

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ
ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ Ni – И Cr – ПОКРЫТИЙ,
СОДЕРЖАЩИХ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ***Белорусский государственный технологический университет, Минск*

Введение. Новейшие разработки в области обработки поверхности материалов связаны с применением нанотехнологий и наноматериалов. В перечень основных областей применения нанотехнологий входят топливные элементы и устройства хранения энергии; нанохимия, нанесение покрытий, электрохимия.

Одним из современных и наиболее интенсивно развивающихся направлений в области модификации поверхности конструкционных материалов является нанесение на различные основы композиционных электролитических покрытий (КЭП), показывающих высокие физико-механические и электрохимические свойства [1]. Особое внимание в этом направлении уделяется углеродным наноматериалам (УНМ), которые при введении в состав КЭП значительно влияют на триботехнические, защитные и электролитические свойства покрытий [2]. По сравнению с практическим применением значительно в меньшей степени исследована структура и состав композиционных материалов, содержащих УНМ.

Целью данной работы было получение Ni – , Cr – КЭП, содержащих УНМ, на стали Ст3, исследование их фазового и элементного состава, структуры, а также влияние УНМ на структуру сформированных композитов.

Материалы и методы исследования. Ni – и Cr – КЭП, содержащие УНМ, синтезировались путем электролитического осаждения на сталь Ст3 гальванического никеля и хрома, соответственно, толщиной ~10 – 30 мкм из стандартного электролита Уоттса с кислотностью 4 – 5 рН при плотностях тока 3 – 5 А / дм² и температурах 50 – 60 °С. В качестве инертной фазы Ni – , Cr – КЭП, содержащих УНМ, использовались наноматериалы насыпной плотностью до 0,8 г / см³, содержащие аморфный углерод (не менее 59 весовых %), углеродные нановолокна и многостенные углеродные нанотрубки диаметром 20 – 80 нм и длиной 1 – 15 мкм, полученные из метано-воздушной смеси в плазме высоковольтного разряда при атмосферном давлении в присутствии катализаторов [2].

Морфология сформированных покрытий и их элементный состав определялись методами рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) и растровой электронной микроскопии (РЭМ) с помощью сканирующего электронного микроскопа LEO-1455VP. Фазовый состав полученных покрытий исследовался методом рентгеноструктурного анализа (РСА) при помощи дифрактометра ДРОН-3.0. Элементный состав поверхности синтезированных КЭП Ni – УНМ определялся методом Оже-электронной спектроскопии (ОЭС), при этом использовался сканирующий микронзонд установки РН-660 фирмы

Perkin Elmer. Для определения пористости КЭП применялся метод наложения пропитанной раствором специального состава фильтровальной бумаги на поверхность покрытий. После снятия бумагу с отпечатками пор в виде точек или пятен промывали дистиллированной воды и просушивали. Оставшиеся на бумаге пятна подсчитывали.

Результаты исследования и их обсуждение. Установлено, что гальванические Ni – , Cr – КЭП, содержащие УНМ, состоят из фазы α – Ni и α – Cr, соответственно, с ОЦК структурой [2]. Углерод присутствует в металлической матрице никеля и хрома в виде отдельных включений.

Показано [3], что поверхность покрытий имеет нанопористый характер (рисунок 1). УНМ в КЭП представляют собой совокупность частиц углерода различной формы и размера, что, по-видимому, связано с неравновесными процессами, происходящими при формировании данного типа КЭП.

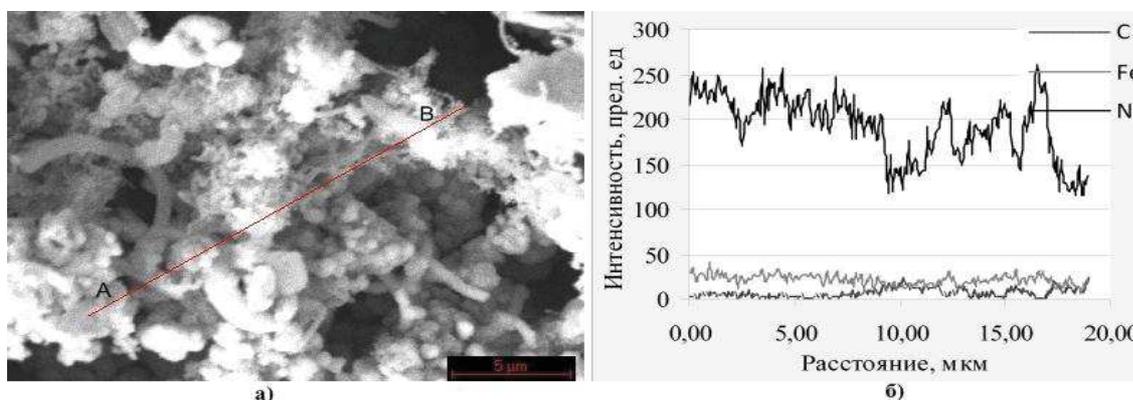


Рисунок 1 - РЭМ изображение поверхности (а) и распределение характеристического рентгеновского излучения Ni, Fe, C (б) вдоль линии АВ для КЭП Ni – УНМ

Проведенные исследования [3] выявили закономерности кинетики роста КЭП покрытий никеля, содержащих УНМ.

