

УДК 620.197

П. Б. Кубрак, кандидат химических наук, старший преподаватель (БГТУ);
В. В. Жилинский, кандидат химических наук, старший преподаватель (БГТУ);
В. В. Чаевский, кандидат физико-математических наук, доцент (БГТУ)

ОСАЖДЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ СПЛАВОМ Fe-Ni ИЗ СУЛЬФАТНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Износостойкие покрытия сплавом Fe-Ni на поверхности ножей дереворежущего инструмента осаждали гальваническим методом из сульфатного электролита. Элементный состав и морфология поверхности покрытий ножей изучались с помощью рентгеноспектрального микроанализа и растровой электронной микроскопии. Микротвердость полученных покрытий сплавом Fe-Ni достигала 400 HV, что в 2 раза больше величины микротвердости подложки. Установлено, что наличие покрытия сплавом Fe-Ni на лезвии ножа дереворежущего инструмента способствует уменьшению интенсивности их износа на 50% и более по сравнению с лезвиями без покрытия.

The abrasion resistant Fe-Ni alloys were precipitated on the surface of the blades of woodworking tools by electroplating from sulfate electrolyte. The elemental composition and surface morphology of the coatings were studied by energy dispersion X-ray microanalysis and transmission electron microscopy. The microhardness of obtained coating of Fe-Ni alloy has reached 400 HV that is 2 times greater than the microhardness of the substrate. It had been found that coating of Fe-Ni alloy on knife-edge of woodworking tools reduces the wear by 50% or more, compared with the uncoated blades.

Введение. В настоящее время железные покрытия и покрытия сплавами железа широко используются в машиностроении [1]. Традиционно такие покрытия наносят из хлоридных электролитов на поверхность деталей для получения специальных свойств поверхностного слоя деталей (магнитных, антифрикционных) [1, 2]. Одним из направлений дальнейшего развития железнения является осаждение сплавов железо-никель из сульфатных электролитов [3]. Полученные из сульфатных электролитов сплавы довольно износостойки и могут использоваться как замена хромовым покрытиям [3].

Большой интерес представляет нанесение таких покрытий на режущие кромки деревообрабатывающих инструментов с целью увеличения ресурса их работы. Необходимо отметить, что в Республике Беларусь для механической обработки древесных материалов используется только импортный дереворежущий инструмент, зачастую изготавливаемый из твердых сплавов, быстрорежущей стали [4–6], что приводит к дополнительным затратам на обслуживание деревообрабатывающего оборудования. Наблюдаемая в Республике Беларусь тенденция расширения ассортимента обрабатываемых материалов на основе древесины, интенсификация работы промышленного оборудования делает задачи, направленные на увеличение периода стойкости применяемого дереворежущего инструмента, актуальными, технически и экономически обоснованными.

В связи с этим целью работы являлось получение из сульфатных электролитов покрытий сплавом Fe-Ni и исследование периода стойкости модифицированного инструмента при резании

ламинированных древесностружечных плит (ДСтП) в зависимости от элементного состава покрытий.

Основная часть. Гальванические покрытия сплавом Fe-Ni наносили на подготовленную поверхность деревообрабатывающего двухлезвийного ножа из стали 20 из сернокислого электролита [2], содержащего (г/дм³): NiSO₄ · 7H₂O – 100, FeSO₄ · 7H₂O – 50, H₃BO₃ – 30, 1,4-бутиндиол – 1–3, при температуре 40–50°C и pH = 2,5. В качестве лиганда использовалось соединение из группы алкилэтилендиаминотетрауксусных кислот. Толщина покрытий на ножах не превышала 10 мкм. Микротвердость покрытия сплавом Fe-Ni определяли на контрольных образцах из стали 20 при помощи микротвердомера ПМТ-3 по методу Виккерса при нагрузке 50 г и толщине покрытия 20 мкм. Элементный состав покрытия и его морфологию исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201 JEOL (Япония). Лабораторные испытания на период стойкости лезвий ножей сборной фрезы диаметром 21 мм при резании ламинированного ДСтП толщиной 25 мм с двухсторонней отделкой пластей проводили на обрабатывающем центре ROVER-B 4.35 (Италия) при следующих режимах: число ножей на фрезе – 2; частота вращения фрезы – 15 000 мин⁻¹; скорость подачи – 1 м/мин; припуск – 1,0 мм/проход; длина резания – 1200 п. м. Критерием потери режущей способности резца являлось появление сколов отделки плиты.

При проведении исследований установлено, что выход по току Fe-Ni покрытий достигает максимальных значений 30% в области плотностей

тока от 6,5 до 8,0 А/дм² (рис. 1, кривая 1). При более высоких плотностях тока происходит ухудшение качества осадка вероятно за счет появления диффузионных ограничений.

