

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ПОКРЫТИЯ (Cr,Al)N

**С. Д. ЛАТУШКИНА, Ю. А. ХАРЛАН, В. А. ШКРОБОТ,
В. М. КОМАРОВСКАЯ**

Физико-технический институт НАН Беларуси, Беларусь

Проведен фазовый анализ, определены физико-механические характеристики вакуумно-плазменных покрытий (Cr,Al)N. Установлено, что многокомпонентные покрытия (Cr,Al)N характеризуются повышенной твердостью, что позволяет использовать их в качестве защитных покрытий.

Формирование многокомпонентных вакуумно-плазменных покрытий на поверхностях различных деталей позволяет повысить такие основные характеристики, как твердость, термостойкость, износостойкость, стойкость к окислению и др. [1–3].

Цель работы заключалась в исследовании особенностей фазо- и структурообразования, механических свойств многокомпонентных покрытий (Cr,Al)N, осажденных из потоков сепарированной плазмы.

Формирование покрытий (Cr,Al)N осуществлялось с использованием установки для нанесения упрочняющих покрытий 01ИН-6-008, оснащенной сепаратором макрочастиц, путем одновременного распыления катодов из хрома и алюминия в среде очищенного азота при парциальном давлении $1,5 \cdot 10^{-1}$ Па. Потенциал смещения – 80 В. Соотношение элементов в покрытии регулировалось изменением токов дуговых разрядов. Рентгеноструктурный анализ проводился с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-3 в интервале углов $30\text{--}100^\circ$ в фильтрованном Cu-K α -излучении. Измерения микротвердости покрытий осуществлялись с помощью нанотвердомера Duramin 5 при нагрузке 25 г.

В результате рентгеновских исследований было установлено, что в осажденных покрытиях (Cr,Al)N вне зависимости от соотношения элементов Al, Cr основной кристаллической составляющей является твердый раствор Al в кубической решетке CrN структурного типа NaCl. Как видно из полученных результатов (табл.), с увеличением содержания Cr в покрытии параметр решетки увеличивается от 0,4163 нм до 0,4196 нм.

Такое увеличение периода обусловлено возникновением искажений кристаллической решетки вследствие замещения атомов Cr в структуре CrN атомами Al. Как следует из расчетов с использованием уравнения Селякова–Шеррера, для покрытий (Cr,Al)N характерна нанокристаллическая структура с размером кристаллитов порядка 11–23 нм, причем с увеличением содержания Cr их размер уменьшается.

Таблица

Структурные характеристики покрытий (Cr,Al)N

№	P·10 ⁻¹ , Па	I _{Cr} , А	I _{Al} , А	Содержание элементов, ат. %			d, нм	L, нм	Фазы
				Cr	Al	N			
1	1,5	60	80	24,24	26,92	45,58	0,4163	20	CrN
2		80	80	32,01	17,39	45,79	0,4176	23	CrN
3		65	80	32,28	24,07	39,18	0,4131	4	CrN, AlN
4		80	40	36,08	13,11	45,25	0,4178	18	CrN
5		100	80	36,67	12,03	46,38	0,4196	16	CrN
6		80	60	40,83	13,84	36,15	0,4165	11	(Al,Cr)N, CrN

Как показали полученные результаты (рис. 1), наибольшие значения микротвердости (30–34 ГПа) осаждаемых покрытий (Cr,Al)N соответствуют диапазону концентрации Cr от 24 до 36 ат. %.

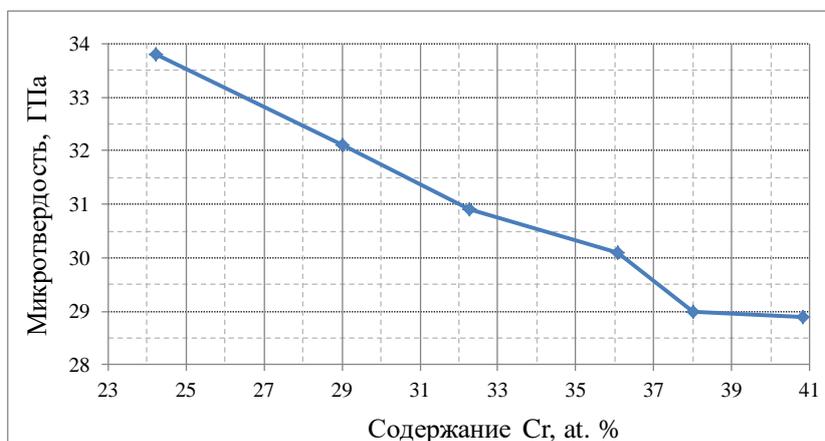


Рис. 1. Зависимость микротвердости покрытий (Cr,Al)N от содержания хрома (I_{Al}= 80 А)

Изменение концентрации алюминия в диапазоне от 12 до 18 ат. % повышает микротвердость осаждаемых покрытий (Cr,Al)N от 28 до 32 ГПа соответственно, что может быть обусловлено уменьшением размеров кристаллитов осаждаемого покрытия, как было показано выше (рис. 2).

