

## УПРОЧНЕНИЕ НОЖЕЙ ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКОВ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*И.К. КЛЕПАЦКИЙ, В.В. РАПОВЕЦ*

*Белорусский государственный технологический университет,  
Минск, Беларусь*

*В данной статье представлены результаты проведенных экспериментальных исследований технологической стойкости лезвий дереворежущих ножей из легированной стали 6ХС, установленных взамен ножей базового комплекта из стали 40Х10С2М зарубежного производства, эксплуатируемых на предприятии ОАО «Борисовский ДОК». По результатам промышленной апробации были определены методы упрочнения ножей, которые позволили добиться результатов технологической стойкости, равными и превосходящими по стойкости ножи импортного производства (период технологической стойкости увеличен до 20% в сравнении с ножами, эксплуатируемыми на предприятии).*

Отечественными и зарубежными учёными к настоящему времени проведен ряд исследований по направлению повышения эффективности работы агрегатного оборудования. Постоянно возрастающие требования к качеству продукции из древесины, рациональное и экономное использование древесного сырья требуют новых разработок, направленных на совершенствование агрегатного оборудования, улучшение показателей его работы, а также создание новых образцов машин, позволяющих более эффективно перерабатывать древесное сырье.

Ножи фрезерно-брусующих станков изготавливают из различных инструментальных сталей, например, углеродистой стали У8А, инструментальных легированных сталей 6ХС и 9ХС повышенной прокаливаемости, высоколегированных сталей марок 4Х5МФ, 55Х6В3СМ и 55Х7ВСМФ [1, 2]. Для фрезерно-брусующих станков также применяются различные методики увеличения технологической стойкости режущего инструмента [3].

Нами была изготовлена опытная партия ножей из стали 6ХС для торцово-конических фрез конструкции, аналогичной импортной (производства Faba, Польша, сталь 40Х10С2М), выбранная на основании ранее

проведенных исследований [4]. Ножи были подвергнуты различным методам поверхностной модификации, позволяющих повысить их технологическую стойкость: термическая обработка (ТО) [5], комбинация ТО и магнитно-импульсной обработки (МИО) [6], а также ТО и ионно-вакуумного азотирования (ИВА) [7].

Технологические параметры проведения промышленных испытаний в условиях производства ОАО «Борисовский ДОК» следующие: фрезерно-брусующая машина второго ряда V25 в составе линии агрегатной переработки древесины LINK (Германия), материал обработки – древесина хвойных пород (сосна, ель; соотношение, %, состава пород 93/7 соответственно); объём обработки – 2100 м<sup>3</sup>; время работы – 40 ч.; скорость подачи – 36 м/мин; частота вращения фрез – 750 об/мин.

За время проведения опытно-промышленных испытаний на участок переработки поступала древесина с большим разбросом диапазона относительной влажности (20–45%) и наличием абразивных элементов (металлических и неметаллических включений), 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 ( $\rho_{\max}$ , мкм), после испытания будут приведены под описанием методов поверхностной модификации.

Методом слепков [8, 9] определялся радиус округления  $\rho$ , мкм, режущей кромки ножа (рис. 1).

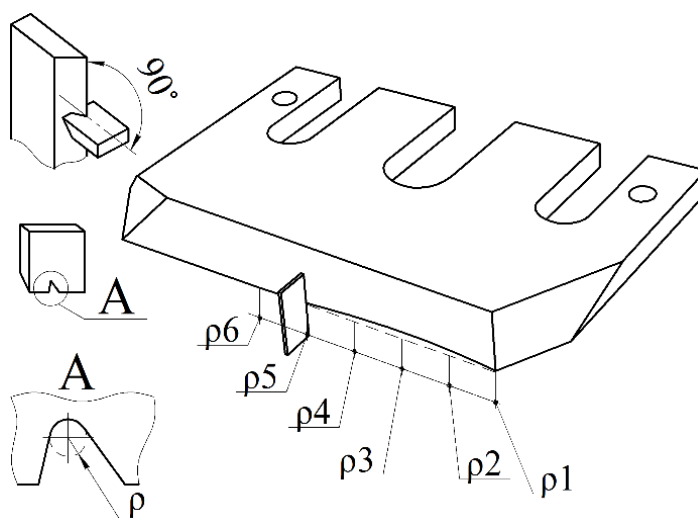


Рисунок 1 – Метод слепков

Часть из комплекта ножей подверглись термической обработке – закалке при температуре 750<sup>0</sup>С. После ТО твёрдость режущей кромки составила 56 HRC.

