

УДК 674.914:674.338

**И. К. Клепацкий, В. В. Раповец**

Белорусский государственный технологический университет

**ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЕРИОДА СТОЙКОСТИ НОЖЕЙ  
ДЛЯ АГРЕГАТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ**

В статье рассмотрена технология фрезерования малоножевыми торцово-коническими фрезами, ее специфика и проблематика.

Проведен анализ известных на данный момент технологий упрочнения поверхности дереворежущих ножей из легированной стали. Изучены изменения, происходящие в структуре металла. Учитывая технические возможности реализации проведения экспериментальных исследований в лабораториях республики, предложены несколько вариантов технологий по улучшению показателей стойкости дереворежущего инструмента, используемого на малоножевых фрезех фрезерно-брусующих станков отечественных деревообрабатывающих предприятий.

**Ключевые слова:** упрочнение, лезвие, нож, агрегатная обработка, стойкость, эксперимент, фрезерно-брусующий станок.

**I. K. Klepatski, V. V. Rapovets**

Belarusian State Technological University

**EFFECTIVE METHODS TO INCREASE THE PERIOD OF DURABILITY  
OF KNIVES FOR AGGREGATE PROCESSING OF WOOD**

The article deals with the technology of milling with small knife end-conical mills, its specialty and problems.

The analysis of currently known technologies for hardening the surface of wood-cutting knives from alloy steel is carried out. The changes occurring in the structure of the metal are studied. Taking into account the technical possibilities of carrying out experimental research in the laboratories of the republic, several variants of technologies for improving the indices of the durability of the woodcutting tool used on small knife milling cutters of milling and baling machines of domestic de-processing enterprises are proposed.

**Key words:** hardening, blade, knife, aggregate processing, durability, experiment, milling machine.

**Введение.** Постоянно возрастающие требования в области энергосбережения, реализации новых ресурсосберегающих технологий и материалов, высокоэнергетических технологий обработки материалов и методологии рационального природопользования представляют собой первостепенную задачу для лесной и деревообрабатывающей промышленности многих стран. Сюда включаются увеличение объемов выпускаемой пиломатериала и технологической щепы, производства плитных материалов (ДСтП, ДВП, МДФ и др.) [1].

Существенный вклад в решение обозначенных проблем вносят методы комплексной (агрегатной) обработки древесины, получившие широкое распространение не только в Республике Беларусь, но и в странах ближнего и дальнего зарубежья.

Эти методы предусматривают попутное получение пиломатериала (двухкантный и четырехкантный брус, обрезные и необрезные доски) из центральной зоны бревна и технологической щепы из боковой горбыльной его зоны. При этом исключается необходимость в транспортировке кусковых отходов. Применение та-

ких методов позволяет увеличивать производительность труда, более полно использовать лесосырьевые ресурсы и в целом упростить технологический процесс. Такие методы обработки древесины наиболее технологичны и экономически оправданы. Из древесины (бревен) целесообразно получать мелкую пиломатериал, а оставшуюся часть перерабатывать на технологическую щепу. Если на самых лучших рубительных машинах из реек получают до 90% технологической щепы, пригодной для варки целлюлозы, то щепы от агрегатных установок пригодна для этих целей почти полностью [2].

В Беларуси и других странах к настоящему времени проведен ряд научных исследований по вопросам улучшения работы агрегатного оборудования. Однако все возрастающие требования к качеству продукции из древесины, рациональное и экономное использование сырья требуют новых разработок, направленных на совершенствование агрегатного оборудования, улучшение показателей его работы, а также создание новых образцов агрегатов, позволяющих более эффективно перерабатывать древесное сырье.

**Основная часть.** На существующих лесопильных предприятиях, занятых массовой переработкой древесины, применяют две технологические схемы раскря: развальную и брусоразвальную [3]. Более широкое применение нашло распространение развальной технологической схемы (рис. 1).

