

УДК 674.055: 539.23621

**ПОВЫШЕНИЕ ПЕРИОДА СТОЙКОСТИ Mo–N ПОКРЫТИЯМИ ЛЕЗВИЙ
НОЖЕЙ ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ РЕЗАНИИ
ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСТП**

**Гришкевич А.А.¹ доцент, Чаевский В.В.¹ доцент, Гаранин В.Н.¹ доцент,
Углов В.В.² профессор, Кулешов А.К.² ст науч. сотрудник**
*(¹УО «Белорусский государственный технологический университет»,
²Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь)*

Период стойкости фрезерного инструмента с Mo–N-покрытием на лезвии WC твердосплавных ножей при резании ДСТП увеличился на 200% по сравнению с инструментом без покрытия. В процессе износа Mo–N-покрытие истирается, а из сплава лезвия ножа без покрытия выкрашиваются зерна карбида.

При обработке инструментом древесных материалов (фанера, слоистые пластики, древесностружечные плиты (ДСТП) и др.), в состав которых входят

связующие элементы, выступающие в процессе обработки в роли абразива, возрастают требования к стойкости инструмента. Кроме того, деревообрабатывающий инструмент при обработке ДСтП, текстолита, твердолиственных пород древесины работает в условиях статических и динамических нагрузок, повышенных температур, что также вызывает повышенный износ режущих элементов инструмента.

В подавляющем большинстве ведущие зарубежные фирмы по производству деревообрабатывающего инструмента (KANEFUSA CORPORATION, Leitz, LEUCO, Faba и др.), являющиеся в настоящее время в Республике Беларусь основными поставщиками режущих элементов инструмента, для повышения стойкости его работы применяют материал из твердых сплавов на основе карбида вольфрама WC [1]. Однако при резании древесных плитных материалов из-за высоких температур в зоне контакта лезвия ножа инструмента формирующиеся химически активные продукты распада древесных материалов (формальдегид, клеевые наполнители и т.п.) взаимодействуя с кобальтом, инициируют процесс выкрашивания зерен WC. Одновременно происходят окислительные процессы в зернах WC, кобальтовой связке [2]. В результате твердосплавное на основе WC лезвие ножа инструмента достаточно быстро теряет свою остроту и режущую способность.

Твердый сплав на основе карбида вольфрама является дорогостоящим и стратегически важным материалом. Поэтому увеличение периода стойкости используемых импортных ножей на основе WC, позволяющей существенно экономить финансовые средства предприятий, поиск их аналога для замены является актуальной и экономически обоснованной задачей.

Одним из наиболее эффективных способов модификации поверхности стальных и твердосплавных лезвий дереворежущих инструментов является метод конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ), влияющий на процесс износа лезвий ножей инструмента и существенно увеличивающий ресурс работы резцов [3].

Целью данной работы было получение Mo–N-покрытий на поверхности лезвий ножей фирмы Leitz (Германия) фрезерного инструмента, исследование фазового, элементного состава сформированных покрытий, их влияние на износ лезвия и период стойкости ножей фрезерного инструмента при резании ламинированных ДСтП.

Mo–N-покрытия осаждались на поверхность двухлезвийных ножей хвостовых фрез методом КИБ на установке ВУ-1Б «Булат» на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (ДОСиИ) БГТУ в два этапа: 1) предварительная обработка ионами молибдена в вакууме 10^{-3} Па при потенциале подложки -1 кВ; 2) осаждение покрытия при токе горения дуги катода 180 А и опорном напряжении $U_{оп} = -120$ В в атмосфере азота при давлении 10^{-1} Па. Температура при осаждении соответствовала 400 – 450°С. Толщина полученных покрытий не превышала 2 мкм.

Фазовый состав полученных Мо–N-покрытий исследовался методом рентгеноструктурного анализа (РСА) при помощи дифрактометра ДРОН-3.0 в Cu-K_α излучении.

Для определения элементного состава, вида износа лезвия ножей и периода стойкости ножей с Мо–N покрытиями были выполнены исследования морфологии поверхности фрактографических элементов лезвия ножей с помощью методов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), растровой и сканирующей электронной микроскопии (РЭМ и СЭМ) на растровом электронном микроскопе LEO-1455 VP. Режим работы микроскопа был следующий: ускоряющее напряжение – 20 кВ; ток зонда – $5 \cdot 10^{-7}$ А.

