

## ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ОБЛИЦОВАННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДИСКОВЫМИ ПИЛАМИ

For today arboreal plane materials have found a wide circulation as in furniture, and building productions. The important problem at a data handling materials, especially edged the decorative coatings, is high quality achievement of gained products. Sawing refers to one of the most widespread and high-duty processes. It is widely applied at a forming cutting and a cutting of plates. In article features of re-ved wood materials sawing are considered. The basic requirements to quality of the processed surfaces are specified. Schemes of interaction of a saw teeth with a laminate are presented. Conditions of absence having chopped off a facing layer are certain. Existing ways of sharpening and their influence on quality of processing and tool stability are specified.

**Введение.** Древесные плитные материалы на сегодняшний день нашли широкое распространение как в мебельном, так и столярно-строительном производствах.

Одной из отличительных особенностей древесных плитных материалов по сравнению с натуральной древесиной является их сложное композиционное строение. Как известно, древесностружечные плиты имеют неоднородное строение по толщине. Обусловлено это тем, что в поверхностных слоях при изготовлении используется мелкая древесная фракция (0,2–1,0 мм), а в средних – более крупная. Распределение связующего по толщине плиты также неравномерно: в наружных слоях его больше, чем во внутреннем, т. к. мелкие частицы древесины и пыль гораздо больше поглощают смолы, чем более крупная стружка. В связи с этим плита имеет различную плотность по толщине, которая может отличаться в несколько раз. Например, трехслойная плита фирмы «Kronospan» толщиной 25 мм имеет среднюю плотность  $760 \text{ кг/м}^3$ , а плотность поверхностных слоев в 3,6 раза больше, чем внутреннего. На рис. 1. представлен график распределения плотности по высоте плиты [1].

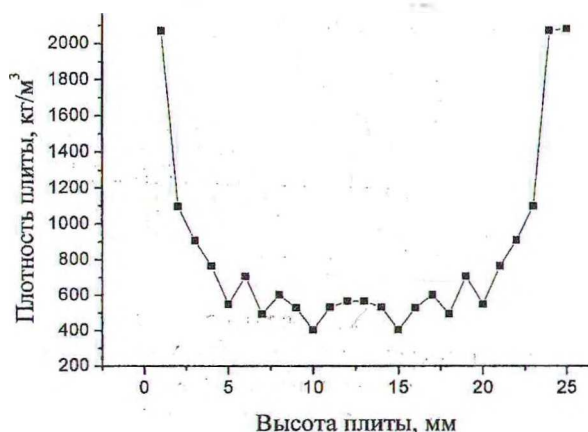


Рис. 1. Распределение плотности плиты по высоте

Кроме того, наличие на поверхности древесной плиты какого-либо синтетического облицовочного материала способствует не только

увеличению плотности, но и повышению абразивной способности наружных слоев.

Пиление круглыми пилами различных древесных материалов, изготовленных на основе переработки натуральной древесины, к настоящему времени изучено недостаточно. В какой-то мере это обусловлено новизной и разнообразием обрабатываемых материалов. Имеющиеся сведения ограничены данными о силовых и качественных характеристиках процесса (некоторые из них уже устарели) и частными рекомендациями различных фирм-производителей по выбору инструмента и режимов пиления, зачастую противоречащих друг другу и не совсем учитывающих специфику обработки древесных материалов.

**Теоретические исследования.** К качеству распиловки ламинированных ДСтП предъявляются высокие требования: не допускаются сколы, риски, шероховатость, ухудшающие внешний вид изделия. Их возникновение зависит от прочностных свойств самих плит, физико-механических свойств облицовочных пленок (высокая твердость, хрупкость, низкая теплопроводность), режимов пиления, а также от направления подачи, сил резания и отжима, действующих в процессе пиления. Величина и направление указанных сил зависит от диаметра пилы и переднего угла резания. При неправильном выборе диаметра пилы без увязки его с величиной переднего угла могут возникать сколы не только на выходе пилы из пропила, но и на входе [2].

