

обладает тремя участками в частотном спектре, где возможно формирование поверхностных плазмонных волн: 0,4-0,5 эВ (I), 1,25-1,5 эВ (II), 4,5-5,5 эВ (III). При этом, наиболее перспективным является частотный участок от 4,5 до 5,5 эВ, поскольку в этом случае графен обладает наибольшей проводимостью. Оценка зарядовой плотности позволила установить, что в структуре происходит перераспределение заряда и возможно формирование двумерного электронного газа. При этом основной заряд со стороны подложки локализован на атомах кислорода. Наблюдаемые особенности можно считать механизмом формирования поверхностных плазмонных волн.

Литература

1. Dubinov A. A., Terahertz surface plasmons in optically pumped graphene structures / A. A. Dubinov, V. Y. Aleshkin, V. Mitin // J. Physics: Condensed Matter. – 2011. – V. 23 (14). – P. 145302.
2. Koppens F. H. L., Graphene plasmonics: A platform for strong light matter interactions / F. H. L. Koppens, D. E. Chang, F. J. Garcia de Abajo // Nano Lett. – 2011. – V. 11 (8). – Pp. 3370-3377.
3. Bludov Yu. V., Mechanism for graphene-based optoelectronic switches by tuning surface plasmon-polaritons in monolayer graphene / Yu. V. Bludov, M. I. Vasilevskiy, N. M. R. Peres // Europhysics Letters Association. – 2011. – V. 92 (6). – P. 152.
4. Jornet J. M., Graphene-based nano-antennas for electromagnetic nanocommunications in the terahertz band / J. M. Jornet, I. F. Akyildiz // Proc. 4th European Conf. Antennas Propag. (EUCAP). – 2010.
5. И. Л. Шейнман // Журнал технической физики : журнал. – 2001. – № 71(5). – С. 28-34.

А. С. Гончаров

(ГрГУ имени Я.Купалы, Гродно)

Науч. рук. **С. Д. Лещик**, канд. техн. наук, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СТАЛИ С НАНОКОМПОЗИЦИОННЫМ ПОКРЫТИЕМ НА ОСНОВЕ ХРОМА

Введение. Одним из направлений повышения износостойкости поверхностных слоев деталей машин является хромирование. Так как

хромирование – это энергоемкий процесс с низким выходом металла по току, то повысив твердость и износостойкость покрытий можно уменьшить толщину наносимого слоя хрома при обеспечении требуемого ресурса детали и сокращении затрат на сам процесс хромирования. Для увеличения твердости и износостойкости электролитических хромовых покрытий применяют хромирование из электролитов содержащих наночастицы [1]. При этом формируются наноконпозиционные гальванические покрытие. Получаемые покрытия могут также отличаться по пористости от стандартных, что влияет на их защитные характеристики. Поскольку, в отличие от декоративного, износостойкое хромирование производится по стальной поверхности без защитного слоя меди, то весьма актуальным представляется исследование коррозионной стойкости стальных образцов с покрытием на основе хрома, осажденного из наноэлектролита.

Методика экспериментальных исследований. Электроосаждение хрома осуществляли на стальную подложку при стандартных режимах износостойкого хромирования по стандартной промышленной технологии.

Для приготовления наноэлектролита использовали дистиллированную воду, в которой проводили электроразрядное разрушение графита, и, содержащую, таким образом, наноразмерные и субмикронные частицы. Разрушение материала на структуры нано- и субмикронного уровня при микросекундном электроразрядном импульсе проводились на установке, схема которой описана в работе [2] при режимах и условиях синтеза ультрадисперсных частиц, приведенных в работе [3].

Для получения модифицированных и контрольных образцов готовили стандартный сульфатный электролит хромирования на основе шестивалентных соединений хрома с использованием водной наносуспензии и чистой воды, соответственно. Хромирование вели при постоянном перемешивании электролита, т.к. это необходимо для поддержания во взвешенном состоянии частиц субмикронного размера (наночастицы же кинетически устойчивы в жидкости), а также для облегчения удаления образующихся пузырьков водорода с поверхности катода.

