

УДК 674.055:621.934(043.3)

В.В. Чаевский¹, В.В. Жилинский¹, П.В. Рудак¹, В.А. Корнева¹, А.К. Кулешов²
 (V.V. Chayeuski¹, V.V. Zhyliniski¹, P.V. Rudak¹, V.A. Korneva¹, A.K. Kuleshov²)
 (¹БГТУ, ²БГУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: chayeuski@belstu.by

**ВЛИЯНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ Ni-УДА
 НА АДГЕЗИЮ ПОКРЫТИЯ ZrN-Ni-УДА
 ТВЕРДОСПЛАВНЫХ НОЖЕЙ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

**THE EFFECT OF Ni-UDD INTERLAYER ON THE ADHESION STRENGTH
 OF ZrN-Ni-UDD COATING ON HARD ALLOY KNIVES
 OF WOOD-CUTTING TOOL**

В данной работе комбинированные ZrC-Ni-ультрадисперсные алмазные (УДА) покрытия были синтезированы на твердосплавные лезвия ножей методами электроосаждения и КИБ. Морфология ZrC-покрытия была характерной для КИБ метода. Среднее значение шероховатости Ra верхнего ZrC-слоя ZrC-Ni-УДА-покрытия составляло $0,27 \pm 0,09$ мкм. Полученные высокие значения критических нагрузок 24 Н на скретч-треках ZrC-Ni-УДА-покрытия подтвердили достаточно высокое значение адгезии промежуточного Ni-УДА слоя с твердосплавной WC-Co основой. Это способствовало увеличению периода стойкости модифицированного инструмента при резании ламинированных древесно-стружечных плит в 1,5–1,6 раза по сравнению с инструментом без покрытий во время проведения опытно-промышленных работ.

ZrC-Ni-ultradisperse diamonds (UDD) coatings were synthesized on hard alloy knife blades by electroplating and cathode arc evaporation PVD techniques. The morphology of ZrC-coating was characterized for the PVD. The average roughness value Ra of the upper ZrC-coating layer of ZrC-Ni-UDD-coating was $0,27 \pm 0,09$ μm . The obtained high values of the critical loads on the scratch track of the ZrC-Ni-UDD coating in 24 N prove a sufficiently high value of the adhesion strength of the intermediate Ni-UDD layer with hard alloy WC-Co substrate. It was contributed to an increase of durability period of modified cutting tools to be 1,5–1,6 times higher, if compared with bare tools, when milling laminated chipboard during held pilot tests.

В настоящее время использование ультрадисперсных алмазов (УДА), получаемых детонацией взрывчатых веществ, в качестве композиционного материала в электрохимических покрытиях приводит к повышению их износостойкости, существенной адгезии, снижению коэффициента трения [1]. Положительными сторонами электрохимического процесса обработки инструмента являются простота технологических операций формирования гальванического слоя, отсутствие высоких температур при изготовлении инструмента, низкая энергоемкость установок. Основным недостатком модифицированного инструмента гальваническим сплавом на основе никеля состоит в том, что Ni-матрица не обладает высокими прочностными характеристиками [2].

Целью данной работы было исследование поверхностных свойств (шероховатости, адгезии) ZrC-Ni-УДА-покрытий, сформированных на поверхности лезвий твердосплавных (из карбида вольфрама WC) ножей фрезерного инструмента комбинированным методом гальванической обработки и конденсацией вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ), позволяющей существенно улучшить

эксплуатационные свойства изделий, применяемых в различных отраслях промышленности, в т. ч. в станкостроении и деревообработке [3].

