

**А.В. Белый**

ФТИ НАН Б, Минск, РБ

**В.В. Чаевский, А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин**

БГТУ, Минск, РБ

**В.В. Углов**

БГУ, Минск, РБ

doctorv\_v\_ch@mail.ru

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ TiN-ПОКРЫТИЙ  
НА ТВЕРДОСПЛАВНЫХ НОЖАХ ХВОСТОВЫХ ФРЕЗ  
ПРИ РЕЗАНИИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСтП  
(EFFICIENCY OF APPLICATION OF TiN COATINGS  
ON HARD-ALLOY BLADES OF TAIL MILLS WHEN CUTTING  
OF LAMINATED WOOD CHIP PLATE MATERIALS)**

*При резании ламинированных ДСтП хвостовыми фрезами с сформированными методом КИБ TiN-покрытиями на импортных двухлезвийных ножах из твердых сплавов типа ВК – 3 значение периода стойкости инструмента увеличивается до 20 %. Определен вид износа лезвий ножей фрез как абразивно-химический.*

*When cutting laminated wood chip plate materials by tail mills with PVD TiN coatings on import two edge blades which consist of hard alloys of WC – 3 type value of the persistence period of the tool increases to 20 %. The type of wear of edge blades as abrasive and chemical is defined.*

Деревообрабатывающий фрезерный инструмент для обработки материалов типа ДСтП, ЦСП, текстолита, твердолиственных пород древесины работает в условиях статических и динамических нагрузок, повышенных температур, что вызывает повышенный износ режущих элементов инструмента. В настоящее время одним из наиболее эффективных способов повышения периода стойкости фрезерного инструмента нахождением оптимальных режимов резания [1] является сочетание рационального выбора конструкции инструмента с использованием износостойких материалов для изготовления как инструмента в целом, так и его режущих элементов [2]. При этом широко применяются твердосплавные напаянные на поверхность зуба пластинки, например, на основе карбида вольфрама WC.

Новое поколение импортного дереворежущего инструмента с применением синтетического алмаза, несмотря на привлекательную перспективу его использования, не всегда соответствует условиям производства деревообрабатывающих предприятий Республики Беларусь, а также имеют очень высокую стоимость.

Среди методов обработки поверхности материалов широко применяется метод конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ), который также способствует существенному уменьшению износа лезвий ножей дереворежущего инструмента и соответственно увеличивает ресурс работы резцов [3].

Целью данной работы было получение TiN-ионно-плазменных покрытий на поверхности ножей фирмы *Leitz* (Германия) хвостовых дереворежущих фрез, определение элементного состава импортных ножей, изучение влияния покрытий на износ лезвий ножей фрезерного инструмента при резании ламинированных ДСтП.

Известно, что от физико-механических свойств основы зависят характеристики осаждаемого на него покрытия. При использовании в качестве подложки твердых сплавов различных типов, применяемых при изготовлении дереворежущего инструмента, снимается проблема отжига основы при осаждении покрытий методом КИБ, так как температура  $\sim 500 - 600$  °С при осаждении не влияет на структуру большинства твердых сплавов.

Для твердых сплавов установлено, что чем выше содержание количества связующего материала (кобальта), тем выше предел прочности сплава и восприятие ударных нагрузок как на сплав, так и на покрытие с высокой микротвердостью (в частности, TiN) на данном сплаве.

Проведенные исследования специфики обработки плитных материалов показали, что наиболее интенсивный износ ножа фрезы наблюдается по его задней поверхности [4]. Следовательно, упрочнение режущих элементов необходимо проводить по их задней поверхности кромки.

TiN-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 – с предварительной обработкой ионами титана 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 [3]. Температура при осаждении покрытия соответствовала  $500 - 550$  °С. Толщина полученных покрытий не превышала 1,5 мкм.

Для выяснения элементного состава импортного инструмента, механизма износа лезвий инструмента и определения периода стойкости фрез с TiN-покрытиями на поверхности ножей при обработке ламинированных 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 режущих кромок лезвий инструмента.

