

Лукаш В. Т., Гриневич С. А., Гришкевич А. А., Угляница А. Н.

(БГТУ, г. Минск, РБ)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ПИЛЕНИИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

RESULTS OF SPECIFIC WORK RESEARCHES AT CUTTING THE LAMINATED CHIPBOARD PLATES

Введение. Деревообрабатывающая промышленность относится к числу непрерывно совершенствующихся отраслей: меняются технологические процессы, модернизируется старое и внедряется новое оборудование, применяется более производительный инструмент. Современный рынок дереворежущего инструмента достаточно насыщен, и зачастую производителю трудно сориентироваться при выборе без четких рекомендаций производителя. Как правило, он руководствуется только своим знанием и полученным производственным опытом. Старая методическая и нормативная база, к сожалению, сегодня не совсем актуальна, а новой обучающей литературы и публикаций исследователей недостаточно.

Авторами было принято решение более глубоко изучить процесс обработки современных плитных материалов дисковыми пилами с пластинами твердого сплава с целью определения наивыгоднейших условий их обработки и предложения необходимых рекомендаций.

Область исследований была выбрана не случайно. В мебельной промышленности сегодня широко используются различные древесные композиционные материалы, и в частности древесностружечные плиты, облицованные пленками на основе термореактивных полимеров.

Некоторые аспекты процесса пиления ДСтП поднимались учеными и ранее, но они касались в основном обработки необлицованных плит [1, 2], и, как правило, результаты были получены для пил из инструментальных сталей либо пил с пластинками твердого сплава, изготовленных согласно ГОСТ 9769–79 [3]. Полученные данные не могут отражать реальной картины обработки ламинированных ДСтП, т. к. последние кроме повышенной абразивной способности, свойственной всем композиционным материалам, обладают и хрупким облицовочным покрытием, от качества обработки которого в основном и зависит качество выполнения операции пиления.

Кроме того, рекомендуемые ГОСТ 9769–79 пилы для распиловки плитных материалов сегодня уже мало используются, да и сам нормативный документ требует доработки в связи с тем, что появились новые конструкции пил, профили зубьев и их комбинации, применяются другие инструментальные материалы и марки твердого сплава.

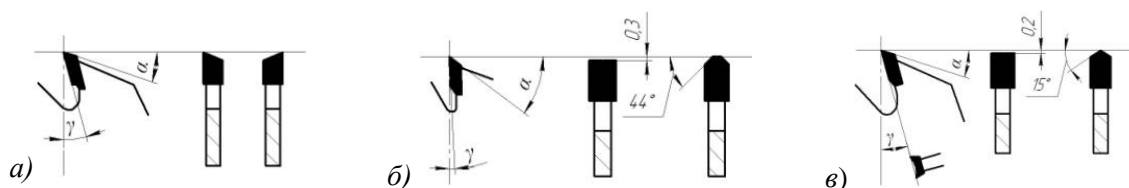
Авторами ранее поднимался также вопрос о том, что рекомендации производителей и результаты исследований зачастую не совпадают [4].

Среди вопросов, требующих детального изучения, главными, на наш взгляд, являются стойкость инструмента, качество обработки, энергопотребление и режимы пиления, т. к. они до сих пор остаются открытыми. Решение данной проблемы может быть получено только путем проведения соответствующих экспериментальных исследований.

Основная часть. В качестве исследуемых были приняты рекомендуемые производителями профили: попеременно-косой (рис. 1, *а*), плоско-трапециевидный (рис. 1, *б*) и елочко-плоский с вогнутой передней гранью (рис. 1, *в*).

Каждый профиль имеет свои конструктивные особенности и геометрические характеристики, что, безусловно, будет отражаться на условиях работы зубьев.

При раскрое ламинированных ДСтП пилами с попеременно-косым профилем зубьев (рис. 1, а) обеспечивается эффект подрезки наружных поверхностей обрабатываемого материала. В то же время для этой формы зубьев характерен большой линейный износ, т. к. основная нагрузка приходится на вершину трехгранного угла, что приводит к достаточно быстрому его затуплению и появлению сколов на поверхности пропила.



