

УДК 674.055:621.934(043.3)

**А. В. Белый**, доктор технических наук, профессор,  
член-корреспондент НАН Беларуси, заместитель директора (ФТИ НАН Беларуси);  
**А. А. Гришкевич**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);  
**В. В. Чаевский**, кандидат физико-математических наук, доцент (БГТУ)

### ВЛИЯНИЕ TiN-ПОКРЫТИЙ НА ИЗНОС ЛЕЗВИЙ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Покрyтия TiN были сформированы на поверхности ножей дереворезающего фрезерного инструмента методом конденсации с ионной бомбардировкой. Элементный состав покрyтий и инструмента, морфология поверхности ножей изучались с помощью рентгеноспектрального микроанализа и растровой электронной микроскопии. Установлено, что импортные ножи фрезерного инструмента, применяемые в деревообрабатывающей промышленности Республики Беларусь, могут иметь состав из твердого сплава типа ВК-3. При фрезеровании ламинированных ДСтП инструментом с двухлезвийными ножами с покрyтиями TiN значение периода стойкости инструмента увеличивается на 20% в сравнении с инструментом без покрyтия. Определен вид износа поверхности кромок ножей фрезерного инструмента как абразивно-химический.

The TiN-coatings were formed on surfaces cutting inserts of mill wood tools by the method of condensation from a plasma phase in a vacuum with ion bombardment of surface. The element composition coatings and tools, the surface morphology of cutting tools were studied by X-ray microanalysis and transmission electron microscopy. The phase composition of import cutting tools is a hard alloy with type of WC-3. The tools consist of double-blade cutters with TiN-coatings for milling special woods showed growth of wear resistance by 20% in comparison with bare tools. There is abrasive chemical type of wear on coating of cutters mill tools.

**Введение.** В настоящее время в Республике Беларусь для механической обработки древесных материалов используется только импортный дереворезающий инструмент, наблюдается тенденция расширения ассортимента обрабатываемых материалов на основе древесины, интенсификация работы серийного оборудования. Поэтому увеличение периода стойкости как основного показателя ресурса работы применяемого дереворезающего инструмента является актуальной, технически и экономически обоснованной задачей.

Для получения максимального значения периода стойкости дереворезающего инструмента в настоящее время является недостаточным только расчет его рациональной конструкции и геометрии, нахождение оптимальных режимов резания [1]. Ведущие зарубежные фирмы по производству дереворезающего инструмента (Leitz, AKE, JSO, TIGRA, Preziss, Metal World, Stark, Gold, Schunk, LEUCO, KANEFUSA CORPORATION) для повышения периода стойкости инструмента изготавливают его из твердых сплавов или быстрорежущей стали с уникальной конфигурацией, а также широко применяют твердосплавные напаянные пластинки [2]. Среди технологических новинок зарубежных компаний предлагается инструмент на основе синтетического алмаза. Дереворезающий инструмент с синтетическими алмазами, несмотря на привлекательную перспективу его использования, не всегда

находит применение в условиях производства предприятий Республики Беларусь.

Одним из наиболее эффективных способов модификации поверхности стальных и твердосплавных лезвий дереворезающих 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 упрочняющих слоев на основе TiN на поверхности лезвий ножей фирмы Leitz (Германия) фрезерного инструмента, исследование элементного состава импортных ножей, влияния TiN-покрyтий на износ лезвий фрезерного дереворезающего инструмента при обработке ламинированных ДСтП.

**Основная часть.** TiN-покрyтия осаждались на поверхность двухлезвийных ножей хвостовых фрез методом КИБ на установке ВУ-1Б «Булат» на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (ДОСИ) БГТУ в два этапа – с предварительной обработкой ионами титана в вакууме  $10^{-3}$  Па при потенциале подложки 1 кВ и последующим нанесением покрyтий при токе горения дуги катода 100 А и опорном напряжении 100 В в атмосфере азота при давлении  $10^{-1}$  Па. Для получения высокой адгезии покрyтия к лезвию ножа варьировалось время предварительной ионной очистки и время непосредственного осаждения покрyтия.

Температура при осаждении покрытия соответствовала 400–450°C. Толщина полученных покрытий не превышала 1,5 мкм.

