

УДК 674.055:621.934(043.3)

В. В. Жилинский, канд. хим. наук, доц.;
В. В. Чаевский, канд. физ.-мат. наук, доц.;
Т. Н. Филипович, мл. науч. сотр. (БГТУ, г. Минск)

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ КАТОДОВ-МИШЕНЕЙ ДЛЯ ВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ

Одной из основных характеристик, определяющих работоспособность инструмента, является период стойкости и прочность удержания ионно-плазменное покрытия на поверхности режущей кромки ножа. В процессе работы при высоких скоростях резанья происходит разогрев до 500°C режущей кромки и ионно-плазменного покрытия, которое под действием внутренних напряжений термического расширения подвергается повышенному износу и растрескиванию. По мере появления трещин образующийся абразивный материал легко снимает упрочняющее ионно-плазменное покрытие на основе нитридов и карбидов тугоплавких металлов (Ti, Zr, W и Mo) с режущего инструмента, вызывая его дальнейшее необратимое разрушение [1, 2].

В связи с этим, основной целью данной работы было синтезировать на поверхности лезвий ножей фирм Leitz, GUNDO комбинированным методом ионно-лучевого распыления (КИБ) синтезированной мишени, содержащей гальваническое Ni-ультрадисперсные алмазы (УДА) покрытие, и методом КИБ MoN покрытие и исследовать физико-механические свойства (структуру, фазовый и элементный состав, микротвердость, износостойкость) сформированных слоев.

Для формирования катодов-мишеней Ni-УДА использовали электролит матового никелирования следующего состава, г/дм³: NiSO₄·7H₂O – 220-250; NiCl₂·6H₂O – 35-40; H₃BO₃ – 30. Для получения блестящий никелевых покрытий, в электролит матового никелирования дополнительно вводили комплекс блескообразующих добавок Rado в количестве 1–5 мл/дм³ и сахарин в количестве 1–2 г/дм³. В качестве дисперсной фазы использовались ультрадисперсные алмазы (УДА) марки ВК (ТУ РБ 28619110001-95) [2].

Установлено, что при плотности тока 3 А/дм² и концентрации 10 мл/дм³ УДА получают более мелкокристаллические и плотноупакованные покрытия. Исследуемый электролит позволяет получать равномерные матовые и блестящие покрытия при температуре 50–55 °С со значениями микротвердости до 307 HV и до 750 HV. Созданы композиционные катоды-мишени на основе вольфрама, на поверхность которого электрохимическим способом осаждали трехслойное никелевое

покрытие: 5 мкм никеля из сульфатно-хлоридно-тарtratного электролита (40°C, плотность тока 4 А/дм²); 20 мкм покрытие Ni-УДА из сульфатно-хлоридного электролита матового никелирования (55°C, плотность тока 4 А/дм², УДА 6 мл/дм³); 10 мкм покрытие Ni-УДА толщиной из сульфатно-хлоридного электролита блестящего никелирования (55°C, плотность тока 2,5 А/дм², УДА 5 мл/дм³).

Для реализации процесса ионно-лучевого нанесения композиционных покрытий Ni-УДА (0,5 мкм) и Ni-УДА (0,5 мкм)/MoN (1,5 мкм) использовалось оборудование, состоящее из двухлучевого ионного источника ИРЛУ-2 и установки вакуумного напыления ННВ 6.6.И1, принцип действия которой основан на использовании метода КИБ.

Ионно-плазменное MoN покрытие осаждалось на поверхность ножей фрез методом КИБ в стандартных режимах. На первом этапе проводилась предварительная обработка ионами молибдена ножей фрез в вакууме 10⁻³ Па при отрицательном потенциале подложки -1 кВ. Затем покрытия наносились при токе горения дуги катода 180 А и опорном напряжении -120 В в атмосфере азота при давлении 10⁻¹ Па. Температура при осаждении соответствовала 700–800 °С. После осаждения MoN покрытия проводилась ионная очистка мишени, содержащей Ni-УДА, потоком ионов аргона при давлении аргона в вакуумной камере (3,0–3,5) 10⁻² Па в течение 25–30 мин. Ток соленоида составлял при этом 8 – 9 А. Напряжение на анод секции ионной очистки ионного источника составляло 4,0–4,5 кВ. Затем через распылительную секцию ионного источника был подан аргон до достижения в вакуумной камере установки давления (4,0–4,5) 10⁻² Па. Ток соленоида составлял 9,0–9,5 А. Напряжение на аноде распылительной секции ионного источника составляло 3,0–3,5 кВ. Очистка поверхности мишени производилась распылением ее материала на закрытую заслонку ионного источника до достижения стабильного режима работы распылительной секции ионного источника. Затем производилось нанесение Ni-УДА покрытия на поверхность MoN слоя основы. В результате формировалось композиционное Ni-УДА/MoN покрытие на поверхности ножа фрезы для металло- и деревообработки

