

А. П. Клубков, канд. техн. наук, доцент;
А. А. Гришкевич, канд. техн. наук; В. Т. Лукаш, аспирант

ВЛИЯНИЕ МЕДНОГО ПОКРЫТИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ТОНКИХ ДИСКОВЫХ ПИЛ С ПЛАСТИНАМИ ТВЕРДОГО СПЛАВА

Experimental researches of effect of copper cover of a surface of a disk of saws with plates of a firm alloy on serviceability, stability of a thin linen in a saw notch and reductions of power consumption are in-process indicated at sawing of paste wood materials. Features of manufacturing of thin slitting saws with plates of a firm alloy are shown.

Results of experimental researches are considered, optimum sizes of a broadening hard-fasing alloy a tooth of a saw on the party are determined.

Введение. Важнейшими задачами деревообрабатывающей промышленности являются:

а) экономия электроэнергии; применение энерго- и ресурсосберегающих технологических процессов, рациональных и оптимальных режимов резания;

б) рациональное использование древесины и древесных плитных материалов;

в) повышение производительности, точности и качества вырабатываемой продукции на основе древесины.

Современное состояние техники и появление новых материалов создает благоприятные условия для широкого и эффективного применения гнотоклееных деталей. Их изготовление позволяет производить склеивание древесины с одновременной отделкой синтетическими материалами (пленками, бумагами и т. д.).

Склеивание позволяет значительно сократить расход древесины, сделать деревообработку более технологичным процессом. Различные виды клеев и методы склеивания позволили создать новые эффективные древесные материалы, такие, как фанера, древеснослоистые пластики, древесностружечные, цементностружечные, древесноволокнистые плиты и плиты МДФ.

Деревообрабатывающая промышленность с каждым годом увеличивает выпуск изделий из древесных плитных материалов. В качестве декоративного покрытия древесностружечных, древесноволокнистых плит, фанеры и плит МДФ наряду с натуральным шпоном все больше применяются синтетические облицовочные материалы [1]. К качеству распиловки облицованных древесных плитных материалов, например древесностружечных плит, фанеры и плит МДФ, предъявляются высокие требования: не допускаются сколы, риски, чрезмерная шероховатость, что является практически неустраняемым дефектом.

Механическая обработка указанных выше материалов обыкновенными инструментами, изготовленными из инструментальных сталей, экономически невыгодна, а в отдельных случаях и невозможна из-за низкого периода стойкости такого инструмента.

Дисковые пилы, оснащенные пластинами из твердого сплава, наиболее широко используются для раскроя щитов и обрезки кромок облицованных древесностружечных плит, фанеры и плит МДФ. Однако за последние годы они не претерпели существенных конструктивных изменений. Анализ отечественной и зарубежной информации [2] показывает, что совершенствование дисковых пил идет в направлении использования в качестве режущих элементов сверхтвердых материалов, синтетических алмазов, выбора соответствующего конструктивного оформления режущих элементов и их рациональной геометрии для обработки различных материалов на основе древесины.

Конструкции пил, оснащенных пластинами из сверхтвердых материалов, практически ничем не отличаются от конструкции пил, оснащенных пластинами из твердого сплава.

Основным недостатком дисковых твердосплавных пил является большая ширина пропила, что значительно увеличивает потребление электроэнергии на резание, повышает расход древесины в опилки. Так, при диаметре дисковой пилы 160 мм ширина пропила составляет 2,8 мм, а при диаметре 400 мм – 4,1 мм [3].

Большой перспективой для деревообрабатывающей промышленности является применение тонких дисковых пил с пластинами твердого сплава (толщиной менее 2 мм).

Применение тонких дисковых пил в деревообрабатывающей промышленности позволит повысить коэффициент полезного выхода деловой древесины, существенно снизить потребление электроэнергии, улучшить качество обработанной поверхности. Однако использование тонких пил требует специальных условий.

Цель работы – исследование влияния медного покрытия на работоспособность, устойчивость и снижение энергопотребления тонких дисковых пил с пластинами твердого сплава при распиловке клееных древесных материалов.

Теоретические исследования. В процессе пиления древесины или древесных плитных материалов, гнотоклееных блоков значительная

часть работы резания превращается в теплоту. Возникающие при этом потоки тепла вызывают нагрев зубьев и диска пилы.

Распределение теплоты в зоне резания определяется уравнением теплового баланса [4]. В общем виде уравнение теплового баланса может быть представлено выражением

$$Q_d + Q_{тр} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \quad (1)$$

где Q_d – теплота, эквивалентная работе деформации и сдвига срезаемой стружки; $Q_{тр}$ – теплота, эквивалентная работе трения на контактных поверхностях инструмента; Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 – теплота, передаваемая инструменту, обрабатываемому материалу, стружке и окружающей среде соответственно.

