

Гришкевич А.А., Чаевский В.В., Раповец В.В., Гаранин В.Н. (БГТУ, Минск, РБ)
dosy@bstu.unibel.by

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ZrN-ПОКРЫТИЙ НА СТАЛЬНЫХ НОЖАХ ПРИ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ НА ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКАХ

EFFICIENCY OF APPLICATION OF ZrN-COATINGS ON STEEL KNIVES OF THE MILLING CHIPPER-CANTERS WHEN CUTTING OF WOOD

В мировой практике одним из высокоэффективных способов производительной переработки бревен диаметром 8–24 см признана агрегатная переработка, используемая на различных конструкциях фрезерно-пильных и фрезерно-брусующих линий, головными станками которых являются фрезерно-брусующие станки (ФБС), предназначенные для получения из окоренных бревен хвойных пород двухкантных или четырехкантных брусьев заданных размеров и технологической щепы.

Ведущими европейскими производителями ФБС и бревнопильных линий на их основе являются фирмы Linck, SAB, Mohringer, EWD (Германия), A.COSTA Righi (Италия), Ahlstrom (Финляндия). В России отдельные виды этого оборудования выпускаются станкостроительным и экспериментальным заводами (г. Вологодск) [1].

Возможность использования торцевых фрез различных конструкций на агрегатном фрезерно-брусующем оборудовании позволила применять в данной работе многоножевые фрезы со спиральным расположением резцов, у которых ножи располагаются по пространственной спирали закручивающейся от периферии к центру [2]. Каждый резец в спирали, расположенный с превышением относительно предыдущего на величину снимаемого им по толщине слоя древесины, способствует переработке краевой части бревна в высококачественную технологическую щепу.

Длина щепы $l_{щ}$ определяется по известной формуле расчета продольной подачи бревна U_z на один нож фрезы:

$$l_{щ} = U_z = \frac{1000V_s}{zn}, \quad (1)$$

где z – количество спиралей, шт; n – частота вращения фрезы, мин^{-1} ; V_s – скорость подачи, м/мин.

При средней длине щепы $l_{щ}=25$ мм повышение производительности ФБС со спиральным расположением резцов может быть достигнуто за счет увеличения количества спиралей z или роста частоты вращения фрезы n [3]. Увеличение количества спиралей приводит к техническим сложностям изготовления фрез. С увеличением частоты вращения фрезы растет количество мелкой фракции щепы. Поэтому поиск путей увеличения периода стойкости резцов является актуальной и технически обоснованной задачей.

В связи с тем, что ножи ФБС – двухлезвийные, то формирование щепы происходит двумя лезвиями: длинным и коротким. Установлено, что длинное лезвие, формирующее щепу по толщине, подвергается менее интенсивному износу, чем короткое, формирующее щепу по длине [4]. Поэтому наличие упрочняющих слоев на короткой режущей кромке ножа будет способствовать увеличению периода стойкости ножа и, соответственно, фрезы.

Одним из наиболее эффективных способов обработки поверхности стальных и твердосплавных лезвий дереворежущих инструментов, существенно увеличивающий их период стойкости, является метод конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ) [5].

Целью данной работы было получение ZrN-ионно-плазменных покрытий в качестве упрочняющих слоев на поверхности лезвий ножей фрез ФБС фирмы SAB (Германия), изучение структуры и фазового состава сформированных покрытий, периода стойкости ножей с ZrN-покрытиями фрез при агрегатной обработке древесины сосны и ели.

ZrN-покрытия осаждались на поверхность двухлезвийных ножей фрез методом КИБ на установке ВУ-1Б «Булат» на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов БГТУ в два этапа – с предварительной обработкой ионами циркония в вакууме 10^{-3} Па при потенциале подложки -1 кВ и последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода 100 А и опорном напряжении -100 В в атмосфере азота при давлении 10^{-1} Па [6].

