

УДК 674.055:621.934(043.3)

**ФОРМИРОВАНИЕ УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ НА ЛЕЗВИЯХ НОЖЕЙ
ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА КОМБИНИРОВАННОЙ
ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ И ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ**

**Чаевский В.В., доцент; Гришкевич А.А. доцент; Жилинский В.В.,
(УО «Белорусский государственный технологический университет»)**

**Углов В.В., профессор; Кулешов А.К.
(Белорусский государственный университет)**

Объемный износ ZrN-Ni-Co-покрытий на лезвиях стальных ножей фрез уменьшается в 3,4 раза по сравнению с Ni-Co-покрытием. Значение микротвердости ZrN- и Ni-Co-покрытий в 1,5 раза больше стальной основы.

Стойкость и надежность режущего инструмента современного оборудования на деревообрабатывающих производствах является одним из основных условий эффективности работы его работы. 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 частиц, 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]. При резании древесностружечных плит (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 применяется в основном только инструмент с импортными дорогостоящими твердосплавными ножами. Поэтому решение задач, направленных на увеличение периода стойкости дереворежущего инструмента, используемого стальные ножи, 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, 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 Ni-Co, и комбинированным гальвано-ионно-плазменным методом ZrN-Ni-Co-покрытий на поверхности двухлезвийных стальных (Ст20) ножей хвостовых фрез и исследование износа обработанных лезвий ножей при резании ламинированных ДСтП с учетом фазового, элементного состава и микротвердости сформированных слоев.

Гальванические покрытия сплавом Ni-Co наносили на поверхность лезвий ножей из сернокислого электролита при токах 0,4–0,8 А и температуре 40–50°C. Толщина покрытий не превышала 10 мкм. ZrN-покрытия осаждались на ножи с Ni-Co-покрытием на установке ВУ-1Б «Булат» 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. Температура при осаждении соответствовала 400–450°C. Толщина ZrN-покрытий не превышала 1,5 мкм.

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 деревообрабатывающих станков и инструментов БГУ при следующих режимах: число ножей на фрезе – 2; частота вращения фрезы – 15000 мин^{-1} ; припуск – 1,0 мм/проход; длина резания – 1200 м. п. Объемный износ лезвия ножа после испытаний рассчитывался по методике определения поперечных размеров кромки лезвия по всей ее длине с помощью микротвердомера ПМТ-3 с учетом первоначального неизношенного угла заточки лезвия.

Измерение адгезионной прочности образцов с полученными покрытиями проводилось на установке «скретч-тестер», разработанной и изготовленной БГУ – ЗАО «БМЦ». Принцип работы «скретч-тестера» основан на методе склерометрии – горизонтальном перемещении и царапании поверхности покрытия алмазным индентором (радиус закругления в данной установке – 0,5 мм), предварительно внедренным на определенную глубину при пропорционально возрастающей нагрузке и определении критической нагрузки, при которой происходит отрыв или разрушение покрытия [5]. Для качественной оценки адгезионной прочности покрытий склерометрическим методом использовалась следующая методика: на поверхность образца с покрытием наносилась царапина; адгезионная прочность оценивалась по полуширине зоны разрушения покрытия на всей длине царапины.

Установлено, что сформированные покрытия состоят из отдельных фаз нитрида ZrN , имеющего гранцентрированную кубическую структуру, никеля и кобальта с гексагональной решеткой (рис. 1).

