

УДК 621.793.1

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОКРЫТИЯ Al-Cr-N,  
НАНЕСЕННОГО КАТОДНО-ДУГОВЫМ МЕТОДОМ

М. В. ХЕУК, С. Р. ОНЫСЬКО

Брестский государственный технический университет

Брест, Беларусь

Повышение срока службы деталей машин и механизмов остается актуальным вопросом любого промышленного предприятия Республики Беларусь, для решения которого применяются различные упрочняющие технологии (термические методы упрочнения): объемная закалка, электронно-лучевые, катодно-дуговые, лазерные и плазменные методы.

Из всего разнообразия методов обработки поверхности, наиболее перспективным, из-за своей универсальности с точки зрения получения широкой гаммы однослойных и многослойных покрытий, состоящих практически из химических элементов и их соединений, является катодно-дуговой метод физического осаждения покрытий, преимуществами которого являются: низкая температура нанесения (позволяющая упрочнять инструменты из быстрорежущих, штамповых сталей); небольшая толщина покрытия (1,5...3 мкм); высокая трещиностойкость; способность работать с ударными нагрузками [1] и др.

На практике, все большее применение находят многослойно-композиционные покрытия с переменными свойствами и химическим составом, например, хромогидрид алюминия (Al-Cr-N), который обладает повышенной стойкостью к окислению, улучшенными механическими свойствами, а также химической стабильностью [2]. Особый интерес представляет морфологический и химический состав покрытия после осаждения на поверхность металлоизделия.

Для изучения морфологии покрытия (Al-Cr-N), использовалась сталь X12МФ, на поверхность которой в вакуумно-плазменной установке УВНИПА-1-001 было нанесено покрытие при следующих давлениях реакционных азот  $P_{Ar} = 1,3 \cdot 10^{-2}$  Па,  $P_{N_2} = 1,5 \cdot 10^{-2}$  Па.

Морфология поверхности износостойкого покрытия (рис. 1) была исследована при помощи атомной силовой микроскопии на приборе *Нанотоп-206*, проводящем сканирование поверхности в нанометровом диапазоне. Анализ поверхности (рисунок 1) показал неравномерное распределения компонентов на поверхности образца на ранней стадии осаждения покрытия под потенциалом смещения (1000 В). Макродефекты состоят в основном из неметаллических компонентов (особенно углерода), содержание которых увеличено в 1,5 раза, по сравнению с подложкой. При этом на макрочастицах происходит поглощение углерода с газовой фазы [3].

Химический состав покрытия (табл. 1) был получен на сканирующем электронном микроскопе *Tescan MIRA 3 LMU*.

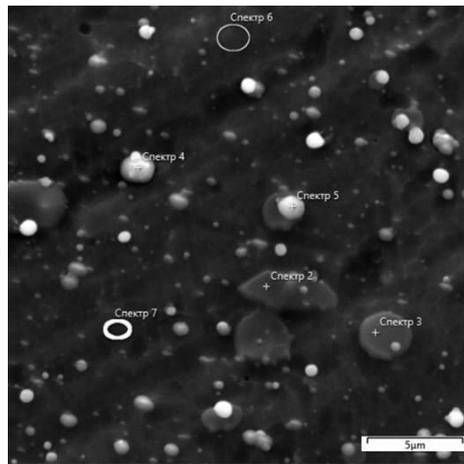


Рис. 1. Морфология покрытия Al-Cr-N

Табл. 1. Результаты химического анализа покрытий

Номер спектра	Атомарный вес элемента, %			
	Al	Cr	C	N
1	32,62	15,68	7,49	39,77
2	32,13	14,93	7,65	41,51
3	31,17	14,53	8,54	41,91
4	26,68	13,34	11,18	44,07
5	26,77	14,2	11,3	40,98
6	32,35	15,03	7,75	40,31
7	33,66	16,39	6,97	38,22

Значение стехиометрии было посчитано для матрицы (основы) исключая макродефекты, в связи с тем, что они не будут играть значительной роли при эксплуатации покрытия из-за быстрого их истирания при контакте с обрабатываемым металлом (порядка 96 %), что говорит о хорошем соотношении металлов к неметаллам вступивших в реакцию.

Высокое значение параметра стехиометрии свидетельствует об энергоэффективности и экономии газов при проведении катодно-дугового осаждения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малагин, Г. А. Пластичность и прочность микро- и нанокристаллических материалов / Г. А. Малагин // Физика твердого тела. – 2006. – Т. 49. – С. 961–982.
2. Microstructure of TiAlN and CrAlN coatings and cutting performance of coated silicon nitride inserts in cast iron turning / Y. Long [et al.] // Ceramics International. – 2014. – Vol. 40. – P. 9889–9894.
3. **Martinho, R. P.** TiB<sub>2</sub> Nanostructured Coating for GFRP Injection Moulds / R. P. Martinho // J. Nanosci. Nanotechnol. – 2011. – Vol. 11. – P. 5374–5382.