

УДК 674.055:621.934(043.3)

В. В. Чаевский, кандидат физико-математических наук, доцент (БГТУ);
А. А. Гришкевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ);
В. Н. Гаранин, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);
В. В. Углов, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой (БГУ);
А. К. Кулешов, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией (БГУ)

ВЛИЯНИЕ ZrN- И Mo-N-ПОКРЫТИЙ НА ИЗНОС ЛЕЗВИЯ НОЖА ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ РЕЗАНИИ ДСтП

Определены параметры обработки методом КИБ лезвий ножей фрезерного инструмента, при которых период стойкости модифицированного инструмента с ZrN-покрытиями увеличивается до 50%, с Mo-N-покрытиями – до 70% по сравнению с необработанным инструментом при резании ДСтП. Износ твердосплавных лезвий ножей без обработки является абразивным. Mo-N-покрытия изменяют вид износа лезвия с механического диспергирования в сочетании с абразивным на окислительный износ при резании ламинированных ДСтП.

The parameters of the treatment by PVD of shears edges knives of a milling tool at which durability period of modified milling tool with ZrN-coatings when cutting chipboard increases to 50%, with Mo-N-coatings – up to 70% compared with bare tool are determined. Wear shears of hard alloy knives without treatment is abrasive. Mo-N-coatings change the form of shear knife wear from mechanical dispersion in combination with abrasive to an oxidative form of wear when cutting laminated chipboard.

Введение. Развитие технологии деревообработки потребовало применения износостойкого материала при изготовлении ножей инструмента, выдерживающего большие динамические и вибрационные нагрузки. Кроме того, для обработки древесины, пропитанной антисептиками, клееной различными клеями, древесностружечной плиты необходимо применение режущего инструмента с ножами повышенной твердости и износостойкости, так как различные кристаллические включения и клеевая прослойка обладают значительными абразивными свойствами, быстро изнашивающими металл ножа. Поэтому наиболее подходящим материалом для инструмента, применяющегося при обработке клееной древесины, являются твердые сплавы [1].

Однако установлено, что используемый при изготовлении резца твердый сплав с высоким содержанием кобальта является достаточно хрупким материалом. Формирующиеся при резании древесностружечной плиты химически активные продукты распада (формальдегид, восковые и клеевые наполнители), а также связующие компоненты ДСтП взаимодействуют с кобальтом, инициируя процесс вырывания зерен карбида вольфрама WC из твердосплавного материала лезвия [1, 2]. В результате лезвие ножа быстро теряет свою остроту и режущую способность из-за механического удаления крупных частиц лезвия за счет абразивного действия твердых включений, присутствующих в материале ДСтП. При этом в процессе износа лезвия степень шероховатости среза плиты и количество сколов на нем заметно возрастает [2].

Поэтому определение состава материала и установление оптимальных методов обработки

лезвий ножей инструмента, направленных на улучшение его эксплуатационных свойств (прежде всего – периода стойкости), является актуальной задачей.

Износ современных дереворежущих инструментов представляет собой сложный физико-химический процесс, включающий в различных сочетаниях механическое диспергирование, тепловой износ, окислительный износ, электрохимическую коррозию, абразивный износ [1], а также оказывает существенное влияние на режимы резания инструмента и, соответственно, его период стойкости. Поэтому выяснение физической сущности износа ножей инструмента является необходимым для правильного выбора материала дереворежущего инструмента и методов его упрочнения.

Среди наиболее эффективных способов обработки поверхности твердосплавных и стальных лезвий ножей дереворежущих инструментов является метод конденсации вещества (например, тугоплавких металлов Ti, Mo, Cr, Zr и др.) из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ), существенно увеличивающий эксплуатационные свойства резцов [3].

В данной работе исследовалось влияние обработки методом КИБ поверхности двухлезвийных из твердого сплава (на основе WC) ножей фирмы Leitz (Германия) фрезерного инструмента путем формирования ионно-плазменных ZrN-, Mo-N-покрытий с целью повышения периода стойкости инструмента при резании ламинированных ДСтП с учетом фазового и элементного состава сформированных слоев.

Основная часть. ZrN- и Mo-N-покрытия осаждались на поверхность лезвий ножей фрез

методом КИБ на установке ВУ-1Б «Булат» на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (ДОСИИ) БГТУ в два этапа – с предварительной обработкой ионами металла в вакууме 10^{-3} Па при потенциале подложки -1 кВ и последующим нанесением покрытий при токах горения дуги катода 100 А (для Zr) и 180 А (для Mo), опорном напряжении -100 В в атмосфере азота при давлении 10^{-1} Па. Температура при осаждении покрытия соответствовала $400-450^{\circ}\text{C}$. Толщина полученных покрытий не превышала $1,5$ мкм.