На рис. 2 показано направление действия сил резания и отжима в процессе раскрытия материала пилой с положительным передним углом резания.

При распиловке возникает сила резания  $F_p$ , направленная в сторону вращения пилы и перпендикулярная передней грани резца ( $F_p$  перпендикулярна радиусу пилы лишь в том случае, когда  $\gamma = 0^\circ$ ), и сила отжима  $F_o$ , действующая в направлении радиуса.

В пределах дуги контакта пилы при изменении кинематического угла встречи одновременно изменяются величина и направление действия сил резания. Силы резания  $F_p$  и отжи-

ма  $F_0$  имеют составляющие в горизонтальной и вертикальной плоскостях. При входе пилы в пропил действуют вертикальные составляющие:  $F_{p2}$ , направленная вниз, и  $F_{o2}$ , способствующая отрыву частиц. Если сила  $F_{p2} = F_{o2}$ , то силы уравновешиваются и сколов не наблюдается. Определим условия, при которых сколы будут исключены, т. е. когда  $F_{p2} > F_{o2}$ .

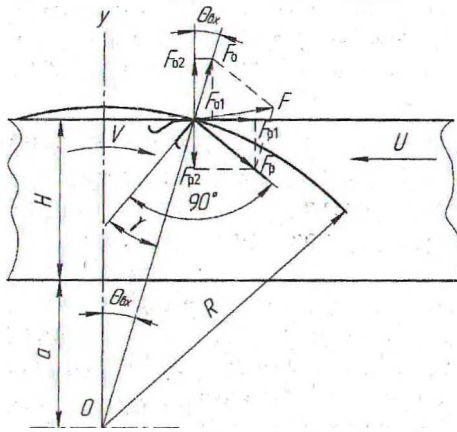


Рис. 2. Направление сил резания и отжима на входе пилы в пропил:

$R$  – радиус пилы;  $\theta_{BX}$  – наименьший угол встречи;  $\gamma$  – величина переднего угла зуба пилы;  $a$  – высота подъема стола;  $H$  – толщина распиливаемого материала;  $V$  – направление скорости резания;  $F_0$  – суммарная сила отжима;  $F_p$  – усилие резания;  $F_{p1}$  и  $F_{o1}$  – горизонтальные,  $F_{p2}$  и  $F_{o2}$  – вертикальные составляющие сил резания и отжима

Сколы на входе в пропил будут исключены, когда

$$F_n \cdot \sin(\gamma + \theta_{BX}) \geq F_o \cdot \cos \theta_{BX}; \quad (1)$$

$$F_o = m \cdot F_p.$$

Для затупленных резцов  $m = 1$  [3], тогда

$$\sin(\gamma + \theta_{BX}) \geq \cos(\theta_{BX}); \quad (2)$$

$$\cos(\theta_{BX}) = (a + H)/R; \quad (3)$$

$$\sin(\gamma + \theta_{BX}) \geq (a + H)/R. \quad (4)$$

Сколы на входе пилы в пропил будут исключены при условии:

$$R \geq \frac{a + H}{\sin(\gamma + \theta_{BX})}. \quad (5)$$

Выразив  $\cos \theta$  через  $\sin \theta$  и проведя преобразования (2), получим значение угла входа, при котором сколы на входе пилы в пропил будут исключены:

$$\theta_{BX} \geq (90 - \gamma)/2. \quad (6)$$

Используя выражения (5) и (6), легко можно определить, при каких соотношениях размера пильного диска, углов резания и кинематических углов встречи сколы на входе пилы в пропил будут исключены.

На практике зачастую при выборе размеров круглопильного инструмента руководствуются конструкцией станка (с верхним либо нижним расположением пильного вала) и размерами распиливаемого пакета плит. Для выбора минимального диаметра пил пользуются следующими соотношениями:

а) станок с нижним расположением пильного вала:

$$D_{\min} = 2 \times (D + a + 10); \quad (7)$$

б) станок с верхним расположением пильного вала

$$D_{\min} = 2 \times (H + r + 10), \quad (8)$$

где  $H$  – толщина распиливаемого материала, мм;  $a$  – высота подъема стола над осью вращения пильного вала, мм;  $r$  – радиус зажимных фланцев (шайб), мм; 10 – величина выхода пилы из распиливаемого материала, мм.