Композиционные электрохимические покрытия (КЭП) Ni-УДА наносили на подготовленную поверхность лезвий твердосплавных (из карбида вольфрама WC-2 вес.% Co) ножей фирмы Leitz (Германия) на экспериментальной установке при плотностях тока $1\text{--}24\text{ А/дм}^2$ в гальваностатическом и импульсном режимах электролиза из сульфаминовокислых электролитов никелирования. В качестве дисперсной фазы использовали УДА (ТУ РБ 28619110.001-95), являющиеся продуктом детонационного превращения взрывчатых веществ с размерами $3\text{--}5\text{ нм}$, развитой удельной поверхностью $200\text{--}450\text{ м}^2/\text{г}$. Концентрация УДА в электролите составляла 5 г/дм^3 . Процесс осаждения КЭП проводили при температуре $40\text{--}50\text{ С}$ при постоянном перемешивании электролита-суспензии для поддержания частиц УДА во взвешенном состоянии. Толщина покрытий не превышала 10 мкм .

Ионно-плазменные ZrC-покрытия осаждались методом КИБ на поверхности ножей с Ni-УДА-покрытием на установке ВУ-1Б «Булат» по стандартной методике [3] – с предварительной обработкой ионами циркония подложки в вакууме 10^{-3} Па при потенциале подложки, равном 1 кВ , и последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода 100 А и опорном напряжении, равном 100 В , в атмосфере углеводорода CH_4 при давлении 10^{-1} Па . Температура при осаждении соответствовала $400\text{--}450\text{ С}$. Толщина ZrC-покрытий не превышала $1,5\text{ мкм}$.

Лабораторные испытания по определению параметра шероховатости *Ra* передней поверхности лезвия ножа с ZrC-Ni-УДА-покрытием были проведены вдоль, поперек и по диагонали поверхности согласно ГОСТу 2789-73 с помощью профилографа-профилометра Mitutoyo SurfTest SJ-210 (Япония).

Морфология поверхности полученных покрытий изучалась методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на электронном микроскопе LEO-1455 VP (Япония).

Измерение адгезионной прочности образцов с полученным покрытием проводилось на скретч-тестере, разработанном и изготовленном БГУ – ЗАО «БМЦ». Принцип работы скретч-тестера основан на методе склерометрии – горизонтальном перемещении и царапании поверхности покрытия алмазным индентором (с радиусом закругления $0,5\text{ мм}$), предварительно внедренным на определенную глубину при пропорционально возрастающей нагрузке и определении критической нагрузки, при которой происходит отрыв или разрушение покрытия [4]. Адгезионная прочность оценивалась по величине критической нагрузки.

Значения параметра шероховатости *Ra* имеют незначительные отличия по всем направлениям протягивания щупа по поверхности покрытия с одинаковым значением погрешности измерений по каждому направлению (рис. 1). Следовательно, морфология поверхности покрытия имеет достаточно равномерный и однородный характер. Среднее значение параметра шероховатости *Ra* для верхнего ZrC-слоя ZrC-Ni-УДА покрытия составило $0,27 \pm 0,09\text{ мкм}$, что превосходит шероховатость ионно-плазменных покрытий, полученных методом магнетронного распыления ($Ra = 0,10 \pm 0,005\text{ мкм}$ для TiN-покрытий) [5].

Различия значений параметров шероховатости покрытий, полученных методом КИБ и методом магнетронного распыления, объясняются различием морфологии поверхности покрытий. Полученный методом СЭМ снимок поверхности ZrC-Ni-УДА покрытия (рис. 2) подтверждает наличие промежуточного Ni-УДА-слоя, а также показывает особенность покрытий, сформированных методом КИБ, – неровность профиля поверхности с наличием капельной фазы металла, пор (из-за характерного для метода КИБ высокоскоростного массового осаждения) [6].

