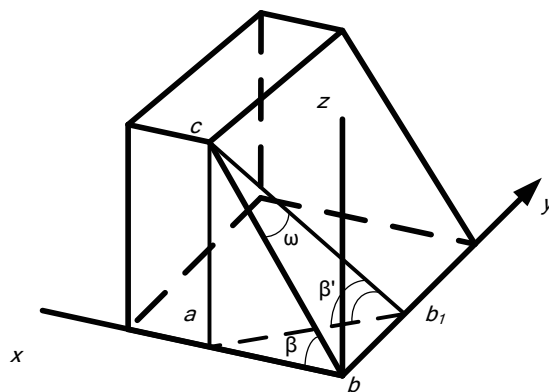


Рис. 1. Схема трансформации углов при наклоне режущего элемента

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.

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 ламината), проведены экспериментальные исследования.

В работах Ю. А. Цуканова, В. В. Амалицкого [3], О. З. Хуажева [4], А. А. Гришкевича [5]

было установлено, что при обработке древесностружечных плит фрезерованием основными технологическими параметрами являются: толщина стружки a , высота снимаемого слоя h , скорость резания V , угол резания δ .

Для проведения эксперимента специально разработана конструкция сборной цилиндрической фрезы с изменяемыми углами наклона режущей кромки и углами резания. Фотография фрезы представлена на рис. 2. Конструкция фрезы представляет собой корпус с двумя круглыми отверстиями для установки в них цилиндрических вставок. Вставки к корпусу крепятся при помощи винта. Вставки имеют паз, в который вставляется клин и режущий элемент. При помощи винта происходит фиксация клина и резца в вставке. Вставка в собранном виде фиксируется на заданный угол наклона винтом.



Рис. 2. Экспериментальная фреза

На основании методов планирования эксперимента была 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 была 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.

Техническая характеристика установки приведена в табл. 1.

Условия проведения опытов представлены в табл. 2.

При проведении исследований выходным показателем процесса фрезерования ламинированных ДСтП принята технологическая стойкость. Технологическая стойкость – это 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 наиболее целесообразно выражать технологическую стойкость в метрах пути контакта резца с обрабатываемым материалом до появления первых сколов.

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

Для наглядного представления влияния основных параметров процесса обработки на путь резания были построены графики (рис. 3–7), на которых кривые 1, 2, 3 соответствуют верхнему, нулевому и нижнему уровню варьирования переменных факторов. По горизонтальной оси откладывали величину исследуемого параметра, а по вертикальной оси – путь на дуге контакта, который прошел резец до появления сколов на ламинате.

Таблица 1

Техническая характеристика экспериментальной установки

Наименование показателей	Величина	Примечание
1. Размеры обрабатываемого материала, мм		
ширина наибольшая	260	
наименьшая	40	
толщина наибольшая	125	
наименьшая	10	
длина наименьшая	800	
2. Диаметр окружности резания, мм	100÷180	
3. Частота вращения режущего инструмента, мин ⁻¹	0÷6000	Бесступенчатое регулирование
4. Мощность привода механизма резания, кВт	6,5	
5. Скорость подачи, м/мин	0÷30	Бесступенчатое регулирование
6. Мощность привода механизма подачи, кВт	2,3	

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		ДСтП			
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		Твердый сплав ВК6			
2.2.1. Материал лезвия		Твердый сплав ВК6			
2.2.2. Диаметр фрезы D , мм		180			

$$L = 225,65 + 24,08 \cdot \omega + 3,32 \cdot \delta + 0,21 \cdot V - 29,83 \cdot h - 1951,06 \cdot a + 4,88 \cdot \omega^2 - 2,61 \cdot \omega \times \delta + 1,15 \cdot \omega \cdot V + 26,97 \cdot \omega \cdot h + 274,96 \cdot \omega \cdot a + 66,12 \cdot V \cdot a + 804,79 \cdot h \cdot a. \quad (1)$$

На рис. 3 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 4,03 раза, на нулевом уровне – в 5,98, на нижнем – в 7,60 раза.

