

УДК 674.914:674.338

И. К. Клепацкий, В. В. Раповец

Белорусский государственный технологический университет

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НОЖЕЙ
В АГРЕГАТНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ**

В данной статье приведены результаты промышленной апробации модифицированных дереворежущих ножей торцово-конических фрез фрезерно-брусующего станка и выполнен их анализ.

Объектами исследования являлись методики модифицирования поверхностных слоев лезвийного инструмента, изготовленного из легированных сталей, при агрегатной обработке древесины.

Основное направление проводимых исследований состоит в определении потери режущей способности после модификации поверхности режущих инструментов для агрегатной переработки древесины. Характеристика процесса потери режущей способности предопределяет необходимость упрочнения режущего инструмента в зонах с активным износом, так как за их пределами свойства материала не играют роли в затуплении инструмента. С точки зрения экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов упрочняющей обработке по улучшению свойств материала следует подвергать только локальную поверхность инструмента, непосредственно участвующую в резании.

В промышленных условиях были проведены экспериментальные исследования динамики технологической стойкости лезвий дереворежущих ножей из легированной стали 6XC, установленных взамен ножей базового комплекта из стали 40X10C2M зарубежного производства (производитель – Faba, Польша), эксплуатируемых на фрезерно-пильном станке VPS 22, входящем в состав линии агрегатной переработки древесины LINK, предприятия ОАО «Борисовский ДОК».

По результатам промышленной апробации были установлены методики упрочнения ножей, которые позволили добиться результатов технологической стойкости, равных и превосходящих по стойкости ножи импортного производства (период технологической стойкости увеличен до 20% в сравнении с ножами, эксплуатируемыми на предприятии).

Ключевые слова: нож, износ, динамика, агрегатная обработка, стойкость, эксперимент, производство.

I. K. Klepatski, V. V. Rapovets

Belarusian State Technological University

**INDUSTRIAL TESTS OF MODIFIED KNIVES
IN THE AGGREGATE PROCESSING OF WOOD**

This article presents the results of industrial testing of modified wood-cutting knives of face-conical mills of a milling and chipper machine and their analysis is carried out.

The objects of study were methods of modifying the surface layers of a blade tool made of alloy steels during the aggregate processing of wood-blue.

The main goal of the research is to determine the dynamics of technological resistance after surface modification of cutting tools for aggregate processing of wood. The characteristic of the process of loss of cutting ability determines the need for hardening of the cutting tool in areas with active wear, since beyond their boundaries the material properties do not play a role in blunting the tool. From the point of view of saving material, labor and energy resources, only the local surface of the tool directly involved in cutting should be subjected to hardening treatment to improve the properties of the material.

In industrial conditions, experimental studies were carried out on the dynamics of the technological resistance of blades of wood-cutting knives made of 6XC alloy steel installed instead of knives of a basic set of 40X10C2M steel of foreign manufacture (manufactured by – Faba, Poland), operated on a VPS 22 milling and sawing machine, included with the structure of the LINK aggregate wood processing line by the “Borisovsky DOK”.

Based on the results of industrial testing, methods for hardening knives were established, which made it possible to achieve technological resistance equal and superior to that of imported knives (the period of technological resistance was increased to 20% compared to the knives operated at the enterprise).

Key words: knife, wear, dynamics, aggregate processing, resistance, experiment, production.

Введение. В Беларуси и других странах к настоящему времени проведен ряд научных исследований по вопросам улучшения работы аг-

регатного оборудования. Целью проводимых исследований является определение динамики технологической стойкости ножей для агрегат-

ной переработки древесины. Постоянно возрастающие требования к качеству продукции из древесины, рациональное использование древесного сырья требуют новых разработок, направленных на совершенствование агрегатного оборудования.

Традиционно режущий инструмент фрезерно-брусующих станков изготавливают из различных инструментальных сталей, например, углеродистой стали У8А, инструментальных легированных сталей 6ХС и 9ХС повышенной прокаливаемости, применяются высоколегированные стали марок 4Х5МФ, 55Х6В3СМ и 55Х7ВСМФ [1–6]. Для фрезерно-брусующих станков также применяются различные методики увеличения технологической стойкости режущего инструмента [7].