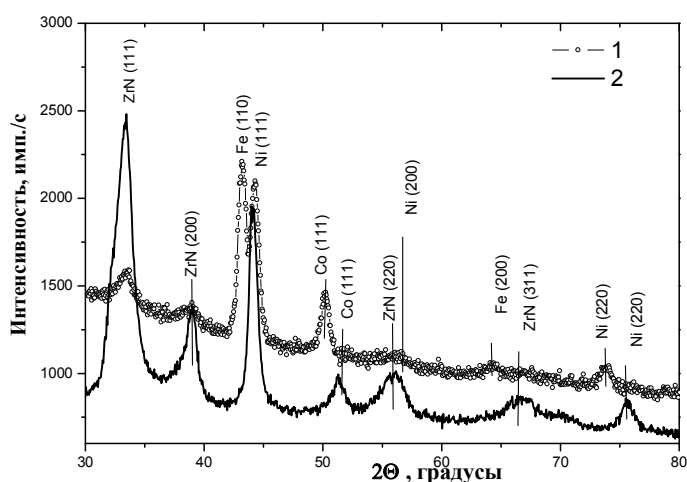


Рисунок 1. Рентгенограммы Ni-Co-покрытий (1) и ZrN-Ni-Co-покрытий (2)

Среднее значение микротвердости ZrN-покрытия на стальной основе составило 32 ГПа, а Ni-Co-покрытия – 35 ГПа, что практически в 1,5 раза превышает величину микротвердости подложки (25 ГПа).

Анализ оптических снимков трека от индентора на поверхности образца с ZrN-Ni-Co-покрытием (рис. 2, 3) показывает, что величина длины трека без разрушения покрытия составляет 2,0 мм (отрезок АВ на рис. 2, 3а (точка А – отпечаток от пирамиды индентора, точка В – начало процесса разрушения покрытия)) и соответствует критической нагрузке 1,25 Н (рис. 4).

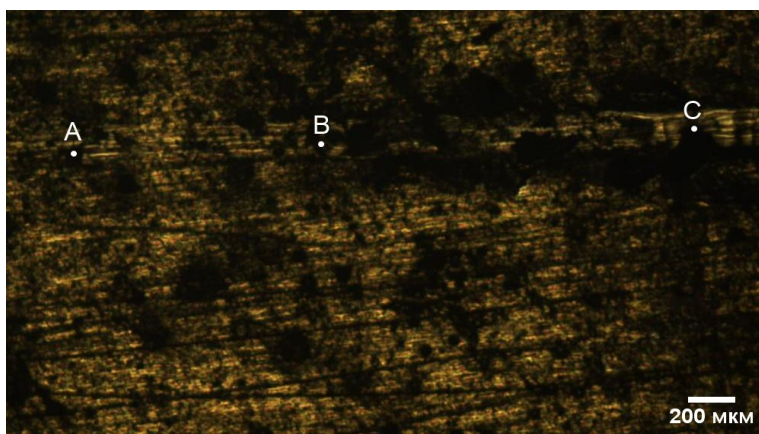
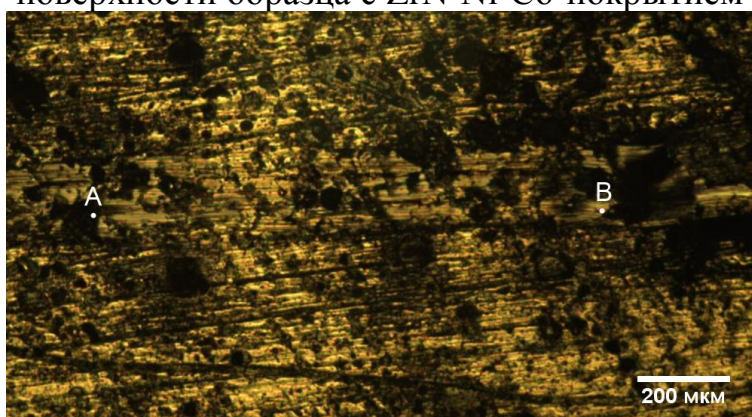
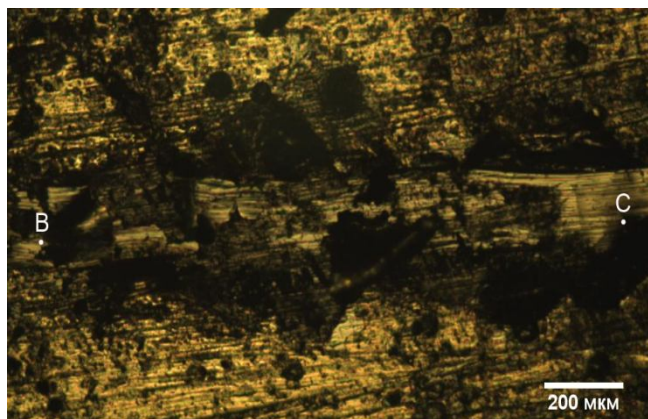


