

## Повышение периода стойкости $Zr_{0,8}Hf_{0,2}N$ наноструктурными покрытиями сменных многогранных твердосплавных пластин при обработке закаленной стали 45 на станках с ЧПУ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт»*

Приведены результаты исследования стойкости многогранных пластин ISCAR при точении закаленной стали 45 ГОСТ 2590-2006 с ударом и без удара. Пластины имеют угол при вершине 90 град и изготовлены из твердого сплава IC 808. В эксперименте были использованы пластины с наноструктурным покрытием  $Zr_{0,8}Hf_{0,2}N$ , осажденным по модифицированному методу КИБ + импульсная подача потенциала (КИБ + ИПП). Показано преимущество использования твердосплавных пластин IC 808 с наноструктурным покрытием  $Zr_{0,8}Hf_{0,2}N$ , поскольку они позволяют увеличить период стойкости порядка 20 % по сравнению с пластинами без покрытия.

**Ключевые слова:** стойкость режущего инструмента, наноструктурные покрытия.

### Введение

При обработке деталей из специальных конструкционных сталей, в том числе труднообрабатываемых, и при точении закаленных материалов, которое сопровождается ударом вследствие неравномерного прокаливания поверхности, возрастают требования к стойкости режущего инструмента. Кроме того, режущий инструмент при обработке различных металлов работает в условиях статических и динамических нагрузок, повышенных температур, что также вызывает повышенный износ режущих элементов инструмента. Поэтому увеличение периода стойкости используемых твердосплавных пластин позволяет существенно экономить средства предприятий, что актуально в условиях современного производства.

Одним из наиболее эффективных способов упрочнения поверхности сменных многогранных пластин (СМП) является модифицированный метод конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ + импульсная подача потенциала), влияющий на процесс износа СМП и существенно увеличивающий ресурс работы твердосплавных пластин [1].

Целью данной работы являлось получение наноструктурных покрытий  $Zr_{0,8}Hf_{0,2}N$  на поверхности твердосплавных пластин IC808 фирмы ISCAR (Израиль) токарного инструмента, исследование сформированных покрытий, их влияние на износ инструмента и период стойкости СМП при резании закаленной стали 45 ГОСТ 2590-2006 с твердостью 32...42 HRC.

### Методика проведения эксперимента

Наноструктурные покрытия  $Zr_{0,8}Hf_{0,2}N$  осаждались на поверхность СМП на установке «Булат 6» с модифицированным источником питания подложки. Процесс осаждения покрытия, который осуществлялся по технологии «КИБ + ИПП», включал в себя следующие этапы: механическая очистка пластин, промывка (бензин и спирт), ионная очистка (давление в камере  $P \approx 0,01$  Па, напряжение смещения на подложке  $U_{см}$  до 1,1 кВ, ток дуги источника плазмы  $I_d = 100$  А, время очистки  $t = 5$  мин), осаждение покрытия (давление в камере  $P \approx 0,04$  Па, напряжение

смещения на подложке  $U_{CM} = 200$  В, совместно подаваемый с импульсным потенциалом смещения подложки 2000 В, ток дуги источника плазмы  $I_d = 100$  А, время осаждения  $t = 30$  мин), остывание (время  $t = 10$  мин без разгерметизации камеры). Температура при осаждении находилась в диапазоне 400...500 К. Толщина полученных покрытий не превышала 2,5 мкм.

Испытания на период стойкости СМП при черновой токарной обработке закаленной стали 45 ГОСТ 2590-2006 с твердостью 32...42 HRC проводили в два этапа: на первом этапе осуществляли точение в сплошном материале, на втором этапе рассматривали процесс обработки при точении с ударом, удар имитировали с помощью заготовки, в которой были выполнены три паза, симметрично расположенные по окружности. Процесс обработки был реализован на обрабатывающем центре токарно-фрезерной группы Okuma Multus V300CII (Япония), модель ЧПУ OSP – P300S. Режимы обработки, рекомендованные фирмой-производителем твердосплавных пластин, были выбраны из каталога [2]. Для пластин ISCAR из материала IC 808 назначали следующие режимы при точении без удара в сплошном материале: скорость  $V_p = 150$  м/мин, подача  $S = 0,3$  мм/об, глубина  $t = 3$  мм, при точении с ударом скорость  $V_p = 60$  м/мин, подача  $S = 0,1$  мм/об, глубина  $t = 0,3$  мм. Для измерения величины износа режущего инструмента по задней поверхности был использован инструментальный микроскоп БМИ-1Ц. Критерием износа режущего инструмента по задней поверхности было принято значение  $h_3 = 0,5$  мм. Предварительно было определено, что при достижении такой величины износа пластины (режущая кромка) уже не могут эффективно эксплуатироваться.

