

УДК 674.053:621.934

С. А. Гриневич, В. Т. Лукаш

Белорусский государственный технологический университет

**ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТУПЛЕНИЯ
ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Статья посвящена теоретическим исследованиям особенностей взаимодействия зубьев дисковых твердосплавных пил с обрабатываемым материалом. В результате выполненного авторами геометрического моделирования процесса затупления лезвия режущего инструмента разработаны аналитические зависимости для определения величин радиуса округления режущей кромки и фаски износа по задней поверхности лезвия зуба дисковой твердосплавной пилы. В отличие от ранее известных предложенные модели учитывают не только фактический путь резания лезвия режущего элемента, но и его угловые характеристики, а также свойства взаимодействующих в процессе обработки материалов. Зависимости позволяют не только определять величины параметров поперечной микрогеометрии режущего элемента в любой момент его фактического пути резания, но и прогнозировать период стойкости режущего инструмента с целью оптимизации процесса его заточки и обеспечения максимального ресурса.

Ключевые слова: износ, лезвие, режущая кромка, затупление, радиус округления, фаска, период стойкости, заточка.

S. A. Grinevich, V. T. Lukash

Belarusian State Technological University

**GEOMETRIC MODELING
OF FLOODING WOODWORKING TOOLS**

The article is devoted to theoretical researches of peculiarities of interaction of teeth of carbide saw blades with processed material. As a result of the geometric modeling of the blade blunt process of the cutting tool, the analytical dependences for determining the values of the radius of rounding of the cutting edge and chamfer of wear on the back surface of the blade of the tooth of the disc carbide saw are developed. In contrast to the previously known models, the proposed models take into account not only the actual cutting path of the blade of the cutting element, but also its angular characteristics, as well as the properties of the interaction in the processing of materials. Dependences make it possible not only to determine the parameters of the transverse microgeometry of the cutting element at any time of its actual cutting path, but also to predict the period of durability of the cutting tool in order to optimize the process of sharpening it and ensure maximum life.

Key words: wear, blade, cutting edge, blunt, radius of rounding, chamfer, period of durability, sharpening.

Введение. Ухудшение качества обработки является следствием потери режущей способности инструмента в результате износа его режущих элементов. Износ инструмента определяется линейными показателями: объемом, площадью или изменением высоты режущего элемента, в то время как затупление характеризуется изменением микрогеометрии его лезвия в процессе работы.

Износу и затуплению дереворежущих инструментов посвящено большое количество работ и по этой теме решено много отдельных задач. Однако, до сих пор не найден ответ на вопрос о выборе параметров износа инструмента при пилении облицованных древесностружечных плит (ДСП), которые являлись бы для всех условий резания единым объективным критерием затупления [1, 2, 3]. Отсутствует также единое мнение, изменение каких параметров микро-

геометрии лезвия режущего элемента при пилении ламинированных древесностружечных плит (ДСП-Л) приводит к появлению сколов на границах пропила.

По мнению Ю. А. Цуканова, В. В. Амалицкого [4, 5] и А. Э. Грубе [6], определяющим критерием потери режущей способности зубьев дисковых пил при пилении ДСП является образование и рост фаски износа [7] по задней поверхности лезвия вдоль главной режущей кромки. Радиус округления режущей кромки, по мнению ученых, в процессе износа практически не изменяется. В начальный (приработочный) период износа он несколько увеличивается из-за облома и последующего истирания вершины зуба в результате абразивного воздействия связующего и частиц древесины. Но с наступлением установившегося процесса износа величина радиуса округления режущей кромки остается

практически неизменной, в то время как величина фаски по задней поверхности лезвия характеризуется непрерывным ростом до некоторой критической величины, при которой эксплуатация инструмента становится нецелесообразной вследствие низкого качества обработки. Величину фаски для ряда инструментальных материалов можно определить по разработанной учеными номограмме (рис. 1).

Пиление относится к процессам сложного закрытого резания, поэтому наряду с износом главной режущей кромки значительному изменению подвержены боковые режущие кромки, формирующие стенки пропила и поверхности зуба, скользящие по этим стенкам. Этот факт отмечается в работах Вит. В. Амалицкого [8], С. П. Букиной [9], В. А. Зашмарина [10], К. А. Полосухина [11], Я. И. Савчука [12], О. З. Хуажева [13], В. В. Шутко [14]. При обработке облицованных древесностружечных плит дисковыми твердосплавными пилами степень износа по боковым режущим кромкам к концу периода стойкости инструмента в 1,5–2 раза выше, чем по главной режущей кромке, и в 5–6 раз выше по сравнению с ее начальным значением [14]. На боковых поверхностях зубьев в процессе работы формируются площадки износа, в пределах которых задний угол равен нулю ($\alpha_t = 0$). В этих условиях силы резания и напряжения, создаваемые лезвием, достаточно велики, что вызывает разрушение (выкрашивание) обрабатываемого материала и сколы облицовочного материала [15].

