

Чаевский В.В., Гришкевич А.А., Жилинский В.В. (БГТУ, г. Минск, РБ),
Кулешов А.К. (БГУ, г. Минск, РБ) doctorv_v_ch@mail.ru

КОМБИНИРОВАННАЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ И ИОННО-ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ЛЕЗВИЙ НОЖЕЙ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

ZrN-покрытия на лезвиях стальных ножей фрез увеличивают их период стойкости до 50% при резании ДСтП. Значение микротвердости Fe-Ni-Co-покрытий в 2 раза больше стальной основы. Виды износа кромок лезвия ножей – тепловой и абразивный.

Эффективность работы современного оборудования на деревообрабатывающих производствах существенно зависит от стойкости и надежности режущего инструмента. В связи с этим инструмент должен обладать высокими эксплуатационными характеристиками и в полной мере обеспечивать возрастающие требования к точности и качеству обработки в условиях высокопроизводительного резания. Уровень показателей стойкости и надежности режущего инструмента определяется, в первую очередь, характеристиками физико-механических свойств инструментального материала. При резании композиционных материалов на древесной основе действие входящих в их состав абразивосодержащих минеральных частиц или частиц затвердевшего полимера, имеющих твердость, соизмеримую с твердостью инструментального материала, приводит к возрастанию сил трения на задней поверхности резца и к более интенсивному абразивному износу контактных поверхностей инструмента [1]. Так, при резании древесностружечных плит (ДСтП) фрезерным инструментом с твердосплавными (на основе WC) ножами формирующиеся химически активные продукты распада (формальдегид, восковые и клеевые наполнители) взаимодействуют с кобальтом, инициируя процесс вырывания зерен карбида вольфрама WC из материала лезвия. В результате лезвие ножа быстро теряет свою остроту и режущую способность. При резании ДСтП хвостовыми фрезами со стальными ножами высокие температуры, возникающие в поверхностных слоях лезвия ножей (700–800°C), приводят к уменьшению прочности металла, которое способствует размягчению и размазыванию тонких поверхностных слоев лезвия из стали [2]. Необходимо также учесть, что в Республике Беларусь для механической обработки древесных материалов используется только инструмент с импортными твердосплавными ножами. Поэтому решение задач, направленных на увеличение периода стойкости применяемого дереворежущего инструмента и разработку новых материалов с высоким периодом стойкости, является актуальным, технически и экономически обоснованным.

Среди наиболее эффективных способов обработки поверхности лезвий ножей дереворежущих инструментов является метод конденсации вещества (например, тугоплавких металлов Ti, Mo, Cr, Zr и др.) из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ), существенно увеличивающий эксплуатационные свойства резцов [3]. Кроме того, в настоящее время в машиностроении широко используются гальванические железные покрытия и покрытия сплавами железа [4]. Полученные из сульфатных электролитов сплавы железо-никель достаточно износостойки.

В связи с этим целью работы являлось получение электрохимических покрытий сплавом Fe-Ni-Co, Fe-Ni и методом КИБ ZrN-покрытий на поверхности двухлезвийных стальных (Ст20) ножей хвостовых фрез и исследование периода стойкости модифицированного инструмента, износа обработанных лезвий ножей при резании ламинированных ДСтП с учетом фазового, элементного состава и микротвердости сформированных слоев.

ZrN-покрытия осаждались на установке ВУ-1Б «Булат» на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (ДОСИИ) БГТУ в два этапа. Проводилась предварительная обработка ионами циркония 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 10^{-1} Па. Температура при осаждении соответствовала 400–450°C. Толщина полученных покрытий не превышала 1,5 мкм.

Гальванические покрытия сплавом Fe-Ni-Co, Fe-Ni наносили на подготовленную стальную поверхность из сернокислого электролита при токах 0,4–0,8 А и температуре 40–50° С. Толщина покрытий не превышала 10 мкм.

Для определения элементного состава сформированных слоев, видов износа обработанных лезвий ножей и их периода стойкости при резании ламинированных ДСтП были проведены с помощью методов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), растровой и сканирующей электронной микроскопии (РЭМ и СЭМ) на сканирующем электронном микроскопе LEO-1455 VP фрактографические исследования морфологии режущей кромки лезвия ножа после лабораторных испытаний.

Фазовый состав полученных покрытий исследовался методом рентгеноструктурного анализа (РСА) при помощи дифрактометра Ultima IV (Rugaku, Япония) в Cu-K α излучении. Микротвердость испытуемых покрытий определялась при помощи микротвердомера ПМТ-3 по методу Виккерса при нагрузке 50 г.

Лабораторные испытания на период стойкости лезвий ножей сборной фрезы диаметром 21 мм при резании ламинированных ДСтП толщиной 25 мм проводили на обрабатывающем центре ROVER-B4.35 (Италия) на кафедре ДОСиИ при следующих режимах: число ножей на фрезе – 2; частота вращения фрезы – 15000 мин⁻¹; припуск – 1,0 мм/проход; длина резания – 1200 м. п. Критерием потери режущей способности резца являлось появление сколов отделки плиты.