Лабораторные испытания на износостойкость лезвий ножей сборной фрезы диаметром 21 мм при резании ламинированного ДСтП толщиной 25 мм с двусторонней отделкой пластей проводились на кафедре ДОСИИ БГТУ на обрабатывающем центре ROVER-B 4.35 (Италия) при следующих режимах: частота вращения фрезы –  $12000$  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 – 10000 м. Критерием потери режущей способности резца являлась оценка состояния кромки (наличие или отсутствие мшистости и ворсистости) и качество фрезерованной поверхности (появление сколов отделки плиты, шероховатость и наличие или отсутствие прижогов).

Методом рентгеноструктурного анализа было установлено, что TiN-покрытия, осажженные методом КИБ на неперетачиваемые твердосплавные ножи (производство – Германия), имеют ОЦК структуру с текстурой (111), формирование которой связано с ростом зерен в направлении плазменного потока [3].

Результаты определения состава испытываемых импортных ножей (таблица 1) показали его соответствие отечественному аналогу типа ВК – 3 (WC ~ 96%, Co ~ 4%).

Было установлено, что при износе режущей кромки лезвия ножа фрезы фрезерованная поверхность и кромка плиты не отвечали требованиям обработки: появлялись вырывы, прижоги на фрезерованной поверхности, а на кромке плиты образовывались ворсистость и мшистость (рис. 1).

Таблица 1

Результаты определения состава испытываемых ножей

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

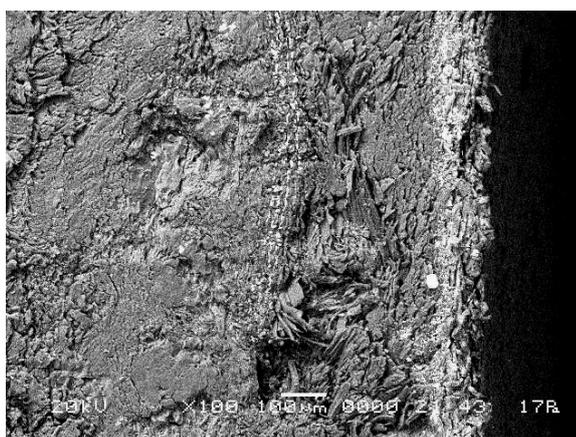


Рис. 1. РЭМ – изображение поверхности фрезерованной ДСтП

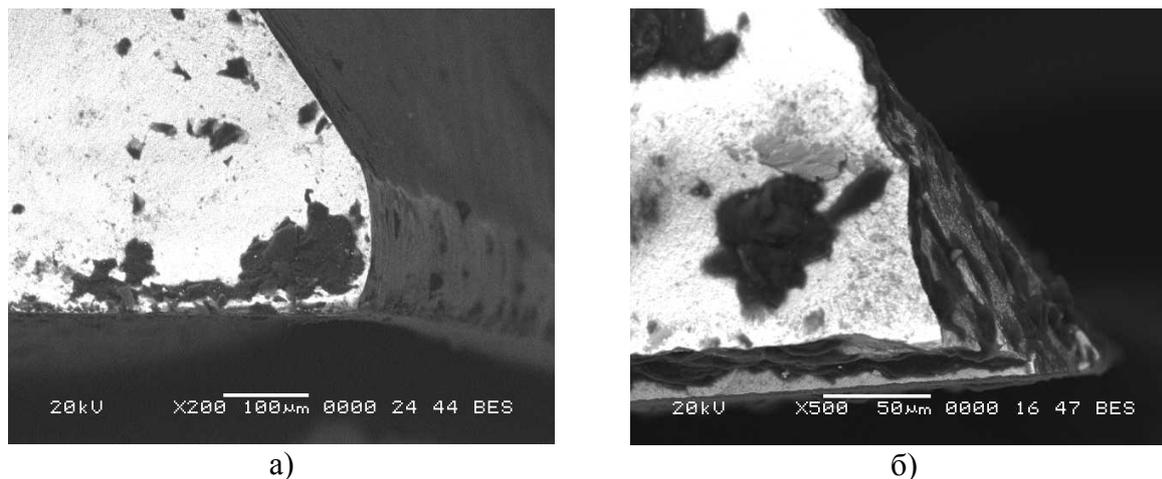
Результаты расчета размеров изношенных кромок ножей при резании плиты (табл. 2), выполненные на основании измерения режущих кромок на РЭМ снимках (рис. 2, 3), показали, что максимальное значение периода стойкости имеют лезвия ножей с наибольшей полученной толщиной TiN-покрытия.

