

Литература

1. Белый, В. А. Полимерные покрытия / В. А. Белый, В. А. Довгяло, О. Р. Юркевич. – Минск : Наука и техника, 1976. – 416 с.
2. Валенков, А. М. Полимерные композиционные системы с добавками наноструктурных соединений (обзор) / А. М. Валенков, В. М. Шаповалов, К. С. Носов // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2009. – Т. 14, № 4. – С. 30–38.

УДК 621.793

**ФОРМИРОВАНИЕ ОКСИКАРБИДНЫХ ПОКРЫТИЙ
НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Ti–Al–Cr–Ni****С. Д. Латушкина, О. И. Посылкина, И. А. Сечко***Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск*

В настоящее время одним из перспективных направлений в науке о материалах считается направление, связанное с созданием и применением высокоэнтропийных систем (прежде всего – сплавов) [1]. Выделение таких систем в особую группу связано с тем, что процессы структуро- и фазообразования в них, а также диффузионная подвижность атомов, механизм формирования механических свойств и термическая стабильность существенно отличаются от аналогичных процессов в традиционных сплавах, в которых основу составляют один или два элемента. Высокая энтропия смешения компонентов в этих сплавах обеспечивает повышенную термическую стабильность фазового состава и структуры сплава, следовательно, его свойств, что является несомненным достоинством не только при эксплуатации, но и в процессе изготовления изделий. В последние годы быстро растёт количество работ, направленных на получение и исследование свойств нитридных, боридных и оксидных высокоэнтропийных систем [2]. В настоящее время представляет интерес получение покрытий из ВЭС методом вакуумно-дугового осаждения [3, 4]. Высокая степень ионизации плазмообразующих металлов, реализуемая данным методом, позволяющая обеспечить высокую адгезионную прочность, высокую вероятность плазмохимических реакций образования соединений, прохождение диффузионных процессов в покрытии, расширяет технологические возможности осаждения покрытий из высокоэнтропийных сплавов.

Цель работы заключалась в исследовании особенностей процесса фазо- и структурообразования покрытий (Ti–Al–Cr–Ni) + CO₂, формируемых методом двухкатодного вакуумно-дугового осаждения из сепарированных плазменных потоков.

Формирование покрытий методом вакуумно-дугового осаждения представляет собой многостадийный и сложный процесс. При осаждении формируемый слой полностью повторяет исходный микрорельеф поверхности, дополняя его рельефом структурных дефектов покрытия либо нано- и макросоставляющими плазменного потока. Обеспечение однородной структуры и равномерности распределения элементов по объёму покрытия является необходимым условием обеспечения стабильности его физико-механических свойств. Установлено, что в структуре тонких покрытий (толщина 800 нм) вне зависимости от технологических режимов осаждения наблюдается четкая граница между переходным слоем титана (толщина 251 нм) и слоем многокомпонентного покрытия (рис. 1, а).

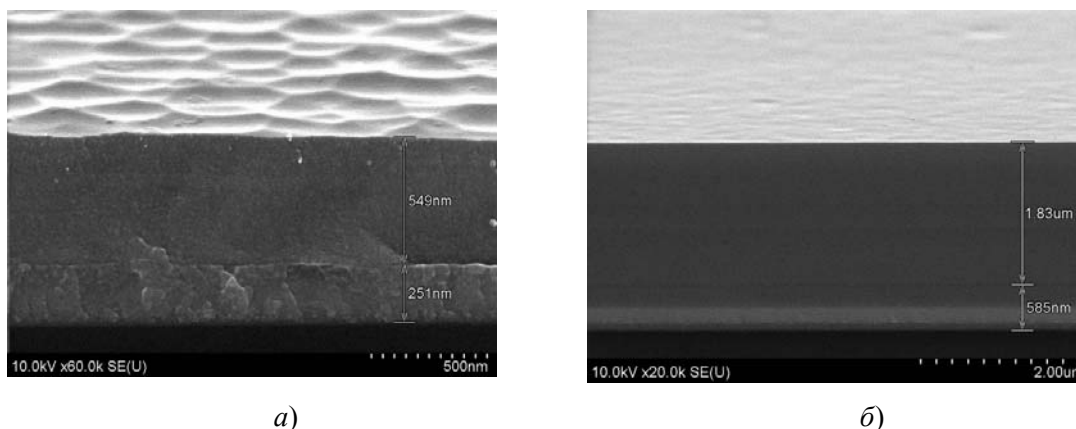


Рис. 1. Структура покрытий (Ti–Al–Cr–Ni) + CO₂ различной толщины

Слой титана характеризуется выраженной столбчатой структурой, причем с увеличением толщины слоя размер зерен увеличивается за счет кристаллизации пленки путем подавления роста мелких зерен и преимущественном росте наиболее крупных. При увеличении времени осаждения, и, как следствие, более длительного воздействия высокоэнергетических частиц многокомпонентной плазмы, в покрытии за счет ускорения диффузионных процессов формируется однородная структура с равномерным распределением элементов по объему (рис. 1, б, 2).