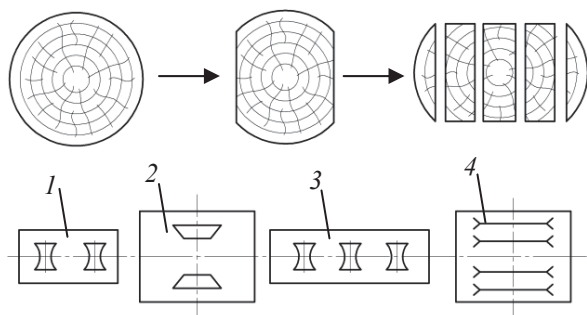


Рис. 1. Технологическая схема раскря сырья на пилопродукцию в развал:  
1, 3 – конвейеры; 2 – фрезерно-брусующий станок;  
4 – многопильный станок

Длина щепы при фрезеровании определяется величиной подачи. Частицы древесины скалываются вдоль волокна передней гранью ножа (рис. 2, а). Толщина щепы непостоянна при обработке малоножевыми фрезами. Она зависит от состояния сырья, физико-механических свойств древесины и других факторов. При таком виде фрезерования поверхность бруса обрабатывается не резанием, а скалыванием частиц. Отделяемые от бруса вдоль волокон частицы создают на его поверхности характерные неровности. Поэтому в малоножевых торцово-конических фрезах для улучшения качества поверхности бруса дополнительно устанавливаются зачистные пильные диски (рис. 2, з), которые засоряют щепу опилками.

Другая конструкция малоножевой фрезы снабжена двухлезвийным Г-образным ножом (рис. 2, д). Один конец плоского ножа здесь отгибается на длину щепы и образует второе, короткое лезвие, которое должно быть строго параллельно пласти бруса. При таком фрезеровании бревен (рис. 2, б) длинное лезвие перерезает древесину поперек волокон и скалывает частицы, а короткое подрезает щепу вдоль волокон у пласти бруса. Благодаря этому улучшается не только качество поверхности бруса, но и щепы, которая не засоряется опилками.

На практике получили распространение многолезвиевые торцово-конические фрезы (рис. 2, е), которые позволяют получать щепу не только с заданной длиной, но и толщиной. Такие фрезы имеют Г-образные ножи, однако образование элементов щепы здесь происходит иначе (рис. 2, в). Ножи, расположенные с превышением на тол-

щину щепы, последовательно входят в древесину один за другим. Длинное лезвие движется параллельно пласти бруса и отрезает тонкий слой древесины, равный заданной толщине щепы. Короткое лезвие перерезает древесину поперек волокна и скалывает частицы заданной длины. Процесс измельчения древесины в щепу таким резцом представляет собой комбинацию лущения и торцово-поперечного резания. Высокая скорость фрезерования в сочетании с малой толщиной срезаемого слоя древесины улучшает чистоту обработки поверхности бруса. Однако качество щепы снижается.

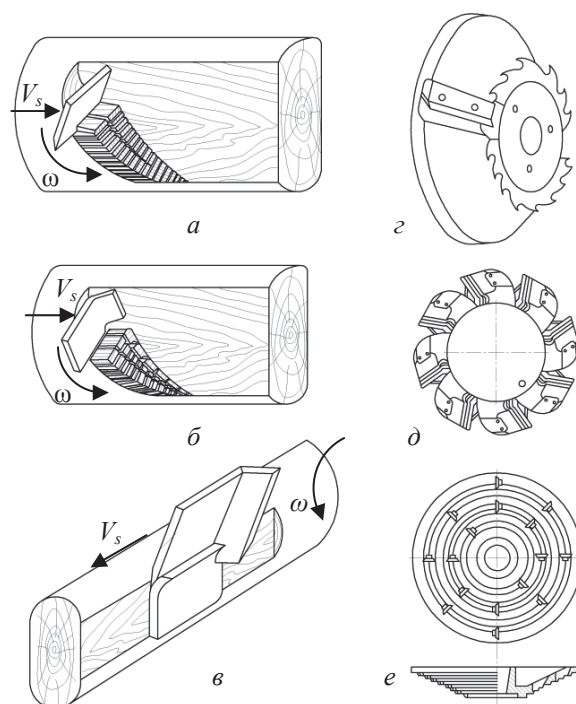


Рис. 2. Схема образования элементов щепы при торцово-коническом фрезеровании:  
а, в – обработка малоножевыми фрезами;  
б, д – обработка малоножевыми фрезами с Г-образным резцом;  
з, е – обработка многоножевыми фрезами

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. Для фрезерно-брусующих станков также рекомендуются легированные инструментальные стали марок 6Х6В3МФС и 5Х3В3МФС. Инструмент подвергают термической обработке с обеспечением твердости в единицах по HRC 57-61 [4].