Результаты измерений радиусов округления режущей кромки  $\rho_n$ , мкм, опытного образца за 5 смен работы (1 смена длится 8 часов) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений радиусов округления режущей кромки ножа из Стали 6ХС после ТО

Радиус округления после n смен работы	Смены				
	1	2	3	4	5
$\rho_1$ , мкм (1мм от края кромки)	38	63	79	98	133
$\rho_2$ , мкм (15мм)	39	65	79	102	139
$\rho_3$ , мкм (30мм)	36	61	74	95	124
$\rho_4$ , мкм (45мм)	28	49	60	66	83
$\rho_5$ , мкм (60мм)	17	29	36	43	58
$\rho_6$ , мкм (72мм)	8	9	16	23	33

Часть ножей из стали 6ХС подвергалась модификации методом МИО с величиной энергии 8 кДж. Твёрдость поверхности ножа по результату модификации составила 57 HRC. Результаты измерений  $\rho_n$ , мкм, режущей кромки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерений радиусов округления режущей кромки ножа из Стали 6ХС после ТО+МИО

Радиус округления после n смен работы	Смены				
	1	2	3	4	5
$\rho_1$ , мкм (1мм)	38	65	81	94	117
$\rho_2$ , мкм (15мм)	37	66	79	95	122
$\rho_3$ , мкм (30мм)	35	61	71	88	105
$\rho_4$ , мкм (45мм)	26	46	56	61	69
$\rho_5$ , мкм (60мм)	16	27	33	40	49
$\rho_6$ , мкм (72мм)	9	10	15	22	29

Поверхность части ножей модифицировали в камере вакуумно-плазменной установке, в среде N-H-Ar при температуре 390<sup>0</sup>С и времени выдержки 12 часов. Твёрдость после проведённой модификации ИВА со-

ставила 50 HRC. Результаты измерений  $\rho_n$ , мкм, режущей кромки ножей модифицированных методом ТО+ИВА приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты измерений радиусов округления режущей кромки ножа из Стали 6ХС после ТО+ИВА

Радиус округления после n смен работы	Смены				
	1	2	3	4	5
$\rho_1$ , мкм (1мм)	121	–	–	–	–
$\rho_2$ , мкм (15мм)	163	–	–	–	–
$\rho_3$ , мкм (30мм)	152	–	–	–	–
$\rho_4$ , мкм (45мм)	138	–	–	–	–
$\rho_5$ , мкм (60мм)	93	–	–	–	–
$\rho_6$ , мкм (72мм)	69	–	–	–	–

Невысокую технологическую стойкость показывает метод модификации ТО+ИВА. Аварийный износ режущей кромки (рис. 2, график ТО+ИВА) показывает, что возможно была нарушена технология модификации инструмента. Более стабильную технологическую стойкость показали ножи, модифицированные методами ТО и ТО+МИО.

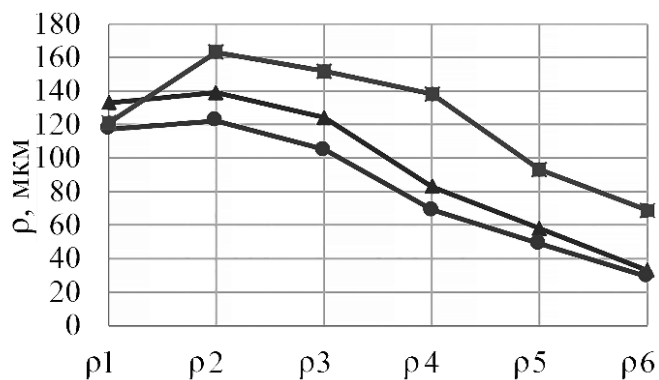


Рисунок 2 – Сравнительный график изменения радиуса округления режущей кромки по её длине в зависимости от метода обработки: ▲ – ТО; ● – ТО + МИО; ■ – ТО+ИВА.