Профили зубьев дисковых пил с пластинами твердого сплава для распиловки ламинированных ДСтП: а – попеременно-косой, б – плоско-трапецевидный, в – елочно-плоский с вогнутой передней гранью

Стойкость пил с плоско-трапецевидным профилем зубьев (рис. 1, б) значительно выше, чем предыдущего, поскольку на резах «трапецией» отсутствуют острые углы. В данном случае основную нагрузку несет трапецевидный зуб – он формирует пропил, а прямой выравнивает его, выполняя легкий финишный рез по бокам пропила [5].

Комбинация зубьев, представленная на рис. 1, в, также позволяет постепенно обрабатывать материал. Зуб треугольной формы осуществляет рассечение поверхностного слоя. Его заостренная форма облегчает удаление материала, позволяет избегать сдавливания и образования сколов. Вогнутая поверхность передней грани обеспечивает плавную обработку материала, начиная с боковых сторон зуба к центру. При такой форме зуба, по словам производителей инструмента, пропил получается ровным и без сколов, что позволяет обходиться без подрезающей пилы. Однако практика использования на производстве пил с елочно-плоским профилем и вогнутой передней гранью зубьев показала, что полностью исключить сколы на двустороннем «ламинате» при пилении такими пилами невозможно, но их размеры и количество можно уменьшить.

Широкое использование последнего профиля, а также ряда других, появившихся относительно недавно (G5 «Leuco») ограничено трудностями, связанными с их подготовкой. В связи с чем последние не получили такого распространения, как первые два.

Представленные особенности работы разных профилей отражаются и на силовых показателях процесса раскроя ДСтП.

В работах [6–8] приведены результаты экспериментальных исследований, проведенных авторами на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов Белорусского государственного технологического университета. В частности, получены уравнения регрессии, отражающие влияние подачи на резец U_z (мм), скорости резания V (м/с), величины выхода пилы из пропила a (мм) на выходные показатели:

- начальная мощность резания (мощность при остром резце), Y_1 (Вт):
– попеременно-косой профиль зубьев

$$Y_1(P_0) = -1141,46 + 2491,25 \cdot U_z + 35,70 \cdot V - 9,14 \cdot a - 114218,323 \cdot U_z^2 - 0,27 \cdot V^2 + 0,15 \cdot a^2 + 216,88 \cdot U_z \cdot V; \quad (1)$$

- плоско-трапецевидный профиль зубьев

$$Y_1(P_0) = -1479,211 - 2015,833 \cdot U_z + 46,205 \cdot V - 4,994 \cdot a - 0,323 \cdot V^2 + 0,081 \cdot a^2 + 181,25 \cdot U_z \cdot V - 31,667 \cdot U_z \cdot a; \quad (2)$$

- конечная мощность резания (мощность при появлении сколов) – Y_2 (Вт):
– попеременно-косой профиль зубьев

$$Y_2(P_{\text{кон}}) = 36,6 + 4228,75 \cdot U_z - 1,315 \cdot V - 1,38 \cdot a - 147625 \cdot U_z^2 + 246,875 \cdot U_z \cdot V; \quad (3)$$

– плоско-трапециевидный профиль зубьев

$$Y_2(P_{\text{кон}}) = 296,969 + 1688,974 \cdot U_z - 1,837 \cdot V - 14,884 \cdot a - 62403,846 \cdot U_z^2 + 0,178 \cdot a^2 + 233,75 \cdot U_z \cdot V - 69,167 \cdot U_z \cdot a + 0,077 \cdot V \cdot a; \quad (4)$$

• технологическая стойкость (путь резания до появления сколов на поверхности облицовочного материала) – Y_3 (м):

– попеременно-косой профиль зубьев

$$Y_3(L) = 3945,1 + 56680 \cdot U_z - 136,24 \cdot V + 53,59 \cdot a - 686875 \cdot U_z^2 + 0,86 \cdot V^2 - 1,63 \cdot a^2 + 0,85 \cdot V \cdot a; \quad (5)$$

– плоско-трапециевидный профиль зубьев

$$Y_3(L) = 1854,553 + 725818,333 \cdot U_z - 598,465 \cdot V + 1322,588 \cdot a - 8060312,5 \cdot U_z^2 + 4,579 \cdot V^2 - 18,041 \cdot a^2 - 5133,333 \cdot U_z \cdot a. \quad (6)$$

Исследования проводились на экспериментальной установке, созданной на базе промышленного станка ФСА, позволяющей регистрировать силовые показатели процесса пиления [9]. Полезная мощность на резание рассчитывалась через крутящий момент на шпинделе станка, который определялся по величине разбаланса тензомоста.

