

Полученные результаты ускоренных коррозионных испытаний позволили сделать следующие выводы:

- защитная способность ПАП на стали близка к защитной способности гальванического кадмия с хроматированием;
- увеличение толщины ПАП приводит к возрастанию его защитной способности;
- увеличение толщины оксидного слоя на поверхности ПАП путем химического или анодного оксидирования также приводит к возрастанию защитной способности ПАП.

В настоящее время рассматривается возможность получения на поверхности ПАП пиролитического оксида алюминия, что позволит повысить экологичность процесса обработки ПАП, проводить процесс получения комплексного покрытия ПАП + пиролитический оксид алюминия в одной установке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Улиг Т.Г., Ревя Р.У. Коррозия и борьба с ней. Л.: Химия. 1989. С. 290.
2. Чистяков А.М., Волков Ю.С. Горячее алюминирование – эффективный способ защиты от коррозии: Материалы науч.-практ. семинара. Петропавловск-Камчатский. 1990. С. 16.
3. Давыдов Ю.Ш. и др. Нефтепромысловые трубы. Самара. 1992. С. 19.
4. Заявка 3142079 (Япония). 1991.
5. Шлугер М.А., Тока Л.Д. Гальванические покрытия в машиностроении (Справочник). М.: Машиностроение. 1985. С. 198.
6. Ройх И.Л., Колтунова Л.Н., Федосеев С.Н. Нанесение защитных покрытий в вакууме. М.: Машиностроение. 1976. С. 86.
7. Алюминиевые ионно-осажденные покрытия для защиты от коррозии сталей //РЖ «Коррозия, защита от коррозии». 1985. №4. С. 792.
8. РЖ «Коррозия, защита от коррозии». 1985. №6. С. 982.
9. РЖ «Коррозия, защита от коррозии». 1986. №14. С. 516.

В.В. Нагаев, Л.В. Нагаева

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛАСТЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НИКЕЛЬ–ФТОРОПЛАСТ

Исследованы свойства кластерных композиционных покрытий никель–фторопласт (скорость осаждения, адгезия, пористость, микротвердость).

Ключевые слова: кластерные композиционные покрытия, микротвердость.

В последнее время в гальванотехнике большое внимание уделяется электроосаждению композиционных покрытий, обладающих новыми свойствами (антифрикционные, самосмазывающие свойства) [1]. Гальванические покрытия на основе никеля известны тем, что в никелевую матрицу лучше встраиваются вещества второй фазы (частицы, легирующие элементы), чем, например, в хромовую. Электроосаждение никеля из электролита, содержащего частицы фторопласта, позволит получить покрытия, обладающие антифрикционными свойствами. Однако введение порошка фторопласта в электролит никелирования было затруднено, так как фторопласт плохо смачивается водой. В УНТЦ – филиале ФГУП «ВИАМ» – разработаны директивный технологический процесс по введению фторопласта в электролиты никелирования и технологическая рекомендация по нанесению композиционных покрытий на основе никеля из этих электролитов.

Существуют различные методы исследования композиционных материалов [2, 3]. Данная работа посвящена исследованию свойств покрытий никель–фторопласт, таких как пористость, адгезия, микротвердость, скорость осаждения. Проведены также металлографические исследования покрытий никель–фторопласт.

Установлено, что максимальная скорость осаждения никелевого покрытия, полученного в электролите без нанопорошков, составляет 0,5 мкм/мин при максимально допустимой плотности тока 4 А/дм². Введение в электролит никелирования порошка фторопласта совместно с нанопорошком оксида алюминия позволяет повысить максимально допустимую плотность тока до 5 А/дм², при этом скорость осаждения покрытия увеличивается в 2 раза (рис. 1).

Покрытие, полученное в электролите никелирования без порошков, при толщине 25 мкм имеет до 16 пор на 1 дм² (пористость никелевых покрытий определяли методом наложения фильтровальной бумаги по ГОСТ 9.302). При добавлении в электролит никелирования порошка фторопласта количество пор в покрытии уменьшается (5–6 пор на 1 дм²), но увеличивается их размер. Добавление нанопорошков в электролит в сочетании с фторопластом позволяет получать беспористые покрытия при толщинах 25 мкм и выше.