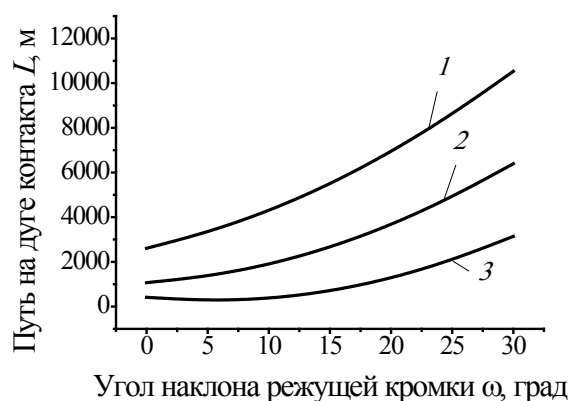
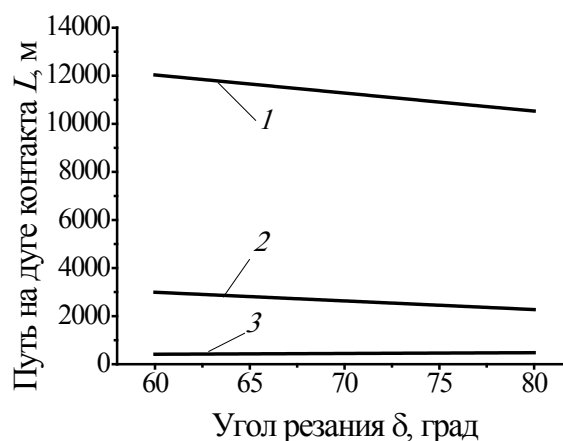


Рис. 3. Влияние угла наклона режущей кромки ω на путь на дуге контакта

На рис. 4 изображены зависимости величины пути на дуге контакта от угла резания. На графике показано, что изменение угла резания от 60° до 80° незначительно влияет на путь резания на дуге контакта.



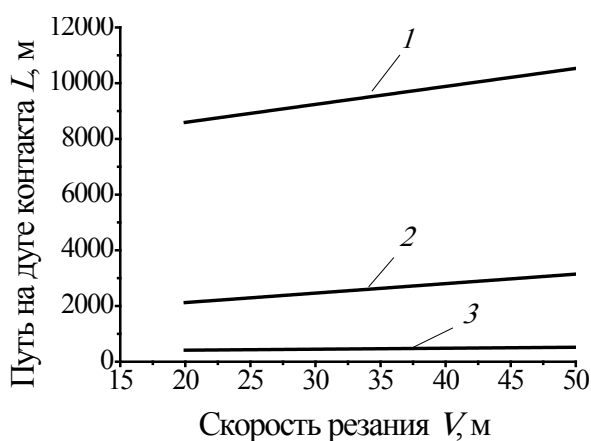
- 1) $a = 0,45$ мм; $h = 4,5$ мм; $V = 50$ м/с; $\omega = 30^\circ$
 2) $a = 0,25$ мм; $h = 3,0$ мм; $V = 35$ м/с; $\omega = 15^\circ$
 3) $a = 0,05$ мм; $h = 1,5$ мм; $V = 20$ м/с; $\omega = 0^\circ$

Рис. 4. Влияние угла резания δ на путь на дуге контакта

При изменении угла резания от 60° до 80° на верхнем уровне варьирования остальных переменных факторов путь уменьшился в 1,14 раза; на нулевом уровне варьирования – в 1,31; на нижнем влияние этого параметра незначительно. На верхнем и нулевом уровне варьирования с увеличением угла резания, а следовательно, уменьшением переднего угла, ухуд-

шаются условия схода стружки и увеличивается касательная составляющая силы резания. Поэтому путь резания падает. На нижнем уровне варьирования падение не наблюдается. При отсутствии угла наклона резец внедряется в обрабатываемый материал одновременно по всей длине, т. е. с ударом, а рост угла резания обеспечивает при этом увеличение его прочности и стойкости.

Влияние скорости резания на длину пути контакта представлено на рис. 5. Как видно из графиков, при увеличении скорости резания с 20 до 50 м/с длина пути контакта увеличивается в 1,22 раза на верхнем уровне варьирования переменных факторов, в 1,48 раза – на нулевом уровне, в 1,25 раза – на нижнем. Увеличение продолжительности работы с ростом скорости 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.