### Результаты эксперимента и их обсуждение

На рис. 1 показан график зависимости износа от времени по задней поверхности режущей кромки при точении без удара, а на рис. 2 – при точении с ударом.

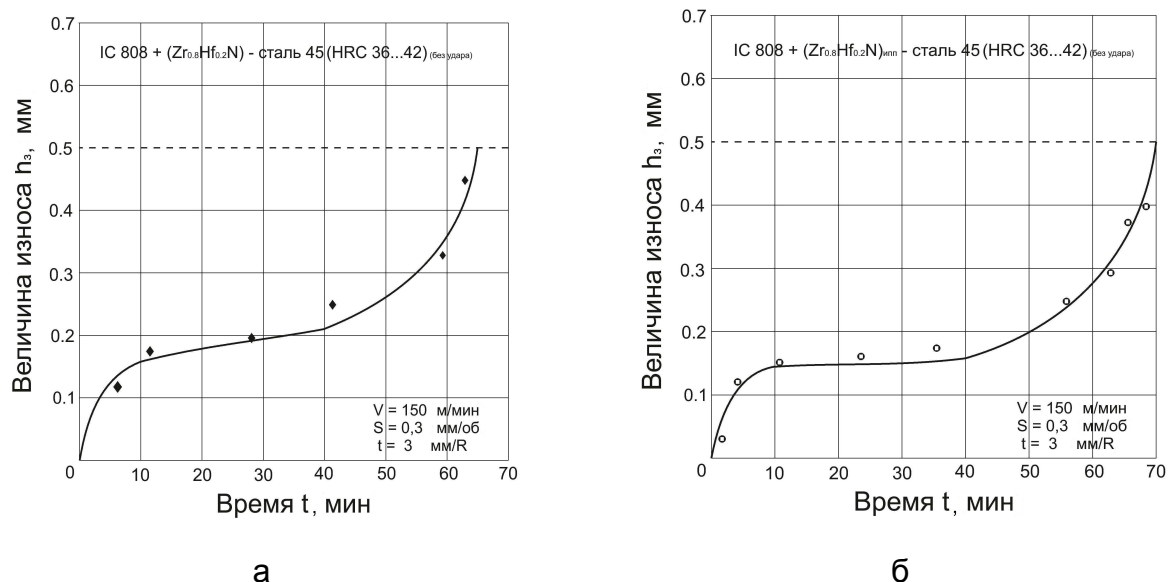


Рис. 1. Зависимость износа по задней поверхности  $h_3$  от времени, пластина ISCAR + КИБ, точение без удара

Сравнение графиков показывает, что при использовании инструмента с наноструктурным покрытием, осажденным по методу КИБ+ИПП, наблюдается по-

вышение стойкости режущего инструмента порядка 20% по сравнению с инструментом, имеющим микроструктурное покрытие.

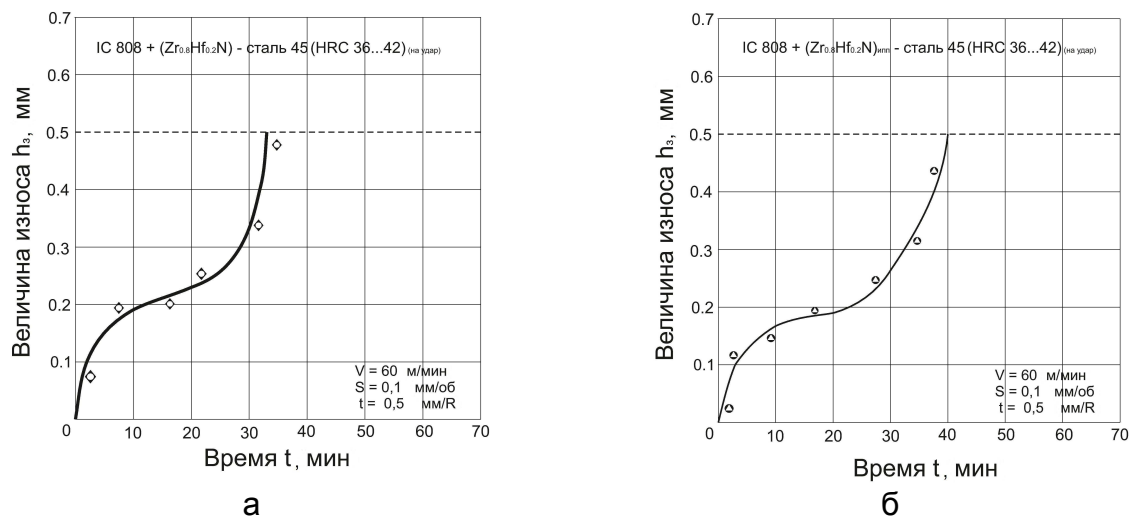


Рис. 2. Зависимость износа по задней поверхности  $h_3$  от времени, пластина ISCAR + КИБ, точение с ударом