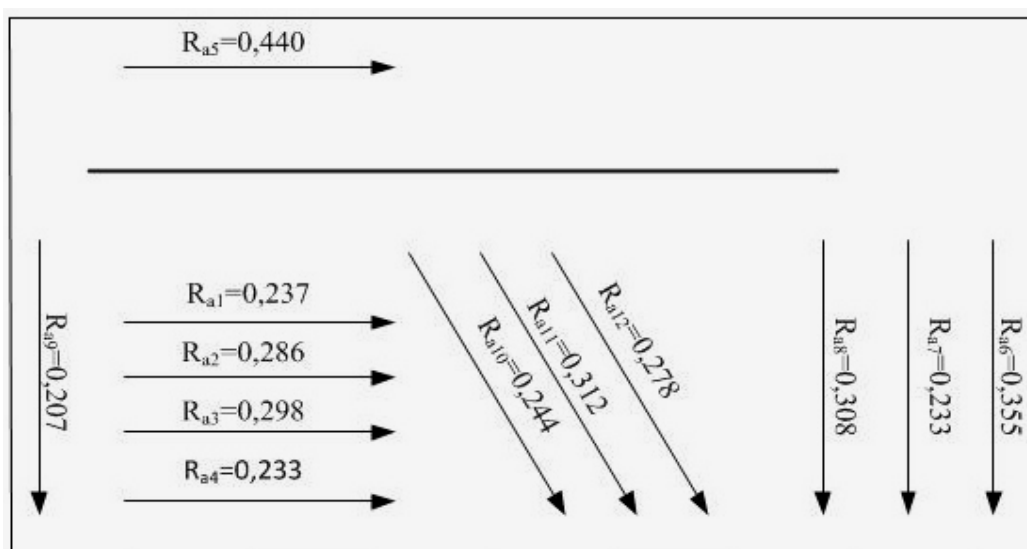


Рис. 1. Значения параметра шероховатости по различным направлениям на поверхности покрытия

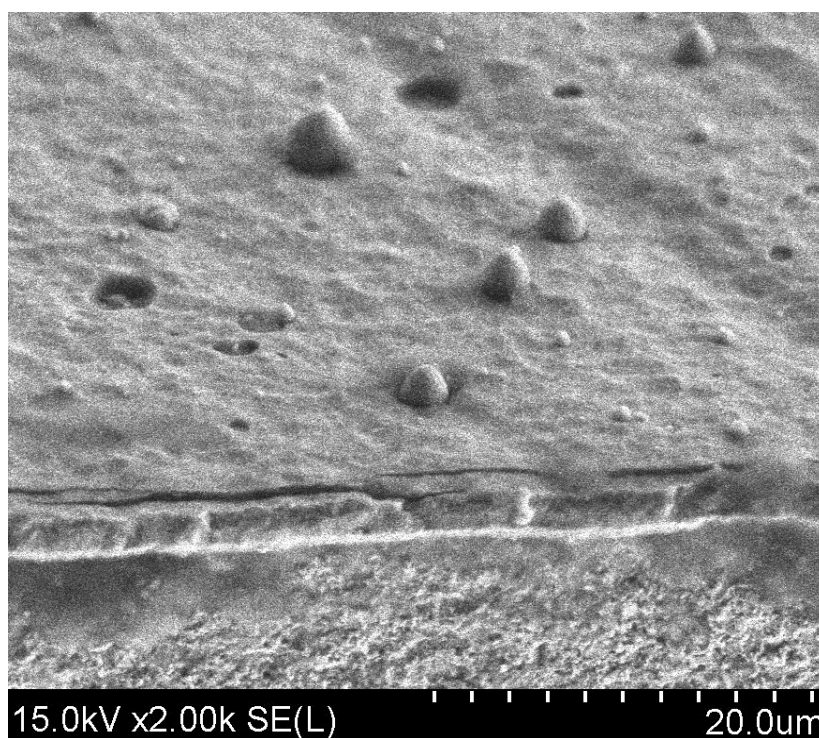


Рис. 2. СЭМ-снимок ZrC-Ni-УДА-покрытия на твердосплавной WC-основе

Согласно полученным экспериментальным данным трибологических испытаний покрытий ZrC-Ni-УДА на скретч-тестере при достижении нагрузки в 24 Н происходит разрушение покрытия, что соответствует изгибу и последующему одинаковому наклону кривой микроскретча (рис. 3). В результате индентер при дальнейшем увеличении нагрузки начинает скользить по поверхности твердосплавной основы WC (рис. 4). Полученное значение критической нагрузки в 24 Н согласуется с литературными данными [7].