Результаты расчета по выбору минимального диаметра пилы ( $D_{\min}$ ) разными методами (формулы (5) и (7), (8)) различны. Зависимости (7), (8) позволяют определить минимально допустимый диаметр пилы, но не гарантируют ликвидации сколов при входе пилы в пропил. Диаметр, определенный по формуле (5), обеспечивает необходимое качество распиловки. Поэтому при выборе инструмента для раскроя ламинированных ДСП необходимо руководствоваться обеими зависимостями, а из полученных результатов выбирать наибольший диаметр пилы.

На рис. 3 показана схема выхода пилы из пропила. Из рисунка видно, что сколы на выходе пилы из пропила могут быть исключены, если  $F_{p2} < F_{o2}$ , т. е. при условиях, прямо противоположных условиям входа пилы в пропил:

$$F_n \cdot \sin(\gamma + \theta_{BX}) \leq F_o \cdot \cos \theta_{BX}. \quad (9)$$

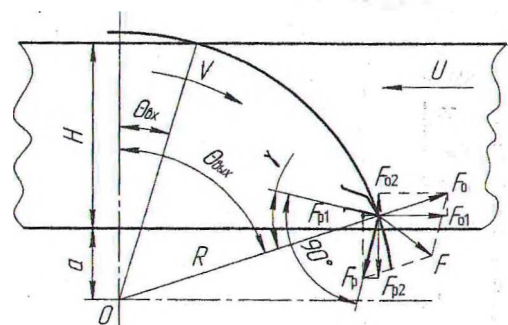


Рис. 3. Схема действия сил резания при положительном переднем угле резания и постоянном наибольшем кинематическом угле встречи

Проделав аналогичные вышеприведенным преобразования, получаем условие, при котором сколы на выходе пилы будут наименьшими или исключены:

$$\theta_{BX} \geq (90 - \gamma)/2. \quad (10)$$



Анализ зависимостей (6), (10) и результаты расчетов свидетельствуют о том, что методом подбора диаметра пилы и переднего угла резания ликвидировать сколы одновременно на входе пилы в пропилен и выходе из него невозможно.

Величина сколов на входе может быть сведена к минимуму за счет правильного выбора требуемого диаметра пилы и геометрии зубьев (переднего угла и угла косо́й заточки), исключения работы затупленным инструментом. Исследованиями ряда авторов [2, 4] установлено, что косая заточка по передней и задней граням зубьев пил от  $0^\circ$  до  $20^\circ$  позволяет снизить удельную работу и усилия резания до 30%, что способствует уменьшению сколов за счет уменьшения вертикальной составляющей силы  $p_2$ .

Устранение сколов на выходе пилы из пропила достигается в основном за счет обеспечения надлежащего подпора пласти плиты вблизи кромки пропила (прижимные балки) либо применения подрезных пил в конструкциях форматно-раскроечных станков. Результативным является также применение дисковых пил, зубья которых имеют отрицательный передний угол, желобообразную переднюю грань либо чередование профилей зубьев (трапеция/прямой, треугольный/плоский с вогнутой передней гранью зуба).