Для получения уравнений регрессии, описывающих выходные характеристики процесса пиления, использован В-план второго порядка. Адекватность полученных математических моделей подтверждена проверкой по F-критерию Фишера.

Сравнение технологической стойкости твердосплавных пил убедительно доказывает целесообразность применения плоско-трапециевидного профиля, стойкость которого существенно больше [8].

Существующие методы расчета мощности процесса пиления древесностружечных плит основаны на определении удельной работы резания [1, 10, 11]:

$$P = \frac{KbhV_s}{60 \cdot 1000}, \text{ кВт} \quad (7)$$

где K – удельная работа резания, Дж/см³; b – ширина пропила, мм; h – высота пропила, мм; V_s – скорость подачи, м/мин;

В свою очередь удельная работа резания определяется через табличное значение K_T с учетом поправочных коэффициентов:

$$K = K_T a_\gamma a_{\text{св}} a_V a_p \quad (8)$$

где K_T – табличное значение удельной работы резания при заданной толщине стружки, Дж/см³ [11, табл. 15 с.168]; a_γ – коэффициент, учитывающий влияние объемного веса плиты; $a_{\text{св}}$ – коэффициент, учитывающий содержание связующего; a_V – коэффициент, учитывающий влияние скорости резания; a_p – коэффициент, учитывающий износ резца.

Значение K_T можно определить также по формуле, полученной на основе обработки экспериментальных данных проф. А.Л. Бершадского [11]:

$$K_T = \frac{0,85A}{e} + 41, \quad (9)$$

где A – коэффициент, зависящий от группы плит: при распиловке плит I группы (изготовленные из резаной стружки) – $A = 1$; II группы (изготовленные из стружки-дробленки) – $A = 0,833$; III группы (изготовленные из стружки-отходов д/о станков) – $A = 0,825$; e – средняя толщина стружки, мм.

Поэтому теоретически важным аспектом является определение удельной работы резания K (Дж/см³) при обработке ламинированных древесностружечных плит инструментом, оснащенным твердосплавными зубьями именно плоско-трапециевидного про-

филя, а также сравнение полученных результатов с данными общепринятой методики расчета.

Удельную работу резания при пилении ламинированной древесностружечной плиты находили через начальную мощность резания P_0 , определенную с помощью полученной математической модели (2).

$$K = \frac{P_0 \cdot 60}{bhV_s} . \quad (10)$$

Для расчета удельной работы резания приняли начальную мощность процесса, чтобы исключить влияние затупления зубьев a_p ($a_p = 1$).

Графики, построенные по результатам расчетов, представлены на рис. 2.

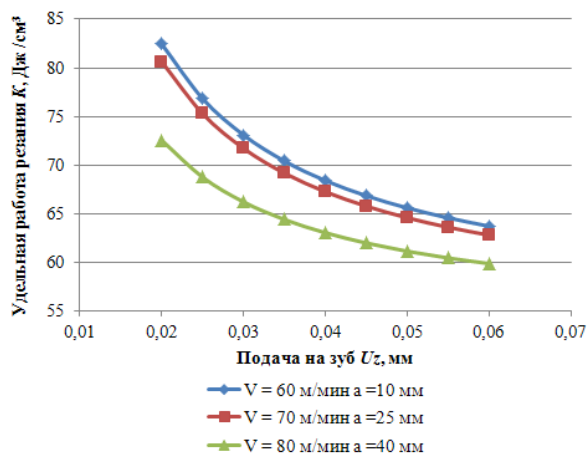


Рис. 2. Зависимость удельной работы резания от подачи на резец по результатам эксперимента

Для нахождения удельной работы резания K по методике [10] определили значения поправочных коэффициентов для плиты, использованной в эксперименте ($a_\gamma = 0,89$; $a_{св} = 1$; $a_{V=60} = 1,17$; $a_{V=70} = 1,3$; $a_{V=80} = 1,44$).

По формуле (8) с учетом найденных значений поправочных коэффициентов была рассчитана удельная работа резания. Результаты расчетов, проведенных для нижнего, нулевого и верхнего уровней варьирования переменных факторов, представлены в виде графиков (рис. 3).

