

Научная статья

УДК 674.055:621.934:630.652

ХАРАКТЕРИСТИКИ TiAlN ПОКРЫТИЙ НА ТВЕРДОСПЛАВНЫХ НОЖАХ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Вадим Витальевич Чаевский¹, Алексей Владимирович Белый²,
Оксана Геннадьевна Рудак³

¹ Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники, Минск, Беларусь

² Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск, Беларусь

² Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

³ Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

¹ v.chaevskij@bsuir.by

² vmo@tut.by

³ tidid@belstu.by

Аннотация. Покрытия TiAlN были сформированы на твердосплавных WC – 2 вес.% Co ножах фрезы методом катодного вакуумно-дугового испарения (КИБ). Покрытия не смешивались с подложкой и имели TiN фазу. Микротвердость покрытий TiAlN составила 1700...1800 HV_{0,1}, что соответствует микротвердости твердосплавных резцов фирмы Leitz. Проведенные испытания фрез с покрытием TiAlN показали увеличение их стойкости в 2,3...2,5 раза по сравнению с инструментами без покрытия при обработке пиломатериалов.

Ключевые слова: покрытия, TiAlN, фрезерный инструмент, WC-Co

Для цитирования: Чаевский В. В., Белый А. В., Рудак О. Г. Характеристики TiAlN покрытий на твердосплавных ножах дереворежущего фрезерного инструмента // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века = Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century : материалы XX Международного евразийского симпозиума. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 84–89.

CHARACTERISTICS OF TiAlN COATINGS ON HARD ALLOY KNIVES OF WOOD-CUTTING MILLING TOOLS

Vadim V. Chaevsky¹, Alexey V. Bely², Oksana G. Rudak³

¹ Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

² Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

² Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

³ Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

¹ v.chaevskij@bsuir.by

² vmo@tut.by

³ tidid@belstu.by

Abstract. TiAlN coatings were formed on hard alloy WC – 2 wt.% Co cutter knives by the method of cathodic vacuum-arc evaporation (CVA). The coatings were not mixed with the substrate and had TiN phase. The microhardness of the TiAlN coatings was 1700...1800 HV_{0.1}, which corresponds to the microhardness of the hard alloy cutters of Leitz company. The tests of cutters with a TiAlN coated showed an increasing in their durability 2,3...2,5 times compared to uncoated tools, when processing timber.

Keywords: coatings, TiAlN, milling tool, WC-Co

For citation: Chaevsky V. V., Bely A. V., Rudak O. G. (2025) Charakteristiki TiAlN pokrytij na tverdospлавnyh nozhah derevorezhushchego frezernogo instrumenta [Characteristics of TiAlN coatings on hard alloy knives of wood-cutting milling tools]. Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century [Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century : materials of the XX International Eurasian Symposium]. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 84–89. (In Russ).

Режущие инструменты должны выдерживать суровые условия во время применения, такие как высокие температуры до 1000 °С, выраженное трение и износ, коррозия и окисление, а также механическая и термическая усталость [1]. В результате долговечность фрезерного инструмента сокращается. В режущих и износостойких инструментах используются TiAlN покрытия, которые осаждают на твердые сплавы WC-Co, сочетающие в себе высокую твердость с высокой прочностью и износостойкостью. Однако в этих твердых сплавах возможна сильная коррозия из-за наличия карбидной и металлической фаз, что приводит к растворению металлической фазы и карбидной связки [2]. Покрытия на твердых сплавах защищают их от повреждений и окислительного износа.

В данной работе исследовалась структура и физико-механические свойства TiAlN покрытий, синтезированных методом катодного вакуумно-дугового испарения (КИБ) на поверхности твердосплавных WC-Co двухлезвийных ножах фирмы Leitz дереворежущей фрезы.

TiAlN покрытия были сформированы методом КИБ на установке «Булат» по стандартной методике в два этапа. Предварительно подложка обрабатывалась ионами титана в вакууме 10^{-3} Па при потенциале подложки – 1 кВ с последующим нанесением покрытий при опорном напряжении – 70 В и токах горения дуг катодов 80 А (Ti) и 50...60 А (Zr) в атмосфере азота при давлении $1,5 \cdot 10^{-1}$ Па.