Для выяснения элементного состава импортного инструмента, механизма износа лезвий инструмента и определения периода стойкости ножей с TiN-покрытиями при обработке ДСтП были выполнены с помощью методов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) и растровой электронной микроскопии (РЭМ) на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610 LV (Япония) фрактографические исследования морфологии и элементного состава изношенных режущих кромок лезвий инструмента. Лабораторные испытания на износостойкость лезвий ножей сборной фрезы диаметром 21 мм при резании ламинированного ДСтП толщиной 25 мм с двухсторонней отделкой пластей проводились на кафедре ДОСиИ БГТУ на обрабатывающем центре ROVER-B 4.35 (Италия) при следующих режимах: частота вращения фрезы – 12 000 мин<sup>-1</sup>; скорость подачи – 4 м/мин; припуск – 5,0 мм/проход; толщина стружки на дуге контакта – 0,15 мм; величина длины резания – 10 000 м. Критерием потери режущей способности резца являлось появление сколов отделки плиты.

Проведенные ранее исследования фазового состава TiN-покрытий, осажденных методом КИБ на неперетачиваемые твердосплавные ножи (производство – Германия), показали, что TiN-покрытие имеет объемно-центрированную кубическую структуру с текстурой (111), формирование которой обусловлено ростом зерен в направлении плазменного потока [4].

В результате выполненной работы по получению TiN-покрытий на поверхности двухлезвийных ножей инструмента была определена оптимальная геометрия расположения кромок лезвий ножей при осаждении покрытия – поверхность кромок лезвий ножей должна полностью находиться в зоне плазменного потока.

Установлено, что состав испытуемых ножей – WC ~ 96%, Co ~ 4% (табл. 1) соответствует твердому сплаву ВК-3.

Таблица 1

## Результаты определения состава ножей

Элемент	Концентрация, ат. %	Погрешность измерения, ат. %
C	32,89	0,22
W	62,86	0,33
Co	4,25	0,34

Исследования морфологии поверхности изношенных кромок лезвий ножей показали мелкодисперсный характер структуры материала ножей (рис. 1). На основании данных РЭМ можно предположить, что размер зерен Co в структуре материала ножей менее 0,1 мкм.

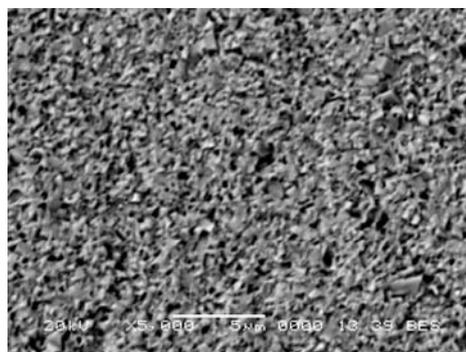


Рис. 1. РЭМ-изображение поверхности изношенной кромки лезвия ножа

Результаты расчета размеров изношенных кромок ножей при резании плиты (табл. 2), выполненные на основании измерения режущих кромок на РЭМ-снимках (рис. 2), показали, что максимальные значения периода стойкости имеют лезвия ножей с наибольшей полученной толщиной TiN-покрытия.

Ранее установлено, что рабочая поверхность твердосплавных ножей без покрытия подвержена хрупкому разрушению в виде скалывания и выкрашивания в процессе эксплуатации. На основании полученных РЭМ-изображений изношенных кромок лезвий с TiN-покрытиями (рис. 3) можно заключить, что TiN-покрытия на поверхности резца не меняют характер износа режущей кромки инструмента.

Таблица 2

## Параметры осаждения TiN-покрытия и результаты расчета размеров изношенных кромок ножа

Но-мер ножа	Время ионной очистки ножа, с	Время осаждения TiN-покрытия на нож, мин	Напыляемая кромка ножа	Размеры кромок ножа $b \times a$ , мкм, при фрезеровании ламинированного слоя ДСтП ( $b$ – задняя кромка ножа, $a$ – передняя кромка ножа)	Толщина $h$ , мкм, TiN-покрытия кромки ножа
1	–	–	–	245×165	0
2	80	5	Задняя	230×145	0,5
3	80	10	Задняя	210×140	0,8
6	140	10	Задняя	45×34	1,2

