

УДК 621.793

**МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ОКСИКАРБИДНЫЕ ПОКРЫТИЯ
НА ОСНОВЕ Ti–Al–Cr–Fe–Ni, СФОРМИРОВАННЫЕ МЕТОДОМ
ВАКУУМНО-ДУГОВОГО ОСАЖДЕНИЯ, ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

И. А. Сечко, О. И. Посылкина

Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск

Исследованы покрытия, сформированные методом вакуумно-дугового осаждения с использованием сепаратора плазмы.

Ключевые слова: защитные покрытия, рентгеноструктурный анализ, коррозионная стойкость, режущий инструмент.

**MULTI-COMPONENT OXYCARBIDE COATINGS BASED
ON Ti–Al–Cr–Fe–Ni FORMED BY VACUUM-ARC DEPOSITION
FOR TOOLING PRODUCTS**

I. A. Sechko, O. I. Posylkina

*Physicotechnical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk*

Coatings formed by vacuum-arc deposition using a plasma separator were studied.

Keywords: protective coatings, X-ray diffraction analysis, corrosion resistance, cutting tool.

В настоящее время с повышением требований к эксплуатационной стойкости изделий расширяется спектр материалов, используемых в качестве защитных покрытий. Одним из перспективных направлений в науке о материалах считается направление, связанное с созданием и применением высокоэнтропийных систем (прежде всего сплавов и покрытий на их основе). В настоящее время представляет интерес получение покрытий на основе высокоэнтропийных систем методом вакуумно-дугового осаждения [1, 2]. Высокая степень ионизации плазмообразующих металлов, реализуемая данным методом, позволяет обеспечить высокую адгезионную прочность, высокую вероятность плазмохимических реакций образования соединений, прохождение диффузионных процессов в покрытии, расширяет технологические возможности осаждения покрытий из высокоэнтропийных сплавов. Такие покрытия могут увеличить срок службы и повысить функциональные характеристики как режущих инструментов, так и матриц прессовой оснастки, обеспечивая стабильность и качество обработки в условиях коррозионно-абразивного изнашивания.

В рамках данной работы были сформированы и исследованы покрытия, сформированные методом вакуумно-дугового осаждения с использованием сепаратора плазмы. Для обеспечения необходимого элементного состава применялись два катода, один из чистого титана (Ti) и один из алюминия (Al) со вставками из нихрома (Ni, Cr) и нержавеющей стали 12X18H10T (Fe, Ni, Cr, Ti). В качестве реакционного газа для создания оксикарбидных соединений был выбран углекислый газ (CO₂).

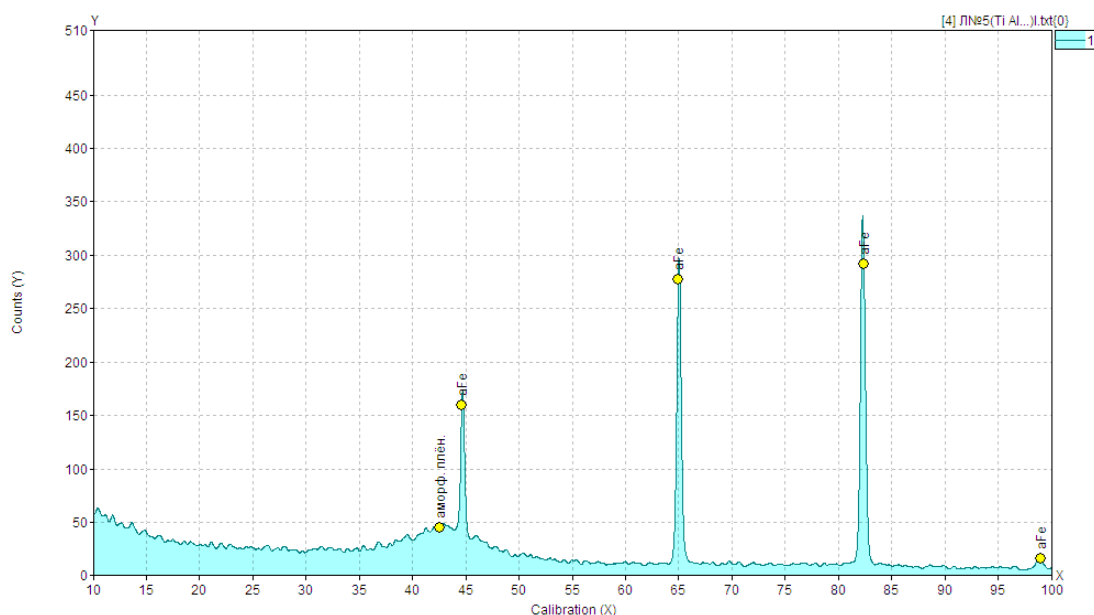


Рис. 1. Рентгеновская дифрактограмма оксикарбидных покрытий на основе системы Ti–Al–Cr–Fe–Ni