Коррозионную стойкость металлических образцов с электролитическим покрытием на основе хрома, модифицированным ультрадисперсными частицами, оценивали в камере солевого тумана по стандартной методике ускоренных коррозионных испытаний. Сущность метода оценки коррозионного поражения заключается в наложении

на поверхность образца трафарета из прозрачного материала с нанесенной на него квадратной сеткой и подсчете отношения количества квадратов с ржавчиной независимо от ее площади, занимаемой в квадрате, к общему числу квадратов на поверхности образца. Степень поражения X_C в процентах вычисляют по формуле:

$$X_C = \frac{n_C}{N_C} 100,$$

где n_C – число квадратов с ржавчиной;

N_C – общее число квадратов на поверхности образца.

Толщину покрытий оценивали весовым методом и прямым измерением.

Результаты и их обсуждение. Результаты расчета степени коррозионного поражения образцов по итогам коррозионных испытаний в камере солевого тумана приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты коррозионных испытаний покрытий из электролитического хрома, осажденного из электролита с наночастицами углерода

Толщина покрытия, мкм	Степень поражения X_C (%) образцов в зависимости от содержания (г/л) наночастиц в электролите		
	0,1	1,0	10,0
5	100	100	100
10	45	55	55
20	30	35	40

По результатам коррозионных испытаний установлено следующее. Коррозионное разрушение образцов представляет собой очаги коррозии на поверхности покрытия. Продукты коррозии имеют коричневатый, красно-коричневый, а также черный цвет. Размер пятен коррозии составляет 12 мкм и более. Так как коррозионное поражение имеет очаговый характер, то следует полагать, что происходила коррозия основного металла (стальной поверхности) из-за проникновения коррозионно-активной среды через поры покрытия. Полученный результат согласуется с данными других авторов [4].

Выявлено, что образцы с модифицированным наночастицами покрытием имеют большее количество очагов коррозии и, соответственно, большую степень коррозионного поражения в процентном выражении. Это можно объяснить тем, что из электролитов, содержащих наноразмерные частицы, формируется покрытие с большей пористостью.

Заключение. По результатам исследований установлено, что коррозионная стойкость стальных образцов с покрытием на основе гальванического хрома, осажденным из электролита с добавлением частиц, синтезированных при электроразрядном разрушении графита, ниже, чем у образцов со стандартным покрытием.

Литература

1. Leshchik, S. D. Effect of the ultradispersed diamond phase on the tribological behavior of electrolytic chromium coatings / S. D. Leshchik, V. A. Struk // Journal of Friction and Wear – 1999. – Vol. 20, № 6, – p. 73-79.

2. Сергиенко, И. Г. Влияние временного фактора на поведение наночастиц меди и суспензий на их основе, полученных методами импульсной лазерной абляции и электроразрядного разрушения / Сергиенко И. Г., Зноско К. Ф., Лещик С. Д. // Весн. ГрДУ імя Я. Купалы. Сер. 6, Тэхніка. – 2017. – Т.7. – № 2. – С. 18–26.

3. Лещик, С. Д. Синтез наночастиц методом электроимпульсного разрушения графита в жидкости и применение их в композиционных электролитических покрытиях на основе хрома / С. Д. Лещик [и др.] // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер. 6, Тэхніка. – 2020. – Т. 10. – № 2. – С. 64–73.

4. Лещик, С. Д. Исследование защитных свойств покрытий из модифицированного электролитического хрома / С. Д. Лещик // Вестник Гродненского государственного университета. – 1999. – серия 2, № 2. – С. 67-69.

Е. В. Гришкевич

(ГрГУ имени Я. Купалы, Гродно)

Науч. рук. **С. С. Ануфрик**, д-р физ.-мат. наук, профессор

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ ИНДИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ АНАЛИТИЧЕСКИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПЛАЗМЫ ЛАТУНИ

Введение. Цель работы – исследование влияния наночастиц индия на интенсивность аналитических спектральных линий латуни с целью улучшения процессов абляции, возбуждения плазмы и чувствительности обнаружения.