Лабораторные испытания на период стойкости ножей фрезы диаметром $D = 21$ мм при резании ламинированных ДСтП толщиной 25 мм с двусторонней отделкой пластей проводились на кафедре ДОСиИ БГТУ на многооперационном центре ROVER-B 4.35 (Италия) при следующих режимах: число ножей на фрезе $z = 1$; частота вращения фрезы $n = 15000$ мин $^{-1}$; скорость подачи $V_s = 1$ м/мин; припуск $h = 1,0$ мм / проход; длина резания $L = 1200$ м.п.

Установлено, что при КИБ осаждении в среде азота молибдена на твердосплавные ножи образуется двухфазное покрытие (рис. 1), состоящее из фаз нитрида молибдена $\delta\text{-Mo}_2\text{N}$ и металла $\alpha\text{-Mo}$ с текстурой (111), что соответствует данным [4].

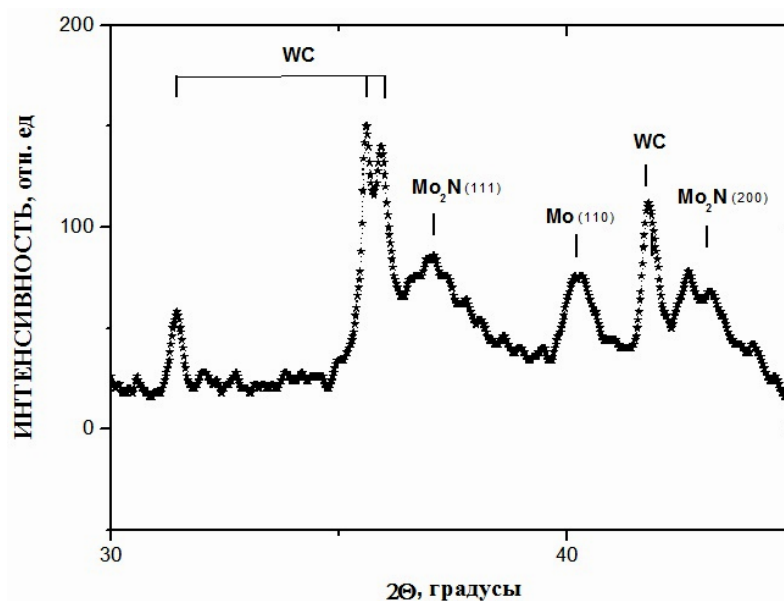
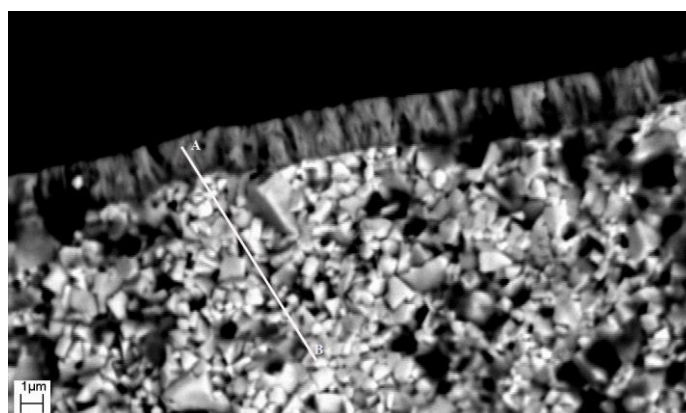