В левой части уравнения (1) содержатся члены, учитывающие поступление теплоты, а правой – его расход.

Количество теплоты Q_1 , идущей на нагрев инструмента, составляет часть общей теплоты $Q_{общ}$. Специальные экспериментальные исследования по определению отношения $Q_1/Q_{общ}$ при пилениях древесины не проводились.

Нагрев зуба пилы происходит преимущественно под действием теплоты $Q_{тр}$, а величиной Q_d в порядке первого приближения можно пренебречь, так как деформация древесины при стружкообразовании совершается при постоянном и относительно небольшом давлении.

При определении температурного потока следует иметь в виду, что образующееся тепло в большей своей величине уходит в инструмент, так как древесина не является теплопроводным материалом.

Средняя температура, T , °С, на всей контактной поверхности вершины зуба может быть определена по формуле [4]

$$T = T_n \cdot l_n + T_3 \cdot l_3 + T_{16} \cdot l_{16} + T_{26} \cdot l_{26}, \quad (2)$$

где T_n, T_3, T_{16}, T_{26} – средние температуры на площадках контакта зуба; l_n, l_3, l_{16}, l_{26} – длина контактных площадок зуба пилы.

Характер работы зубьев дисковой пилы является циклическим и обусловлен периодическим врезанием их в обрабатываемый материал. В силу этого нагрев контактных поверхностей вершины пластины твердого сплава носит импульсный характер. Зуб пилы при этом испытывает действие многократно повторяющихся тепловых импульсов.

Устойчивость пилы в работе – это способность диска пилы с пластинами твердого сплава обеспечивать прямолинейность пропила и противостоять воздействию сил резания, тепловым потокам, сохраняя при этом плоскую форму упругого равновесия.

Особенности изготовления тонких дисковых пил с пластинами твердого сплава. Решающее значение при изготовлении тонких

пил с пластинами твердого сплава имеет разработка режимов электроконтактной пайки пластин на зубья дисковых пил. Особенность состоит в том, что уменьшение толщины диска ведет к резким температурным перепадам в процессе пайки, что может вызвать не только потерю плоскостности диска, но и обгорание мест пайки.

Качество процесса распиловки во многом зависит от устойчивости полотен дисковых пил. Следствием потери диском плоской формы упругого равновесия является увеличение ширины пропила, ухудшение качества поверхности распиловки, резкое увеличение потребляемой станком электроэнергии, подгорание обрабатываемого материала и другие отрицательные явления.

Известные методы повышения устойчивости дисковых пил применимы в основном для пил, толщина которых выше 2 мм. Поэтому применение в производстве тонких дисковых пил требует изыскания новых методов повышения устойчивости их в работе.

Одним из таких методов является термическая электроконтактная обработка полотен пил.

Данный метод обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с другими известными методами повышения устойчивости дисковых пил [5]. Он обеспечивает получение не только нормированных кольцевых напряжений растяжения на периферии диска, но и дает возможность осуществлять правку дефектных мест.

Теоретические исследования и экспериментальные данные, приведенные в [6], дают основание считать, что одним из возможных и эффективных методов повышения устойчивости полотен дисковых пил является устранение температурного перепада по радиусу диска в процессе резания. Рекомендуемые методы, предусматривающие повышение температуры центральной части диска пилы или охлаждение периферийной зоны слишком сложны и поэтому неприменимы.

Перепад температуры по радиусу диска можно уменьшить за счет применения теплопроводных покрытий, наносимых на боковые поверхности диска пилы. Одним из таких покрытий может служить медь, которая имеет коэффициент теплопроводности, равный $\lambda = 390 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}^\circ$, который в 15–23 раза больше коэффициента теплопроводности быстрорежущей стали $\lambda = 16,75\text{--}25,12 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}^\circ$ [7]. Коэффициент трения стали по древесине: статический $f = 0,78\text{--}0,82$, динамический $f = 0,51\text{--}0,79$ [8]. Коэффициент трения меди по древесине равен $f = 0,2$. Плотность стали $\rho = (7,7\text{--}7,9) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, меди $\rho = 9,93 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Коэффициент линейного расширения стали $11,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, меди $16 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

Нанесение меди на боковые поверхности диска пилы электролитическим методом не представляет больших технических трудностей. Кроме того, применение медного покрытия боковых поверхностей диска уменьшает коэффициент трения диска пилы о древесину, что будет улучшать процесс пиления.

Результаты исследований. Наиболее распространенными износостойкими монофазными гальваническими покрытиями являются хромовые, железные, никелевые и медные. В последние годы успешно развивается технология электроосаждения композиционных электрохимических покрытий.

Суть метода заключается в том, что вместе с металлом из гальванической ванны на детали осаждают различные неметаллические частицы: карбиды, бориды, оксиды, сульфиды, порошки полимеров и т. д. Включение дисперсных материалов в покрытие значительно увеличивает их износостойкость. Другие преимущества – сравнительная простота нанесения покрытий, низкая себестоимость, возможность автоматизации и регулирования технологического процесса.