Установлено, что при КИБ осаждении циркония в среде азота на лезвие ножа образуется однофазное покрытие, состоящее из фазы нитрида циркония, имеющее ГЦК структуру типа NaCl (рисунок 1а), что соответствует данным [5].

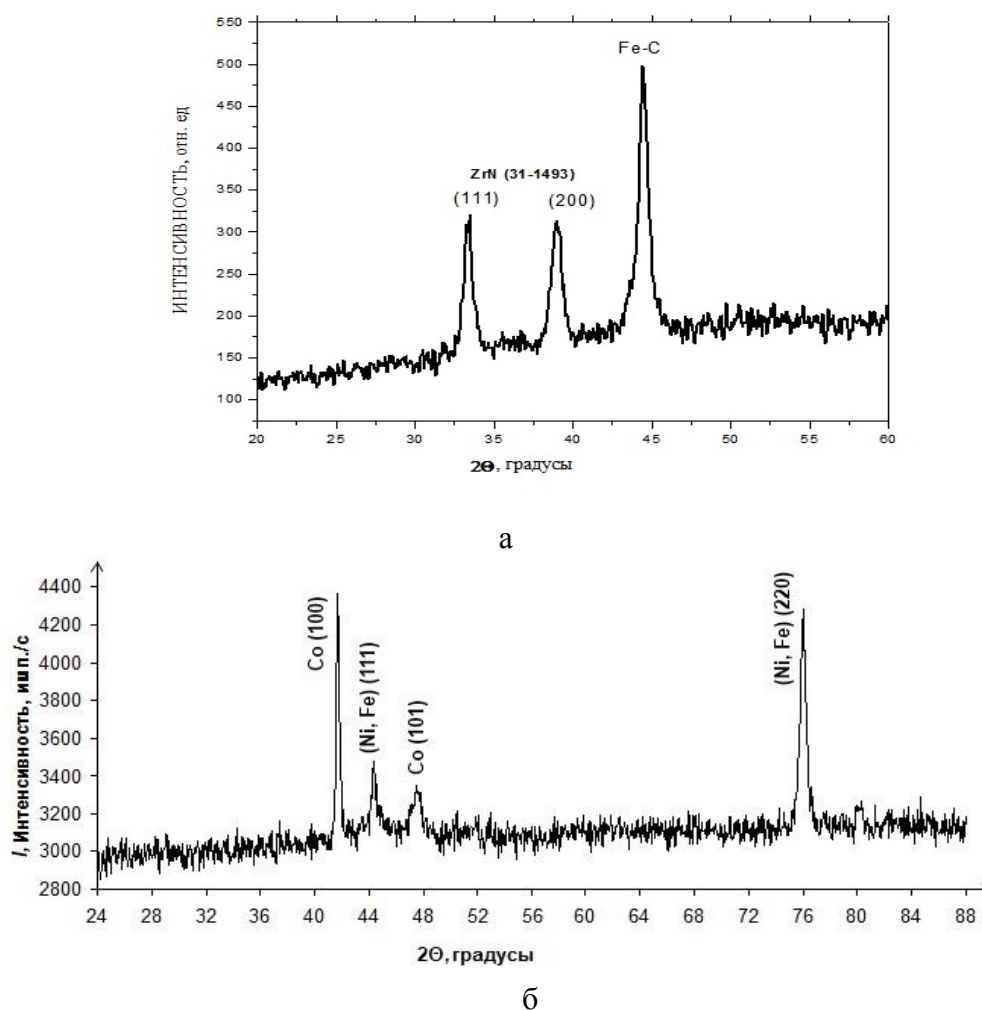


Рисунок 1 – Рентгенограмма ZrN- (а) и сплавом Fe-Ni-Co (б) покрытий

Гальванические покрытия сплавом Fe-Ni-Co являются двухфазными. Образуется твердый раствор (Ni, Fe), имеющий ГЦК структуру, и отдельная фаза кобальта с гексагональной решеткой (рисунок 1б).

Среднее значение микротвердости ZrN-покрытия на стальной основе составило 32 ГПа, а Fe-Ni-Co-покрытия – 45 ГПа, что практически в 2 раза превышает величину микротвердости подложки (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты измерения микротвердости образцов