При проверке прочности сцепления никелевого покрытия (по ГОСТ 9.302 методом изменения температур), полученного в электролите с фторопластом, наблюдается отслоение покрытия. Улучшению прочности сцепления покрытия с подложкой способствует предварительное нанесение подслоя никеля. Введение в электролит нанопорошков также способствует повышению прочности сцепления покрытия и не требует дополнительного подслоя.

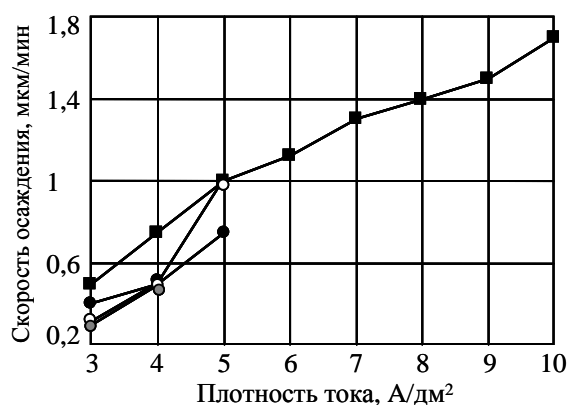


Рис. 1. Скорость осаждения никелевых покрытий:

- – никель + оксид алюминия;
- – никель + фторопласт;
- – никель + оксид алюминия + фторопласт;
- – никель

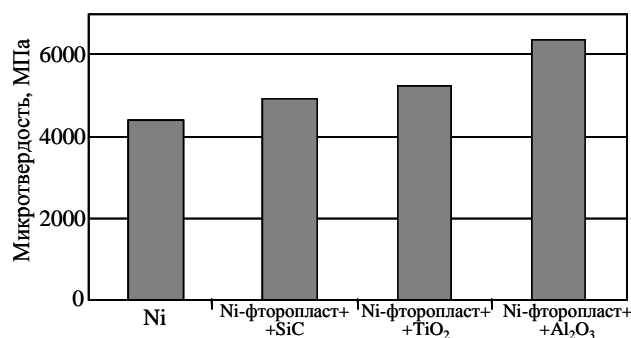


Рис. 2. Микротвердость никелевых покрытий, полученных из электролитов, содержащих нанопорошки и порошок фторопласта, в сравнении с микротвердостью стандартного никелевого покрытия

Добавление в сульфаминовокислый электролит никелирования фторопласта в сочетании с нанопорошками способствует увеличению микротвердости покрытий с 4000 до 6500 МПа (рис. 2). Микротвердость никелевых покрытий измеряли с помощью микротвердомера ПМТ-3М на поверхности образцов (толщина покрытия 35–40 мкм) при нагрузке на индентор 50 г.

С помощью металлографического микроскопа были получены фотографии поверхностей и шлифов покрытий (рис. 3 и 4). Поверхность покрытий, полученных из электролитов, содержащих нанопорошки, более ровная и содержит меньше видимых пор, чем поверхность покрытий, полученных из стандартных электролитов. Исследуемые покрытия наносились на образцы из медной ленты толщиной 100 мкм при одинаковых условиях электролиза, отличительным фактором являлось наличие и вид нанопорошков в электролите.