Результаты экспериментальных исследований Д. А. Майснера [16], Ю. Беннаи [17], К. А. Полосухина [11] и В. В. Шутко [14] свидетельствуют о росте радиуса округления режущей кромки наряду с увеличением фаски по задней поверхности лезвия при обработке ламинированных древесностружечных плит.

Ниже приведены эмпирические зависимости, отражающие изменение радиуса округления режущей кромки ρ , мкм, и фаски износа по задней поверхности лезвия η_z , мкм, от количества обработанного материала L , пог. м, полученные Д. А. Майснером [16].

Радиус округления режущей кромки

$$\rho = (1,578 + 1,473 \cdot L^{0,325})^{-0,325}. \quad (1)$$

Величина фаски по задней поверхности лезвия

$$\eta_z = 22,2851 + 0,0433S - 1,7568^{-5L^2} + 4,7796^{-9L^2}. \quad (2)$$

В работах К. А. Полосухина [11] и В. В. Шутко [14] приводится зависимость величины радиуса округления режущей кромки от фактического пути резания:

$$\rho = \sqrt{390 \cdot A \cdot L_\phi + \rho_0^2}, \quad (3)$$

где ρ – текущий радиус округления режущей кромки, мкм; A – коэффициент, учитывающий интенсивность износа; L_ϕ – путь резания (фактический путь резца в материале), м; ρ_0 – начальный радиус округления режущей кромки, мкм.

Коэффициент, учитывающий интенсивность износа, определяется по формуле

$$A = \frac{1}{\operatorname{ctg}\left(\frac{\beta}{2}\right) - \frac{\pi \cdot (180 - \beta)}{360}}, \quad (4)$$

где β – угол заострения зуба пилы, град.

Из приведенных выше формул следует, что стойкость режущего инструмента, зависящая от параметров микрогеометрии режущей части инструмента, в значительной степени определяется его исходными угловыми параметрами.

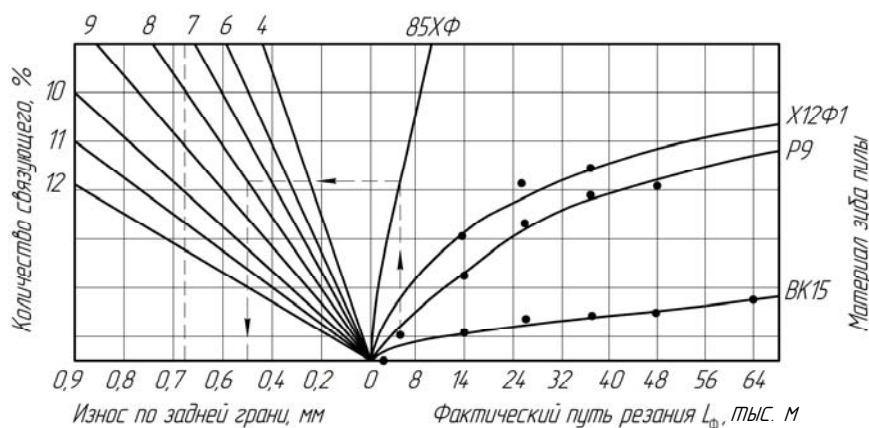


Рис. 1. Номограмма для определения величины фаски по задней поверхности лезвия вдоль главной режущей кромки зуба пилы

где α – задний угол, град; β – угол заострения, град; $A = \frac{\sin(\alpha + \beta) \cdot \sin \alpha \cdot \sin(\psi - \gamma)}{(\cos \psi - \sin(\psi - \gamma)) \cdot \sin \beta}$; ψ – угол

между нормалью к плоскости резания и линией, проходящей через центр окружности с радиусом, равным радиусу округления режущей кромки, град; γ – передний угол, град.

Из уравнений видно, что изменение указанных параметров поперечной микрогеометрии лезвия режущего элемента зависит не только от его фактического пути резания, но и от угловых параметров и твердости инструментального материала.

Закключение. Полученные зависимости позволяют аналитически определять параметры поперечной микрогеометрии режущего элемента с заданными угловыми характеристиками (α , β , γ) и свойствами инструментального мате-

риала (ϵ) в любой момент фактического пути резания L_f . Возможно также решение обратной задачи, когда по известным значениям фактического пути резания и параметров микрогеометрии лезвия определяется интенсивность изнашивания ϵ материала режущего элемента.

Отличительным преимуществом полученных зависимостей по отношению к ранее известным является их универсальный характер: возможность прогнозирования характера износа лезвия режущего инструмента с различными угловыми параметрами при обработке различных древесных материалов.

