

В заключении можно сказать, что поток газа в следствии десорбции зависит от площади стенок, в следствии газовой выделения – от температуры и типа материала.

Список использованных источников

1. Конструирование и расчет вакуумных систем / А. И. Пипко В. Я. Плисковский, Е. А. Пенчко – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1979. – 504 с.

УДК 621.793

Исследование свойств покрытия на основе высокоэнтропийного сплава (Al, Ti, Fe, Cr, Ni) N

Сечко И. А., магистрант

*Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Комаровская В. М.,
зав. лаб. Вакуумно-плазменных покрытий*

*ГНУ «ФТИ НАН Беларуси», к. т. н., доцент Латушкина С. Д.
ст. науч. сотрудник лаб. Вакуумно-плазменных покрытий
ГНУ «ФТИ НАН Беларуси», к. т. н., Посылкина О. И.*

Аннотация.

В данной работе приведены результаты исследования физико-механических свойств (коррозионная стойкость, адгезионная прочность и термостойкость) многокомпонентного нитридного покрытия на основе высокоэнтропийного сплава с целью выявления возможности использования их для увеличения срока службы различных инструментов.

Физико-механические свойства высокоэнтропийных соединений делают их потенциально пригодными в качестве покрытий для упрочнения инструмента, пресс-форм, штампов, механических частей и деталей, которые требуют высокой прочности, термостойкости, сопротивления окислению и износу [1, 2].

В настоящей работе описано исследование характеристик формирования пленок на основе высокоэнтропийного сплава (Al, Ti, Fe, Cr, Ni) N методом вакуумно-дугового осаждения с целью достижения оптимальных свойств таких покрытий (например, высокой твердости, коррозионной стойкости и др.).

Для нанесения покрытий на основе высокоэнтропийного сплава применялись многокомпонентные катоды составного типа, которые изготовлены путем механического штифтового или резьбового соединения компонент, которые затруднительно сплавить литейным способом. Экспериментально установлено, что матрицей катода необходимо выбрать компонент с более высокой теплопроводностью. Согласно результатам рентгеноструктурного анализа, показанного на рис. 1, покрытия (Al, Ti, Fe, Cr, Ni) N, осаждаемые вакуумно-дуговым методом с использованием сепарирующей системы, представляли собой твердый раствор на основе (Ti, Al) N с параметром решетки 0,42145 мкм. Анализ данных рентгеновского анализа показывает, что формируемые покрытия не текстурированы, интенсивность линий составляет 4,3–8,5 % от максимальных значений. Заметное уширение рефлексов свидетельствует о формировании наноразмерной структуры покрытий, что подтверждается расчетами областей когерентного рассеяния.

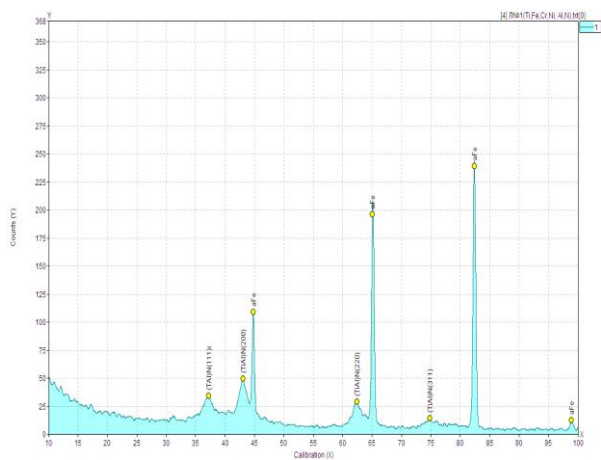


Рис. 1. Результаты рентгеноструктурного анализа покрытия (Al, Ti, Fe, Cr, Ni) N на основе из стали 40X

Структура покрытий, представленная на рис. 2, отличается однородностью и отсутствием столбчатой структуры, характерной для монокристаллических покрытий, осаждаемых данным методом. При этом наблюдается четкая граница раздела между покрытием (толщина 3,13 мкм) и титановым подслоем (толщина 0,734 нм).