Рентгеноструктурный анализ оксикарбидных покрытий на основе Ti–Al–Cr–Fe–Ni, сформированных при разрядных токах на титановом и составном катодах $I_{\text{Ti}} = 60$ А, $I_{\text{сост}} = 120$ А, напряжении смещения $U = -80$ В и давлении реакционного газа $P = 0,03$ Па показал, что для покрытия характерна рентгеноаморфная структура (рис. 1). Такая структура покрытия может быть следствием искажения его решетки при наличии в его составе элементов с различными атомными радиусами.

Оценка коррозионной стойкости покрытий проводилась на основе снятия поляризационных кривых и определения электрохимических характеристик покрытий на стали AISI 321 в 3%-ном – растворе NaCl. Анализ полученных данных с образцов, осажденных в среде углекислого газа, показал, что присутствие кислорода положительно влияет на коррозионную стойкость сформированных покрытий (см. таблицу и рис. 2).

Электрохимические характеристики стали с покрытиями

Материал	Токи дуги, А		Давление CO ₂ , Па	Время осаждения покрытия, мин	Потенциал коррозии $E_{\text{кор}}$, мВ	Ток коррозионного разрушения $I_{\text{кор}} \cdot 10^{-8}$, А · см ⁻²
	I_{Ti}	$I_{\text{спл}}$				
AISI 321	—	—	—	—	–231	89
TiAlNiFeCr + CO ₂	80	120	0,25	30	–262	1,36
TiAlNiFeCr + CO ₂			0,03		–4,67	4,14

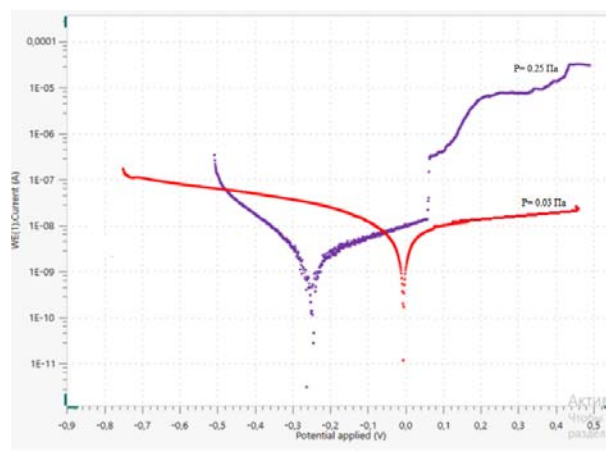


Рис. 2. Поляризационные кривые покрытий на основе (Al, Ti, Fe, Cr, Ni) сформированных при различном давлении реакционного газа

Установлено, что лучшей устойчивостью к коррозионному разрушению обладают покрытия, сформированные при более высоком давлении реакционного газа ($P_{\text{CO}_2} = 0,25 \text{ Па}$), о чем свидетельствует более низкое значение тока анодного растворения ($I_{\text{кор}} = 1,36 \cdot 10^{-8} \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$). Однако поляризационная кривая для образца, осажденного при $P = 0,03 \text{ Па}$, отличается более широкой зоной пассивного состояния.

Л и т е р а т у р а

1. Synthesis of Al-Ti-Fe-Cr-Ni-N protective coatings by the method of vacuum-arc deposition from a separated vacuum flow / S. Latushkina, O. Posylkina, D. Kuis [et al.] // Materials Letters. – 2021. – Vol. 303. – P. 130527.
2. Многоэлементные покрытия (Zr–Ti–Al–Nb–Y)N, полученные вакуумно-дуговым осаждением / И. Н. Торьяник, В. М. Береснев, У. С. Немченко [и др.] // Физическая инженерия поверхности. – 2013. – Т. 11, № 4. – С. 420–426.

УДК 621.891

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С УПРОЧНЕННОЙ МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТЬЮ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Т. В. Атвиновская, И. И. Злотников

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Проведен анализ влияния жидких сред на особенности трения деталей из алюминиевых сплавов с нанесенным на них методом микродугового оксидирования оксидно-керамическим покрытием.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, нефтедобывающая промышленность, оксидирование, покрытие, трение, коррозионная стойкость, упрочнение.