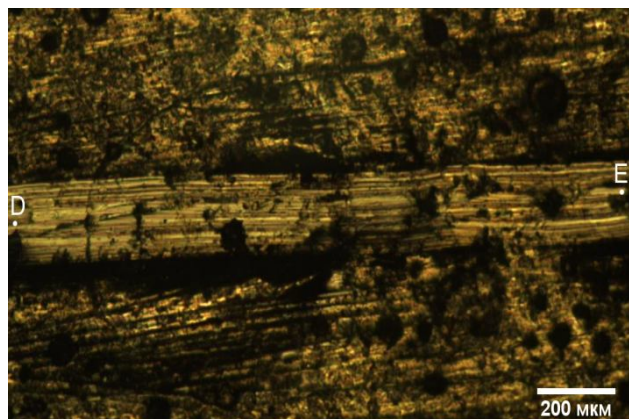
Рисунок 2. Снимок (увеличение 50X) всего трека от индентора (отрезок АС) на поверхности образца с ZrN-Ni-Co-покрытием



а



б



в

Рисунок 3 . Снимки (увеличение 100X) начального участка трека (отрезок АВ) без разрушения ZrN-Ni-Co-покрытия (а), участка трека (отрезок ВС) с разрушением и

и отслаиванием покрытия (б), участка трека (отрезок DE) скольжения индентора по основе без покрытия (в)

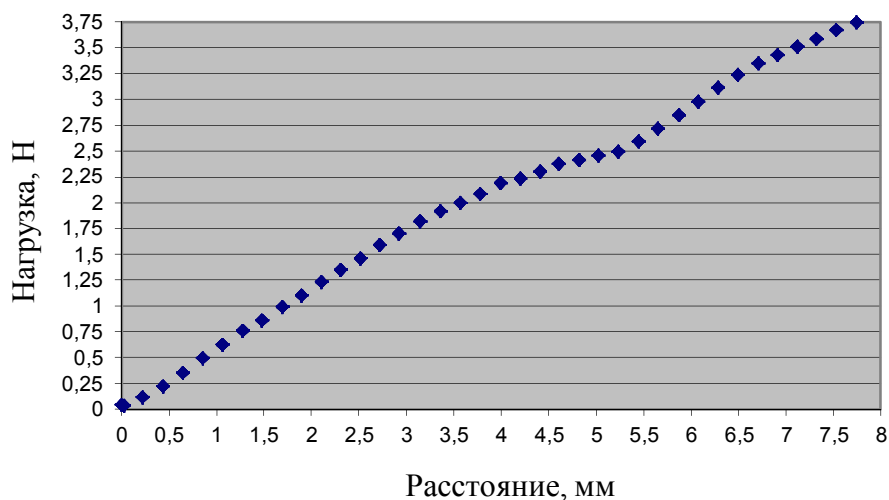


Рисунок 4. Зависимость нагрузки на индентор от длины трека индентора на поверхности образца с ZrN-Ni-Co-покрытием

Сравнение полученного результата значения критической нагрузки с литературными данными [6] свидетельствует о достаточно прочном сцеплении сформированного комбинированного покрытия со стальной основой.

Выполненные расчеты усредненного объемного износа лезвия ножей после лабораторных испытаний, показали, что объемный износ комбинированного ZrN-Ni-Co-покрытия ($6,75 \cdot 10^7$ мкм³) уменьшается в 3,4 раза по сравнению с упрочняющим лезвие Ni-Co-покрытием ($2,30 \cdot 10^8$ мкм³).

