

УДК 674.053:621.934

**С. А. Гриневич, В. Т. Лукаш**

Белорусский государственный технологический университет

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО РЕСУРСА  
ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ДИСКОВЫХ ПИЛ ПРИ ОБРАБОТКЕ  
ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ**

Раскрой ламинированных древесностружечных плит дисковыми пилами является неотъемлемой частью технологического процесса производства корпусной мебели. Главным требованием, предъявляемым к получаемой продукции, является отсутствие сколов на поверхности ламината. Для распиловки ламинированных древесностружечных плит применяются дисковые пилы с режущими элементами из твердого сплава. Однако рациональная эксплуатация режущего инструмента заключается не только в правильном выборе режима обработки древесного материала, но и своевременной его переточке. На промышленных предприятиях деревообрабатывающей отрасли переточку дисковых пил осуществляют, как правило, сразу после появления дефектов обработки. При этом актуальным является вопрос о превентивной переточке режущего инструмента, т. е. до появления сколов.

В статье приведены результаты теоретических исследований и анализа характера и динамики изнашивания режущих элементов дисковых твердосплавных пил. Показана возможность прогнозирования степени затупления инструмента и расчета величины фаски по задним поверхностям режущего элемента. Получены значения интенсивности изнашивания для некоторых марок твердого сплава. Выполнен расчет необходимой величины стачивания за одну переточку. Найдены режимы обработки, обеспечивающие максимальный ресурс режущего инструмента с учетом количества возможных переточек.

**Ключевые слова:** древесностружечная плита, дисковая пила, твердый сплав, затупление, стойкость, заточка.

**S. A. Grinevich, V. T. Lukash**

Belarusian State Technological University

**MAXIMUM LIFETIME DETERMINATION OF CARBIDE CIRCULAR SAWS  
AT THE LAMINATED CHIPBOARD PROCESSING**

Processing of laminated chipboard by circular saws is an integral part of technological process of cabinet furniture production. The main requirement of the products obtained is no chips on the surface of the laminate. For cutting laminated chipboard they use circular saws with cutting elements made of carbide. However rational exploitation of the cutting tool is not only the correct mode of wood material processing, but also its timely resharpening. At the industrial enterprises of the woodworking industry the circular saws resharpening is carried out, as a rule, immediately after the defects occurrence. An actual question is preventive resharpening of the cutting tool, i.e., before chips occurrence.

The paper presents the results of theoretical research and analysis of the nature and wear dynamics of the cutting elements of disk carbide saws. Degree predicting the possibility of the instrument dulling and calculation of the bevel value on the flank surface of the cutting element is shown. The wear intensity values of the for certain carbide types are given. The calculation of the required amount of grinding per resharpening is made. The regime of processing to ensure maximum lifetime of the cutting tool with account of possible regrinding number is submitted.

**Key words:** chipboard, circular saw, carbide, dull, durability, sharpening.

**Введение.** Основной технологической операцией в мебельном производстве является раскрой листовых древесных материалов, в том числе ламинированных древесностружечных плит. Для выполнения данной операции широко используются дисковые твердосплавные пилы. К сожалению, подавляющее их большинство импортного производства.

На сегодняшний день стоимость дискового инструмента, оснащенного режущими элементами из вольфрамкобальтового твердого сплава, колеблется в пределах 65–100 дол. США.

Поэтому рациональная и эффективная эксплуатация такого инструмента на производстве является актуальной задачей.

Одним из ключевых вопросов является следующий. Что лучше: перетачивать пилы сразу же после появления дефектов обработки или же следует производить их превентивную переточку? Однозначного ответа на данный вопрос на сегодняшний день нет.

В первом случае время резания будет соответствовать периоду стойкости инструмента. Под периодом стойкости понимается время

резания новым или восстановленным режущим инструментом от начала резания до отказа [1]. Под временем резания понимают интервал времени, в течение которого инструмент находится в непосредственном контакте с обрабатываемой поверхностью, сопровождающемся снятием стружки.