В целях установления физических закономерностей формирования покрытий на твердом сплаве марок IC 808 были проведены исследования состояния поверхности пластин с покрытием, а также исследована структура покрытий в сечениях нормальных к поверхности.

Исследования проводили с использованием метода рентгеноструктурного анализа растровым электронным микроскопом РЭМ-106 фирмы SELMI (Украина). В результате исследований получен ряд фотографий, позволяющих оценить структуру поверхности наноразмерных покрытий, полученных по методу «КИБ+ИПП», что дало возможность определить морфологию покрытия с требуемыми характеристиками, такими, как размер зерна. Установлено, что характерные размеры островков, формирующих покрытие, лежат в диапазоне от 40 до 90 нм. Проведённый анализ позволил установить, что формирование покрытий в виде островков носит устойчивый и регулярный характер. Как следует из рис. 3, покрытия имеют многоуровневую структуру, что, по всей вероятности, объясняет повышенную работоспособность твердосплавных пластин.

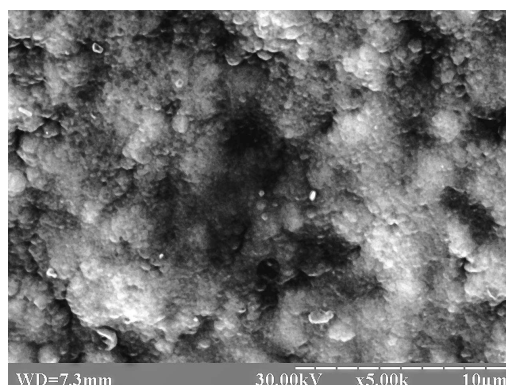


Рис. 3. Внешний вид покрытия, полученного по методу «КИБ + ИПП»

Как видно из рис. 4 возможно существование переходной зоны между покрытием и основой, которая обеспечивает повышенную адгезию покрытия к основе и определяет более высокую эксплуатационную надежность твердосплавных пластин с покрытием.

Структура покрытия переходной зоны, показанная на рис. 4, зависит от марки твердого сплава.

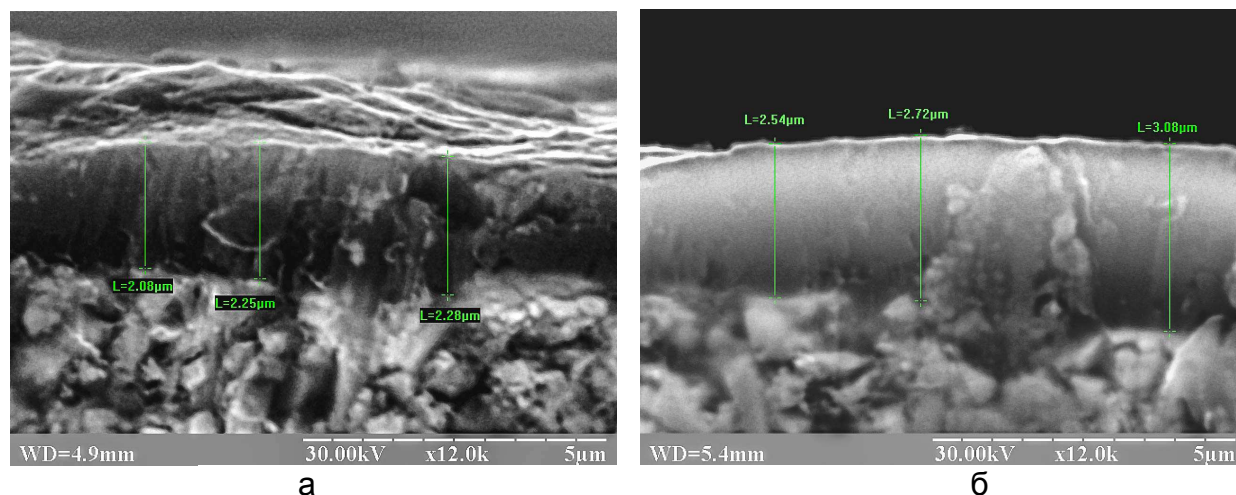


Рис. 4. Структура покрытия на твердом сплаве IC808 (а), сплаве IC830 (б)

Поверхность наноразмерного покрытия, изображенная на рис. 5, подтверждает предположение об образовании наноструктурных покрытий, полученных по модифицированному методу КИБ.