Основная часть. Нами была изготовлена опытная партия ножей торцово-конических фрез из стали 6ХС, конструкции, аналогичной импортной (производства Faab, Польша, сталь 40X10C2M), выбранной на основании ранее проведенных исследований [6–9]. Ножи были подвергнуты различным методам поверхностной модификации, позволяющим повысить их технологическую стойкость: термическая обработка (ТО), комбинация ТО и магнитно-импульсной обработки (МИО), а также ТО и ионно-вакуумного азотирования (ИВА).

Технологические параметры проведения промышленных испытаний в условиях производства ОАО «Борисовский ДОК» следующие: фрезерно-брусующая машина второго ряда VSP22 в составе линии агрегатной переработки древесины LINK (Германия), материал обработки – древесина хвойных пород [9] (сосна, ель; соотношение, %, состава пород 93/7 соответственно); объем обработки – 2100 м³; время работы – 40 ч; скорость подачи – 36 м/мин; частота вращения фрез – 800 мин⁻¹.

За время проведения опытно-промышленных испытаний на участок переработки поступала древесина с большим диапазоном влажности (20–45%) и наличием абразивных элементов, что негативно сказывалось на работоспособности дереворежущего инструмента по сравнению с обработкой чистой и более однородной по влажности свежесрубленной древесины.

Фотографии режущей кромки ножей и максимального радиуса округления по длине рабочей части ножа, а также численное его значение (ρ_{\max} , мкм) после испытания будут приведены под описанием методов поверхностной модификации.

Методом слепков [9] определялся радиус округления ρ , мкм, режущей кромки (рис. 1).

Часть из комплекта ножей подверглись термической обработке – закалке с температурой 750°C. После ТО твердость составила 56 HRC.

Результаты измерений радиусов округления режущей кромки ρ_n , мкм, опытного образца за 5 смен (n) работы (одна смена длится 8 ч) приведены в табл. 1.

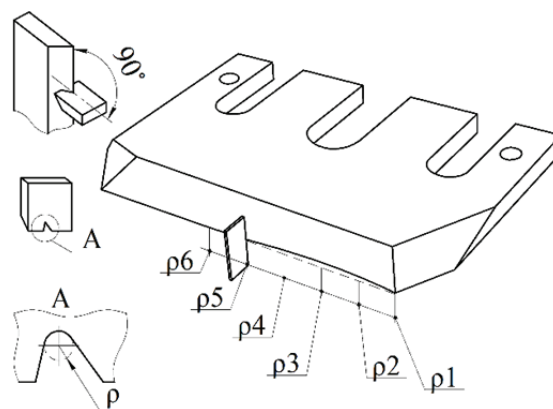


Рис. 1. Метод слепков

Таблица 1

Результаты измерений (ТО)

Радиус округления после n смен работы	Смены				
	1	2	3	4	5
ρ_1 , мкм (1 мм от края кромки)	38	63	79	98	133
ρ_2 (15 мм)	39	65	79	102	139
ρ_3 (30 мм)	36	61	74	95	124
ρ_4 (45 мм)	28	49	60	66	83
ρ_5 (60 мм)	17	29	36	43	58
ρ_6 (72 мм)	8	9	16	23	33

Часть ножей из стали 6ХС подвергалась модификации методом МИО с величиной энергии 8 кДж. Твердость поверхности образца по результату модификации составила 57 HRC.

Результаты измерений ρ_n , мкм, режущей кромки приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерений (ТО + МИО)

Радиус округления после n смен работы	Смены				
	1	2	3	4	5
ρ_1 , мкм (1 мм от края кромки)	38	65	81	94	117
ρ_2 (15 мм)	37	66	79	95	122
ρ_3 (30 мм)	35	61	71	88	105
ρ_4 (45 мм)	26	46	56	61	69
ρ_5 (60 мм)	16	27	33	40	49
ρ_6 (72 мм)	9	10	15	22	29

Поверхность части ножей модифицировали в камере вакуумно-плазменной установки [4], в среде N-H-Ag при температуре 390°C и времени выдержки 12 ч. Твердость после проведенной модификации ИВА составила 50 HRC.