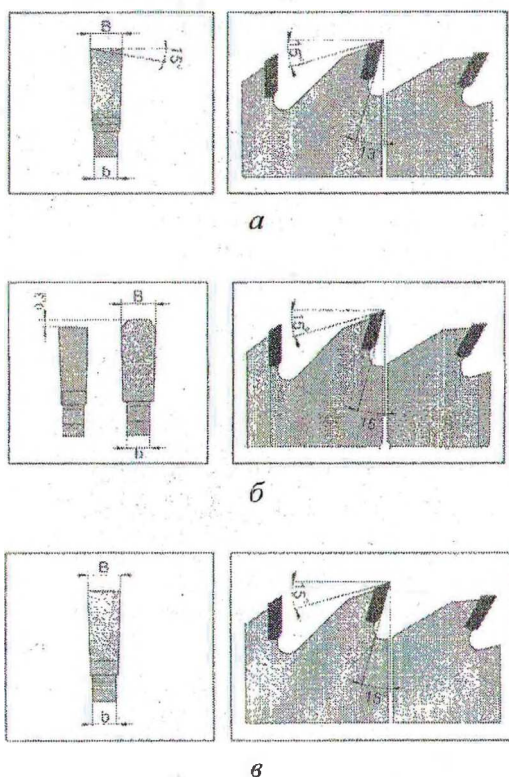


Рис. 4. Профили и угловые характеристики зубьев пил для распиловки ламинированных ДСтП: *a* – переменные с «косой» заточкой по задней грани; *б* – трапециевидные/плоские (могут применяться только трапециевидные); *в* – плоские

Плиты, облицованные различными декоративными бумажнослоистыми пластиками либо ламинированные пленками на основе бумаг, пропитанных термореактивными полимерами, раскаивают в основном дисковыми твердосплавными пилами, конструкции полотен, профиль и угловые характеристики зубьев которых достаточно разнообразны.

Форма и размеры пластинок соответствуют ГОСТ 13833-77 «Пластинки твердосплавные металлокерамические для дисковых дереворежущих пил». На рис. 4 представлены наиболее распространенные профили зубьев отечественных пил для распиловки ламинированных древесных плит.

Следует отметить, что профили *a* и *в* применяются в основном для распиловки односторонне фанерованных или ламинированных плит при высоких требованиях к качеству пропила. Пила типа *б* в сочетании с подрезной пилой дает хороший результат при обработке двухстороннего ламинированного ДСтП.

При раскрое ламината пилами с «косой» заточкой по задней грани основная нагрузка ложится на вершину трехгранного угла, что приводит к достаточно быстрому его затуплению и появлению сколов, вырвов, бахромы (рис. 5). Пилу необходимо снимать на заточку.

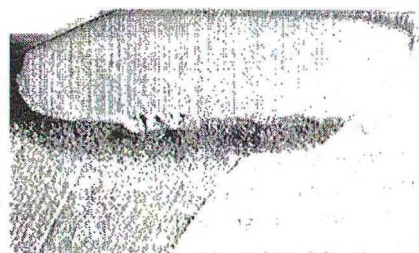


Рис. 5. Изношенный зуб твердосплавной пилы

В пилах с зубьями «трапеция – прямой» основную нагрузку несет трапециевидный зуб, а прямой подчищает. Поскольку на резах с «трапецией» отсутствуют острые углы, стойкость таких пил будет выше, чем на пилах с «косой» заточкой. Однако такие пилы более сложны в заточке.

Ряд зарубежных фирм оснащает пилы мелкодисперсным и особомелкодисперсным твердым сплавом группы ВК с содержанием кобальтовой связки 5%. Данные сплавы являются более перспективными по сравнению с традиционно применяемыми ввиду особо благоприятного сочетания высокой твердости, прочности и вязкости разрушения. Согласно сведениям некоторых предприятий, стойкость данных пил увеличивается в совокупности на 60% по сравнению с обычными пилами [5].

В деле увеличения качества распиловки двусторонне облицованных древесных материалов зарубежные фирмы-производители ин-

струмента ушли далеко вперед. Сегодня европейский рынок предлагает пилы для раскроя ламинированных ДСтП на станки без подрезного узла. Конечно, совсем без сколов на двустороннем ламинате при пилении такими пилами не обойтись, но размеры и количество сколов можно существенно уменьшить. Это достигается за счет отрицательного переднего угла (рис. 6, а), либо вогнутой передней или задней грани (рис. 6, б).

Переменная форма зуба позволяет постепенно обрабатывать материал. Зуб типа «А» осуществляет надрезку (рассечение). Заостренная форма зуба облегчает удаление материала, позволяет избежать сдавливания и образования щепок. Вогнутая форма зуба – тип «Б» позволяет плавно обрабатывать материал начиная с боковых сторон зуба к центру. При такой форме зуба пропилен получается ровным и без сколов, что позволяет обходиться без подрезающей пилы.