Для получения высокой адгезии покрытия к лезвию ножа варьировалось время предварительной ионной очистки и время непосредственного осаждения покрытия. Температура при осаждении покрытия соответствовала $400-450^{\circ}\text{C}$. Толщина полученных покрытий не превышала $1,5$ мкм.

Фазовый состав полученных ZrN-покрытий исследовался методом рентгеноструктурного анализа (РСА) при помощи дифрактометра ДРОН-3.0 в $\text{Cu-K}\alpha$ излучении.

Для определения структуры ZrN-покрытий, периода стойкости ножей с ZrN-покрытиями и характера их износа при агрегатной обработке древесины были выполнены исследования морфологии лезвий ножей инструмента с помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ) и сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV (Япония), используя метод слепков и поперечные шлифы образцов.

Износостойкость ножей фрез исследовалась на фрезерно-брусующей линии фирмы SAB при обработке бревен из сосны и ели на деревообрабатывающем комбинате ОАО «Борисовский ДОК» (г. Борисов). Средний диаметр обрабатываемых бревен сосны и ели был равен $D = 20,4$ см при толщине щепы 5 мм и длине щепы 25 мм. Обработка древесины проводилась при частоте вращения 12000 мин^{-1} фрезы диаметром 470 мм, скорости подачи $38,5$ м/мин и припуске $5,0$ мм/проход.

Метод слепков представляет собой вдавливание лезвия ножа в свинцовую пластину и определения максимального радиуса округления лезвия ножа $\rho_{\text{макс}}$ по слепку (отпечатку). Приращение ε радиуса округления лезвия ножа на единицу длины пути рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon = \Delta\rho / L, \quad (2)$$

где $\Delta\rho = \rho_{\text{макс}} - \rho_0$ – параметр износа (ρ_0 – радиус округления лезвия ножа без износа); L – величина пути резания ножа без покрытия в древесине.

Износ лезвия ножа и его период стойкости определялся путем сравнения приращений ε , рассчитанных для лезвий ножей с покрытием и без покрытия.

Исследования элементного состава испытуемых импортных ножей фрез ФБС показали, что ножи изготовлены из стали марки типа 40X2HMA .

Установлено, что при осаждении циркония в среде азота на нож методом КИБ образуется однофазное покрытие, состоящее из фазы нитрида циркония, имеющее ГЦК структуру типа NaCl (рисунок 1), что соответствует данным [7].

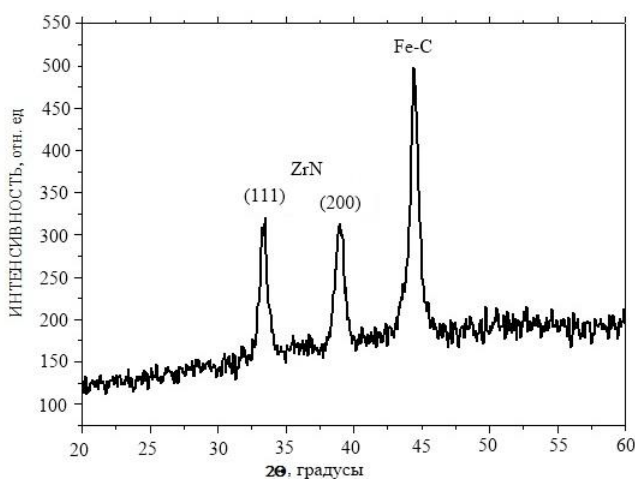


Рисунок 1 – Рентгенограмма ZrN-покрытия

ZrN-покрытие имеет столбчатое строение кристаллитов (рисунок 2), обусловленное ростом зерен в направлении плазменного потока.