Исследования структурно-фазового состояния образцов с покрытием проводились на рентгеновском дифрактометре POWDIX-600 в Cu-K α излучении. Морфология покрытий и элементный состав образцов исследовались методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС) с использованием электронного микроскопа Hitachi S-4800. Для определения микротвердости осажденных покрытий использовался метод Виккерса при нагрузке на индентор 100 г. Опытные-промышленные испытания на период стойкости фрезы с покрытием TiAlN были проведены на чашко-зачезном станке «ФОРМАТ-250» при обработке пиломатериалов на предприятии «Лельчицкий лесхоз».

Морфология сформированных TiAlN покрытий характерна для ионно-плазменных покрытий (рис. 1). На поверхностях покрытий присутствуют многочисленные глобулы, покрытие повторяет рельеф поверхности основы.

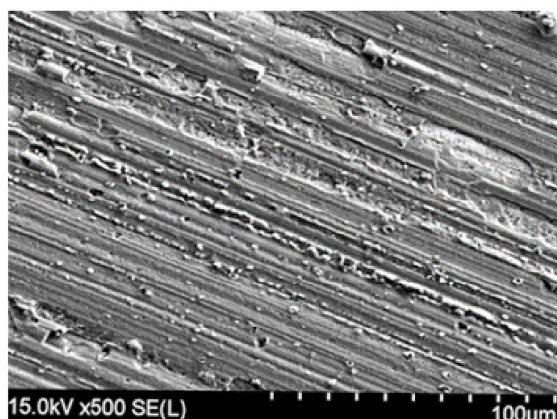


Рис. 1. СЭМ-снимок поверхности лезвия ножа с TiAlN покрытием

Рентгенограмма TiAlN покрытия показана на рис. 2. Пики покрытия связаны с нитридом титана, что характерно для покрытий TiAlN с низким содержанием Al [3].

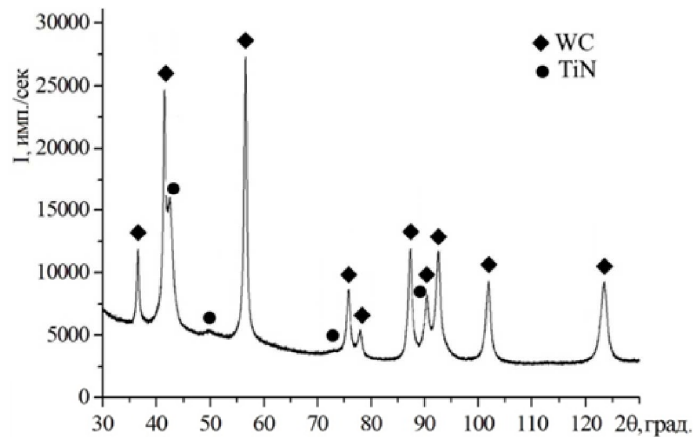


Рис. 2. Рентгенограмма TiAlN покрытия

SEM-изображение поперечного излома образца (рис. 3, *а*) показывает, что сформированное TiAlN покрытие имеет толщину $\sim 1,8$ мкм, равномерно осаждено на мелкокристаллическую основу, перемешивание с основой отсутствует (рис 3, *б*). Ранее проведенные нами исследования [4] показали, что серийные фрезерные ножи фирмы Leitz представляют собой твердый сплав WC – 2 вес.% Co с мелкодисперсной структурой. Рис. 3, *б* также показывает, что в сформированных покрытиях концентрация титана значительно превосходит концентрацию алюминия.