В сочетании с известными критическими значениями параметров ρ и η_z разработанные аналитические зависимости позволяют прогнозировать ресурс работы дереворежущего инструмента при обработке различных древесных материалов и оптимизировать процесс его заточки [22].

Литература

1. Вандерер К. М., Зотов Г. А. Специальный дереворежущий инструмент: учеб. пособие для техникумов. М.: Лесная пром-сть, 1983. 208 с.
2. Демьяновский К. И. Износостойкость инструмента для фрезерования древесины. М.: Лесная пром-сть, 1968. 128 с.
3. Зотов Г. А., Памфилов Е. А. Повышение стойкости дереворежущего инструмента. М.: Экология, 1991. 304 с.
4. Амалицкий В. В., Амалицкий Вит. В. Оборудование отрасли: учебник. М.: Моск. гос. ун-т леса, 2006. 584 с.
5. Цуканов Ю. А., Амалицкий В. В. Обработка резанием древесностружечных плит. М.: Лесная пром-сть, 1966. 94 с.
6. Грубе А. Э. Дереворежущие инструменты. 3-е изд., перераб и доп. М.: Лесная пром-сть, 1971. 344 с.
7. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий: ГОСТ 25751-83. Введ. Респ. Беларусь 17.12.92. Минск: Гос. ком. по стандартизации Республики Беларусь, 1992. 28 с.
8. Амалицкий Вит. В. Пиление твердосплавными круглыми пилами и их заточка // Деревообрабатывающая промышленность. 2005. № 5. С. 6–10.
9. Букина С. П. Исследование обрабатываемости и процесса пиления древесностружечных плит: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05. / Л., Ленингр. лесотехн. акад. 1963. 206 с.
10. Зашмарин В. А. Повышение работоспособности дисковых пил с пластинами твердого сплава при раскрое плитных древесных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / М., Моск. лесотехн. ин-т. 1990. 21 с.
11. Полосухин К. А. Влияние износа режущей кромки круглых пил, оснащенных пластинами твердого сплава, на качество обработанной поверхности // Надежность и качество: труды Междунар. симпоз.: в 2 т. / Пенза, Пензенский гос. ун-т, 2013. Т. 2. С. 162–164.
12. Савчук Я. И. Повышение стойкости дисковых пил при обработке древесностружечных плит нанесением покрытия нитрида титана: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.06.02 / Львов, Львовский. лесотехн. ин-т. 1984. 21 с.
13. Хуажев О. З. Исследование и разработка рациональных режимов резания и инструментов для обработки кромок облицованных древесностружечных плит: авторефер. дис. ... канд. техн. наук: 05.06.02 / Л., Ленинградская лесотехн. акад. 1982. 24 с.
14. Шутко В. В. Исследование влияния динамики затупления зубьев на процесс пиления дисковыми пилами // Рациональное использование древесного сырья. 1977. Вып. 1. С. 69–72.
15. Косарев В. А. Раскрой отделанных и облицованных плит. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1975. 20 с.
16. Майснер Д. А. Повышение износостойкости твердосплавного дереворежущего инструмента методом конденсации вещества с ионной бомбардировкой: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / Красноярск, Сибирский гос. технол. ун-т. 2003. 22 с.

17. Беннаи Ю. Совершенствование процесса пиления древесностружечных плит дисковыми пилами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / Санкт-Петербургская лесотехн. акад. СПб., 1992. 19 с.
18. Воскресенский С. А. Резание древесины. М.: Гослесбумиздат, 1955. 200 с.
19. Дешевой М. А. Механическая технология дерева: в 3 ч. Л.: Кубуч, 1934. Ч. 1. 512 с.
20. Кряжев Н. А. Фрезерование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1979. 200 с.
21. Любченко В. И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие для вузов. 2-изд., испр. и доп. М.: Моск. гос. ун-т леса, 2002. 309 с.
22. Гриневиц С. А., Лукаш В. Т. Определение максимального ресурса твердосплавных дисковых пил при обработке ламинированных древесностружечных плит // Труды БГТУ. 2015. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 275–279.