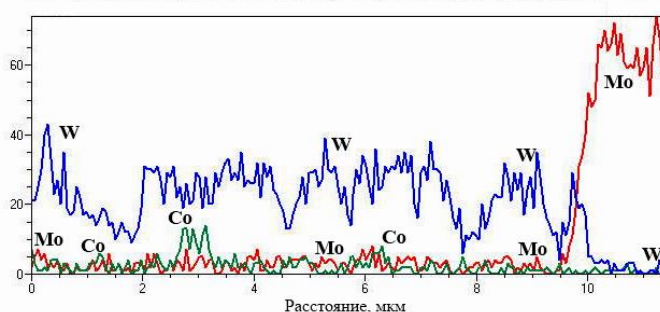
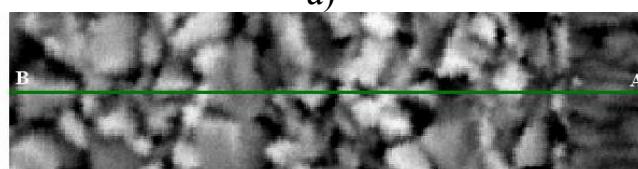
Рис. 1. Рентгенограмма Мо–N-покрытия

Проведенные ранее исследования показали, что материал ножей фрез представляет собой твердый сплав карбида вольфрама состава WC ~ 96%, Co ~ 4% [5], что соответствует материалу ножей импортного инструмента марки T03SMG фирмы TIGRA (Германия), являющимся аналогом твердого сплава BK3 (производство – РФ). Особенностью данного сплава является его высокая твердость (21 ГПа) и мелкодисперсная структура карбидов вольфрама.

Полученные СЭМ-изображения изломов лезвия ножа с Мо–N-покрытием и исследования его элементного состава (рис. 2) подтверждают выводы о столбчатой структуре Мо–N покрытия и мелкодисперсной WC структуре лезвия ножа.



а)



б)

Рис. 2. СЭМ-фотография поперечного излома ножа с Мо–N-покрытием на лезвии ножа (а) и распределение интенсивностей характеристического рентгеновского излучения элементов (Mo, W, Co) при сканировании вдоль линии АВ при увеличенном изображении сканирующей области (б)

Анализ СЭМ-изображений изломов лезвия ножей без обработки и с Мо–N-покрытием после резания ламинированной ДСтП (рис. 3), проведенный по сравнению радиуса закругления лезвия ножей, показывает, что степень износа лезвия ножей с Мо–N-покрытием (рис. 3б) значительно меньше, чем в случае лезвия ножей без покрытия (рис. 3а).

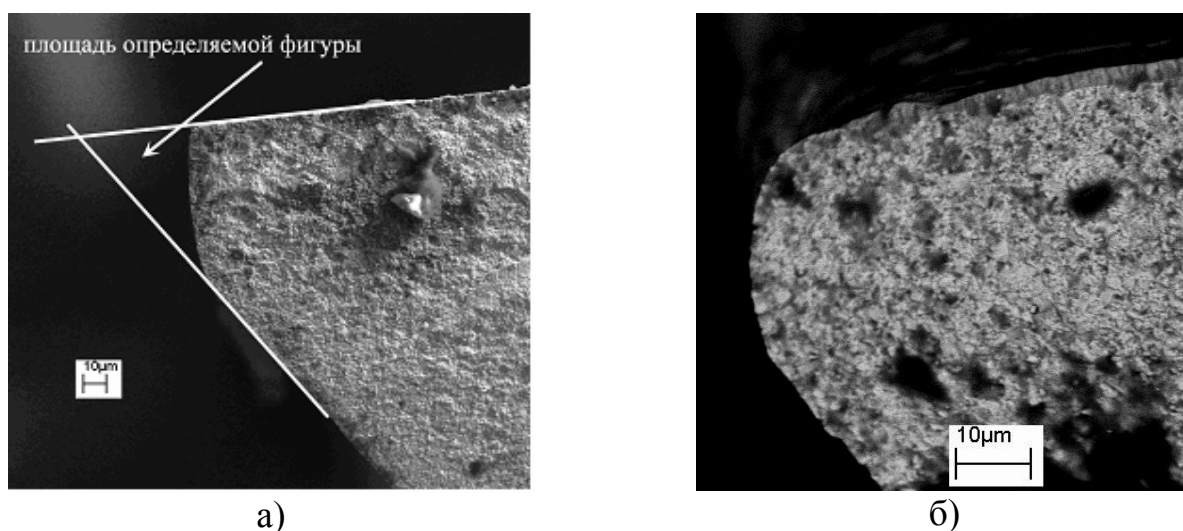


Рис. 3. СЭМ-фотография изношенного лезвия ножа без покрытия (а) и с Mo–N-покрытием (б) после резания ламинированной ДСтП