Значения температуры в отдельных точках полотна пилы без покрытия ($\delta = 0$) и с медным покрытием ($\delta = 30$ мкм и $\delta = 55$ мкм) приведены в таблице.

Определение оптимальной величины уширения твердосплавного зуба пилы на сторону. Важное значение для работы тонких пил, оснащенных пластинами твердого сплава, имеет установление оптимального уширения на сторону пластины твердого сплава.

Величина уширения S' оказывает влияние не только на увеличение ширины пропила, а, следовательно, и на потери древесины в опилки, но и на величину потребляемой электроэнергии на резание. Уменьшение величины уширения на сторону ниже определенного пре-

дела может привести к значительному росту сил трения между полотном пилы и стенками пропила.

Для определения оптимальной величины уширения пластины твердого сплава на сторону были подготовлены две пилы: пила без покрытия боковых поверхностей диска и пила с медным покрытием. Толщина покрытия составляла $\delta = 55$ мкм.

В качестве критерия оптимальной величины уширения были выбраны удельная работа резания K , Дж/см³, потребляемая мощность на резание и величина устойчивости пилы, которая определялась разностью величины ширины пропила b' и максимальной ширины пластины твердого сплава b . Увеличение указанной разности должно свидетельствовать об увеличении колебаний полотна пилы в результате частичной потери устойчивости. Опыты проводились на промышленной установке на базе одностороннего шипорезного станка ШО16-4 при трех скоростях подачи: $V_s = 7,3; 10; 15$ м/мин.

Изменение величины уширения на сторону осуществлялось за счет последовательной заточки пластин твердого сплава по боковым поверхностям на универсальном заточном станке 3Е642. В качестве опытного образца применяли клееный блок толщиной 27 мм.

По результатам исследований построены графические зависимости мощности на резание (рис. 1) и удельной работы резания (рис. 2) от величины уширения пластины на сторону.

Выводы и рекомендации. На основании проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы.

1. С уменьшением свеса пластины твердого сплава от 0,637–0,765 мм до 0,423–0,405 мм для пилы с медным покрытием мощность на резание для всех исследуемых скоростей подачи уменьшается, а удельная работа резания растет.

Таблица

Значения температуры в отдельных точках полотна пилы без покрытия ($\delta = 0$) и с медным покрытием ($\delta = 30$ мкм и $\delta = 55$ мкм)

№ оп.	R_i , мм	δ , мкм	Значение температуры при наблюдении, °C										t_{cp} , °C
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,50	0	33,0	36,3	37,0	36,9	37,6	37,7	38,0	38,1	39,1	40,5	37,65
	0,75		45,0	46,8	47,7	46,8	47,5	47,5	47,8	48,2	47,8	49,2	47,43
	1,00		53,4	54,8	55,5	55,0	54,4	55,5	56,2	56,2	56,2	57,6	55,36
2	0,50	30	39,4	40,8	40,4	40,4	40,4	40,7	40,8	40,9	41,1	41,1	40,60
	0,75		45,0	46,0	45,1	45,0	45,0	45,0	45,4	45,3	45,0	45,4	45,22
	1,00		55,8	56,2	55,5	55,0	55,0	55,0	55,1	55,5	55,0	55,0	55,31
3	0,50	55	42,5	42,5	42,5	43,6	43,6	45,0	44,7	45,0	45,3	45,0	43,97
	0,75		47,5	46,7	46,4	50,6	49,5	50,3	50,3	50,6	50,2	48,1	49,02
	1,00		54,0	53,8	53,4	56,2	55,0	56,7	56,2	56,9	56,9	55,0	55,36

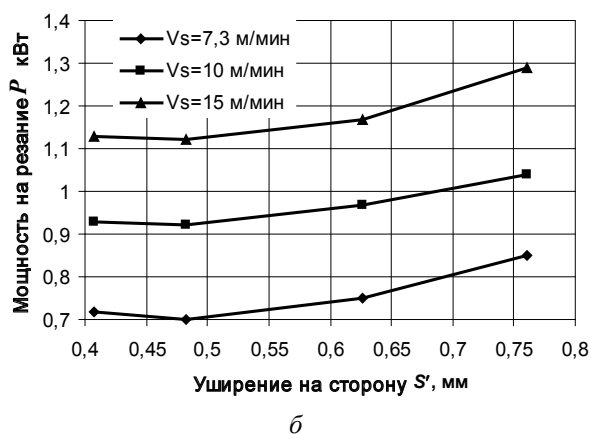
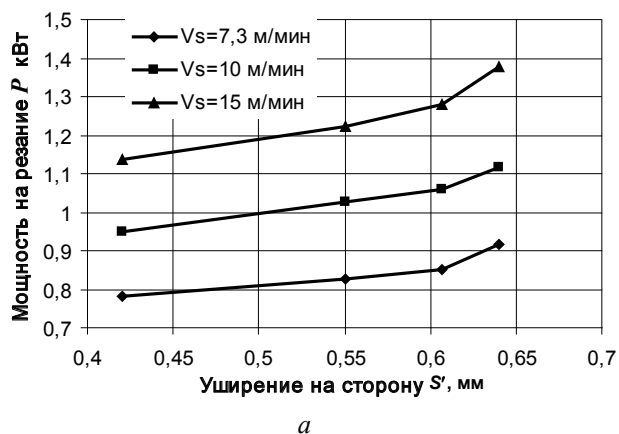