References

1. Vanderer K. M., Zotov G. A. *Spetsial'nyy derevorezhushchiy instrument* [Special wood cutting tools]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1983. 208 p.
2. Dem'yanovskiy K. I. *Iznosostoykost' instrumenta dlya frezerovaniya drevesiny* [The wear resistance of the tool for milling wood]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1968. 128 p.
3. Zotov G. A., Pamfilov E. A. *Povysheniye stoykosti derevorezhushchego instrumenta* [Improving the durability of woodworking tools]. Moscow, Ekologiya Publ., 1991. 304 p.
4. Amalitskiy V. V., Amalitskiy Vit. V. *Oborudovaniye otrasli* [Industry equipment]. Moscow, Mosk. gos. un-t lesa Publ., 2006. 584 p.
5. Cukanov Ju. A., Amalickij V. V. *Obrabotka rezaniem drevesnostruzhechnykh plit* [Processing by cutting of chipboards]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1966. 94 p.
6. Grube A. Je. *Derevorezhushhiye instrumenty* [Woodworking tools]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1971. 344 p.
7. GOST 25751-83. The cutting tools. Terms and definitions of General concepts. Minsk, Gos. kom. po standartizatsii Respubliki Belarus' Publ., 1992. 28 p. (In Russian).
8. Amalitskiy Vit. V. Sawing hard-alloy circular saws and sharpening. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'* [Woodworking industry], 2005, no. 5, pp. 6–10 (In Russian).
9. Bukina S. P. *Issledovaniye obrabatyvaemosti i protsessa pileniya drevesnostruzhechnykh plit: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Investigation of the machinability and sawing process of chipboards. Abstract of thesis cand. of techn. sci.]. Leningrad, 1963. 206 p.
10. Zashmarin V. A. *Povysheniye rabotosposobnosti diskovykh pil s plastinami tverdogo splava pri raskroye plitnykh drevesnykh materialov: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Increase of working capacity of circular saws with plates of a firm alloy at cutting of plate wood materials. Abstract of thesis cand. of techn. sci.]. Moscow, 1990. 21 p.
11. Polosukhin K. A. Impact of wear of the cutting edge of circular saws equipped with hard alloy plates on the quality of the machined surface. *Trudy Mezhdunar. simpoz. ("Nadezhnost' i kachestvo")* [Proceedings of the International symposium ("Reliability and quality")], 2013, vol. 2, pp. 162–164 (In Russian).
12. Savchuk Ja. I. *Povysheniye stoykosti diskovykh pil pri obrabotke drevesnostruzhechnykh plit naneseniyem pokrytiya nitrida titana: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Increasing resistance of circular saws in the processing of chipboard with a coating of titanium nitride. abstract of thesis cand. of teckhn. sci.]. L'vov, 1984. 21 p.
13. Huazhev O. Z. *Issledovaniye i razrabotka ratsional'nykh rezhimov rezaniya i instrumentov dlya obrabotki kromok oblitovannykh drevesnostruzhechnykh plit: Avtoref. dis. kand. of tekhn. nauk* [Research and development of rational cutting regimes and tools for edge treatment of faced chipboards. Abstract of thesis cand. of techn. sci.]. Leningrad, 1982. 24 p.
14. Shutko V. V. The study of the dynamics of bluntness of the teeth in the process of sawing circular saws. *Ratsional'noye ispol'zovaniye drevesnogo syr'ya* [Rational use of wood raw materials], 1977, issue 1, pp. 69–72 (In Russian).
15. Kosarev V. A. *Raskroy otdelannykh i oblitovannykh plit* [Cutting is trimmed and lined with slabs]. Moscow, VNIPIelles-prom Publ., 1975. 20 p.
16. Maysner D. A. *Povysheniye iznosostoykosti tverdosplavnogo derevorezhushchego instrumenta metodom kondensatsii veshchestva s ionnoy bombardirovkoy: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Increase of wear resistance of carbide woodworking tools by means of condensation of substance with ion bombardment. Abstract of thesis cand. of techn. sci.]. Krasnoyarsk, 2003. 22 p.
17. Bennai Yu. *Sovershenstvovaniye protsessa pileniya drevesnostruzhechnykh plit diskovymi pilami. Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [For improving the sawing of chipboards saws. Abstract of thesis cand. of techn. sci.]. St. Petersburg, 1992. 19 p.

18. Voskresenskiy S. A. *Rezaniye drevesiny* [Wood cutting]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1955. 200 p.
19. Deshevoj M. A. *Mekhanicheskaya tekhnologiya dereva* [Mechanical technology of wood]. Lenin-grad, Kubuch Publ., 1934, part 1. 512 p.
20. Kryazhev N. A. *Frezerovaniye drevesiny* [Wood milling]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1979. 200 p.
21. Ljubchenko V. I. *Rezaniye drevesiny i drevesnykh materialov* [Cutting wood and wood materials]. Moscow, Mosk. gos. un-t lesa Publ., 2002. 309 p.
22. Grinevich S. A., Lukash V. T. Determination of the maximum life of hard-alloy circular saws in the treatment of laminated chipboards. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 2: Forest and Wood-working Industry, pp. 275–279 (In Russian).

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 – кандидат технических наук, ассистент 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'yeovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the 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 – PhD (Engineering), assistant, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Lukash@belstu.by

Поступила 12.03.2018