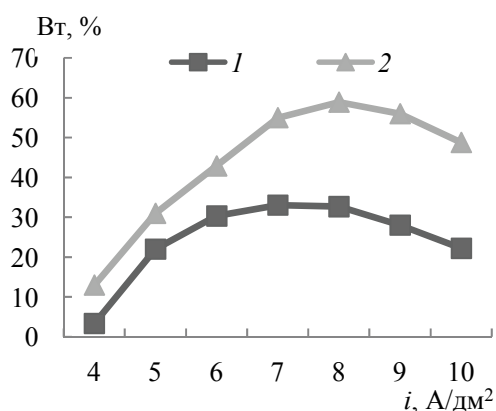


Рис. 1. Зависимость выхода по току Fe-Ni покрытий от плотности тока: 1 – электролит без лиганда; 2 – электролит с лигандом

Введение лигандов в электролит приводит к увеличению выхода по току сплава до 60% (рис. 1, кривая 2).

Величина микротвердости полученных покрытий сплавом Fe-Ni достигает 400 HV, что в 2 раза больше величины микротвердости отожженной стали 20.

Методом рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) установлено, что покрытие Fe-Ni содержит до 3 мас. % Ni и более 92–94 мас. % Fe (табл. 1). Наличие углерода в покрытии, вероятно, связано с внедрением органических составляющих электролита. Обнаруженный в приповерхностном слое покрытия в незначительных количествах кислород (до 1,0 мас. %) свидетельствует о протекании процессов пассивации.

Таблица 1
Элементный состав поверхности покрытия Fe-Ni

Плотность тока А/дм ²	Массовая доля элемента, %		
	Fe	Ni	C
10	94,0	3,2	≈2,0
7,5	92,5	3,8	–

Исследования показали, что объемный износ режущей кромки лезвия ножа с покрытием (гальваническим) и без него имеет одинаковое неоднородное распределение по длине (рис. 2). Имеются три области: область 1 от края кромки лезвия ножа до места крепления ножа (практически без износа), область 2 длиной менее 1 мм напротив мест крепления ножа с максимальным износом на единицу длины кромки лезвия, область 3 основ-

ного износа, меньшего, чем в области 2, но длина этой области составляет 25–26 мм.

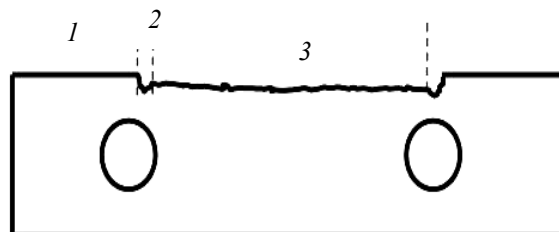


Рис. 2. Схематическое изображение распределения объемного износа по длине кромки лезвия ножа

РЭМ-снимок изношенной кромки лезвия ножа без покрытия в области основного износа (рис. 3) подтверждает литературные данные о тепловом износе режущих поверхностей металла инструмента при их трении о древесину из-за возникающих высоких температур в тонких поверхностных слоях лезвий ножей [4].

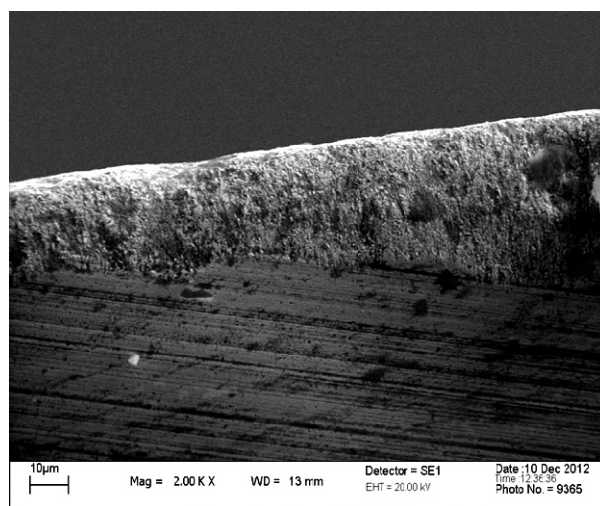


Рис. 3. Микрофотография кромки лезвия ножа без покрытия в области основного износа после резания ламинированных ДСтП

Анализ микрофотографии поверхности изношенной кромки лезвия ножа с нанесенным покрытием после резания ДСтП показал, что при работе режущего инструмента происходит механическое снятие Fe-Ni покрытия только с режущих кромок (рис. 4, а). Покрытие, нанесенное на поверхность ножа, не участвующую в резании, остается без видимых повреждений, сколов, не отслаивается в результате нагрева (рис. 4, а).

Область износа (рис. 4, б) характеризуется полным разрушением покрытия на режущей кромке ножа и истиранием стальной основы.