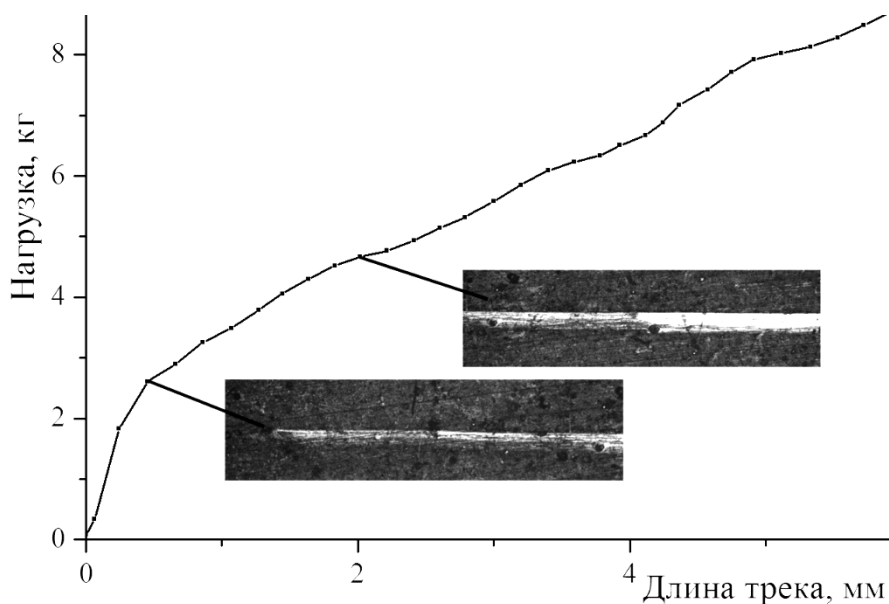


Рис. 3. Кривая микроскретча и снимки скретч-трека образца

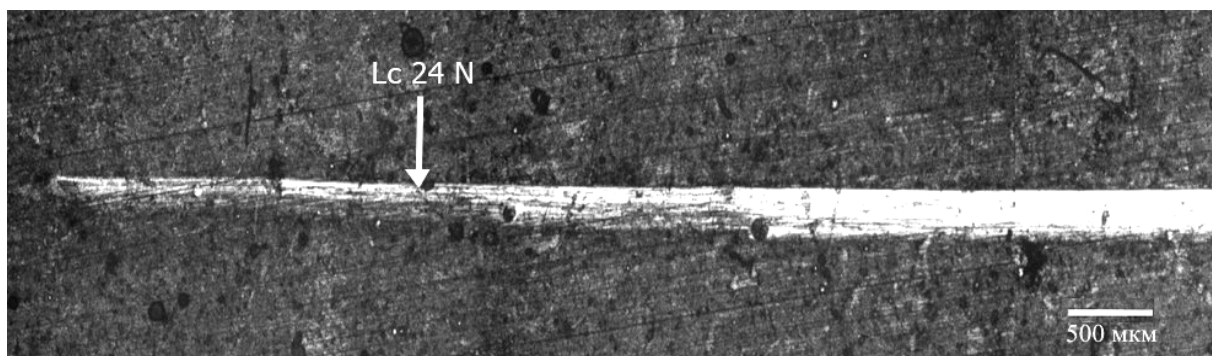


Рис. 4. Оптический снимок скретч-трека ZrC-Ni-УДА-покрытия

Проведенные на предприятии «Мебельная фабрика «Пинскдрев-Адриана» опытно-промышленные испытания модифицированных фрез при резании ДСтП показали, что период стойкости фрезерного инструмента с ZrC-Ni-УДА-покрытиями увеличивается в 1,5–1,6 раза по сравнению с необработанным инструментом.