Отказ – это отклонение от установленных значений хотя бы одного из параметров режущего инструмента, характеризующих его работоспособное состояние, либо требований или характеристик обработки, выполняемых этим инструментом [1]. В данном случае отказом является появление сколов облицовочного слоя величиной более 0,3 мм на поверхности ламинированной древесностружечной плиты. Согласно ГОСТ 9769–79 [2], данный дефект появляется после достижения режущим инструментом критического затупления и определяется как невыполнение требований к качеству распиловки.

Во втором случае время работы инструмента (время резания) будет меньше. Однако и величина припуска при переточке будет меньше, а соответственно, возможное количество переточек может быть увеличено.

Таким образом, поставленная задача может быть выражена математически как

$$T_{\Sigma} = T \cdot (1 + n) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $T_{\Sigma}$  – полный период стойкости режущего инструмента;  $T$  – период стойкости режущего инструмента;  $n$  – количество переточек режущего инструмента.

На практике, зачастую, больший интерес представляет величина ресурса режущего инструмента, а не его период стойкости.

Ресурс режущего инструмента – наработка режущего инструмента от начала резания новым инструментом до достижения им предельного состояния [1].

Наработка режущего инструмента – это продолжительность или объем работы режущего инструмента, выраженные интервалом времени, массой или объемом снятого материала, длиной пути резания, площадью обработанной поверхности или числом обработанных заготовок. В зависимости от наработки ресурс режущего инструмента может быть выражен как в единицах времени (ч, смена, мин и т. д.), так и в количестве обработанного материала (м, п. м, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup> и др.).

Возможное количество переточек определяется по формуле

$$n = \frac{a}{b}, \quad (2)$$

где  $a$  – допускаемая величина стачивания за срок службы, мкм;  $b$  – величина стачивания за одну переточку, мкм.

Величина стачивания за одну переточку зависит от степени износа режущего инструмента. Под износом понимают изменение формы и размеров режущего инструмента, проявляющееся при трении последнего об обрабатываемый материал. Согласно ГОСТ 27674–88 [3], износ может быть определен в единицах длины, объема, массы и др.

**Основная часть.** Большой вклад в развитие теории и практики износостойкости дереворежущего инструмента внесли такие ученые, как Афанасьев П. А., Амалицкий В. В., Алексеев А. В., Бершадский А. Л., Воскресенский С. А., Грубэ А. Э., Демьяновский К. И., Дешевой М. А., Золотарев А. Е., Зотов Г. А., Ивановский Е. Г., Кряжев Н. А., Любченко В. И., Моисеев А. В., Памфилов Е. А., Рыбалко В. С., Санев В. И., Тиме И. А., Цуканов Ю. А. и другие.

Ряд ученых (Кряжев Н. А. [4], Дешевой М. А. [5]), исследовавших проблему затупления дереворежущего инструмента, считали, что площадь изношенного слоя прямо пропорциональна пути резания, т. е.

$$S = \varepsilon \cdot L, \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  – интенсивность изнашивания, мкм<sup>2</sup>/м;  $L$  – путь резания, м.

Под интенсивностью изнашивания, согласно ГОСТ 27674–88, понимают отношение значения износа к обусловленному пути, на котором происходило изнашивание, или объему выполненной работы.

На рис. 1 изобразим условную расчетную схему для определения площади изношенного слоя идеального реза.