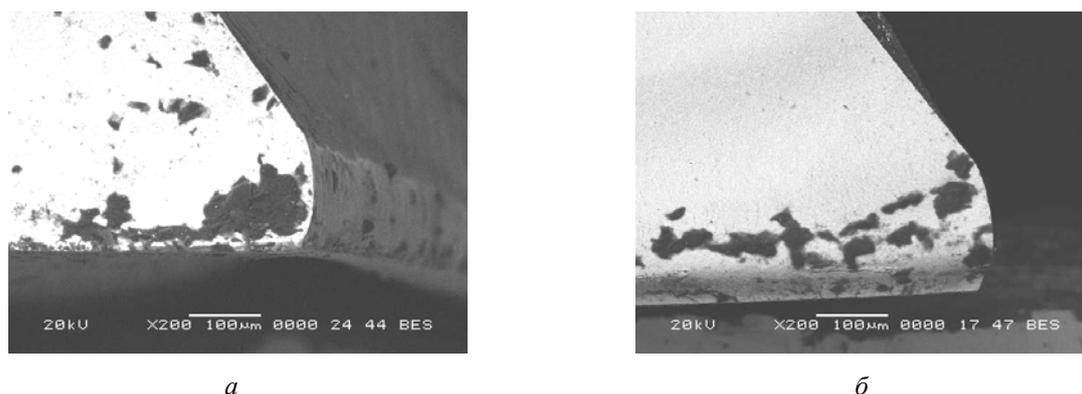


Рис. 2. РЭМ-изображения поверхности торца лезвия ножа без покрытия (а), лезвия ножа (№ 3) с TiN-покрытием (б) после резания ДСтП

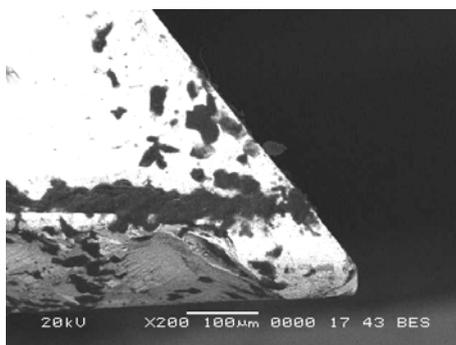


Рис. 3. РЭМ-изображение изношенного лезвия ножа (№ 6) с TiN-покрытием после резания ДСтП

Промышленные испытания периода стойкости инструмента с неперетачиваемыми режущими пластинами с TiN-покрытиями, проведенные на ОАО «Минскдрев» (г. Минск) при резании ДСтП, показали увеличение периода стойкости инструмента с покрытиями на 20% по сравнению с резами без покрытия.

**Заключение.** Осажденные методом КИБ TiN-покрытия на импортные двухлезвийные ножи из твердых сплавов типа ВК-3 хвостовых фрез обеспечивают при обработке материалов из ДСтП повышение периода стойкости режущего инструмента. Максимальное значение периода стойкости имеют лезвия ножей с наибольшей полученной толщиной TiN-покрытий. Опытные промышленные испытания в условиях производства ОАО «Минскдрев» (г. Минск) подтверждают актуальность проведенных исследований, а также необходимость повышения периода стойкости и тем самым ресурса работы дереворежущего инструмента.

При резании ДСтП двухлезвийными твердосплавными ножами наблюдается абразивно-химический вид износа поверхности лезвий фрезерного инструмента.

## Литература

1. Кузнецов, А. М. Износостойкость твердосплавного инструмента при обработке ДСтП / А. М. Кузнецов, А. С. Янющкин // Технология машиностроения. – М.: Издат. центр «Технология машиностроения», 2008. – № 11. – С. 29–31.
2. ЛЕКСИКОН Лейтц: каталог фирмы Leitz. – 4-е изд. – М.: ООО «Лейтц Инструменты», 2011. – 689 с.
3. Гришкевич, А. А. Влияние ионно-плазменных покрытий на износостойкость стальных резцов при резании древесины на фрезерно-брусующих станках / А. А. Гришкевич, В. В. Чаевский // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 348–351.
4. 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.

Поступила 28.02.2012