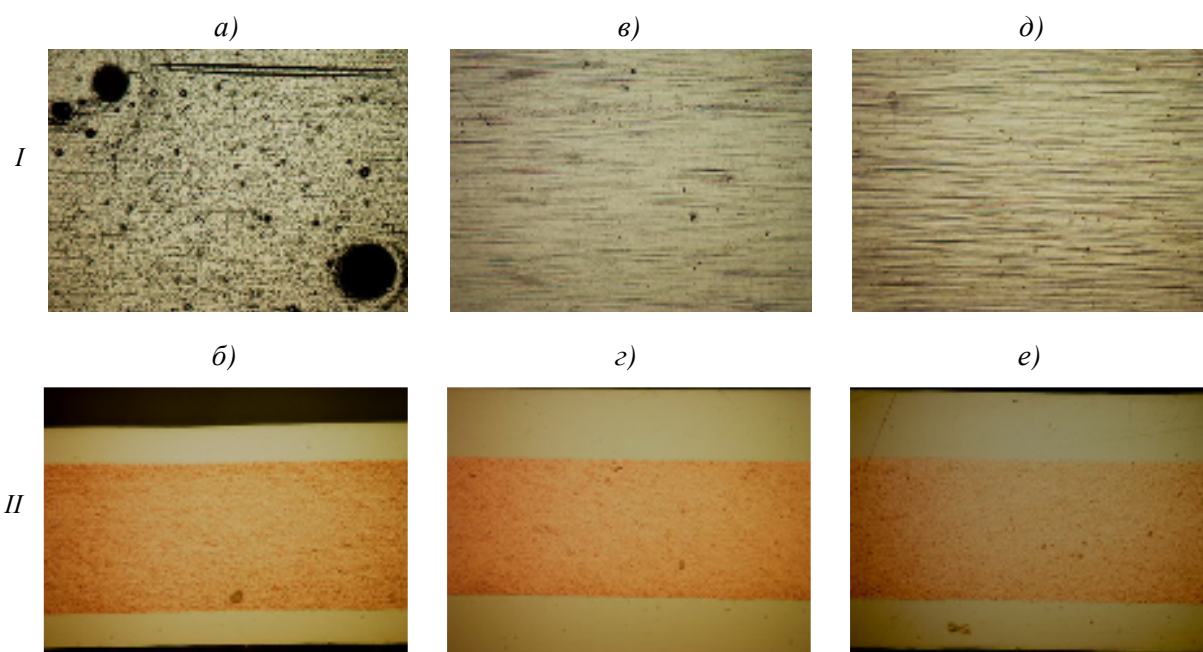


Рис. 3. Металлографические исследования поверхности (*I* – $\times 50$) и шлифов (*II* – $\times 500$) никелевых покрытий, полученных из стандартного электролита (*a*, *б*) и электролитов, содержащих нанопорошки Al_2O_3 (*в*, *г*) и SiC (*д*, *е*), – покрытия нанесены на медную ленту (толщиной 100 мкм)