По результатам проведённых производственных испытаний на ОАО «Борисовский ДОК», были получены следующие результаты:

1. Комплект ножей, упрочнённых методом ТО+ИВА не подтвердил свою эффективность, отработав лишь 4 часа ( $250 \text{ м}^3$  круглых лесоматериалов), при этом полностью потеряв режущую способность древесины сосны. Максимальный радиус округления режущей кромки  $\rho_{\text{max}}$  составил 163 мкм.

2. Лучшую технологическую стойкость, по сравнению с комплектом ножей, упрочнённых методом ТО+ИВА, показали ножи, модифицированные термическим способом, отработав 40 часов ( $2100 \text{ м}^3$ ) и при этом  $\rho_{\text{max}} = 180 \text{ мкм}$  (средний показатель технологической стойкости ножей, используемых на предприятии –  $\rho_{\text{max}} = 178 \text{ мкм}$ ).

3. Самый высокий показатель технологической стойкости – у ножей, модифицированных по технологии МИО+ТО. Максимальный радиус округления составил 156 мкм по истечению 40 часов работы. Было обработано  $2100 \text{ м}^3$  круглых лесоматериалов.

Различные способы упрочнения ножей позволили добиться результатов технологической стойкости равными и превосходящими по стойкости ножи импортного производства (увеличен  $\sim 20\%$ ). Из этого можно сделать вывод, что ножи соответствуют эксплуатационным требованиям и могут быть рекомендованы для использования на отечественных деревообрабатывающих предприятиях, использующих агрегатную технологию переработки древесины хвойных пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

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

2. Раповец В. В., Гриневич С. А., Бурносов Н. В. Конструкция и расчеты фрезерно-брусующих станков. Минск: БГТУ, 2015. 82 с.

3. Зотов Г. А., Памфилов Е. А. Повышение стойкости дереворежущего инструмента. М.: Экология, 1991. 304 с.

4. Клепацкий И. К. Эффективные методы повышения технологической стойкости ножей для агрегатной переработки древесины // Труды БГТУ. Серия 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2018. № 1(204). С. 190–195.

5. ГОСТ 5950-2000 Инструментальная штамповая сталь. Марки стали. Применение стали.

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

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

8. Глебов И. Т., Абдулов А. Р. Оборудование отрасли: исследование микрогеометрии режущих кромок лезвий. М.: Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. 9 с.

9. Клепацкий И. К. Динамика потери режущей способности лезвий малоножевых фрез при агрегатной переработке древесины // Труды БГТУ. Серия 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2019. № 1(216). С. 190–195.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ  
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ОАО «НПО «ЦЕНТР  
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК  
ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

## **Инновационные технологии в машиностроении**

Электронный сборник материалов международной  
научно-технической конференции,  
посвященной 50-летию машиностроительных специальностей  
и 15-летию научно-технологического парка  
Полоцкого государственного университета  
(Новополоцк, 21-22 апреля 2020 г.)



**ИннТехМаш**

Под редакцией  
чл.-корр. НАН Беларуси, д-ра техн. наук, проф. В. К. Шелега;  
д-ра техн. наук, проф. Н. Н. Попок

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2020

УДК 621(082)

*Редакционная коллегия:*

Н. Н. Попок (председатель), В. П. Иванов (зам. председателя),  
Р. С. Хмельницкий (отв. Секретарь), А.В. Дудан, В. А. Данилов, Е.В. Бритик

***Инновационные технологии в машиностроении*** [Электронный ресурс] : электронный сборник материалов международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию машиностроительных специальностей и 15-летию научно-технологического парка Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 21-22 апр. 2020 г. / Полоц. гос. ун-т ; под. ред. В. К. Шелега; Н. Н. Попок. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-691-7.

Отражены современное состояние и направления развития технологии и оборудования механической и физико-технической обработки; рассмотрены вопросы создания современных материалов, изготовления, восстановления и упрочнения деталей машин, автоматизации производства, эксплуатации и модернизации автомобилей и других машин.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов технических специальностей учреждений образования.

Прилагаются [титulyные листы презентаций докладов](#) участников конференции.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3141815008 от 28.03.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 59-95-53, e-mail: n.popok@psu.by

**№ госрегистрации 3141815008****ISBN 978-985-531-691-7**

© Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Инновационный технологии в машиностроении» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Компьютерный дизайн *Е. А. Балабуревой*  
Техническое редактирование и верстка *И. Н. Чапкевич*

---

Подписано к использованию 23.04.2020.  
Объем издания: 10,9 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 264.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>