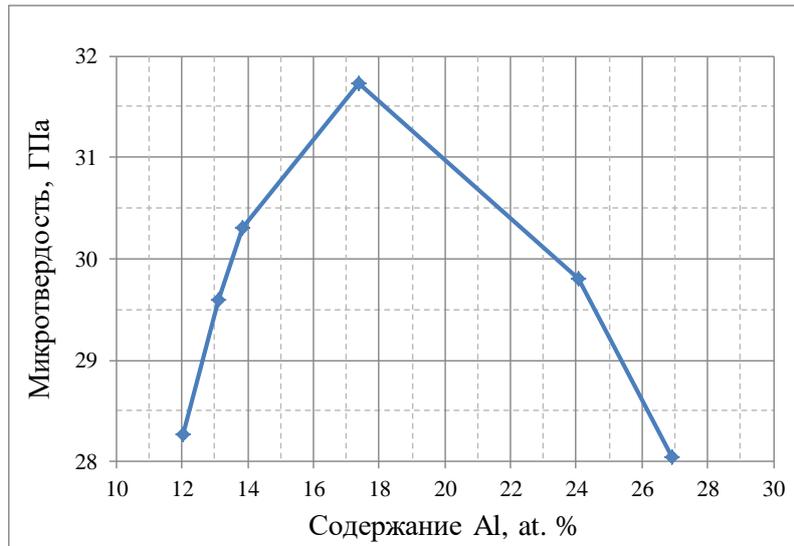


Рис. 2. Зависимость микротвердости покрытий (Cr,Al)N от содержания алюминия ($I_{Cr} = 80 \text{ A}$)

Таким образом, было установлено, что диапазон 1,8–3 соотношения концентраций элементов Al/Cr является наиболее оптимальным, так в данном случае наблюдаются наибольшие значения микротвердости в покрытиях (Cr,Al)N (рис. 3).

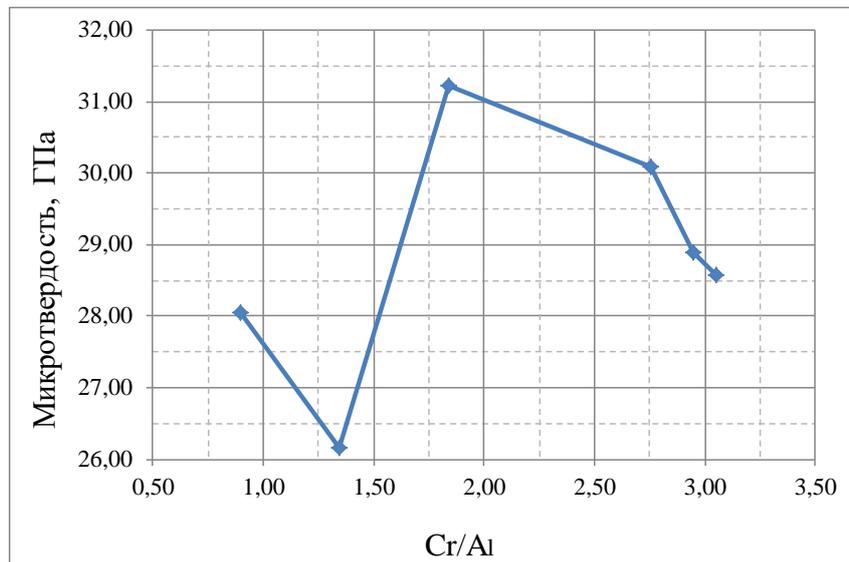


Рис. 3. Зависимость микротвердости покрытий (Cr,Al)N от соотношения элементов Al/Cr

Следует отметить, что минимальное значение микротвердости (26 ГПа) соответствует образцам, для которых в ходе рентгеноструктурного анализа было зафиксировано существование двух фаз (CrN, AlN). Получен-

ный эффект требует проведения дальнейших исследований для уточнения состава покрытия, сформированного при данных режимах осаждения.

Выводы. В ходе данного исследования были осаждены покрытия (Cr,Al)N с размером кристаллитов 16-23 нм и периодом решетки 0,4163–0,4196 нм.

Определены оптимальные режимы осаждения и соотношения содержания элементов Al и Cr в покрытии (Cr,Al)N, что обеспечивает формирование защитных покрытий с повышенной микротвердостью.

Установлено, что для достижения высоких значений микротвердости в покрытии (Cr,Al)N необходимо формирование твердого раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Veprek, S. Industrial applications of superhard nano-composite coatings / S. Veprek, M. Veprek-Heijman // Surf. And Coat. Technol. – 2008. – Vol. 202. – P. 5063–5073.
2. Gleiter, H. Nanostructured Materials: Basic Concepts and Microstructure / H. Gleiter // Acta Materialia. – 2000 (48). – №1. – P. 1–29.
3. Вакуумно-плазменные защитные покрытия на дереворежущий инструмент / С.Д. Латушкина [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – № 4. – С. 23–28.