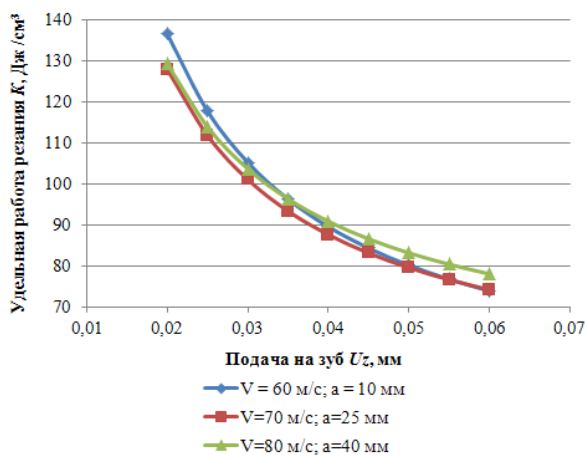


Рис. 3. Зависимость удельной работы резания от подачи на резец по результатам расчета

Очевидно, характер зависимостей удельной работы резания на рис. 2 и 3 одинаков, однако значения различаются. Таким образом, можно утверждать, что методика расчета сил и мощности резания при пилении древесностружечных плит, представленная в литературе [1, 10,11], должна быть доработана с учетом внедрения в производство новых профилей зубьев твердосплавных дисковых пил.

Заключение. Получены значения и построены зависимости удельной работы резания от подачи на резец при раскрое ламинированных древесностружечных плит твердосплавными пилами с плоско-трапециевидным профилем зубьев. В результате сравнения экспериментальных данных с результатами расчета по существующей методике установлено, что зависимости имеют идентичный характер, но значения удельной работы резания при использовании плоско-трапециевидного профиля меньше (в 1,2–1,9 раза).

Литература

1. Цуканов, Ю. А. Обработка резанием древесностружечных плит / Ю. А. Цуканов, В. В. Амалицкий. – М.: Лесная пром-сть, 1966. – 94 с.
2. Ивановский, Е. Г Фрезерование и пиление древесины и древесных материалов / Е. Г. Ивановский, П. В. Василевская, Э. М. Лаутнер. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 96 с.
3. Пилы дисковые с твердосплавными пластинами для обработки древесных материалов. Технические условия: ГОСТ 9769–79 / Министерство станкостроительной и инструментальной промышленности. – Взамен ГОСТ 9769–69; введ. с 01.01.1981 г. до 01.01.1986 г. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1979. – 15 с.
4. Лукаш, В. Т. Влияние подачи на резец на технологическую стойкость режущего инструмента при пилении ламинированных ДСтП / В. Т. Лукаш, С. А. Гриневич // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 230–234.
5. Мелони, Т. Современное производство древесностружечных и древесноволокнистых плит: пер. с англ. В. В. Амалицкого и Е. И. Карасева / Т. Мелони. – М.: Лесная пром-сть, 1982 – 416 с.
6. Лукаш, В. Т. Технологическая стойкость и начальная мощность при обработке ламинированных ДСтП пилами с попеременно-косым профилем зубьев / В. Т. Лукаш, С. А. Гриневич // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 317–321.
7. Лукаш, В. Т. Технологическая стойкость и начальная мощность при обработке ламинированных ДСтП пилами с плоско-трапециевидным профилем зубьев / В. Т. Лукаш, С. А. Гриневич // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 234–239.
8. Лукаш В. Т. Влияние профиля зубьев дисковых пил с пластинами твердого сплава на технологическую стойкость и потребляемую мощность при обработке ламинированных древесностружечных плит (ЛДСтП) // В. Т. Лукаш, С. А. Гриневич // Труды БГТУ. – 2011. – № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. – С. 256–262.
9. Кравченко, А. С. Применение силоизмерительного телеметрического устройства для исследования процессов пиления древесных материалов / А. С. Кравченко, В. Т. Лукаш // Труды БГТУ. Сер. II., Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2006. – Вып. XIV. – С. 172–174.
10. Бершадский А. Л. Резание древесины / А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова. – Минск: Вышэйшая школа, 1975. – 303 с.
11. Любченко, В. И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие для вузов / В. И. Любченко. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 296 с.