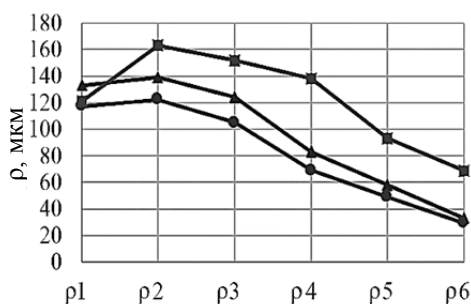
Результаты измерений ρ_n , мкм, режущей кромки приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты измерений (ТО + ИВА)

Радиус округления после n смен работы	Смены				
	1	2	3	4	5
ρ_1 , мкм (1 мм от края кромки)	121	–	–	–	–
ρ_2 (15 мм)	163	–	–	–	–
ρ_3 (30 мм)	152	–	–	–	–
ρ_4 (45 мм)	138	–	–	–	–
ρ_5 (60 мм)	93	–	–	–	–
ρ_6 (72 мм)	69	–	–	–	–

Аварийный износ кромки (рис. 2, график ТО + ИВА) может говорить о нарушении технологии упрочнения инструмента и о необходимости дальнейшего изучения процессов упрочнения методом ионно-вакуумного азотирования.



▲ – ТО; ● – ТО + МИО; ■ – ТО + ИВА

Рис. 2. Сравнительный график изменения радиуса округления режущей кромки по ее длине в зависимости от метода обработки

Заключение. Характеристика процесса потери режущей способности предопределяет необходимость упрочнения режущего инструмента в зонах с активным износом, так как за

их границами свойства материала не играют роли в затуплении инструмента. С точки зрения экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов упрочняющей обработке по улучшению свойств материала следует подвергать только локальную поверхность инструмента, непосредственно участвующую в резании. По результатам проведенных производственных испытаний на ОАО «Борисовский ДОК» были получены следующие результаты:

1. Комплект ножей, упрочненных ТО + ИВА, не подтвердил свою эффективность, отработав лишь 4 ч, при этом полностью потеряв режущую способность (250 м³ круглых лесоматериалов) древесины сосны. При этом максимальный радиус округления режущей кромки ρ_{\max} составил 163 мкм. Необходимо дальнейшее изучение режимов обработки поверхности металла для направления деревообработки на фрезерно-брусующих станках.

2. Лучшую технологическую стойкость, по сравнению с комплектом ножей, упрочненных ТО, показали ножи, упрочненные термическим способом, отработав 40 ч (2100 м³) и при этом $\rho_{\max} = 180$ мкм (усредненный показатель технологической стойкости ножей, используемых на предприятии, — $\rho_{\max} = 178$ мкм).

3. Самый высокий показатель технологической стойкости у ножей, обработанных по технологии МИО + ТО, — $\rho_{\max} = 156$ мкм — 40 ч работы (2100 м³).

Различные способы упрочнения ножей позволили добиться результатов технологической стойкости, равных и превосходящих по стойкости ножи импортного производства (увеличена на 20%). Из этого можно сделать вывод, что ножи соответствуют эксплуатационным требованиям и могут быть рекомендованы для использования на отечественных деревообрабатывающих предприятиях, применяющих подобную технологию переработки древесины хвойных пород.

Список литературы

1. Wood chip physical quality definition and measurement / F. Ding [et. al.] // Pulp & Paper Canada. 106:2. 2005. P. 27–32.
2. Боровиков Е. М., Фефилов В. В., Шестаков Л. А. Лесопиление на агрегатном оборудовании. М.: Лесная промышленность, 1985. 216 с.
3. Раповец В. В., Гриневиц С. А., Бурносков Н. В. Конструкция и расчеты фрезерно-брусующих станков. Минск: БГТУ, 2015. 82 с.
4. Glow discharge assisted low-temperature nitriding of knives used in wood processing / A. Sokolowska [et. al.] // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2009. Vol. 37. Issue 2. P. 690–693.
5. Таратин В. В., Фефилов Л. А., Боричев Ю. А. Совершенствование малоножевых торцово-конических фрез агрегатного лесопильного оборудования // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств. Межвузовый сборник научных трудов СПбЛТА. СПб., 1993. С. 93–97.
6. Раповец В. В. Комплексная обработка древесины фрезами со спиральным расположением сборных двухлезвийных ножей, обеспечивающая качество продукции и снижение энергозатрат: дис. ... канд. техн. наук. Минск, 2011. 206 с.