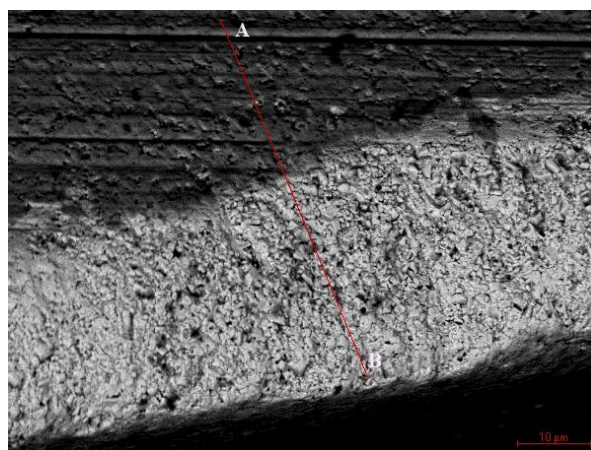
Объемный износ лезвия ножей после испытаний определялся с помощью программы обработки СЭМ-изображений нескольких поперечных изломов ножей путем расчета площади сложной фигуры на изображении поперечных изломов, ограниченной лучами, являющимися продолжением граней лезвия и сложной линией поверхности износа кромки лезвия ножа (рис. 3а). Программа позволяла с высокой точностью численно описывать линию поверхности лезвия ножа на СЭМ-фотографии излома ножа и определять износ пропорционально относительному изменению площади фигуры на СЭМ-фотографии поперечных изломов до и после испытаний.

Выполненные по описанному выше методу расчетные оценки усредненного объемного износа (таблица 1), показывают, что объемный износ лезвия с Mo–N-покрытием уменьшается более чем в 2 раза по сравнению с лезвием без покрытия. Следовательно, период стойкости ножей с Mo–N-покрытием увеличивается практически в 2 раза.

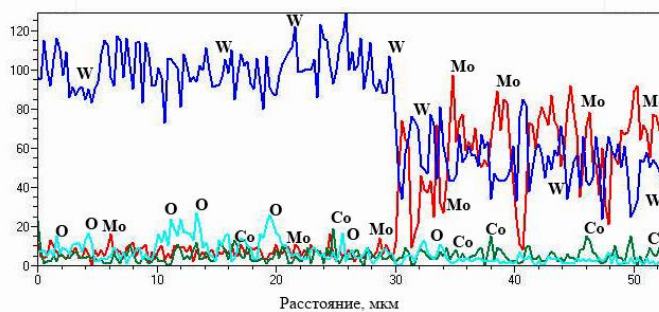
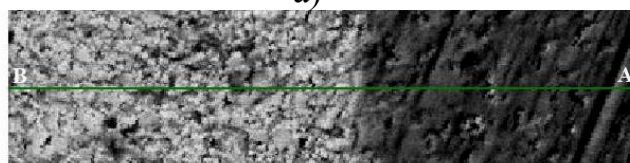
Таблица 1. Объемный износ лезвия ножей с Mo–N-покрытием после резания ДСтП

Вид обработки	Объемный износ, ($\cdot 10^6$) мкм ³
Без обработки	2,3 ± 0,4
Mo–N-покрытие	0,9 ± 0,2

Исследование элементного состава лезвия ножей показали, что при резании ДСтП происходит истирание Mo–N-покрытия на лезвии и значительное окисление лезвия ножа (рис. 4).



а)



б)

Рис. 4. СЭМ-изображение изношенного лезвия ножа с Mo–N-покрытием (а) после резания ламинированной ДСтП и распределение интенсивностей характеристического рентгеновского излучения элементов (Mo, W, Co, O) при сканировании вдоль линии АВ (б)

На основании анализа СЭМ-изображения изношенного лезвия ножа с Mo–N-покрытием (рис. 5) можно сделать вывод, что основным механизмом износа твердосплавного лезвия без покрытия при резании ламинированных ДСтП является выкрашивание зерен карбидов сплава по их границам (область D на рис. 5). Данный результат подтверждает установленную закономерность о хрупком разрушении в процессе эксплуатации рабочей поверхности твердосплавных ножей без покрытия [6].