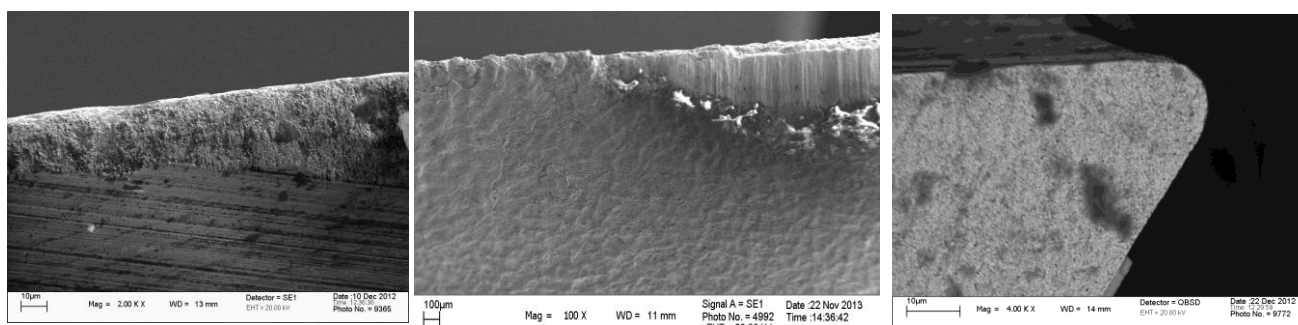
№ п/п	Покрытие	Микротвердость, ГПа	Подложка
1	Fe-Ni-Co	54 ± 5	Сталь Ст20
2	Fe-Ni-Co	35 ± 4	Сталь Ст20
3	Fe-Ni	40 ± 4	Сталь Ст20
4	ZrN	32 ± 2	Сталь Ст20
5	–	25 ± 3	Сталь Ст20

Результаты снятого РСМА (таблица 2) подтверждают состав гальванического покрытия сплавом Fe-Ni и ножа из стали Ст20.

Таблица 2 – Данные РСМА изношенного лезвия ножа с Fe-Ni покрытием

Элемент	Концентрация, ат. %
C	33,3 ± 6,1
Fe	64,8 ± 9,6
Ni	1,9 ± 0,6

РЭМ-снимок изношенной кромки лезвия ножа без покрытия (рисунок 2а) подтверждают литературные данные о тепловом износе режущих поверхностей металла инструмента при их трении о древесину [2]. Наличие гальванического Fe-Ni- и ионно-плазменного ZrN-покрытия на лезвии ножа приводит к истиранию покрытия в процессе износа, хотя степень износа лезвия ножей с ZrN-покрытием (рисунок 2в) значительно меньше, чем в случае лезвия ножей с Fe-Ni-покрытием (рисунок 2б).



а

б

в

Рисунок 2 – РЭМ-снимок кромки лезвия ножа без покрытия (а), с Fe-Ni-покрытием (б) и излома лезвия с ZrN-покрытием (в) после резания ДСтП

Проведенные на ОАО «Минскдрев» (г. Минск) производственные испытания фрезерного инструмента с ZrN-покрытиями лезвий ножей показали увеличение его периода стойкости до 50% по сравнению с инструментом без покрытий.

Несмотря на то, что микротвердость гальванических покрытий сплавом Fe-Ni-Co больше, чем ZrN-покрытий, лезвия ножей, обработанные методом КИБ, являются значительно более износостойкими, чем при гальванической обработке. Полученный результат можно объяснить тем, что нитридные покрытия, подобные ZrN, обладают высокой термической и окислительной стойкостью [6], что позволяет до разрушения покрытия значительно уменьшать воздействие этих процессов на износ лезвия ножа.

Выводы

1 Наличие осажденных методом КИБ ионно-плазменных ZrN-покрытий на стальных двухлезвийных ножах хвостовых фрез обеспечивает при резании ламинированных ДСтП повышение периода стойкости режущего инструмента до 50% по сравнению с инструментом без покрытия.

2 Величина износа лезвия ножей с ZrN-покрытием значительно меньше, чем в случае лезвия ножей с Fe-Ni-покрытием. Наблюдается тепловой вид износа необработанного лезвия стальных ножей и абразивный – при гальванической или КИБ обработке.

3 Среднее значение микротвердости гальванического покрытия сплавом Fe-Ni-Co практически в 2 раза превышает величину микротвердости стальной подложки.

Библиографический список

1. Абразумов В.В., Котенко В.Д. Анализ явлений на контактных поверхностях режущего клина при резании плитных древесных композиционных материалов на минеральных вяжущих // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. М., 2006. № 6 (48). С. 138–141.

2. Ульянов А.А. Оптимизация свойств поверхностных слоев инструментальных сталей для повышения износостойкости дереворежущих инструментов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01. Брянск, 2001. – 151 с.

3. Эффективность применения TiN-, ZrN-, Ti-Zr-N- и Ti- покрытий на твердосплавных резцах при обработке ламинированных древесностружечных плит концевыми фрезами / А.А. Гришкевич [и др.] // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. Минск, 2008. Вып. XVI. С. 52–54.

4. Функциональные покрытия на основе сплавов железа / С.С. Попова [и др.] // Гальванотехника и обработка поверхности. М., 2001. Т. 9, № 1. С. 34–39.

5. Investigations on non-stoichiometric zirconium nitrides / H.M. Venia [et al] // Applied Surface Science. 2002., № 200. P. 231–238.

6. Особенности износа упрочненных методом КИБ лезвий ножей дереворежущего фрезерного инструмента при обработке ДСтП / А.А. Гришкевич [и др.] // Сборник материалов VII Междунар. науч.техн. конф. «Современные методы и технологии создания и обработки материалов» 19–21 сентября 2012г., Минск. Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2012. Кн. 2. С. 297–303.