Установлено, что при ионно-лучевом распылении синтезированной мишени, содержащей УДА, на MoN покрытие, сформированное методом КИБ на тведосплавной основе (3 вес. % Со, остальное WC), синтезировано комбинированное Ni-УДА/MoN покрытие, состоящее из отдельных фаз никеля α-Ni, нитрида молибдена с ГЦК решеткой γ-Mo₂N и наноалмазов (рисунок 1).

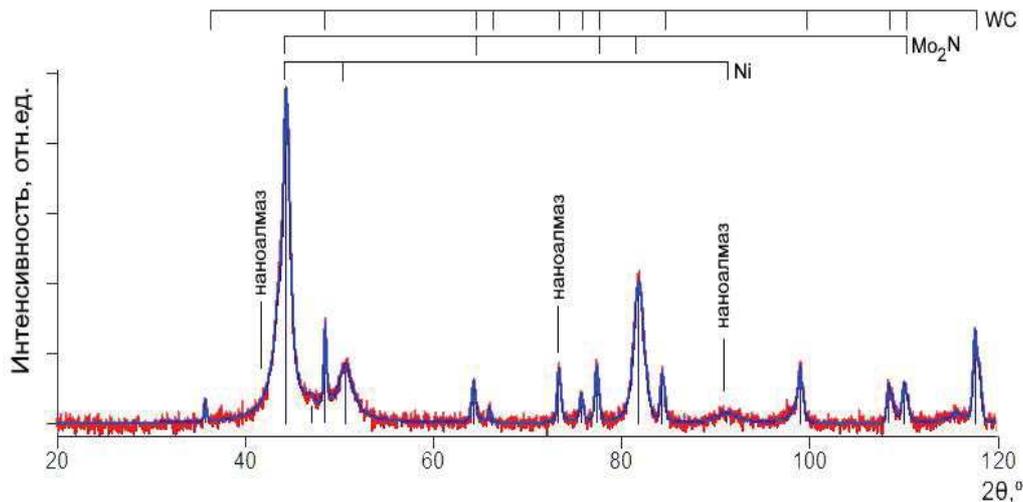


Рисунок 1 – Рентгенограмма Ni-УДА/MoN покрытия

РСА покрытия показывает, что фазы α -Ni и γ -Mo₂N имеют явно выраженные текстуры (111) и (200), соответственно. Сформированное комбинированное Ni-УДА/MoN покрытие имеет максимальное значение микротвердости 18 ± 1 ГПа при нагрузке 200 г.

Опытно-промышленные испытания на период стойкости модифицированных ножей концевой фрезы диаметром 21 мм при резании ламинированных деревостружечных плит (ДСтП) толщиной 15 мм проводили на ПУП «Мебельная фабрика «Пинскдрев-Адриана» на обрабатывающем центре с ЧПУ «VENTURE 113M» при следующих режимах: число ножей на фрезе – 1; частота вращения фрезы – 12000 мин^{-1} ; скорость подачи – 4 м/мин, длина хода – 4 км. Пиломатериал ДСтП толщиной 30 мм был разрезан на заготовки размером: толщина – 25 мм, ширина – 100 мм, длина – 750 мм. Критерием потери режущей способности ножа являлось появление сколов отделки плиты.

Установлено, что период стойкости фрезерного инструмента, модифицированного Ni-УДА/MoN покрытиями, увеличивается при обработке деревостружечных плит в 1,7–1,8 раза, что подтверждено результатами опытно-промышленных испытаний на ПУП «Мебельная фабрика «Пинскдрев-Адриана».