Малоножевая торцово-коническая фреза представляет собой стальной корпус в форме

усеченного конуса с установленными на нем пильными секторами для предотвращения появления опережающих трещин, как следствие – улучшение качества щепы и поверхности обработки ножа (рис. 3) из легированной стали (рис. 4).



Рис. 3. Нож малоножевой торцово-конической фрезы

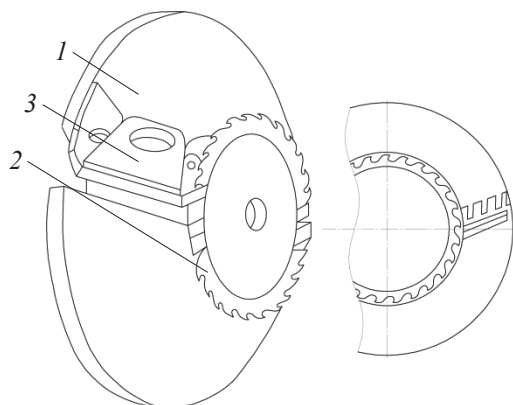


Рис. 4. Малоножевая торцово-коническая фреза

Малоножевые торцово-конические фрезы вырабатывают щепу наиболее высокого качества, которая по своим параметрам близка к щепе от рубительных машин. Объемная масса щепы составляет 155–156 кг/м<sup>3</sup>, а от рубительных машин 158,6 [5].

Изнашивание дереворежущего инструмента является сложным процессом и в качестве одной из особенностей выделяют вовлечение в износ тонких поверхностных слоев и развитие его в локальных зонах, расположенных у режущей кромки инструмента. Данная характеристика процесса 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 [6]. Тем не менее при заточке ножей необходимо удалять металл по всей длине лезвия, что нерационально (рис. 5).



Рис. 5. Фото комплекта ножей фрезы левого исполнения фрезерно-брусующего станка после 48 ч работы

Процесс затупления складывается из составляющих механического, теплового, химического и электрохимического характера. Затупление происходит наиболее интенсивно, если преобладают процессы механического или теплового характера. При выборе способа упрочнения поверхности резца необходимо учитывать все эти условия.

Существует множество способов создания упрочненного слоя металла или из покрытий различного рода: нанесение вакуумных упрочняющих покрытий, упрочнение методом электроискрового легирования, нанесение износостойких покрытий методом катодно-ионной бомбардировки, химико-термическая обработка, газотермическое напыление, гальваностегия, магнито-импульсная обработка, ионно-плазменная обработка, комбинированный метод упрочнения с применением концентрированных потоков энергии, установка твердосплавного элемента, выглаживание алмазным индентером [7], плакирование [8], плазменно-детонационная обработка, установка твердосплавного элемента и т. д. Рассмотрим способы, которые осуществимы на базе оборудования, используемого в Республике Беларусь.

Преимуществом метода катодно-ионной бомбардировки (КИБ) [9] по сравнению с другими методами получения покрытий, в т. ч. и физическими способами осаждения покрытий из парогазовой фазы, является интенсивная ионная бомбардировка растущего покрытия, в результате которой происходит повышение температуры и интенсификация диффузионных процессов проникновения атомов покрытия в подложку, что значительно улучшает адгезию покрытия к твердым сплавам. Кроме того, сформированные методом КИБ нитриды тугоплавких металлов Ti, Cr, Zr и другие создают фрикционные плотные оксидные пленки, защищающие поверхность ножей инструмента от окисления и, соответственно, интенсивного износа. TiN-, ZrN-покрытия осаждались на по-



верхность двухлезвийных ножей хвостовых фрез методом КИБ на установке ВУ-1Б «Булат» (рис. 5) на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов БГТУ в два этапа – с предварительной обработкой ионами металла в вакууме 10–3 Па при потенциале подложки 1 кВ с последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода 100 А и опорном напряжении – 100 В в атмосфере азота при давлении 1–10 Па.