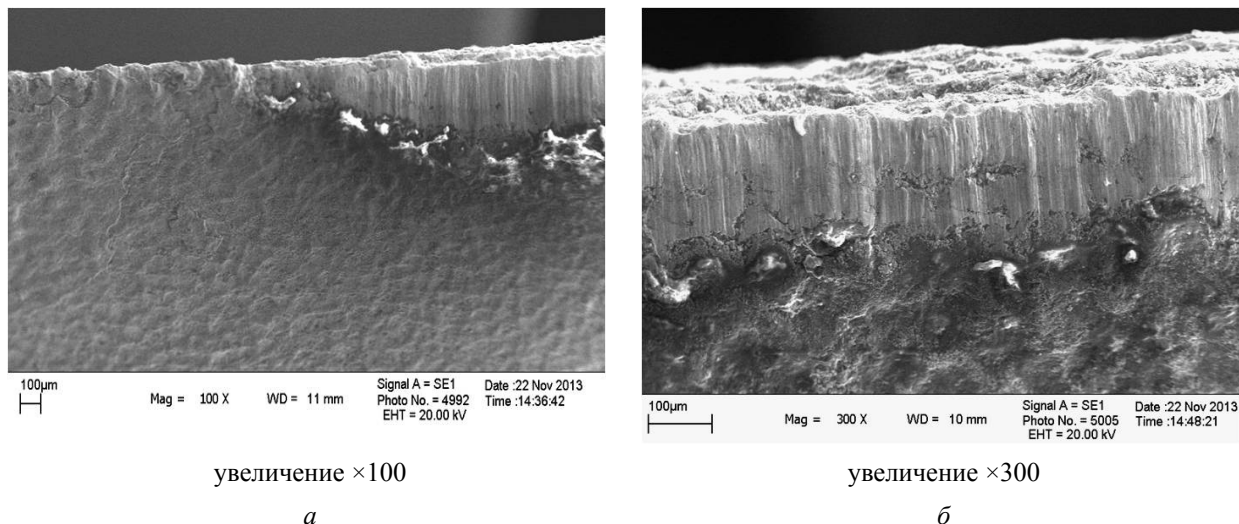


Рис. 4. СЭМ-изображение лезвия ножа с Fe-Ni покрытием после резания ДСтП:
а – кромка лезвия ножа после резания ДСтП; *б* – область полного разрушения покрытия

Исследования, проведенные методом РСМА (табл. 2), показали увеличение количества внедренного углерода до 33 ат. % при износе покрытия, что, возможно, связано с механическим внедрением продуктов окисления древесины в покрытие вследствие интенсивного нагрева при резании.

В процессе резки древесины происходит потеря прочностных свойств режущих кромок ножей с покрытием, что, вероятно, объясняется ухудшением адгезии сплава к подложке вследствие резкого увеличения температуры на границе «нож – ДСтП».

Таблица 2

Результаты РСМА изношенной поверхности лезвия ножа с покрытием Fe-Ni

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

В результате испытания на период стойкости лезвий ножей установлено, что наличие покрытия сплавом Fe-Ni на лезвии ножа способствует уменьшению интенсивности их износа на 50% и более по сравнению с необработанными лезвиями.

Заключение. Гальванически осажденные покрытия из сплава Fe-Ni на двухлезвийные ножи из стали 20 обеспечивают при обработке материалов из ДСтП повышение периода стойкости режущего инструмента на 50% и более. Микротвердость полученных покрытий дости-

гала 400 HV, что в 2 раза больше величины микротвердости подложки. Установлено, что введение лигандов в сульфатный электролит для нанесения сплава Fe-Ni способствует интенсификации процесса осаждения покрытия, увеличивает выход по току сплава.

Литература

1. Эпштейн А. А., Фрейдлин А. С. Восстановление деталей машин холодным гальваническим железнением. Киев: Техника, 1981. С. 63–64.
2. Петров Ю. Н. Электролитическое электроосаждение железа. Кишинев: Штиинца, 1990. 356 с.
3. Функциональные покрытия на основе сплавов железа / С. С. Попова [и др.] // Гальванотехника и обработка поверхности. 2001. Т. 9, № 1. С. 34–39.
4. Кузнецов А. М., Янюшкин А. С. Износостойкость твердосплавного инструмента при обработке ДСтП // Технология машиностроения. 2008. № 11. С. 29–31.
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 деревообаб. пром-сть. 2010. Вып. XVIII. С. 348–351.
6. Ульянов А. А. Оптимизация свойств поверхностных слоев инструментальных сталей для повышения износостойкости дереворежущих инструментов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / Брянская гос. инженер.-технол. академия. Брянск, 2001. 151 с.

Поступила 07.03.2014