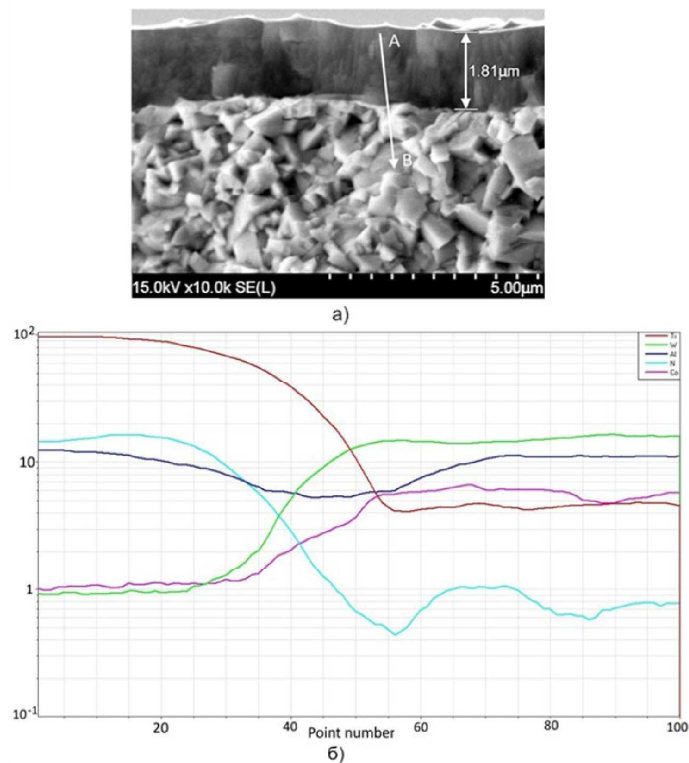


Рис. 3. СЭМ – снимок излома ножа с TiAlN покрытием (*а*) и распределение характеристического излучения Ti, Al, C, W и Co вдоль линии АВ (*б*)

Микротвердость сформированных TiAlN покрытий составила 1700...1800 HV_{0,1}, что соответствует микротвердости твердосплавных резцов фирмы Leitz.

Несмотря на незначительное содержание алюминия в сформированных TiAlN покрытиях, они представляют собой оксидный слой, созданный между обрабатываемым материалом и инструментом, тем самым придавая этому покрытию высокую стойкость к окислению [5]. Поэтому проведенные опытно-промышленные испытания фрезы с двухлезвийными твердосплавными WC – 2 вес.% Co ножами многоразового использования с покрытием TiAlN при обработке пиломатериалов показали увеличение периода стойкости инструмента в 2,5 раза по сравнению с инструментом без покрытия.

Список источников

1. Finite element study of the influence of hard coatings on hard metal tool loading during milling / I. Krajinović, W. Daves, M. Tkadletz [et al.] // Surf. Coat. Technol. 2016. Vol. 304. P. 134–141.
2. Micro-blasting effect on fracture resistance of PVD-AlTiN coated cemented carbide cutting tools / S. Tanaka, T. Shirochi, T. Shirochi [et al.] // Surf. Coat. Technol. 2016. Vol. 308. P. 337–340.
3. Properties of TiAlN Coatings Obtained by Dual-HiPIMS with Short Pulses / A. S. Grenadyorov, V. O. Oskirko, A. N. Zakharov [et al.] // Materials. 2023. Vol. 16. P. 1348.
4. Characteristics of ZrC/Ni-UDD coatings for a tungsten carbide cutting tool / V. V. Chayeuski, V. V. Zhylnski, P. V. Rudak [et al.] // Applied Surface Science. 2018. Vol. 446. P. 18–26.
5. Tribological properties of (Ti, Al) N coatings deposited at different bias volt-ages using the cathodic arc technique / A. N. Kale, K. Ravindranath, D. C. Kothari, P. Raole // Surf. Coat. Technol. 2001. Vol. 145. P. 60–70.

References

1. Finite element study of the influence of hard coatings on hard metal tool loading during milling / I. Krajinović, W. Daves, M. Tkadletz [et al.] // Surf. Coat. Technol. 2016. Vol. 304. P. 134–141.
2. Micro-blasting effect on fracture resistance of PVD-AlTiN coated cemented carbide cutting tools / S. Tanaka, T. Shirochi, T. Shirochi [et al.] // Surf. Coat. Technol. 2016. Vol. 308. P. 337–340.
3. Properties of TiAlN Coatings Obtained by Dual-HiPIMS with Short Pulses / A. S. Grenadyorov, V. O. Oskirko, A. N. Zakharov [et al.] // Materials. 2023. Vol. 16. P. 1348.

4. Characteristics of ZrC/Ni-UDD coatings for a tungsten carbide cutting tool / V. V. Chayuski, V. V. Zhylynski, P. V. Rudak [et al.] // Applied Surface Science. 2018. Vol. 446. P. 18–26.

5. Tribological properties of (Ti, Al) N coatings deposited at different bias voltages using the cathodic arc technique / A. N. Kale, K. Ravindranath, D. C. Kothari, P. Raole // Surf. Coat. Technol. 2001. Vol. 145. P. 60–70.