УДК 674.055:621.934(043.3)

Студ. В.А. Корнева
Науч. рук. доц. В.В. Чаевский
(кафедра физики, БГТУ)

АНАЛИЗ СЦЕПЛЕНИЯ ZRC-NI-УДА ПОКРЫТИЙ С ТВЕРДОСПЛАВНОЙ ОСНОВОЙ

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. Основной недостаток модифицированного инструмента гальваническим сплавом на основе никеля состоит в том, что Ni-матрица не обладает высокими прочностными характеристиками [2].

Поэтому 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.

Ni-УДА композиционнные электрохимические покрытия (КЭП) наносили на подготовленную поверхность лезвий твердосплавных ножей фирмы Leitz (Германия) на экспериментальной установке при плотностях тока 1–24 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 3–5 нм, развитой удельной поверхностью 200–450 м^2/г.

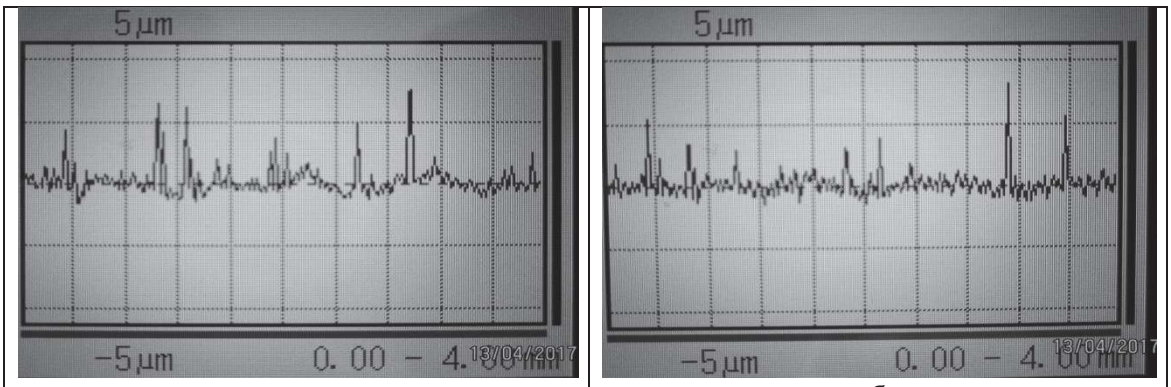
Концентрация УДА в электролите составляла 5 г/дм^3. Процесс осаждения КЭП проводили при температуре 40–50°С и постоянном перемешивании электролита-суспензии для поддержания частиц УДА во взвешенном состоянии. Толщина покрытий не превышала 10 мкм.

Ионно-плазменные ZrC-покрытия осаждались методом КИБ на поверхность ножей с Ni-УДА-покрытием на установке ВУ-1Б «Булат» по стандартной методике: 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 400–450°С. Толщина ZrC-покрытий не превышала 1,5 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 ГОСТ 2789-73 с помощью профилографа-профилометра Mitutoyo Surftest SJ-210 (Япония).

Измерение адгезионной прочности образцов с полученным покрытием проводилось на установке «скретч-тестер», разработанной и изготовленной БГУ – ЗАО «БМЦ». Принцип работы «скретч-тестера» основан на методе склерометрии – горизонтальном перемещении и царапании поверхности покрытия алмазным индентором (с радиусом закругления 0,5 мм), предварительно внедренным на определенную глубину при пропорционально возрастающей нагрузке и определении критической нагрузки, при которой происходит отрыв или разрушение покрытия [3]. Адгезионная прочность оценивалась по величине критической нагрузки.

Профилограммы поверхностей лезвия ножа показаны на рисунке 1.



а **б**

Рисунок 1 – Профилограммы поверхностей лезвия ножа с ZrC-Ni-УДА-покрытием при продольном (а) и поперечном (б) протягивании щупа по поверхности

Значение параметра шероховатости Ra были практически одинаковы по всем направлениям протягивания щупа по поверхности покрытия (рис. 2). Полученное значение среднего параметра шероховатости Ra составило 0,2724. Следовательно, морфология поверхности покрытия имеет равномерную и однородную структуру.

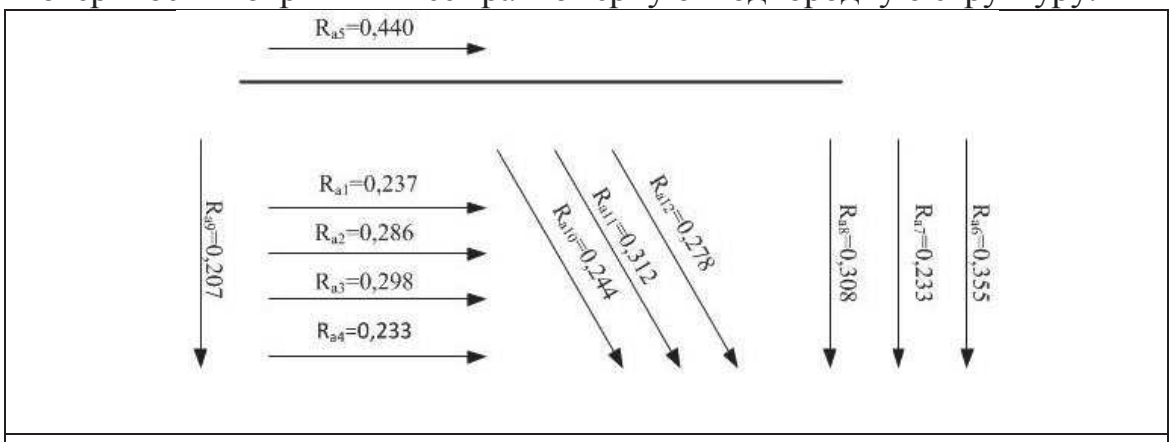


Рисунок 2 – Значения параметра шероховатости по различным направлениям на поверхности покрытия

Согласно полученным экспериментальным данным трибологических испытаний ZrC-Ni-УДА покрытий на установке «скретч-тестер» при достижении нагрузки в 24 Н происходит разрушение покрытия, что соответствует изгибу и последующему одинаковому наклону кривой микроскрэтча (рис. 3).