Рис. 1. Зависимость мощности на резание P от величины уширения пластины твердого сплава на сторону S' для двух пил: a – без покрытия ($\delta = 0$), b – с покрытием ($\delta = 55$ мкм)

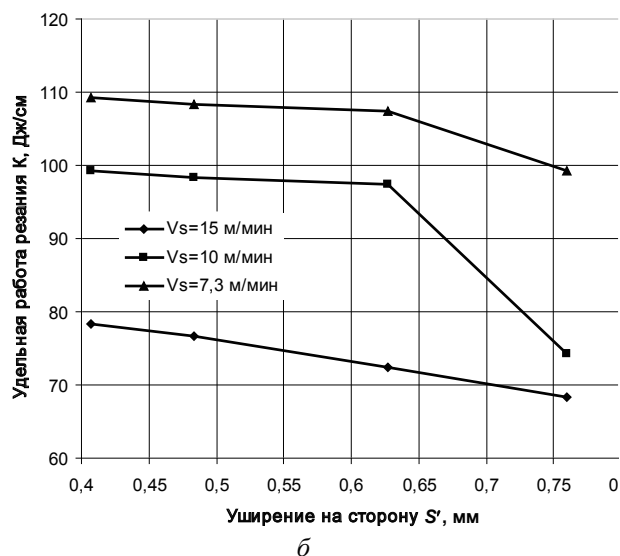
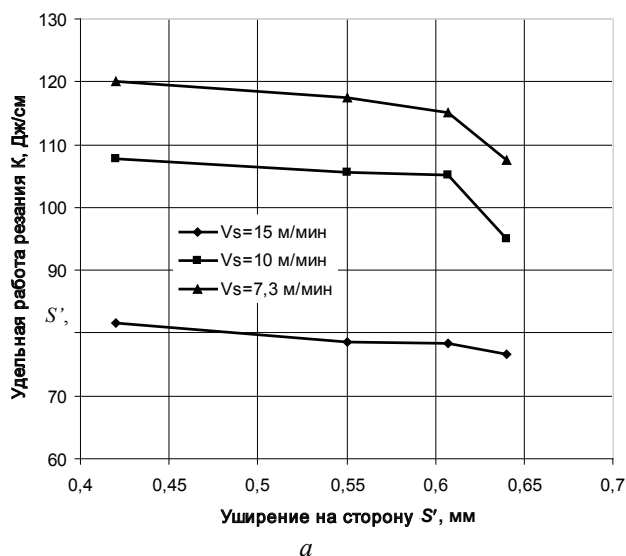


Рис. 2. Зависимость удельной работы резания K от величины уширения пластины твердого сплава на сторону S' для двух пил: a – без покрытия ($\delta = 0$); b – с покрытием ($\delta = 55$ мкм)

2. Пила с покрытием обладает большей устойчивостью, так как характеризуется меньшей средней величиной разности между шириной пропила и шириной пластины твердого сплава ($b' - b$).

3. Мощность на резание, потребляемая пилой с медным покрытием, меньше, чем для пилы без покрытия.

4. Оптимальной величиной уширения на сторону пластины твердого сплава можно считать 0,45–0,50 мм.

Литература

1. Мирошниченко, С. В. Отделка древесных плит и фанеры / С. В. Мирошниченко. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 176 с.
2. Leitz, Leuco, Guhdo, Stehle, Freud, Faba: каталоги дереворежущего инструмента, 2005–2007 гг.
3. Пилы дисковые с твердосплавными пластинами для обработки древесных материалов.

Технические условия: ГОСТ 9769–79. – Введ. 01.01.81. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 15 с.

4. Резников, А. Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов / А. Н. Резников. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.

5. Якунин, Н. К. Подготовка круглых пил к работе / Н. К. Якунин. – М.: Экология, 1991. – 288 с.

6. Грубе, А. Э. Автоматической регулирование температурных напряжений в дисковых пилах / А. Э. Грубе, В. И. Санев, В. К. Пашков // Деревообрабатывающая пром-сть. – 1967. – № 8.

7. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.

8. Резник, Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н. Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.