Таблица 2

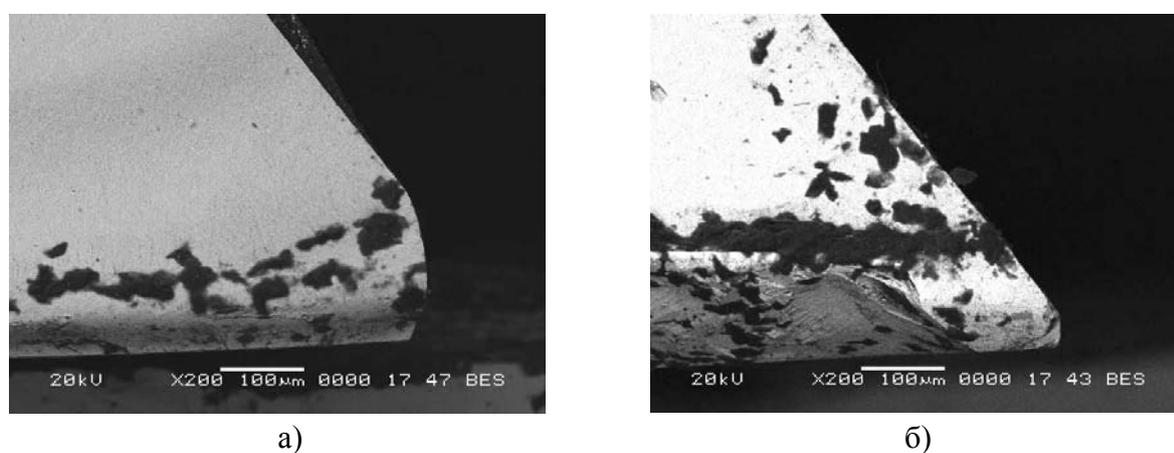
Параметры TiN-покрытий и результаты расчета размеров изношенных кромок ножа

№ но-жа	Время осаждения TiN-покрытия на нож, мин.	Напыляемая кромка ножа	Размеры кромок ножа $b \times a$ , мкм, при фрезеровании laminированного слоя ДСтП ( $b$ – задняя кромка ножа, $a$ – передняя кромка ножа)	Толщина TiN-покрытия кромки ножа, мкм
1	–	–	245 x 165	0
2	85	Задняя	230 x 145	0,5
3	90	Задняя	210 x 140	0,8
6	150	Задняя	45 x 34	1,2

Рабочая поверхность твердосплавных ножей без покрытия подвержена хрупкому разрушению в виде скалывания и выкрашивания в процессе эксплуатации [5]. Кроме того, установлено, что в результате механического стирания (абразивный износ) происходит скругление режущей кромки хвостовых фрез. Причиной сколов являются чаще всего содержащиеся в обрабатываемом материале минеральные частички. Причиной сколов могут также быть: несбалансированные инструменты и зажимные патроны, поврежденные шпиндели или работа в области резонансной частоты вращения [6].