Выводы:

1. Полученное среднее значение параметра шероховатости $Ra = 0,27$ мкм по всей поверхности верхнего ZrC-слоя ZrC-Ni-УДА-покрытия на лезвиях твердосплавных ножей фрезерного инструмента свидетельствует об однородности и равномерности сформированного покрытия.

2. Критическая нагрузка на скретч-треке покрытия ZrC-Ni-УДА составила 24 Н, на основании чего можно утверждать, что значение прочности сцепления промежуточного Ni-УДА-слоя с твердосплавной основой достаточно высоко.

3. Высокая адгезия ZrC-Ni-УДА-покрытия твердосплавных (WC-2 вес. % Co) ножей фрезерного инструмента способствовала увеличению периода стойкости модифицированных фрез при резании ламинированных древесно-стружечных плит в 1,5–1,6 раза по сравнению с инструментом без покрытий.

Библиографический список

1. Долматов В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детанационного синтеза: свойства и применение // Успехи химии. 2001. Т. 70. № 7. С. 687–708.
2. Дисперсное упрочнение наночастицами алмазного композиционного электрохимического покрытия / Н.И. Полушин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2011. № 4. С. 49–53.
3. Влияние ZrN-, Mo-N-покрытий, сульфацианирования на износ ножей дереворежущего инструмента / А.К. Кулешов [и др.] // Трение и износ. 2014. Т. 35. № 3. С. 276–286.
4. Определение механических свойств и адгезионной прочности ионно-плазменных покрытий склерометрическим методом / В.М. Матюнин [и др.] // МИТОМ, 2002. № 3. С. 36–39.
5. The friction coefficient evolution of a TiN coated contact during sliding wear / Ma Guojia [et al.] // Applied Surface Science. 2015. No. 345. Pp. 109–115.
6. Structural characterization and adhesion appraisal of TiN and TiCN coatings deposited by CAE-PVD technique on a new carbide composite cutting tool / A.A. Matei [et al.] // Journal of Adhesion Science and Technology. 2015. No. 29(23). Pp. 2576–2589.
7. The effects of the H/E ratio of various Cr-N interlayers on the adhesion strength of CrZrN coatings on tungsten carbide substrates / Hoe-Kun Kim [et al.] // Surface & Coatings Technology. 2015. No. 284. Pp. 230–234.

УДК 674.05+67.05+621.9

С.В. Щепочкин, Г.З. Щепочкина, А.А. Онча
(S.V. Shchepochkin, G.Z. Shchepochkina, A.A. Oncha)
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
E-mail для связи с авторами: art-sit@yandex.ru

**КОМБИНИРОВАННЫЙ СТАНОК
ДЛЯ ВАЛЬЦЕВАНИЯ И ЗАТОЧКИ ЛЕНТОЧНЫХ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ПИЛ**

**COMBINED MACHINE FOR SHEETING AND SHARPENING
OF WOOD CUTTING BAND SAWS**

В статье предлагается конструкция комбинированного станка для вальцевания полотен, а также для профильной заточки зубьев ленточных пил. Комбинация двух станков и вертикальное расположение пилы позволяют уменьшить габаритные размеры станка. Благодаря согласованной работе шаговых электродвигателей привода пилы и привода подачи шлифовального круга станок имеет возможность заточки зубьев различного профиля.

The paper proposes the design of a combined machine tool for swarf cutting, paintings, also specialized sharpening the teeth of saws. The combination of the two machines, as well as the vertical location of the saw blade can reduce the size of the machine. The machine has the capability of sharpening the teeth of different profiles, thanks to the coordinated work of the stepper motor drive of the saw and the feed drive of the grinding wheel.