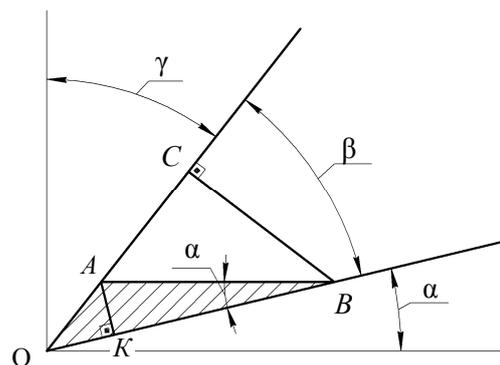


Рис. 1. Расчетная схема определения площади изношенного слоя идеального реза

Площадь изношенного слоя можно определить через величину длины фаски  $\mu$ , равную стороне  $AB$  треугольника  $OAB$ :

$$S_{OAB} = \frac{1}{2} \cdot AK \cdot OB; \quad (4)$$

$$AK = \mu \cdot \sin \alpha. \quad (5)$$

Сторону  $OB$  найдем по теореме синусов:

$$\frac{\mu}{\sin \beta} = \frac{OB}{\sin(180 - (\alpha + \beta))}. \quad (6)$$

Используя формулы приведения, преобразуем равенство (6):

$$\frac{\mu}{\sin \beta} = \frac{OB}{\sin(\alpha + \beta)}. \quad (7)$$

Откуда

$$OB = \frac{\mu \cdot \sin(\alpha + \beta)}{\sin \beta}. \quad (8)$$

Подставим найденные значения  $AK$  (5) и  $OB$  (8) в формулу (4) и упростим ее:

$$S_{OAB} = \frac{\mu^2 \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot \sin \alpha}{\sin \beta}. \quad (9)$$

Приравняем правые части уравнений (3) и (9):

$$\varepsilon \cdot L = \frac{\mu^2 \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \sin \beta}. \quad (10)$$

Определим величину длины фаски:

$$\mu = \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon \cdot L \cdot \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta) \cdot \sin \alpha}}. \quad (11)$$

Величина фаски при раскросе древесно-стружечных плит в практических расчетах определяется по номограмме, построенной Ю. А. Цукановым и В. В. Амалицким [6] на основе опытных данных.

Используя данные номограммы (рис. 2), по формуле (11) рассчитали величину интенсивности изнашивания твердого сплава ВК15, которая составила  $\varepsilon_{ВК15} = 73 \text{ мкм}^2/\text{км}$ . На основе данных, приведенных А. Э. Грубе [7, с. 39], по сравнительной износоустойчивости твердых сплавов можно определить величину  $\varepsilon$  для других марок твердого сплава. Так, для сплава ВК6, из которого были изготовлены зубья дисковых пил, использовавшихся при проведении экспериментальных исследований технологической стойкости режущего инструмента при раскросе ламинированных древесностружечных плит [8], величина интенсивности изнашивания составит  $\varepsilon_{ВК6} = 41 \text{ мкм}^2/\text{км}$ .

Однако особенностью пиления является наличие трех режущих кромок (главной и двух боковых) и соответственно трех задних поверхностей. Зная угловые параметры инструмента, можно сопоставить величины фасок по задним поверхностям. Так, для плоско-трапециевидного профиля зубьев фаска по задней поверхности, прилегающей к боковой режущей кромке, в

2,3 раза больше, чем фаска по задней поверхности, прилегающей к главной режущей кромке.

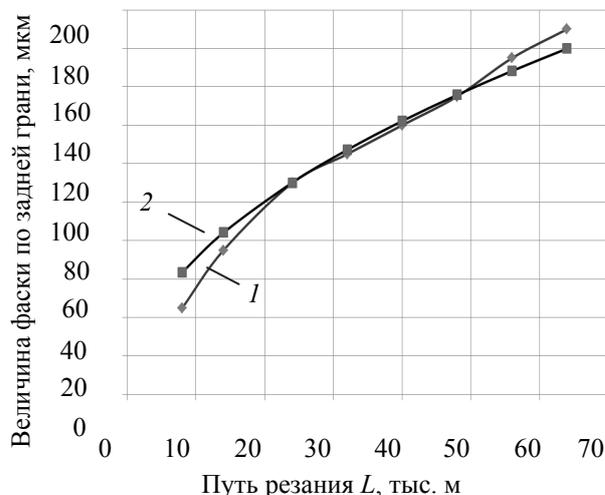


Рис. 2. Номограмма для определения величины износа зубьев пилы по задней грани: 1 — величина фаски по данным Ю. А. Цуканова и В. В. Амалицкого; 2 — величина фаски при  $\varepsilon = 73 \text{ мкм}^2/\text{км}$