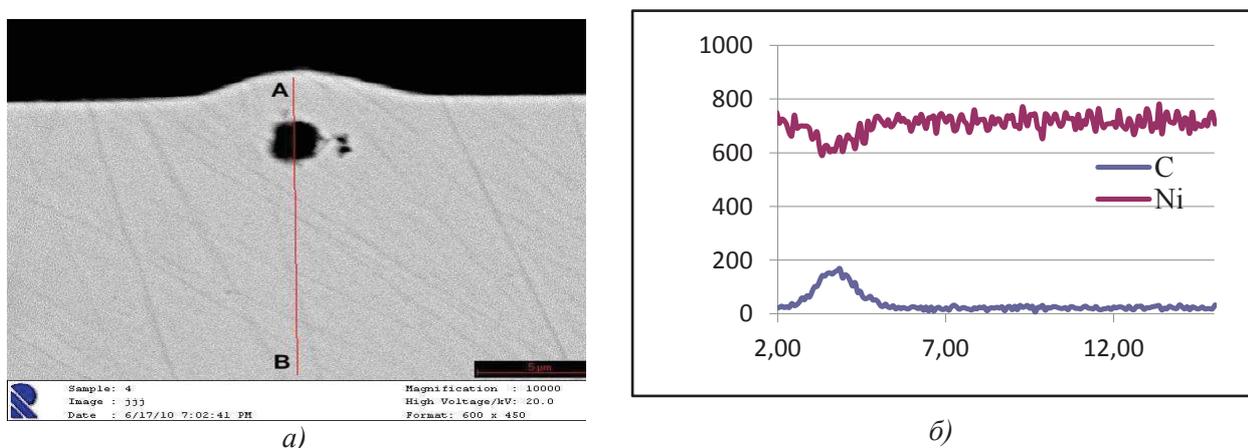


Рисунок 2 - РЭМ изображение поперечного шлифа (а) и распределение характеристического рентгеновского излучения Ni и C (б) вдоль линии АВ для Ni – КЭП с УНМ на Ст3

Во время осаждения никеля наночастицы углерода препятствуют равномерному росту слоя никеля (рисунок 2), который, не взаимодействуя с углеродом, огибает их в процессе роста. В результате сформированное покрытие имеет неравномерную толщину, достигая максимального значения в местах наибольшего содержания углерода в покрытии.

Структура Ni – УНМ покрытий имеет ярко выраженный неоднородный характер распределения Ni – компоненты по толщине [3]. При этом установлено, что никель не взаимодействует с углеродом. Углерод присутствует в Ni – матрице в виде мелкодисперсных включений.

В результате ОЭС исследований поверхностных слоев (толщиной ~ 0,5 мкм) сформированных Ni – УНМ покрытий (рисунок 3) определено содержание углерода 22 ат. %.

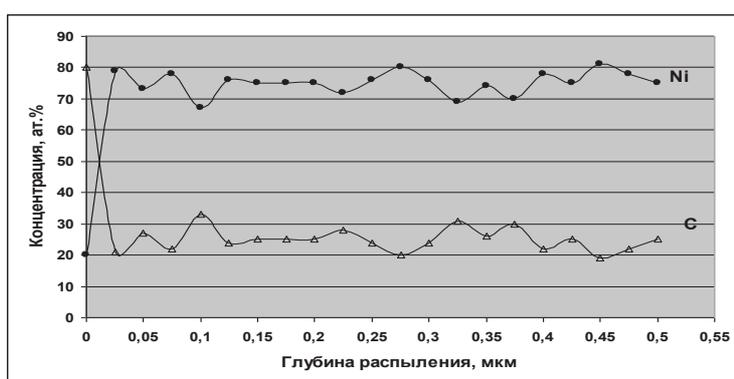
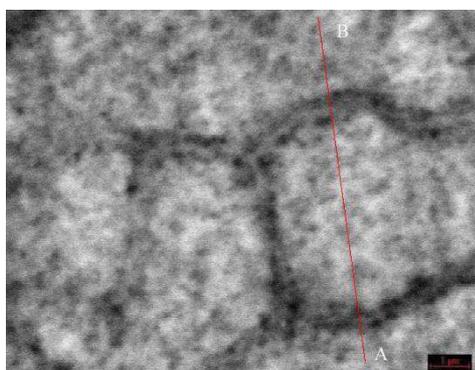