а) б)  
Рис. 2. РЭМ-изображения изношенных лезвий кромок ножей без покрытия после резания ламинированного ДСтП



а) б)  
Рис. 3. РЭМ – изображение изношенных лезвий задней кромки ножа (№ 6) с TiN-покрытием после резания ламинированного ДСтП

На основании сравнения полученных РЭМ изображений изношенных кромок лезвий ножей без покрытий (рис. 2) и с TiN-покрытиями (рис. 3) можно заключить, что TiN-покрытия на поверхности резца в целом не меняют характер износа режущей кромки инструмента. Тем не менее, наблюдается уменьшение скругления режущей кромки с TiN-покрытием (рис. 3, а) и уменьшение размеров сколов (рис. 3, б).

Промышленные испытания периода стойкости хвостовых фрез с твердосплавными ножами с TiN-покрытиями, проведенные на СООО «Пинскдрев-Адриана» (г. Пинск) при резании ДСтП, показали увеличение периода стойкости фрезерного инструмента с покрытиями на 15 - 20 % по сравнению с инструментом без покрытий.

#### Выводы

1 Установлено, что испытываемые твердосплавные ножи фирмы *Leitz* (Германия) хвостовых дереворежущих фрез имеют состав, аналогичный отечественному типу ВК – 3.

2 TiN покрытия на поверхности ножей уменьшают интенсивность их износа, не меняя характера износа лезвия ножа.

3 При резании ламинированных ДСтП хвостовыми фрезами с двухлезвийными твердосплавными ножами наблюдается абразивно-химический вид износа поверхности твердосплавных лезвий фрезерного инструмента. Наиболее интенсивный износ ножа фрезы наблюдается по его задней поверхности кромки.

4 Осажденные ионно-плазменные TiN-покрытия на импортные двухлезвийные ножи из твердых сплавов типа ВК – 3 хвостовых фрез обеспечивают при резании ламинированных ДСтП существенное повышение периода стойкости режущего инструмента. Опытные-промышленные испытания модифицированного инструмента с TiN-покрытиями, выполненные на ООО «Пинскдрев-Адриана» (г. Пинск), подтверждают актуальность проведенных исследований и повышение периода стойкости хвостовых фрез с TiN покрытиями.

#### *Библиографический список*

1. Кузнецов А.М., Янюшкин А.С. Износостойкость твёрдосплавного инструмента при обработке ДСтП // Технология машиностроения. – М.: Издат. центр «Технология машиностроения», 2008.
2. Каталоги фирм: Leitz, Leuco, Guhdo, Stehle, Faba, Freud, 2008 – 2009.
3. Гришкевич А.А. и др. Эффективность применения TiN-, ZrN-, Ti-Zr-N и Ti- покрытий на твердосплавных резцах при обработке ламинированных древесностружечных плит концевыми фрезами // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – Вып. XVI., 2008.
4. Раповец В.В. Практические результаты экспериментальных исследований резания древесины двухлезвийными резцами на фрезерно-брусующих станках // Труды БГТУ. Сер II, Лесн. и д-о пром-сть. – 2008. – Вып. XVI.– С. 205–208.
5. Моисеев А.В. Контактные явления в микрообласти лезвия при резании древесины и их влияние на природу затупления инструмента: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.03.01 – М.: Москов. гос. ун-т леса, 1983
6. ЛЕКСИКОН Лейтц: каталог фирмы Leitz.– Издание 4. – М.: ООО «Лейтц Инструменты», 2011.

**А.В. Власов**  
ВятГУ, г. Киров, РФ  
artjomv@gmail.com

### **МЕТОДИКА ВЫБОРА ЧИСЛА ОБОРОТОВ КРУГЛЫХ ПИЛ (METHOD OF SELECTION OF THE NUMBER OF SPEED CIRCULAR SAW)**

*Представлена методика определения рабочих скоростей вращения круглых пил на основе теории колебаний вращающихся дисков, предложенной Кэмпбеллом, и с применением программного комплекса ANSYS.*

*A method for determining the operating speed of rotation of circular saws on the basis of the theory of vibrations of rotating disks as proposed by Campbell, and using software package ANSYS.*