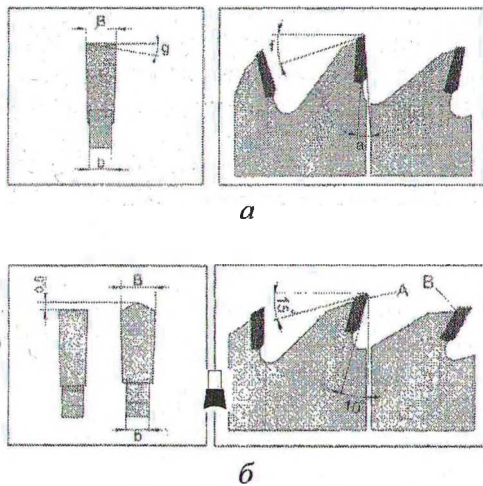


Рис. 6. Профили зубьев пил для распиловки двусторонне ламинированных ДСтП: а – переменные с отрицательным передним углом; б – треугольные /плоские с вогнутой передней гранью зуба

Для пиления облицованных древесных плитных материалов используются и другие профили зубьев, однако их применение ограничено трудностями, связанными с заточкой.

У зуба пилы различают три самостоятельных режущих элемента: короткая (главная) режущая кромка и две боковые. При пилении, в зависимости от способа заточки зубьев, в резании могут участвовать короткая режущая кромка и одна или две боковые.

При обработке ламинированных ДСтП режущая кромка инструмента встречает разные сочетания структурных элементов плиты: облицовочного материала, частиц цельной древесины, связующего, пустот на границе раздела фаз. Каждый из этих элементов оказывает определенное влияние как на силы резания, так и на интенсивность износа режущего инструмента.

В начальный период резания происходят микроразрушения режущей кромки, вызванные недостаточной прочностью кончика резца и дефектами его поверхности, возникшими при заточке инструмента. Они заканчиваются в момент достижения длины пути резания, равной 800 – 1000 м: к этому моменту вследствие абразивного воздействия связующего и частиц древесины произойдет закругление углов в месте облома (рис. 7).

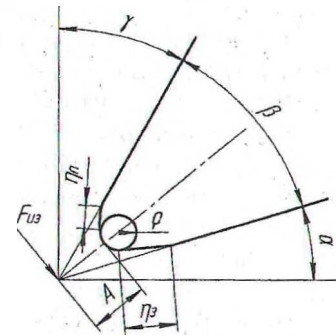


Рис. 7. Характер и параметры износа резца

В дальнейшем преобладает износ поверхности задней грани резца: параметр  $\eta_z$  превышает износ передней грани  $\eta_n$  в 1,5–1,7 раза. Радиус округления режущей кромки  $\rho$  имеет лишь слабую тенденцию к увеличению и не может служить однозначным показателем износа резца, как это наблюдается при обработке древесины. Интенсивность линейного износа резца по биссектрисе угла заострения  $A$  меньше интенсивности износа поверхности его передней или задней грани [6].

Отдельные контактные микроплощадки резца могут взаимодействовать с такими структурными элементами ДСтП, которые во много раз тверже ее в целом. В этих условиях износ резца может иметь локальный характер (рис. 8).

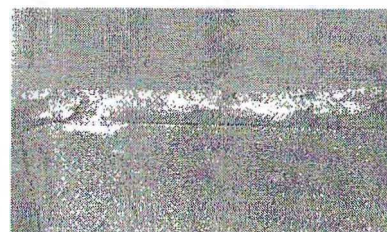


Рис. 8. Сколы режущей кромки

Твердые инородные тела в заготовках ведут к сколам режущих кромок, что ухудшает качество пиления и повышает одновременно усилия резания.

Слишком высокая подача на зуб может привести к скалыванию целых кусков режущей пластины или разрушению части корпуса пилы (рис. 9).