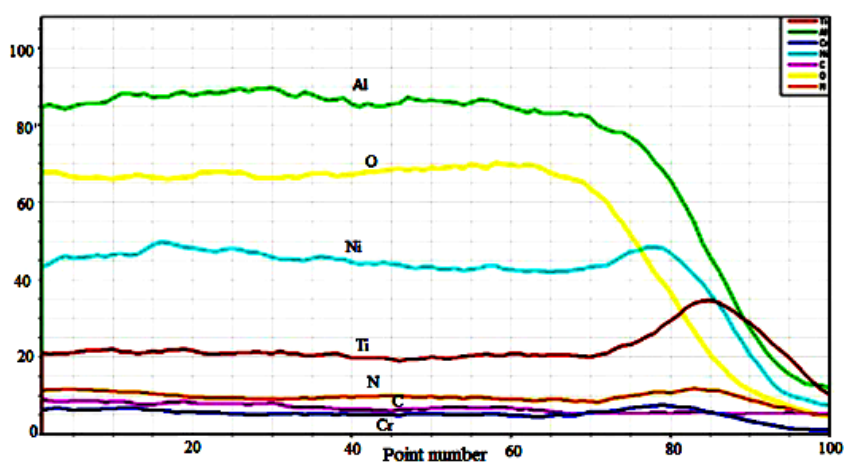


Рис. 2. Распределение элементов в покрытии (Ti–Al–Cr–Ni) + CO₂ при толщине 2,4 мкм

Изучение фазового состава оксикарбидных покрытий на основе системы Ti–Al–Cr–Ni, сформированных при $I_{Ti} = 60$ А, $I_{сост} = 120$ А, $U = -80$ В и различных давлениях реакционного газа, показало, что при высоком давлении углекислого газа в камере, равном 0,5 Па, формируется аморфное покрытие (рис. 3, а).

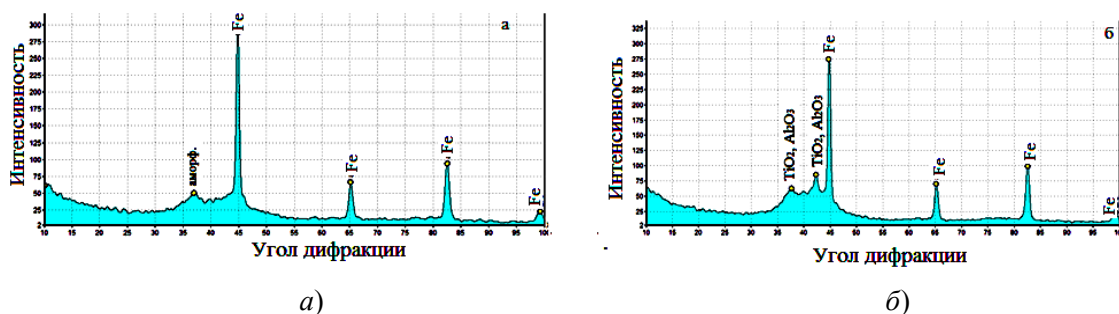


Рис. 3. Рентгеновские дифрактограммы оксикарбидных покрытий на основе системы Ti–Al–Cr–Ni, сформированных при различных давлениях CO₂:
а – P_{CO₂} = 0,5 Па; б – P_{CO₂} = 0,25 Па

Тенденция к аморфизации пленок и покрытий на основе высокоэнтропийных соединений может быть связана с высокой энтропией смешения и большой разницей в размерах атомов. Высокая энтропия смешения повышает взаимную растворимость различных элементов в покрытиях и препятствует возникновению фазового разделения. Между тем большая разница в размерах атомов вызывает сильное искажение решетки и может способствовать формированию аморфной структуры. Снижение давления до 0,25 Па приводит к формированию пиков на дифрактограмме покрытий, которые могут соответствовать фазам TiO₂, TiC, Al₂O₃ (рис. 3, б).

Литература

1. Microstructures and properties of high-entropy Alloys / Y. Zang [et al.] // Progress in Materials Science. – 2014. – Vol. 61. – P. 1–93.
2. Oxidation resistance and characterization of (AlCrMoTaTi)-Si_x-N coating deposited via magnetron sputtering / D.-C. Tsai, M.-J. Deng; Z.-C. Chang [et al.] // J. Alloys Compd. – 2015. – Vol. 647. – P. 179–188.
3. Synthesis of Al-Ti-Fe-Cr-Ni-N protective coatings by the method of vacuum-arc deposition from a separated vacuum flow / S. Latushkina, D. Kuis, O. Posylkina [et al.] // Materials Letters. – 2021. – Vol. 303. – P. 130527.
4. Многослойные покрытия (Zr–Ti–Al–Nb–Y)N, полученные вакуумно-дуговым осаждением / И. Н. Торьяник [и др.] // ФИП. – 2013. – Т. 11, № 4. – С. 420–426.

УДК 621.373.8

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ

Е. Г. Акунец¹, И. В. Царенко¹, Е. Н. Волнянко²

¹Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь

²ГНУ «Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого
НАН Беларуси», г. Гомель

Технология лазерного упрочнения дает возможность повысить износостойкость и срок службы деталей без применения дорогостоящих расходных материалов, без необходимости трудоемких и энергоемких подготовительных и последующих доводочных операций, так как может производиться без нарушения макро- и микрогеометрии поверхности детали, отличается коротким технологическим циклом, оперативностью выполнения работ, относительно низкой удельной энерготрудома-