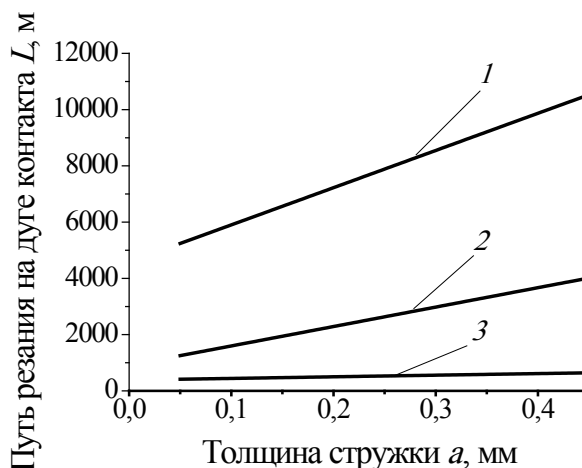


- 1) $a = 0,45$ мм; $h = 4,5$ мм; $\omega = 30^\circ$; $\delta = 80^\circ$
- 2) $a = 0,25$ мм; $h = 3,0$ мм; $\omega = 15^\circ$; $\delta = 70^\circ$
- 3) $a = 0,05$ мм; $h = 1,5$ мм; $\omega = 0^\circ$; $\delta = 60^\circ$

Рис. 5. Влияние скорости резания V на путь на дуге контакта

На рис. 6 представлено влияние толщины стружки на путь контакта. На графике показано, что при увеличении толщины стружки путь контакта увеличивается.

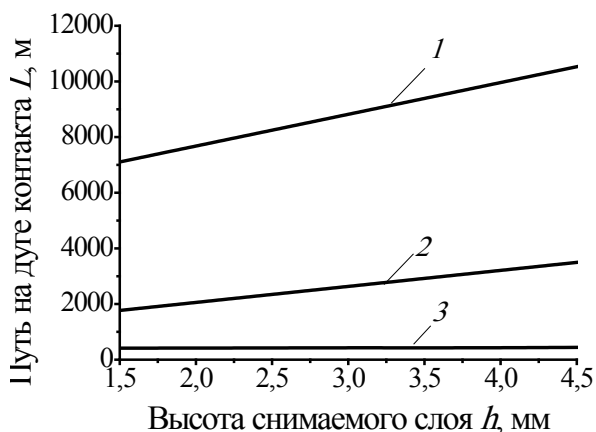
Уменьшение пути контакта в области микростружки можно объяснить тем, что при работе на малых толщинах стружки в результате многократного прохождения резца по обрабатываемой поверхности образуется деформированный, сильно уплотненный слой, обладающий высокой абразивной способностью [6]. Воздействие этого слоя на резец вызывает повышенный износ его задней поверхности, что приводит к увеличению сил резания и давления на ламинат и, соответственно, к ухудшению качества обрабатываемого материала.



- 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; $\omega = 0^\circ$

Рис. 6. Влияние толщины стружки на путь на дуге контакта

На рис. 7 представлены графические зависимости длины пути резания от величины снимаемого слоя h .



- 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; $\omega = 0^\circ$; $\delta = 60^\circ$

Рис. 7. Влияние толщины снимаемого слоя h на путь на дуге контакта

С увеличением высоты снимаемого слоя наблюдается рост пути контакта на верхнем, нулевом и нижнем уровнях варьирования в 1,48; 1,97 и 1,07 раза соответственно. На нижнем уровне варьирования с увеличением h от 1,5 до 4,5 мм путь резания увеличился 1,07 раза. Это можно объяснить уменьшением толщины стружки над гребнем кинематической волны с уменьшением подачи на резец, что имеет место при $a = \text{const}$ с ростом h [7].

После проведения оптимизации регрессионной модели (1) диссоциативно-шаговым методом был установлен режим, обеспечивающий наибольший путь резания с обеспечением тре-

буемого качества обработки. Этот режим характеризуется следующими технологическими и техническими параметрами $\omega = 30^\circ$; $a = 0,45$ мм; $h = 4,5$ мм; $V = 50$ м/с; $\delta = 60^\circ$. При этих условиях путь на дуге контакта составил $L = 12\ 030$ м.

Заключение. 1. Установлено, что придание угла наклона режущим элементам фрезерного инструмента при обработке ламинированных 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 $L = 12\ 030$ м обеспечивается при: $\omega = 30^\circ$; $a = 0,45$ мм; $h = 4,5$ 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; Московский 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; Львовский 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; Ленинград. 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. Международ. науч.-практ. конф. – Минск, 1996. – С. 19.

6. Амалицкий, Вит. В. Пиление твердосплавными круглыми пилами и их заточка / Вит. В. Амалицкий // Деревообработ. пром-сть. – 2005. – № 5. – С. 6–10.

7. Кряжев, Н. А. Фрезерование древесины / Н. А. Кряжев. – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 199 с.