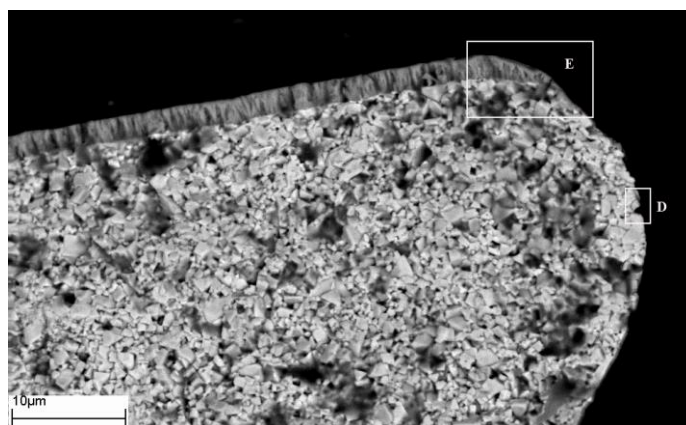


Рис. 5. СЭМ-изображение изношенного лезвия ножа с Мо–N-покрытием после резания ламинированного ДСтП

Истирание Мо–N-покрытия на лезвии ножа при резании ламинированных ДСтП подтверждает СЭМ-изображение изношенного лезвия ножа с покрытием (область Е на рис. 5). Истирание Мо–N-покрытия на лезвии ножа связано, по-видимому, с присутствием значительной доли фазы металлического молибдена в Мо–N покрытиях, что, вероятно, вызывает снижение коэффициента трения за счет налипания на лезвие металлических частиц α -Мо покрытия при износе и последующего их деформационного втирания в лезвие в область его контакта с обрабатываемым материалом.

Выводы: 1) Осаждение методом КИБ Мо–N-покрытия на лезвия ножей из твердого сплава типа ВК3 хвостовых фрез позволяют уменьшить более чем в 2 раза объемный износ лезвий ножей и, следовательно, практически в 2 раза увеличить период стойкости фрез с Мо–N-покрытием ножей при резании ламинированных ДСтП современными станками с ЧПУ.

2) Основным механизмом износа твердосплавного лезвия ножа без покрытия при фрезеровании ламинированных ДСтП является выкрашивание зерен карбидов WC сплава по их границам. Наличие Мо–N-покрытия на лезвии ножа приводит к его истиранию в процессе износа за счет присутствия значительной доли фазы α -Мо в Мо–N-покрытии.

Список литературы

1. ЛЕКСИКОН Лейтц: каталог фирмы Leitz.– Издание 4. – М.: ООО «Лейтц Инструменты», 2011. – 838 с.
2. United States Patent, 6241799. – Corrosion resistant cemented carbide. – Jun 5, 2001.
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. – 2008. – Вып. XVI. – С. 52-54.

4. Kazmanli, M.K. Effect of nitrogen pressure, bias voltage and substrate temperature on the phase structure of Mo-N coatings produced by cathodic arc PVD / M.K. Kazmanli, M. Urgan, A.F. Cakir // Surf. Coat. Techn. – 2003. – V. 167.– P. 77-82.

5. Влияние TiN покрытий твердосплавных ножей на эксплуатацию дереворежущего фрезерного инструмента при обработке ламинированных ДСтП / А.В. Алифанов [и др.] // Труды БГТУ. – 2012. – № 2: Лесная и деревообраб. промышленность. – С. 207-211.

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.

Abstract

INCREASE OF FIRMNESS MO–N COATINGS OF BLADE KNIVES TOOLS WHEN CUTTING LAMINATED CHIPBOARD

Grishkevich A.A., Chayevski V.V., Garanin V.N., Uglov V.V., Kuleshov A.K.

Firmness of cutters with Mo–N coatings on blade knives from a hard alloy of the type WC grown by 200 % in comparison with bare tools when cutting laminated chipboard. The wear Mo-N coatings is going gradually though grains of carbide break away from alloy of bare blade.