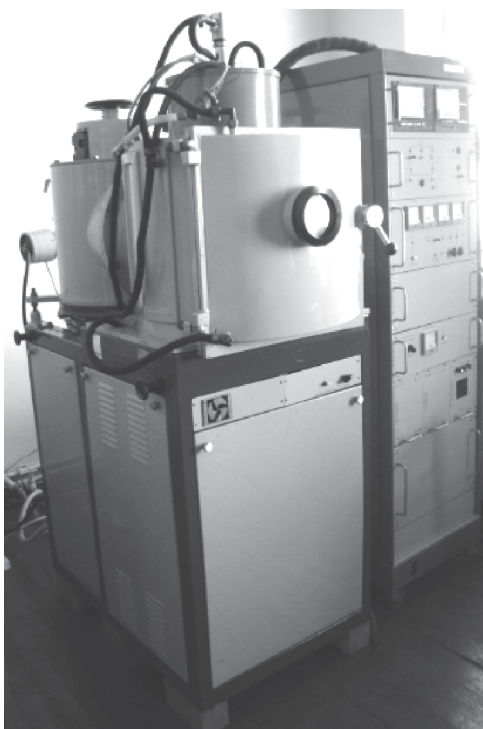


Рис. 5. Установка вакуумная ВУ-1Б

Для получения высокой адгезии покрытия к лезвию ножа варьировалось время ионной очистки и время непосредственного осаждения покрытия. Температура при осаждении покрытия соответствовала 400–450°C. Толщина полученных покрытий не превышала 1,5 мкм. Упрочненные ионно-плазменными TiN-, ZrN-покрытиями импортные двухлезвийные ножи из WC-Co твердого сплава, применяемые для резания ламинированных ДСтП станками и центрами с ЧПУ, имеют период стойкости в 1,3–1,4 раза больше по сравнению с необработанными ножами.

Комбинированная упрочняющая обработка дереворежущих ножей производилась путем ионно-плазменного напыления TiN толщиной 4 мкм (на вакуумной установке ВУ-1Б) и магнитно-импульсного воздействия с энергией импульса до 6 кДж на магнитно-импульсной установке (рис. 6) [10].

В период проведения опытно-промышленных испытаний применяли древесину с резко отличающейся влажностью (от 5 до 45%) и на-

личием абразивных элементов (песка), что отрицательно сказывалось на работоспособности дереворежущего инструмента по сравнению с обработкой чистой и более однородной по влажности древесины. Стойкость же опытных ножей, упрочненных комбинированным методом (нанесение покрытия TiN с последующей магнитно-импульсной обработкой), значительно превысила стойкость серийных ножей (в 5,9 раз), что говорит о высокой эффективности разработанного комбинированного метода упрочняющей обработки.



Рис. 6. Магнитно-импульсная установка

Применение твердого сплава в конструкциях ножей также является перспективным направлением в области увеличения технологической стойкости режущего инструмента. На правую сборную торцово-коническую фрезу был установлен составной двухлезвийный нож с пластиной металлокерамического твердого сплава BK15 вольфрамо-кобальтовой группы [11], а на левую – базовый нож из инструментальной легированной стали 4X5MФ для обеспечения идентичных условий работы.

Результаты проведенных производственных испытаний подтвердили эффективность практического применения твердого сплава вольфрамо-кобальтовой группы для двухлезвийных ножей со спиральным расположением на фрезах фрезерно-брусующих станков для агрегатной обработки древесины. Следовательно, возможно получение аналогичного положительного результата по увеличению периода стойкости двухлезвийных ножей для ФБС при ис-

пользовании безвольфрамовых твердых сплавов, например, титано-никелевых, карбонитридитановых, а также литых (стеллитов и сормайтов) или других износостойких композиционных материалов.

**Заключение.** Проведя анализ литературных источников, патентной документации и известных на данный момент технологий упрочнения

поверхности дереворежущих ножей из легированной стали, были выбраны направления дальнейшей работы по совершенствованию показателей стойкости лезвийного инструмента в области агрегатной обработки древесины, учитывая технические возможности реализации проведения экспериментальных исследований в лабораториях республики.