Снимки изношенной кромки лезвия ножа с ZrN-Ni-Co- и Ni-Co-покрытиями (рис. 5) подтверждают расчеты объемного износа и показывают, что степень износа лезвия ножей с ZrN-Ni-Co-покрытием (рис. 5а) значительно меньше, чем в случае лезвия ножей с Ni-Co-покрытием (рис. 5б).

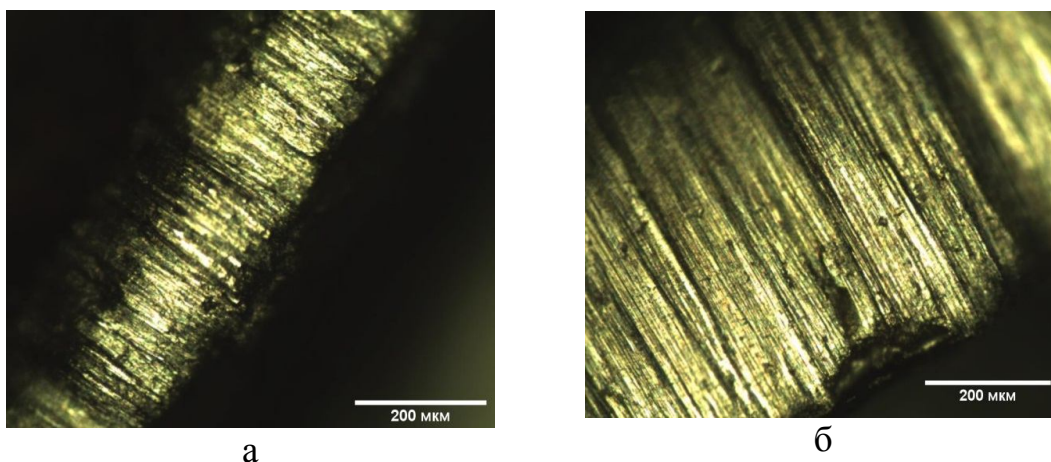


Рисунок 5. Снимки изношенного лезвия ножа с ZrN-Ni-Co-покрытием (а)

и с Ni-Co-покрытием (б) после резания ламинированной ДСтП

В заключение следует отметить, что проведенные предварительные промышленные испытания периода стойкости хвостовых фрез с ножами с комбинированными гальвано-ионно-плазменными покрытиями, проведенные на предприятии ОАО «Минскдрев» (г. Минск) при резании ДСтП, показали увеличение периода стойкости фрезерного инструмента с покрытиями на 15–20% по сравнению с инструментом без покрытий, тем самым подтвердив результаты научных исследований.

Список литературы

1. Абразумов, В.В. Анализ явлений на контактных поверхностях режущего клина при резании плитных древесных композиционных материалов на минеральных вяжущих / В.В. Абразумов, В.Д. Котенко // 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 / А.А. Ульянов. – Брянск: Брянская гос. инженер.-технол. академия, 2001. – 151 с.
3. Влияние ZrN, Mo–N покрытий, сульфационирования на износ ножей дереворежущего инструмента / А.К. Кулешов [и др.] // Трение и износ. Гомель, 2014, т. 35, № 3, С. 276–286.
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. Матюнин, В.М. Определение механических свойств и адгезионной прочности ионно-плазменных покрытий склерометрическим методом / В.М. Матюнин [и др.] // МИТОМ, 2002, № 3, С. 36–39.

Abstract

FORMATION HARDENED LAYERS ON THE SHEARS EDGES KNIVES OF WOOD CUTTING TOOL BY COMBINED GALVANIC AND ION-PLASMA TREATMENT

Chayeuski V.V., Grishkevich A.A., Zhyllinski V.V., Uglov V.V., Kuleshov A.K.

Bulk wear ZrN-Ni-Co-coatings on shears steel knives of milling cutters decreases in 3,4 times compared to Ni-Co-coating. Microhardness ZrN- and Ni-Co-coatings is 1,5 times more than steel substrate.