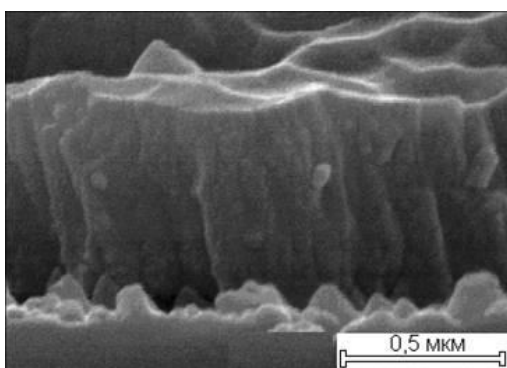


Рисунок 2 – РЭМ-изображение поперечного шлифа ZrN-покрытия

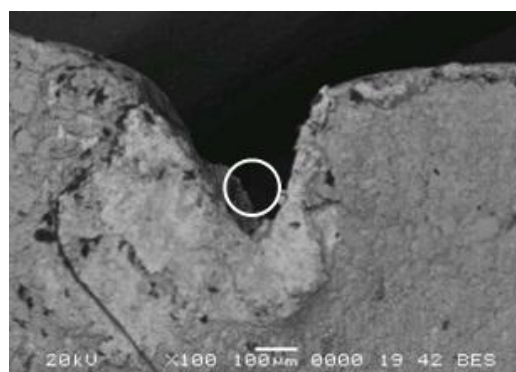


Рисунок 3 – РЭМ-изображение слепка лезвия ножа

Период стойкости лезвий ножей с ZrN-покрытиями при агрегатной обработке древесины сосны и ели определялся по измеренному радиусу округления $\rho_{\text{макс}}$ слепка лезвия изношенного ножа (рисунок 3), и рассчитав приращение ϵ по формуле (2).

Суммарный путь L резания двухлезвийного ножа без покрытия в древесине вычислялся по формуле:

$$L = N \frac{L_{\text{бр}}}{S_z} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sqrt{\left(\frac{z l \theta}{2\pi} + R \cdot \sin \theta\right)^2 + R \cdot \cos \theta}^2 d\theta, \quad (3)$$

где S_z – подача на резец; θ_1 – угол входа ножа в древесину; θ_2 – угол выхода ножа из древесины; z – число ножевых спиралей; l – длина элемента щепы; θ – угол контакта ножа; R – радиус резания ножа; $L_{\text{бр}}$ – длина бревна; $N = 7\,400$ – суммарное количество обработанных фрезами бревен сосны и ели.

Суммарное количество обработанных бревен N фрезами с двухлезвийными ножами рассчитывалось по формуле

$$N = 4Q / \pi D^2 L_{\text{бр}}, \quad (4)$$

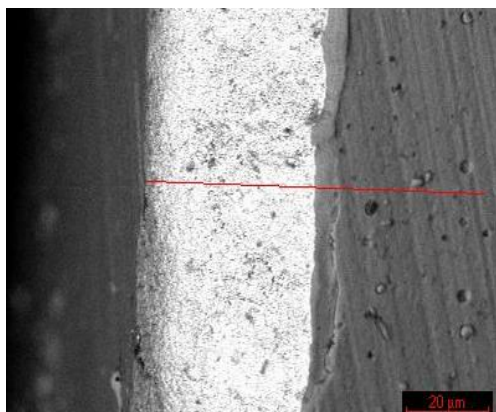
где Q – объем переработанного материала; D – средний диаметр бревна.

Рассчитанный по формулам (3, 4) в математическом пакете MathCAD суммарный путь резания двухлезвийного ножа без покрытия в древесине имел величину $L = 96\,582$ м.п.

Движение ножа ФБС в древесине проходит по удлиненной циклоиде. Поэтому наряду с различными способами обработки поверхности лезвий ножей фрезы кинематические параметры резания (усилие подачи, скорость резания) также существенно влияют на период стойкости ножа фрезы [2].

Опытно-промышленные испытания ножей с ZrN-покрытиями фрез ФБС фирмы SAB на ОАО «Борисовский ДОК» (г. Борисов) показали увеличение периода стойкости ножей с покрытиями на 12% по сравнению с ножами без покрытия.