Структура и элементный состав сформированных покрытий после испытаний исследовали с помощью методов сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) с использованием электронного микроскопа Hitachi S-4800.

РСМА и СЭМ исследования изменения элементного состава лезвия ножей до и после резания ДСтП показали, что в процессе износа происходит значительное окисление лезвия ножа (Рисунок 2).

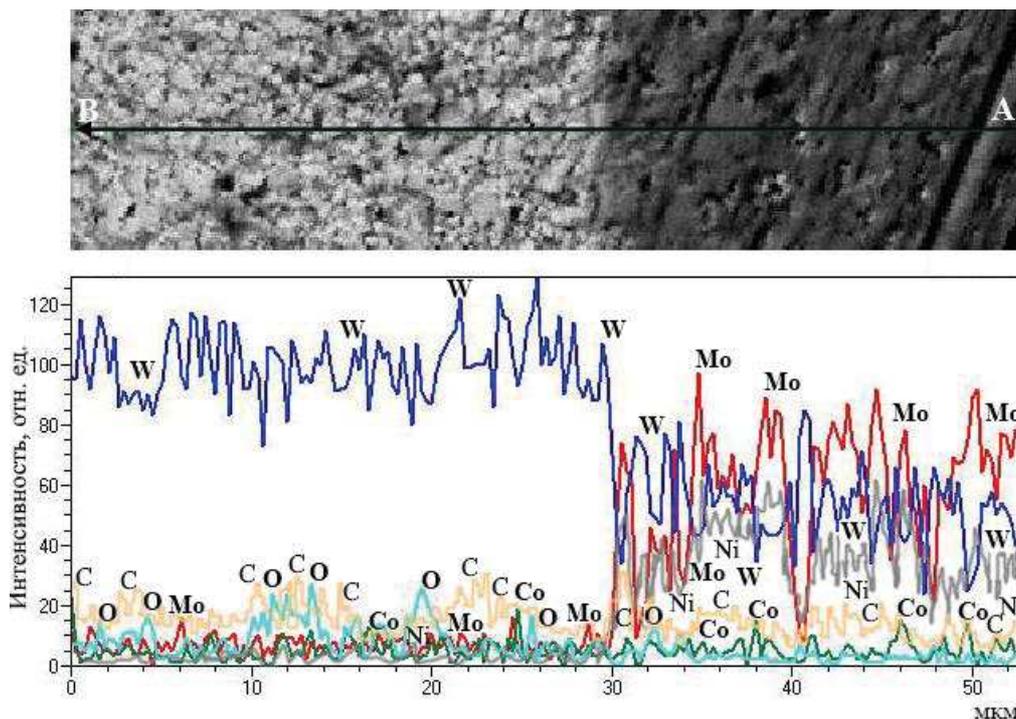


Рисунок 2 – СЭМ-изображение изношенного лезвия твердосплавного ножа с покрытием Ni-УДА/МоN после резания ламинированной ДСтП и распределение интенсивностей характеристического рентгеновского излучения элементов (Mo, W, Co, O, Ni, C) при сканировании вдоль линии АВ

После испытаний изношенное лезвие содержит до 14 ат.% кислорода, незначительное количество молибдена, содержание никеля не наблюдается. Истирание Ni-УДА/МоN покрытия на лезвии ножа связано, по-видимому, с присутствием Ni-УДА слоя в комбинированном покрытии, что, вероятно, вызывает снижение коэффициента трения покрытия при износе и последующего его деформационного втирания в лезвие в область его контакта с обрабатываемым материалом.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Долматов, В. Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза: свойства и применение / В. Ю. Долматов // Успехи химии, 2001. – Т. 70, № 7. – С. 687–708.
- 2 Жилинский, В. В. Исследование структуры и свойств дуплексных Ni-DNA/Ni-покрытий на твердом сплаве / В. В. Жилинский, В. В. Чаевский, А. А. Касач, Т. Н. Филипович // Современные электрохимические технологии и оборудование: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 13–17 мая 2019 г. – Минск: БГТУ, 2019. – С. 103–107.