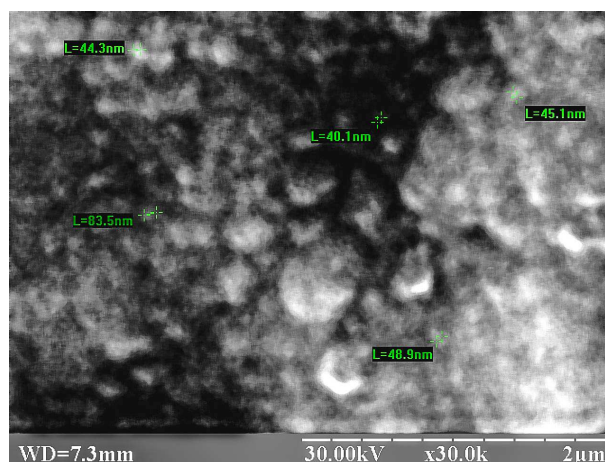


Рис. 5. Структура покрытия на твердом сплаве IC808

## Выводы

Осажденные методом «КИБ + ИПП» наноструктурные покрытия на поверхности СМГ позволяют увеличить стойкость порядка 20 %. Общий анализ полученных фотографий подтверждает данные проведенных экспериментально аналитических исследований, а также натурных экспериментов.

### Список литературы

1. Шулаев, В. М. Сверхтвердые наноструктурные покрытия в ННЦ ХФТИ [Текст] / В. М. Шулаев, А. А. Андреев // Физическая инженерия поверхности. - 2008. - Т.6, №1-2. - С. 4 – 19.
2. <http://www.iscar.com.ua/catalogs.aspx/CountryId/33>.
3. Костюк Г. И. Физико-технические основы напыления покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированной технологии: [Текст] / моногр. / Г. И. Костюк. – К.: Изд-во АИНУ, 2002. – [Текст] / Кн. 1. – 587 с.
4. Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике: пер. с англ. [Текст] / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – М.: Наука, 1988. – Т. 5: Электричество и магнетизм. - 300 с.
5. Френкель, Я. И. Введение в теорию металлов [Текст] / Я. И. Френкель. – Л.: Наука, 1972. – 424 с.
6. Лахтин, Ю. М. Материаловедение [Текст] / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. каф., декан А. И. Долматов, Национальный аэрокосмический университет «ХАИ» им. Н.Е. Жуковского, Харьков  
Поступила в редакцию 06.11.2014

### **Підвищення періоду стійкості $Zr_{0,8}Hf_{0,2}N$ наноструктурними покриттями змінних багатогранних твердосплавних пластин при обробленні загартованої сталі 45 на верстатах із ЧПК**

Наведено результати дослідження стійкості багатогранних пластин ISCAR при точінні загартованої сталі 45 ГОСТ 2590-2006 з ударом і без удару. Пластини мають кут при вершині 90 град і виготовлені з твердого сплаву IC 808. В експерименті були використані пластини з наноструктурним покриттям  $Zr_{0,8}Hf_{0,2}N$ , отриманим за модифікованим методом КІБ + імпульсна подача потенціалу (КІБ + ІПП). Показано перевагу використання твердосплавних пластин IC 808 з наноструктурним покриттям  $Zr_{0,8}Hf_{0,2}N$ , оскільки вони дозволяють збільшити період стійкості порядку 20% порівняно з пластинами без покриття.

**Ключові слова:** стійкість різального інструменту, наноструктурні покриття.

### **Increase resistance period $Zr_{0,8}Hf_{0,2}N$ nanostructured coatings indexable carbide inserts processing 45 hardened steel on CNC machines**

The paper presents the results of a study of resistance polyhedral plates ISCAR, when turning hardened steel 45 GOST 2590-2006 with a bang and without knocking. The plates have a vertex angle of 90 degrees, and are made of hard alloy IC 808. The experiment are used HN plates coated with nanostructured  $Zr_{0,8}Hf_{0,2}N$  deposited by the modified method CIB + pulsing building (CIB + IPP). The advantage of using carbide inserts IC 808 with nanostructure coating  $Zr_{0,8}Hf_{0,2}N$ , as it allows to increase the tool life of about 20% compared to uncoated plates.

**Keywords:** resistance of the cutting tool, nanostructured coatings.