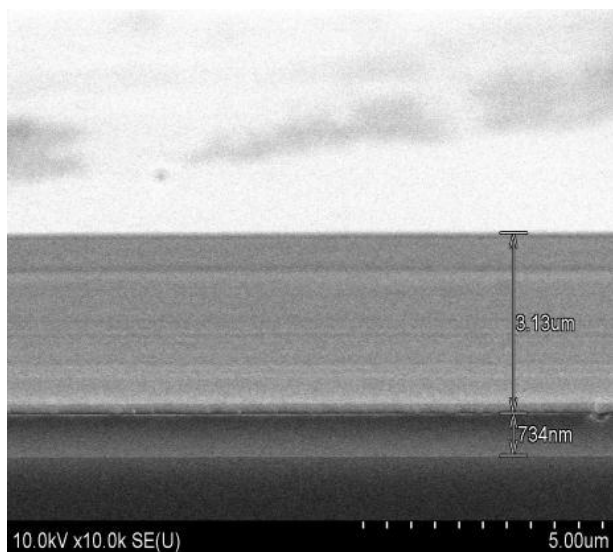


Рис. 2. Структура покрытия (Al, Ti, Fe, Cr, Ni) N

Известно [3], что одной из основной проблемы при формировании покрытий вакуумно-плазменными методами является обеспечение стабильности их структуры и свойств от процесса к процессу. Это связано с наличием многочисленных параметров технологического процесса, таких как параметры тока разряда, магнитного поля, давление в камере и реакционного газа (смеси газов) в вакуумной камере. В случае нанесения многокомпонентного покрытия методом вакуумно-дугового осаждения важными характеристиками являются энергия ионизации отдельных элементов, так и скорость эрозии катода при его испарении.

В результате анализа результатов скретч-тестирования образцов, представленных на рис. 3, установлено, что покрытия характеризуются достаточно высокой стойкостью к адгезионному разрушению.

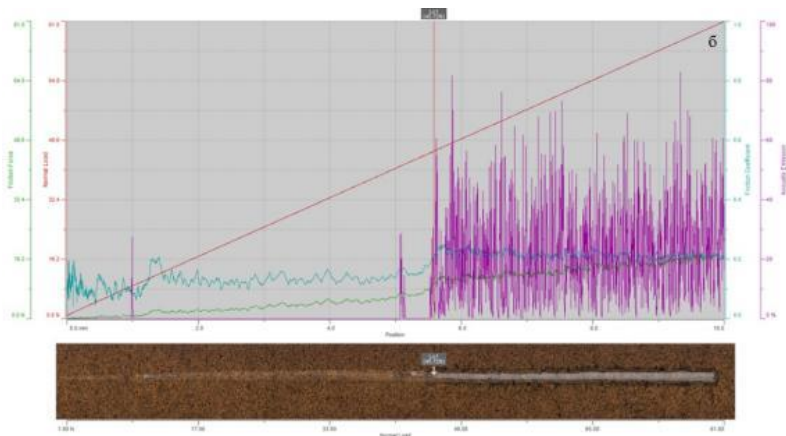


Рис. 3. Результаты скретч-тестирования покрытий

Также установлено, что при испытании покрытия не отслаиваются, а истираются, то есть разрушаются по когезионному механизму, связанному с пластической деформацией и образованием усталостных трещин в материале покрытия.

Исследования коррозионной стойкости полученных покрытий показали, что постоянный электродный потенциал системы на покрытие – основа покрытия смещается в отрицательную область при изменении потенциала смещения в процессе формирования пленки, что обусловлено увеличением количества железа в покрытии (12,20 ат.%). Однако при этом наблюдается значительное снижение плотности тока анодного растворения и увеличение сопротивления смещения образца. Это свидетельствует о способности покрытия самопроизвольно пассивироваться, обеспечивая высокую надежность системы на покрытие-основа против общей коррозии.

Для изделий, работающих в условиях высоких температур, необходимым является обеспечение их высокой микротвердости и стойкости к окислению. Исследование термостойкости образцов из твердого сплава Т15К6 с покрытиями (Al, Ti, Fe, Cr, Ni) N показало, что покрытия обеспечивают высокую микротвердость твердосплавных образцов (до 29 ГПа) при температуре до 1000 °С. На рис. 4 представлены результаты анализа микротвердости сплава Т15К6 с покрытиями (Al, Ti, Fe, Cr, Ni) N после термообработки.