Для определения элементного состава сформированных слоев, видов износа обработанных лезвий ножей и их периода стойкости были проведены с помощью методов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), растровой и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на электронном микроскопе LEO-1455 VP фрактографические исследования морфологии режущей кромки лезвия ножа после лабораторных испытаний на кафедре ДОСИИ на многооперационном центре ROVER-B 4.35 (Италия) при резании ламинированной ДСтП толщиной 25 мм с двусторонней отделкой пластей сборной фрезой диаметром 21 мм при установленных режимах [4]. Критерием потери режущей способности реза являлось появление сколов отделки плиты.

Фазовый состав сформированных слоев исследовался методом рентгеноструктурного анализа при помощи дифрактометра ДРОН-3.0.

Объемный износ лезвия ножей определялся с помощью программы обработки СЭМ-снимков поперечных изломов ножей путем расчета площади фигуры на изображении поперечного излома, ограниченной лучами, являющимися продолжением граней лезвия и сложной линией поверхности износа кромки лезвия ножа (рис. 1). Программа позволяла с высокой точностью численно описывать линию поверхности кромки лезвия ножа на СЭМ-снимке и определять износ пропорционально относительному изменению площади фигуры на СЭМ-снимках до и после испытаний.

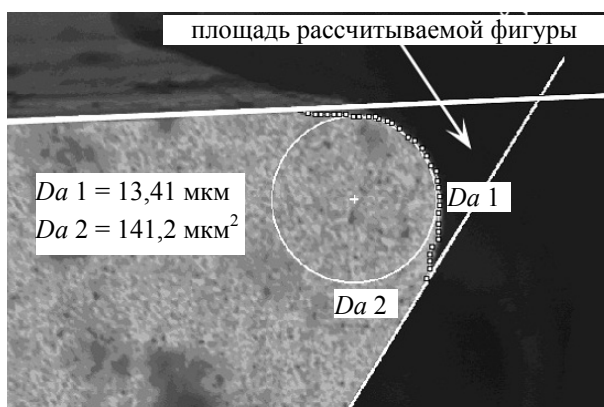


Рис. 1. Способ расчета износа лезвия ножа с помощью СЭМ-снимка излома изношенной кромки лезвия

Установлено, что полученное ZrN-покрытие состоит из нитрида ZrN, имеющего границентрированную кубическую структуру с текстурой (111), формирование которой обусловлено ростом зерен в направлении плазменного потока. Mo-N-покрытие содержит металл α -Mo и нитрид молибдена δ -Mo₂N.

Исследования показали, что объемный износ режущей кромки лезвия ножа с покрытием 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 (без износа), область 2 длиной менее 1 мм напротив мест крепления ножа с максимальным износом, область 3 основного износа, по величине меньшего, чем износ в области 2, но длиной ~ 25 мм.

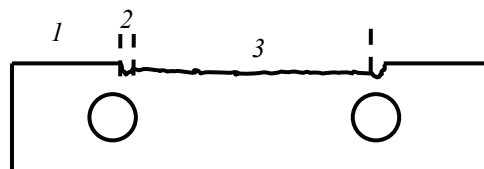


Рис. 2. Схематическое изображение распределения износа по длине кромки лезвия ножа

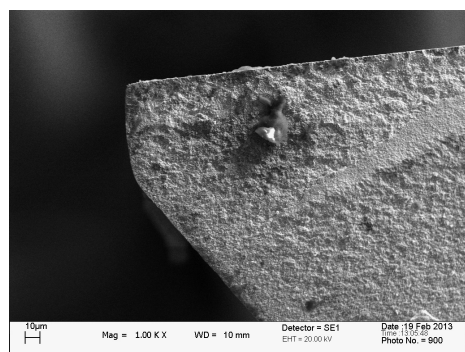
Анализ СЭМ-снимков изломов лезвия ножей после резания ДСтП (рис. 3), проведенный по сравнению радиуса закругления режущей кромки лезвия, показывает, что степень износа лезвия ножей с Mo-N-покрытием (рис. 3, в) и с ZrN-покрытием (рис. 3, б) значительно меньше, чем в случае лезвия ножей без покрытия (рис. 3, а).

Выполненные расчеты усредненного объемного износа лезвия ножей после лабораторных испытаний (таблица), показывают, что объемный износ лезвия с покрытием уменьшается до 2 раз по сравнению с лезвием без покрытия.