7. Клепацкий И. К. Эффективные методы повышения технологической стойкости ножей для агрегатной переработки древесины // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2018. № 1. С. 190–195.

8. Повышение эксплуатационных свойств дереворежущих ножей комбинированным методом нанесения вакуумных упрочняющих покрытий и магнитно-импульсной обработки / А. В. Алифанов [и др.] // Литье и металлургия. 2014. № 2. С. 95–100.

9. Клепацкий И. К. Динамика потери режущей способности лезвий малоножевых фрез при агрегатной переработке древесины // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2019. № 2. С. 190–195.

References

1. Ding F., Benaoudia M., Bédard P., Lanouette R., Lejeune C., Gagné P. Wood chip physical quality definition and measurement. *Pulp & Paper Canada*, 106:2, 2005, pp. 27–32.

2. Borovikov E. M., Fefilov L. A., Shestakov V. V. *Lesopileniye na agregatnom oborudovanii* [Sawmilling on aggregate equipment]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1985. 216 p.

3. Rapovets V. V., Grinevich S. A., Burnosov N. V. *Konstruktsiya i rashchety frezerno-brusuyushchikh stankov* [Construction and calculations of chipper cutter machines]. Minsk, BGTU Publ., 2015. 82 p.

4. Sokołowska A., Rudnicki J., Wnukowski E., Beer P., Wierzchoń T., Kurzydłowski K. J. Glow discharge assisted low-temperature nitriding of knives used in wood processing. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2009, vol. 37, issue 2, pp. 690–693.

5. Taratin V. V., Fefilov L. A., Borichev Yu. A. Improvement of low-blade butt-and-conic cutters of aggregate sawing equipment. *Mezhvuzovyy sbornik nauchnykh trudov SPbLTA: Stanki i instrumenty* [Interuniversity collection of scientific works of SPbLTA: Woodworking machinery and tools]. St. Petersburg, 1993, pp. 93–97.

6. Rapovets V. V. *Kompleksnaya obrabotka drevesiny frezami so spiral'nym raspredeleniyem sbornyykh dvukhlezyvnykh nozhey, obespechivayushchaya kachestvo energozatrat*. Dis. kand. tekhn. nauk [Complex processing of wood with mills with a spiral arrangement of prefabricated two-blade knives, ensuring product quality and reducing energy costs. Cand. Diss.]. Minsk, 2011, 206 p.

7. Klepatsky I. K. Effective methods for improving the technological stability of knives for aggregate wood processing. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series 1, Forestry. Nature management. Processing of renewable resources, 2018, no. 1, pp. 190–195 (In Russian).

8. Alifanov A. V., Demyanchik A. S., Lyah A. A., Milukova A. M. Improving the performance properties of wood-cutting knives by the combined method of applying vacuum hardening coatings and magnetic-pulse processing. *Lit'ye i metallurgiya* [Casting and metallurgy], 2014, no. 2, pp. 95–100 (In Russian).

9. Klepatsky I. K. Dynamics of loss of cutting ability of Blades of small-cutter mills during aggregate processing of wood. *Trudy BGTU* [Proceeding of BSTU], series 1, Forestry. Nature management. Processing of renewable resources, 2019, no. 1, pp. 190–195 (In Russian).

Информация об авторах

Клепацкий Игорь Казимирович – аспирант кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: lucky-35@mail.ru

Раповец Вячеслав Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: slavyan_r@mail.ru

Information about the authors

Klepatski Ihar Kazimirovich – PhD student, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lucky-35@mail.ru

Rapovets Vyacheslav Valeryevich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: slavyan_r@mail.ru

Поступила 12.03.2020