Таким образом, расчет величины допустимого стачивания за одну переточку должен выполняться из условия снятия фаски по задним поверхностям, прилегающим к боковым граням. Очевидно, что зная  $\varepsilon$  и величину пути резания  $L$ , можно рассчитать величину фаски по задней грани  $\mu$ . В то же время величина фаски определяет величину припуска при переточке режущего инструмента.

Очевидно, что чем больше величина фаски, тем больший припуск необходимо снять для восстановления режущей способности инструмента. Поэтому актуальной задачей для производства является обеспечение максимального ресурса режущего инструмента с учетом возможного количества переточек пилы.

Наработку между отказами режущего инструмента (от начала резания новым или восстановленным инструментом до первого отказа) целесообразно выразить в погонных метрах обработанного материала:

$$R = \frac{L \cdot S_z \cdot z}{l}, \quad (12)$$

где  $L$  — фактический путь резания одного зуба пилы, м;  $S_z$  — подача на зуб, мм;  $z$  — число зубьев пилы, шт.;  $l$  — длина дуги контакта зуба пилы с обрабатываемым материалом, мм.

Величина допускаемого стачивания за срок службы твердосплавной пилы в среднем составляет  $a = 4 \text{ мм} = 4000 \text{ мкм}$  при условии переточки по передней грани зуба.

Величина стачивания за одну переточку  $b$ , мкм, будет равна величине фаски по боковой грани  $\mu$ .

Тогда формула (2) может быть записана как

$$n = \frac{a}{\mu}. \quad (13)$$

Учтем, что значение  $n$  должно быть округлено к целому числу в меньшую сторону. Таким образом, ресурс может быть выражен как

$$R_{\Sigma} = \frac{L \cdot S_z \cdot z}{l} \cdot (1 + n). \quad (14)$$

Рост пути резания  $L$ , с одной стороны, увеличивает наработку режущего инструмента, но, с другой стороны, увеличивает его износ и снижает возможное число переточек.

Для обеспечения условия  $R_{\Sigma} \rightarrow \max$  нужно решить задачу оптимизации, что было выполнено в математическом пакете MathCad14. При этом необходимым условием являлось

$$L \leq L_{lim}, \quad (15)$$

где  $L_{lim}$  – максимальный путь резания, найденный из условия обеспечения качества обработки, м.

Так, согласно работе [8], для плоско-трапециевидного профиля зубьев

$$L = 1854,55 + 725818,33 \cdot S_z - 598,47 \cdot V + 1322,59 \cdot a - 8060312,50 \cdot S_z^2 + 4,58 \cdot V^2 - 18,04 \cdot a^2 - 5133,33 \cdot S_z \cdot a. \quad (16)$$

В результате было получено, что максимальный ресурс дисковой твердосплавной пилы с плоско-трапециевидным профилем зубьев при

распиловке ламинированных ДСП будет обеспечен при  $S_z = 0,06$  мм,  $V = 80$  м/с,  $a = 31,46$  мм и составит  $R_{\Sigma} = 126,9$  км. При этом переточка будет производится через 197 мин (3,28 ч) непрерывного резания, когда фаска по задней поверхности, прилегающей к боковой грани, достигнет 160 мкм. При этом количество возможных переточек пилы составит 25 раз.

**Заключение.** 1. Установлена возможность использования формулы  $\mu = \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon \cdot L \cdot \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta) \cdot \sin \alpha}}$

для расчета величины фаски по задней поверхности режущего элемента твердосплавного дискового инструмента при пилении ДСП.

2. Получены значения интенсивности изнашивания: для твердого сплава ВК6 –  $\varepsilon = 41$  мкм<sup>2</sup>/км и для твердого сплава ВК15 –  $\varepsilon = 73$  мкм<sup>2</sup>/км.