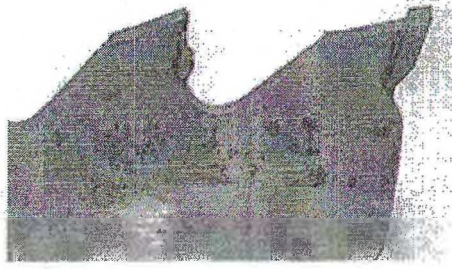


Рис. 9. Разрушение режущей кромки вследствие перегрузки инструмента

Это происходит вследствие затупления реза и чрезмерного заполнения впадин зубьев.

Кроме затупления главной режущей кромки происходит износ по задней и боковым поверхностям. Образование фаски износа по задней грани в основном приводит к возрастанию сил и мощности резания, а образование фаски износа по боковым поверхностям обуславливает ухудшение качества обработки и появление сколов на границах пропила.

Еще одним отрицательным явлением при обработке облицованных древесных плит является образование вместе с округлением режущей кромки на боковых гранях нароста вследствие налипания частиц пыли и стружки (засмаливание) (рис. 10).



Рис. 10. Округление режущей кромки и засмаливание после обработки ДСтП

Этот процесс протекает вследствие большого содержания смолы в обрабатываемом материале и ведет при длительной эксплуатации инструмента к повышению усилий резания, получению поверхностей плохого качества в облицовочном слое и средней зоне, а также к значительному уменьшению стойкости инструмента [7].

**Выводы.** 1. В отличие от необлицованных ДСтП, критерием качества раскроя которых является шероховатость стенок пропила, к облицованным предъявляются высокие требования к внешнему виду: отсутствие сколов и вырывов на обработанной поверхности.

2. При выборе диаметра и геометрии зубьев пил для раскроя ламинированных ДСтП

применение традиционных расчетных зависимостей не обеспечивает требуемого качества обработки, поэтому необходимо проводить дополнительные расчеты с учетом углов входа и переднего угла режущего инструмента.

3. Из анализа формул (6) и (10) следует, что обеспечить высокое качество раскроя одновременно на входе и выходе пилы из пропила невозможно, поэтому необходимо применять подрезные пилы с попутным пилением.

4. Для повышения качества раскроя ламинированных ДСтП целесообразно применять пилы с переменнo-косой заточкой по задней грани или прямоугольно-трапециедалной формой зуба (при наличии подрезного агрегата) либо отрицательным передним углом и вогнутой передней гранью (без подрезной пилы).

5. Необходимы дополнительные исследования по обоснованию режимов раскроя ламинированных ДСтП с учетом физико-механических свойств распиливаемого материала, особенностей его строения, геометрии и стойкости режущего инструмента, требований к качеству обработки.

#### Литература

1. Войтеховский, Б. В. Влияние технологических факторов на величину износа режущего инструмента при фрезеровании кромок ламинированных ДСтП / Б. В. Войтеховский // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: докл. VI Междунар. межвуз. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 4–5 мая 2006 г. – Гомель, 2006.
2. Якунин, Н. К. Подготовка к работе и эксплуатация круглых пил / Н. К. Якунин. – М.: Экология, 1991.
3. Грубе, А. Э. Основы теории и расчета деревообрабатывающих станков, машин и автоматических линий / А. Э. Грубе, В. И. Санев. – М.: Лесная пром-сть, 1973.
4. Цуканов, Ю. А. Обработка резанием древесностружечных плит / Ю. А. Цуканов, В. В. Амалицкий. – М.: Лесная пром-сть, 1966.
5. Амалицкий, Вик. В. Выбор материала режущего инструмента для обработки цементно-стружечных плит / Вик. В. Амалицкий, Вит. В. Амалицкий, В. В. Абрамузов // Деревообработ. пром-сть. – 2003. – № 6.
6. Амалицкий, Вит. В. Пиление твердосплавными круглыми пилами и их заточка / Вит. В. Амалицкий // Деревообработ. пром-сть. – 2005. – № 5.
7. The Leitz Lexicon / Handbook for Woodworking machine tools. Edition 4. Leitz GmbH & Co/ KG, Bundesrepublik Deutschland, 2005.