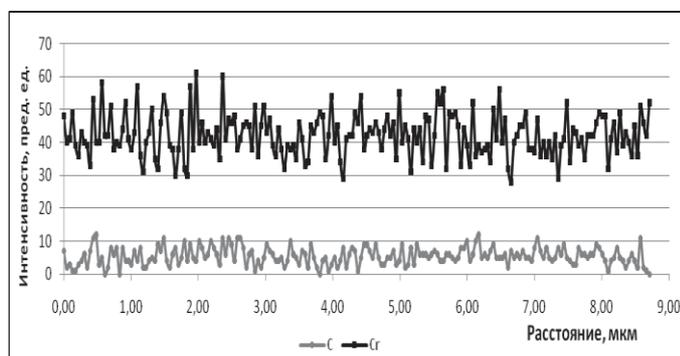
Рисунок 3 - Концентрационные профили Ni и C в образце Ni – КЭП с УНМ

Поверхность полученных Cr – КЭП, содержащих УНМ, имеет ярко выраженный глобулярный равномерный характер [4], что связано с ориентированным направлением роста структурных элементов покрытий в процессе их формирования. Сформированные композиты содержат поры в количестве от 40 до 4 пор / см² в зависимости от концентрации УНМ.

По всей поверхности покрытия Cr – КЭП с УНМ наблюдается достаточно равномерное распределение углеродных частиц поверхности (рисунок 4). Наиболее высокое содержание углеродных частиц наблюдается по периметру глобул.



а)



б)

Рисунок 4 - РЭМ изображения поверхности (а) и рентгеновского излучения Cr и C вдоль линии АВ (б) для Cr – КЭП с УНМ

Заклучение. Структура содержащих УНМ Ni – и Cr – КЭП, осажденных на сталь Ст3, имеет неоднородный характер распределения Ni – и Cr – компоненты, соответственно, по толщине покрытия. Углерод представляет собой мелкодисперсные включения в Ni – и Cr – матрице. Поверхность покрытий имеет нанопористый характер. В поверхностных слоях (толщиной ~ 0,5 мкм) сформированных покрытий Ni – КЭП концентрация углерода составляет 22 ат. %. Cr – КЭП, содержащие УНМ, имеют ярко выраженную равномерную глобулярную структуру. Сформированные композиты содержат поры в количестве от 40 до 4 пор / см² в зависимости от концентрации УНМ. Увеличение содержания УНМ в Cr – КЭП приводит к уменьшению их пористости.

Литературные источники

1. Дроздович, В.Б. Коррозионные и триботехнические свойства хромовых покрытий, содержащих УНМ / В.Б. Дроздович [и др.] // Наноструктурные материалы – 2010: Беларусь-Россия-Украина (НАНО-2010): тезисы II Междунар. науч. конф., Киев, 19–22 окт. 2010 г. – Киев: Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины, 2010. – С. 566.

2. Чаевский, В.В. Изучение состава и структуры Ni- и Cr- композиционных электролитических покрытий, содержащих углеродные наноматериалы на стали / В.В. Чаевский, В.Б. Дроздович // Труды Белорус. гос. технол. ун-та. Сер. 6, Физ.-мат. науки и информатика. – 2010. – Вып. 18. – С. 96–98.

3. Войтехович, А.Г. Структура и электрохимические свойства композиционных электролитических Ni – покрытий, содержащих углеродные наноматериалы / А.Г. Войтехович // Респуб. научно-практ. молодежн. конф. с междунар. участием «Научные стремления – 2010», 1 – 3 ноября 2010г., Минск: сборник материалов конф. в 2 ч. – Мн.: «Беларуская навука», 2010. – Ч. 2. – С. 387–390.

4. Войтехович, А.Г. Влияние углеродных наноматериалов на структуру и механические свойства композиционных электролитических Cr – покрытий / А.Г. Войтехович // Междунар. форум учащейся и студенческой молодежи «Первый шаг в науку – 2011», 25 –29 апреля 2011г., Минск: сборник материалов – Мн.: «Беларуская навука», 2011. – С. 723–725.

Voytehovich A.G.

CHARACTERISTIC FEATURES OF STRUCTURE FORMATION OF COMPOSITE ELECTROLYTHICAL Ni – AND Cr – COATINGS WITH CARBON NANOMATERIALS

Belarussian State Technological University, Minsk

Summary

Composite Ni – and Cr – coatings with carbon nanomaterials (CNM) formed by galvanic method on mild steel. Composite Ni – and Cr – coatings with CNM contain separately obtained cubic α -Ni α -Cr phase accordingly. Such coatings contain separate carbon elements in metal matrix. The surface of coatings consists of carbon nanotubes. The surface layer of Ni – coatings with CNM contains 22 at. % C. Porosity of coatings with CNM decreases while increasing of Cr in composite Cr – coatings.