3. Установлено, что для плоско-трапециевидного профиля зубьев форматных дисковых пил фаска по задней поверхности, прилегающей к боковой режущей кромке, в 2,3 раза больше, чем фаска по задней поверхности, прилегающей к главной режущей кромке.

4. Максимальный ресурс дисковых твердосплавных пил с плоско-трапециевидным профилем зубьев для форматного раскроя ламинированных древесностружечных плит будет обеспечен при следующих технологических параметрах:  $S_z = 0,06$  мм,  $V = 80$  м/с,  $a = 31,46$  мм и составит  $R_{\Sigma} = 126,9$  км. Время непрерывного резания составит 197 мин (3,28 ч), величина фаски по задней поверхности, прилегающей к боковой грани, достигнет 160 мкм. При этом количество возможных переточек пилы составит 25 раз.

## Литература

1. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий: ГОСТ 25751–83. Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 1992. 28 с.
2. Пилы дисковые с твердосплавными пластинами для обработки древесных материалов. Технические условия: ГОСТ 9769–79. Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 1981. 16 с.
3. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения: ГОСТ 27674–88. Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 1992. 24 с.
4. Кряжев Н. А. Фрезерование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1979. 200 с.
5. Дешевой М. А. Механическая технология дерева. Ч. 1. Л.: Кубуч, 1934. 512 с.
6. Цуканов Ю. А. Амалицкий В. В. Обработка резанием древесностружечных плит. М.: Лесная пром-сть, 1966. 94 с.
7. Грубе А. Э. Дереворежущие инструменты. М.: Лесная пром-сть, 1971. 344 с.
8. Лукаш В. Т., Гриневиц С. А. Технологическая стойкость и начальная мощность при обработке ламинированных ДСП пилами с плоско-трапециевидным профилем зубьев // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообаб. пром-сть. 2010. Вып. XVIII. С. 234–239.

## References

1. GOST 25751–83. Cutting tools. The terms and definitions of general concepts. Minsk, State Committee for Standardization of Republic of Belarus, 1992. 28 p. (In Russian).
2. GOST 9769–79. Circular saws with carbide inserts for machining of wood materials. Technical conditions. Minsk, State Committee for Standardization of Republic of Belarus, 1981. 16 p. (In Russian).

3. GOST 27674–88. Friction, wear and lubrication. The terms and definitions. Minsk, State Committee for Standardization of Republic of Belarus, 1992. 24 p. (In Russian).
4. Kryazhev N. A. *Frezerovaniye drevesiny* [Milling of wood]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1979. 200 p.
5. Deshevoy M. A. *Mekhanicheskaya tekhnologiya dereva* [Mechanical technology of wood]. Part 1. Leningrad, Kubuch Publ., 1934. 512 p.
6. Tsukanov Y. A., Amalitskiy V. V. *Obrabotka rezaniyem drevesnostruzhechnykh plit* [Cutting process chipboard]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1966. 94 p.
7. Grube A. E. *Derevozhuschiye instrumenty* [Woodworking tools]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1971. 344 p.
8. Lukash V. T., Grinevich S. A. Technological resistance and initial power at processing laminated chipboard saws with flat-trapezoidal tooth profile. *Trudy BGTU* [Proceedings BSTU]. Series II, Forest and Woodworking Industry, 2010, vol. XVIII, pp. 234–239.

#### Информация об авторах

**Гриневич Сергей Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Grinevich@belstu.by

**Лукаш Валерий Тадеушевич** – соискатель, заведующий лабораторией кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Lukash@belstu.by

#### Information about the authors

**Grinevich Sergey Anatol'evich** – Ph. D. Engineering, assistant professor, assistant professor, Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Grinevich@belstu.by

**Lukash Valeriy Tadeushevich** – applicant, head of Laboratory of Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Lukash@belstu.by

*Поступила 20.02.2015*