

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

## ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ Ni-УДА-ZrN-ПОКРЫТИЙ

В настоящее время одним из способов улучшения свойств композиционных электролитических покрытий (КЭП), показывающих высокие физико-механические и электрохимические свойства [1], является введение в их состав ультрадисперсных алмазов (УДА), получаемых детонацией взрывчатых веществ. Использование УДА в качестве композиционного материала в покрытиях приводит к повышению их износостойкости, существенной адгезии, резкому снижению коэффициента трения [2]. 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 и износостойкостью [3].

Поэтому целью данной работы было исследование поверхностных свойств (шероховатости, коэффициента трения) Ni-УДА-ZrN-покрытий, сформированных на поверхности лезвий твердосплавных ножей фрезерного инструмента комбинированным методом гальванической обработкой 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 деревообработке.

ZrN-покрытия осаждались на поверхность лезвий ножей фрез методом КИБ на установке ВУ-1Б «Булат» в два этапа – с предварительной обработкой ионами циркония 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. Температура при осаждении соответствовала 400–450°С. Толщина ZrN-покрытий не превышала 1,5 мкм. Затем на поверхности ZrN-покрытия формировались Ni-УДА-покрытия в процессе электроосаждения КЭП из сульфаминовокислого электролита никелирования. В качестве дисперсной фазы использовали УДА (ТУ РБ 28619110.001-95), являющиеся продуктом детонационного превращения взрывчатых веществ с размерами 3–5 нм, развитой

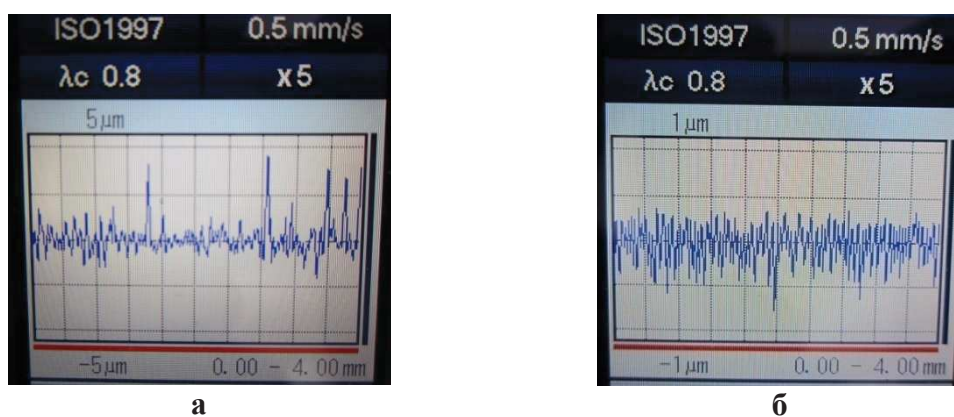
удельной поверхностью 200–450 м<sup>2</sup>/г. Концентрация УДА в электролите составляла 5 г/дм<sup>3</sup>. Электроосаждение КЭП проводили при постоянном перемешивании электролита-суспензии для поддержания частиц УДА во взвешенном состоянии для равномерного их подвода к катоду. Кислотность (рН) электролита поддерживали рН-метром рН-150 до значения 3,5. Покрытия осаждались на экспериментальной установке с применением источников постоянного тока в течение 10–12 мин при повышенной температуре 40°С при плотностях тока 1,0–24,0 А/дм<sup>2</sup> в гальваностатическом режиме электролиза. Толщина Ni-УДА-покрытий не превышала 10 мкм.

Лабораторные испытания по определению параметра шероховатости *Ra* передней и противоположной поверхностей пластей лезвия ножа были проведены вдоль и поперек лезвия согласно ГОСТ 2789-73 с помощью профилографа-профилометра Mitutoyo Surftest SJ-210 (Япония).

Фрикционные испытания образцов проводились на трибометре ТАУ-1М по методу “палец-поверхность” в условиях сухого трения. Коэффициент трения образцов определялись при возвратно-поступательном скольжении, выполненном при комнатной температуре (22±1°С). Скорость движения столика с образцом составляла 4 мм/с, индентор был выполнен из твёрдого сплава ВК8 (твёрдость 87,5 HRC), нагрузка при испытаниях составляла 2 Н.

Профилограммы поверхностей лезвия ножа показаны на рис. 1.

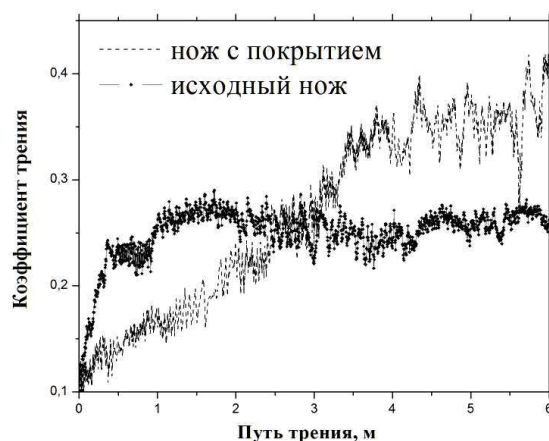
В результате испытаний было установлено, что среднее значение параметра шероховатости *Ra* поверхностей пластей лезвия ножа с покрытием превосходит в ~ 4 раза значение параметра *Ra* без покрытия.



**Рисунок 1 – Профилограммы поверхностей пластей лезвия ножа при продольном протягивании щупа по передней поверхности лезвия с покрытием (а) и без покрытия (б)**

Исследования зависимостей коэффициентов трения исходного

твердосплавного ножа и с покрытием показали увеличение коэффициента трения с ростом пути трения (рис. 2). Известно, что увеличение коэффициента трения определяется ростом фактической площади контакта пар трения и, соответственно, увеличением объемной доли изношенного покрытия. В конце опыта коэффициент трения образца без покрытия практически не меняется, и его значение в  $\sim 1,4$  раза меньше, чем для образца с покрытием. Кроме того, для образца с покрытием наблюдается разброс значения коэффициента трения  $\pm 0,5$ . Это свидетельствует о невысокой адгезии покрытия к твердому сплаву и незначительной стойкости покрытия к растрескиванию.



**Рисунок 2 – Зависимости коэффициента трения индентора от пути трения по поверхности исходного ножа и ножа с покрытием**

Таким образом, для уменьшения коэффициента трения синтезируемого Ni-УДА-покрытия и, соответственно, увеличения износостойкости покрытия необходимо уменьшить шероховатость поверхности покрытий путём изменения состава электролита.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чаевский В.В, Дроздович В.Б. Изучение состава и структуры Ni- и Cr- композиционных электролитических покрытий, содержащих углеродные наноматериалы на стали // Труды БГТУ, 2010. – Вып. 18, Сер. 6. Физ.-мат. науки и информатика. – С. 96-98.
2. Долматов В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детанационного синтеза: свойства и применение // Успехи химии, 2001. – Т. 70, № 7. – С. 687-708.
3. 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.