### Литература

1. Раповец В. В., Гриневич С. А., Бурносов Н. В. Конструкция и расчеты фрезерно-брусующих станков. Минск: БГТУ, 2015. 82 с.
2. Щепа технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815-83. Введ. 01.01.85. М.: Гос. комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1983. 12 с.
3. 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.
4. Кузьмич Н. С. Исследование процесса фрезерования древесины торцовыми фрезами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Минск, 1968. 28 с.
5. Боровиков Е. М., Фефилов В. В., Шестаков Л. А. Лесопиление на агрегатном оборудовании. М.: Лесная пром-сть, 1985. 216 с.
6. Никишов В. Д. Комплексное использование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1985. 264 с.
7. Способ упрочнения рабочих поверхностей дискового ножа: пат. 2183681 РФ. МКП С21D9/24, В23D61/02, В23D19/04 / Ф. Ю. Серов; заявитель ООО «ТФК Тверское Представительство»; заявл. 03.11.00; опубл. 20.06.02 // Патентный поиск в РФ. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2183681> (дата обращения: 15.02.2018).
8. Способ нанесения упрочняющего покрытия на металлические или металлосодержащие поверхности: пат. 2105826 РФ. МКП С23С4/18, С23С26/00, С25D5/48 / Л. Н. Дмитриенко, М. А. Зеленская, Е. Д. Езотов; заявитель Л. Н. Дмитриенко; заявл. 19.05.95; опубл. 27.02.98 // Патентный поиск в РФ. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2105826> (дата обращения: 09.02.2018).
9. Гришкевич А. А., Гаранин В. Н., Бавбель И. И. Особенности нанесения износостойких покрытий методом катодно-ионной бомбардировки на твердосплавные неплетачиваемые пластины // Труды БГТУ. 2013. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 157–158.
10. Алифанов А. В. Повышение эксплуатационных свойств дереворежущих ножей комбинированным методом нанесения вакуумных упрочняющих покрытий и магнитно-импульсной обработки // Литье и металлургия. 2014. № 2. С. 95–100.
11. Раповец В. В. Повышение периода стойкости режущего инструмента фрезерно-брусующих станков при использовании твердого сплава в конструкциях двухлезвийных ножей // Труды БГТУ. 2014. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 170–175.

### References

1. Rapovets V. V., Grinevich S. A., Burnosov N. V. *Konstruktsiya i raschety frezerno-brusuyushchikh stankov* [Construction and calculations of chipper cutter machines]. Minsk, BGТУ Publ., 2015. 82 p.
2. GOST 15815-83. Wood chips. Technical conditions. Moscow, State Committee of the USSR on standards: Standart publishing house Publ., 1983. 12 p. (In Russian).
3. Rapovets V. V. *Kompleksnaya obrabotka drevesiny frezami so spiral'nym raspolozheniyem sbornykh dvukhlezyvnykh nozhey, obespechivayushchaya kachestvo produktsii i snizheniye 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.
4. Kuz'mich N. S. *Issledovaniye protsessa frezerovaniya drevesiny tortsovymi frezami. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Study of the process of milling wood end mills. Abstract of thesis cand. eng. sci.]. Minsk, 1968. 28 p.
5. Borovikov E. M., Fefilov L. A., Shestakov V. V. *Lesopileniye na agregatnom oborudovanii* [Sawmilling on aggregate equipment]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1985. 216 p.
6. Nikishov V. D. *Kompleksnoye ispol'zovaniye drevesiny* [Complex use of wood]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1985. 264 p.
7. Serov F. Yu. *Sposob uprochneniya rabochikh poverkhnostey diskovogo nozha* [The method of hardening the working surfaces of the circular knife]. Patent RF, no. 2183681, 2002.

8. Dmitriyenko L. N. *Sposob naneseniya uprochnyayushchego pokrytiya na metallicheskiye ili metallosoderzhashchiye poverkhnosti* [The method of applying a reinforcing coating on a metal or metal-containing surface]. Patent RF, no. 2105826, 1998.

9. Grishkevich A. A., Garanin V. N., Bavbel' I. I. Features of the application of wear-resistant coatings by the method of cathode-ion bombardment on carbide indexable plates. *Trudy BGTU* [Proceeding of BSTU], 2015, no. 2, Forest and Woodworking Industry, pp. 82–84 (In Russian).

10. Alifanov A. V. 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).

11. Rapovets V. V. Povysheniye perioda stoykosti rezhushchego instrumenta frezerno-brusuyushchikh stankov pri ispol'zovanii tverdogo splava v konstruktsiyakh dvukhleziyinykh nozhey. *Trudy BGTU* [Proceeding of BSTU], 2014, no. 2, Forest and Woodworking Industry, pp. 170–175 (In Russian).

#### **Информация об авторах**

**Клепацкий Игорь Казимирович** – магистрант 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** – Master's degree 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

**Rapovez Vyacheslav Valer'yevich** – 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 26.02.2018*