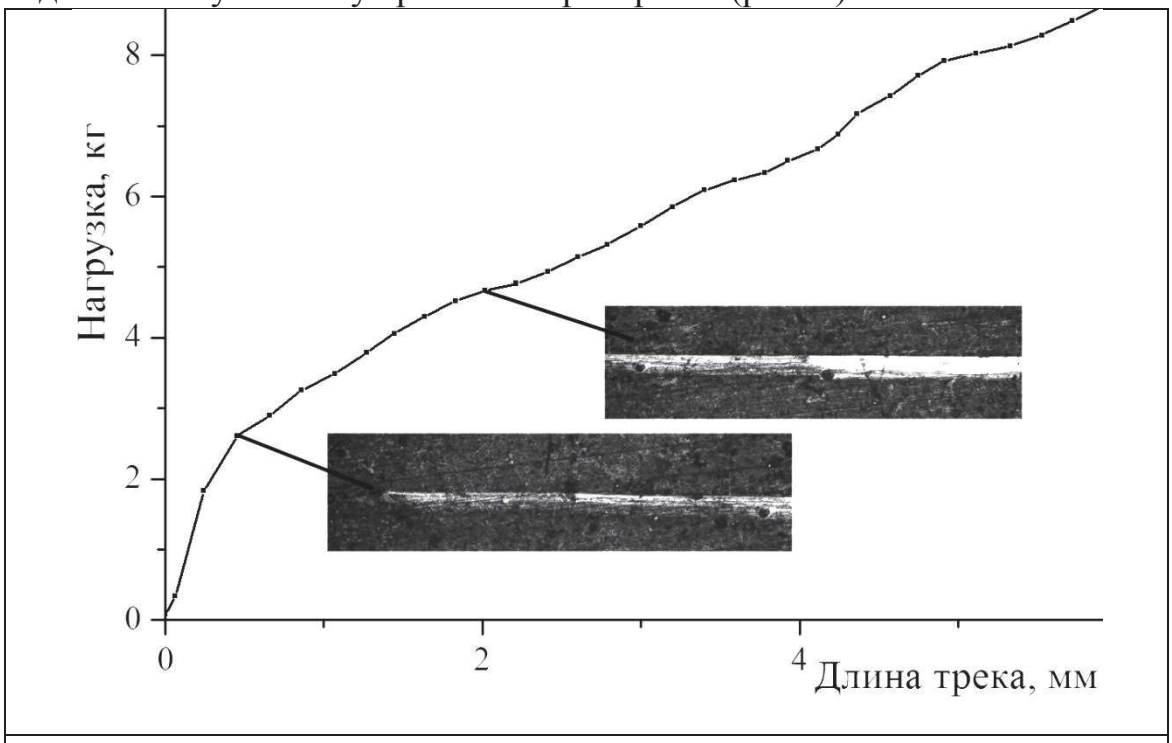


Рисунок 3 – Кривая микроскрэтча и снимки скрэтч-трека образца

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 [4].

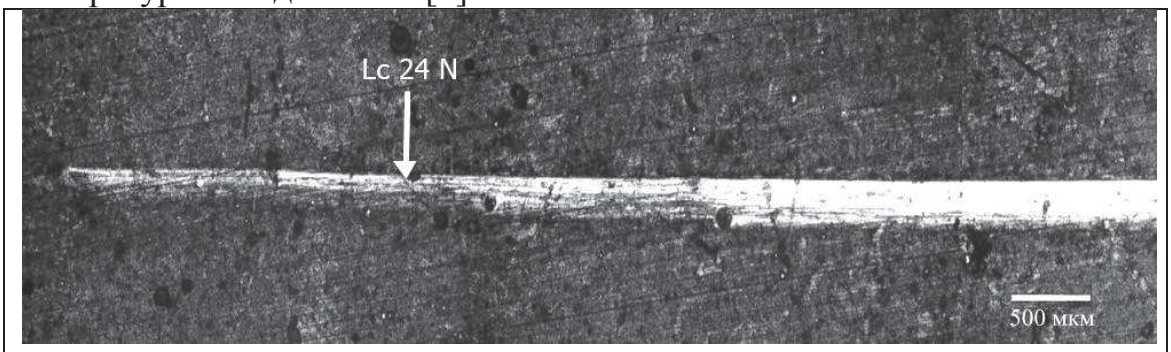


Рисунок 4 – Оптический снимок скрэтч-трека ZrC-Ni-УДА-покрытия

Таким образом, полученное среднее значение параметра шероховатости Ra = 0,2724 по всей поверхности ZrC-Ni-УДА-покрытия на лезвиях твердосплавных ножей фрезерного инструмента свидетельствует об однородности и равномерности сформированного покрытия. Критическая нагрузка на скрэтч-треке покрытия ZrC-Ni-УДА составила 24 Н, на основании чего можно утверждать об удовлетворительном сцеплении покрытия с твердосплавной основой.

ЛИТЕРАТУРА

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. Определение механических свойств и адгезионной прочности ионно-плазменных покрытий склерометрическим методом / В.М. Матюнин [и др.] // МИТОМ, 2002, № 3, С. 36–39.

4. 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. P. 230–234.