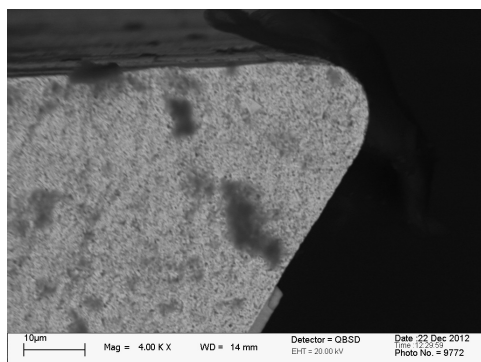
Результаты расчета объемного износа лезвия ножей после резания ламинированной ДСтП

Вид обработки	Объемный износ, 10^6 , мкм ³
Без покрытия	$2,3 \pm 0,4$
Mo-N-покрытие	$0,9 \pm 0,2$
ZrN-покрытие	$1,1 \pm 0,2$

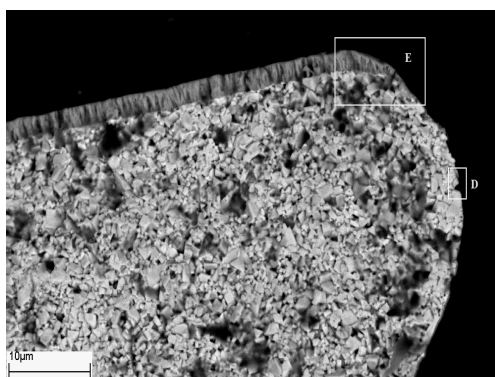
Исследование с помощью РСМА элементного состава лезвия ножей показали, что при резании ДСтП происходит истирание (механическое диспергирование) Mo-N-покрытия на лезвии и значительное окисление лезвия ножа [5]. Механическое диспергирование подтверждает СЭМ-снимок излома изношенной кромки лезвия с покрытием (область Е на рис. 3, в).



а



б



в

Рис. 3. СЭМ-снимки изломов изношенного лезвия ножа без обработки (а), модифицированного ZrN- (б) и Mo-N-покрытием (в) после резания ДСтП

На основании анализа СЭМ-снимка изношенного лезвия ножа с Mo-N-покрытием (область D на рис. 3, в) 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. 3, в) – абразивный износ.

Присутствие значительной доли фазы металлического молибдена в Mo-N-покрытиях, вероятно, вызывает истирание Mo-N-покрытия за счет налипания на лезвие металлических частиц α -Mo и последующего их деформационного втирания в лезвие в области его контакта с

обрабатываемым материалом, способствующее снижению коэффициента трения при резании.

Проведенные на предприятиях ЗАО «Холдингская компания «Пинскдрев», ОАО «Минскдрев», ОАО «Борисовский ДОК» опытно-промышленные испытания модифицированных фрез при резании ламинированных ДСтП подтвердили расчетные оценки объемного износа лезвия ножей и показали, что период стойкости фрезерного инструмента с ZrN- и Mo-N-покрытиями увеличивается до 50 и 70% соответственно по сравнению с необработанным инструментом.

Заключение. Установлено, что обработанные методом КИБ ножи из твердых сплавов хвостовых фрез обеспечивают при резании ламинированных ДСтП повышение периода стойкости инструмента. Опытно-промышленные испытания модифицированных фрез подтверждают актуальность и достоверность проведенных исследований.

Mo-N-покрытия изменяют вид износа лезвия ножа с механического диспергирования в сочетании с абразивным на окислительный износ при резании ламинированных ДСтП.

Литература

1. Абрамов В. В. Износостойкость режущего инструмента при обработке композиционных материалов на древесной основе: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05 / Моск. гос. ун-т леса. М., 2009. С. 9–29.
2. 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 / Моск. гос. ун-т леса. М., 1983. С. 15–16.
3. Эффективность применения TiN-, ZrN-, Ti-Zr-N- и Ti-покрытий на твердосплавных резаках при обработке ламинированных древесностружечных плит концевыми фрезами / А. А. Гришкевич [и др.] // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. Минск, 2008. Вып. XVI. С. 52–54.
4. Аникеев А. Ф., Гришкевич А. А. Методика проведения экспериментальных исследований по фрезерованию древесных плитных материалов на обрабатывающем центре с числовым программным управлением Rover b4.35 // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообработка. Минск, 2007. Вып. XV. С. 213–216.
5. Особенности износа упрочненных методом КИБ лезвий ножей дереворежущего фрезерного инструмента при обработке ДСтП / А. А. Гришкевич [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сб. материалов VII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19–21 сент. 2012 г.: в 2 кн. / Нац. акад. наук Беларуси, Физ.-техн. ин-т. Минск, 2012. Кн. 2. С. 297–303.

Поступила 27.02.2014