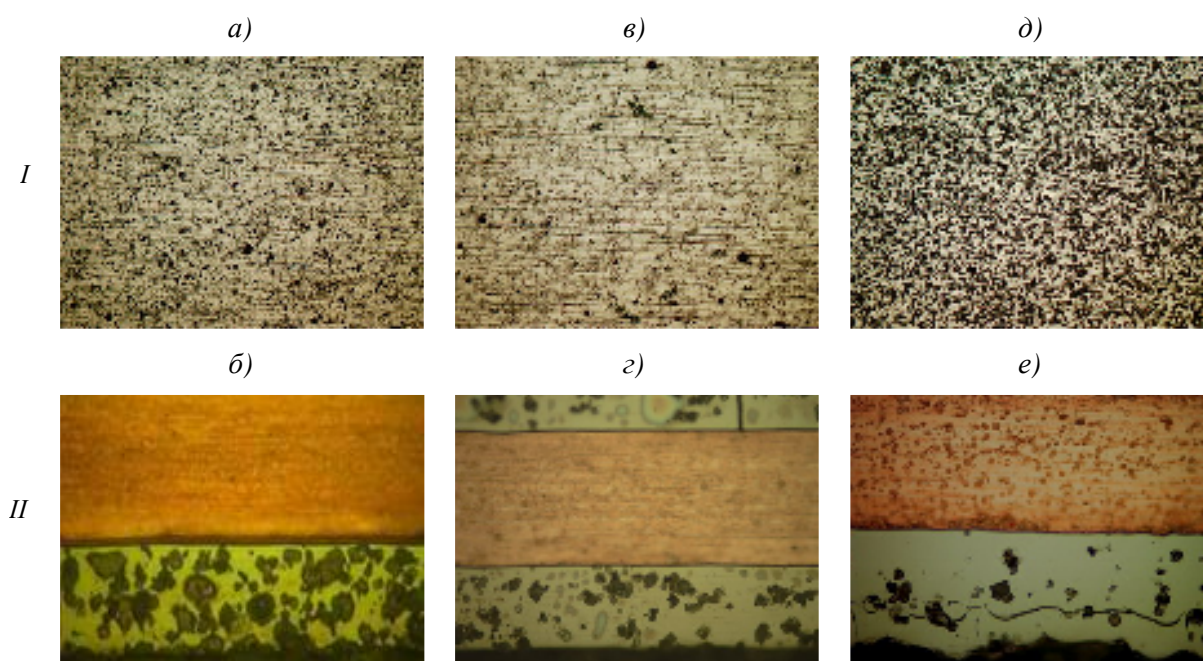


Рис. 4. Металлографические исследования поверхности (*I* – $\times 50$) и шлифов (*II* – $\times 500$) покрытий на основе никеля, полученных из электролита, содержащего частицы фторопласта (*a*, *б*), и электролитов, содержащих частицы фторопласта + нанопорошки Al_2O_3 (*в*, *г*) и SiC (*д*, *е*). Покрытия нанесены на медную ленту (толщиной 100 мкм)

На фотографиях шлифов покрытий на основе никеля (см. рис. 4), полученных из электролитов, содержащих частицы фторопласта, видны включения частиц в покрытия.

Поверхность покрытий, полученных из электролитов, содержащих оксид алюминия, отличается от покрытий, полученных из электролитов, содержащих карбид кремния, – из этого следует, что из электролитов, содержащих нанопорошки, обладающие разными свойствами, образуются покрытия различного вида.

В результате проведенных исследований разработаны и оптимизированы технологические процессы получения гальванических кластерных композиционных покрытий (ККП) никель–фторопласт, обладающих следующими свойствами:

- скорость осаждения ККП выше, чем у стандартных никелевых покрытий;
- при толщинах более 25 мкм поры в покрытиях не обнаружены;
- адгезия покрытий удовлетворяет требованиям ГОСТ 9.302;
- микротвердость покрытий никель–фторопласт выше, чем у стандартных никелевых покрытий;
- металлографические исследования показали, что частицы фторопласта в большом количестве внедряются в никелевую матрицу, а наночастицы различного вида поразному влияют на внешний вид поверхности покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин И.Н. Порошковая гальванотехника. М.: Машиностроение. 1990. С. 204.
2. Сайфуллин Р.С. Физикохимия неорганических и полимерных композиционных материалов. М.: Химия. 1990. С. 145.
3. Ковенский И.М., Поветкин В.В. Металловедение покрытий: учебник для вузов. М.: СП Интермет Инжиниринг. 1999. С. 44.

Е.В. Тюриков

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУЖЕБНЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В САМОРЕГУЛИРУЮЩЕМСЯ ЭЛЕКТРОЛИТЕ ХРОМИРОВАНИЯ, СОДЕРЖАЩЕГО НАНОПОРОШОК ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С РАЗМЕРОМ ЧАСТИЦ 5–50 нм

Представлены результаты исследований свойств хромовых покрытий, полученных в электролитах, содержащих нанопорошок оксида алюминия, в сравнении со свойствами стандартных хромовых покрытий. Проведенные исследования показали, что свойства хромовых покрытий, получаемых в электролитах, содержащих нанопорошок оксида алюминия, превосходят свойства покрытий, получаемых в стандартных электролитах.

Ключевые слова: хромовые покрытия, нанопорошок оксида алюминия.

Широко применяемые в настоящее время стандартный и саморегулирующийся электролиты хромирования имеют ряд существенных недостатков: малый выход по току, низкая рассеивающая способность, высокая пористость твердого хромового покрытия, высокие внутренние напряжения, увеличение шероховатости поверхности покрытия с ростом его толщины [1].

Для устранения этих недостатков были разработаны импульсные токовые режимы осаждения покрытий [2] и новые электролиты хромирования, содержащие мелкодисперсные частицы оксида алюминия, оксида циркония, оксида титана, карбида кремния [3, 4] или легирующие элементы – ванадий, молибден, титан [2]. В начале 80-х годов XX века для получения покрытий на основе хрома стали применять ультрадисперсные (кластерные) алмазы [5].