Наличие ZrN-покрытий на лезвиях стального ножа изменяет характер их износа (рисунок 4): наблюдается сглаживание образующихся в процессе износа трещин поверхности материала за счет налипания на лезвие ножа металлических частиц износа и последующего их деформационного втирания в область трека.



а)



б)

Рисунок 4 – РЭМ-изображение лезвия ножа с ZrN-покрытием после деревообработки (а) и распределение интенсивностей характеристического рентгеновского излучения от элементов (Zr, W, Co) поперек лезвия (б).

Выводы

1 Наличие осажденных методом КИБ ионно-плазменных ZrN-покрытий на стальных импортных двухлезвийных ножах фрез ФБС фирмы SAB (Германия) обеспечивает при агрегатной обработке материалов из хвойных пород дерева повышение периода стойкости режущего инструмента на 12% по сравнению с инструментом без покрытия.

2 Кинематические параметры резания (скорость резания, скорость подачи материала, частота вращения фрезы) оказывают существенное влияние на период стойкости ножей фрезы.

3 Наличие ZrN-покрытия на поверхности лезвия ножа изменяет характер его износа при агрегатной обработке материалов из хвойных пород.

Библиографический список

1. Кузнецов В. Технология агрегатного метода лесопиления // Дерево.гу [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа: <http://sab-moscow.com/index.htm>, свободный.
2. Раповец В.В., Бурносов Н.В. Разработка мероприятий по повышению эффективности процесса переработки бревен на фрезерно-брусующих станках, оснащенных фрезами со спиральным расположением двухлезвийных резцов / Труды II Междунар. Евразийского симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века», Екатеринбург, 2 – 5 октября 2007 г. / ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет». – Екатеринбург, 2007. – С. 224–227.
3. Раповец В.В., Бурносов Н.В., Станкевич А.А. Методика установления работоспособности резцов спиральных фрез фрезерно-брусующей машины / Материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф. «Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии», Минск, 16–18 ноября 2005 г., в 2 ч. / Белорусский гос. технол. ун-т. – Минск, 2005. – Ч.2. – С. 306–309.
4. Раповец В.В. Практические результаты экспериментальных исследований резания древесины двухлезвийными резцами и фрезерно-брусующих станках // Труды БГТУ. Сер II, Лесная и деревооб-раб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 205–208.
5. Гришкевич А.А., Чаевский В.В. Влияние ионно-плазменных покрытий на износостойкость стальных резцов при резании древесины на фрезерно-брусующих станках // Труды БГТУ. Сер II, Лесная и деревооб-раб. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 348–351.

6. Гришкевич А.А., Чаевский В.В., Углов В.В., Кулешов А.К. Эффективность применения TiN-, ZrN-, Ti-Zr-N- и Ti- покрытий на твердосплавных резцах при обработке ламинированных древесностружечных плит концевыми фрезами // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2008. – Вып. XVI. – С. 52–54.

7. Benia H.M., Guemaz M., Schmerber G., Mosser A., Parlebas J.-C. Investigations on non-stoichiometric zirconium nitrides // Applied Surface Science. – 2002. – № 200. – P. 231–238.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ZrN-ПОКРЫТИЙ НА СТАЛЬНЫХ НОЖАХ ПРИ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ НА ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКАХ

ZrN-покрытия на лезвиях стальных ножей фрез фрезерно-брусующих станков увеличивают их период стойкости на 12% при резании сосны и ели. Покрытия изменяют характер износа лезвия ножа. Кинематические параметры резания влияют на период стойкости фрез.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF ZrN-COATINGS ON STEEL KNIVES OF THE MILLING CHIPPER-CANTERS WHEN CUTTING OF WOOD

ZrN-coatings on blades of steel knives of mills leads to increasing at 12% of the firmness period of mills of milling chipper-canters when cutting of a pine and a fir-tree. Coatings change nature of wear of knives blades. Kinematic parameters of cutting influence the period of firmness of the tool.