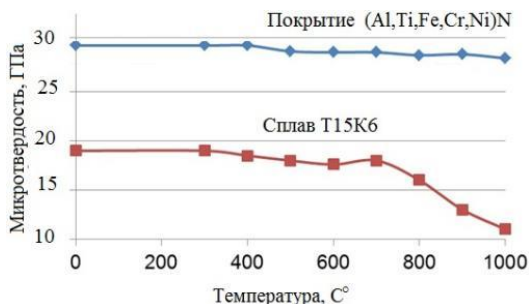


Рис. 4. Микротвердость сплава T15K6 с покрытиями (Al, Ti, Fe, Cr, Ni)N после термообработки

Высокая микротвердость образцов с покрытиями может быть обусловлена сохранением их наноразмерной структуры (размер зерна не превышает 35–40 нм), а также их стойкостью к окислению при высоких температурах. На рис. 5 представлен график стойкости к окислению сплава T15K6 с покрытиями (Al, Ti, Fe, Cr, Ni)N.

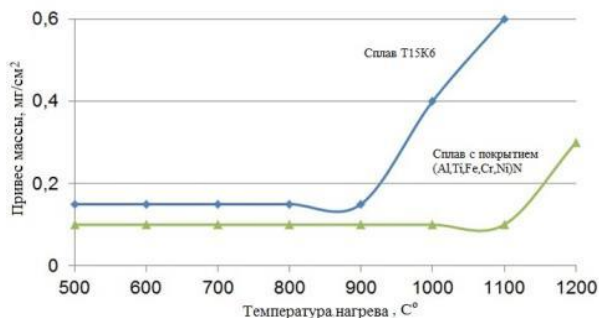


Рис. 5. Стойкость к окислению сплава T15K6 с покрытиями (Al, Ti, Fe, Cr, Ni) N

Высокая стойкость к окислению твердого сплава с покрытиями (Al, Ti, Fe, Cr, Ni)N может быть обусловлена как высокой термостойкостью входящих в состав покрытия элементов, так и формированием на его поверхности плотной пленки оксидов, затрудняющей диффузию кислорода вглубь материала покрытия и препятствующей дальнейшему окислению сплава с покрытием.

Список использованных источников

1. Tsai, M. H. Thermal stability and performance of NbSiTaTiZr high-entropy alloy barrier for copper metallization / M. H. Tsai [et al.] // J. Electrochem. Soc. – 2011. – Vol. 158. – P. 1161–1165.
2. Murty, B. S. High-Entropy Alloys / B. S. Murty, J. W. Yeh, S. Ranganathan // Butterworth-Heinemann (Elsevier). – 2014. – 218 p.
3. Фирстов, С. А. Новый класс материалов – высокоэнтروпийные сплавы и покрытия / С. А. Фирстов [и др.] // Вестник ТГУ. – 2013. – Т. 18, вып. 4. – С. 1938–1940.

УДК 669-1

Высокоэнтропийные сплавы и их применение в качестве покрытий

Сечко И. А., магистрант

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Комаровская В. М.,
зав. лаб. Вакуумно-плазменных покрытий ГНУ
«ФТИ НАН Беларуси», к. т. н., доцент Латушкина С. Д.*

Аннотация.

В данной работе проводится анализ высокоэнтропийных сплавов (ВЭС), дается их определение и возможные свойства. Рассказывается о проведенных исследованиях ВЭС различного состава, о возможности применения данных сплавов в качестве материала покрытия, а также говорится про методы их получения.

Сплавы с несколькими элементами, близкими к эквиатомным, демонстрируют более высокую энтропию смешения, чем обычные сплавы, и называются высокоэнтропийными (ВЭС), сложными концентрированными сплавами (СКС) или сплавами с несколькими основными элементами (СНОЭ). Обычно они состоят из 5 и более элементов, содержание каждого из которых должно быть не ниже 5 %. Высокая энтропия смешения элементов в сплаве рассматривается как мера вероятности сохранения их системы в данном состоянии.