

УДК 66.087.7: 669.715 (047.31)

**П.П. СТРОКАЧ, Н.П. ЯЛОВАЯ, В.А. ХАЛЕЦКИЙ, С.В. БАСОВ,  
Э.А. ТУР**  
Брест, БрГТУ

### **ОСАЖДЕНИЕ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ЭЛЕКТРОЛИТОВ**

Химическое никелирование основано на восстановлении ионов никеля до металла в соответствующих растворах. Основным преимуществом химического никелирования является возможность нанесения равномерного осадка на сложнопрофилированные изделия.

Для химического никелирования можно применять кислые и щелочные растворы, причем первые, как правило, обладают повышенной производительностью (до 30 мкм/ч).

Предварительная подготовка образцов для никелирования включает обезжиривание и травление. Основными трудностями, которые препятствуют широкому применению химического никелирования, являются: изменение состава электролита во времени, в результате чего уменьшается концентрация ионов никеля, накопление слаборастворимых продуктов восстановления никеля и выпадение их в осадок, что приводит к снижению скорости восстановления никеля вплоть до полного прекращения процесса. По этой причине хорошие по качеству химические никелевые покрытия получают только из свежеприготовленных растворов электролитов.

Микротвердость покрытий, полученных химическим никелированием, колеблется в пределах 400–600 кг/мм<sup>2</sup>. Отпуск химических никелевых покрытий при температуре 350–400°C способствует повышению твердости осадка до 900–1000 кг/мм<sup>2</sup>. Износостойкость таких покрытий конкурирует с износостойкостью электролитического хрома.

Нами были проведены исследования по осаждению никелевых покрытий из электролитов, составы которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав электролитов, использованных для осаждения никелевых покрытий

Компонент	Электролит № 1	Электролит № 2
NiSO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O, г/л	250	75
NiCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O, г/л	40	–
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , г/л	40	20
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , г/л	–	100
NH <sub>4</sub> Cl, г/л	–	20

Осаждение никеля на алюминиевые подложки осуществляли без нанесения предварительных промежуточных цинковых слоёв.

Качество покрытия в значительной степени определяется предварительной подготовкой основания. Подготовка поверхности алюминия осуществлялась предварительной обработкой поверхности в 10%-ном растворе гидроксида натрия при температуре 60°C в течение 15 с. При этом происходит травление поверхности алюминия с бурным выделением пузырьков водорода, очищающих металл от поверхностных загрязнений. После этого подложки немедленно промывали в холодной дистиллированной воде и осветляли в 15%-ном растворе азотной кислоты при температуре 20°C. Для сравнения осаждение покрытий осуществляли на образцы с минимальной обработкой поверхности (4%-ный раствор NaOH при 20°C в течение 10 с с последующим промыванием в дистиллированной воде).

Осаждение покрытий осуществляли при температуре 60°C, плотность тока составляла 0,2 А/дм<sup>2</sup>. Для предотвращения питтинга подложки периодически встряхивали.

Дополнительно в состав электролита при интенсивном механическом перемешивании вводили мелкодисперсный диоксид кремния *Aerosil 200* (*Evonik*) в количестве 2 г/л. Характеристики диоксида кремния приведены в таблице 2.

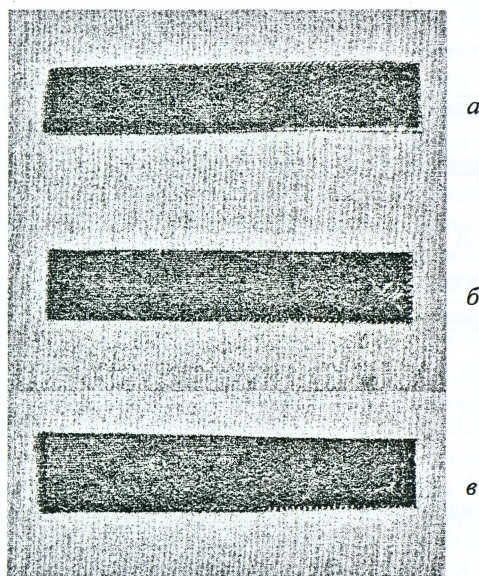
Таблица 2 – Свойства мелкодисперсного диоксида кремния

Показатель	Значение
Удельная площадь поверхности, м <sup>2</sup> /г (Определена с помощью метода БЭТ)	200
Средний размер первичных частиц, нм	12
Насыпная плотность, г/л	50
Содержание SiO <sub>2</sub> в прокаленном продукте, %	99,8
Содержание влаги, %	менее 1,5
Водородный показатель (pH) 4% водной вытяжки	4,2

В результате никелирования образцов с упрощённой формой подготовки поверхности были получены следующие результаты. При малом времени осаждения в электролите № 1 на начальных стадиях формирования покрытия (4,05 мг/см<sup>2</sup>) наблюдаются круглые пятна (до 1 мм), где осаждение никеля не происходит. При увеличении времени электролиза (9,35 мг/см<sup>2</sup>) образуется матовое покрытие с сильным питтингом. При ещё большем времени электролиза (48,41 мг/см<sup>2</sup>) образуется матовое покрытие с умеренным питтингом с неудовлетворительной адгезией к алюминию: покрытие отслаивается с поверхности в виде фольги. Выход по току для полученных образцов составляет 87–92%. В силу неудовлетворительного

внешнего вида данные образцы коррозионным испытания не подвергали. Фотографии полученных покрытий приведены на рисунке 1.

Образцы, полученные при обработке поверхности алюминия с помощью гидроксида натрия и азотной кислоты, показали следующие результаты. На начальных стадиях осаждения формируется матовое покрытие в электролите № 1 ( $9,41 \text{ мг/см}^2$ ) и чуть менее матовое покрытие в электролите № 2 ( $8,68 \text{ мг/см}^2$ ). Несмотря на интенсивное встряхивание образцов в процессе осаждения на краях поверхности замечен незначительный питтинг. Выход по току для полученных образцов составляет 88–92%.



*а – слой никеля  $4,05 \text{ мг/см}^2$ ;  
 б – слой никеля  $9,35 \text{ мг/см}^2$ ;  
 в – слой никеля  $48,41 \text{ мг/см}^2$ .*

**Рисунок 1 – Фотографии дефектной поверхности никелевых покрытий при неудовлетворительной обработке поверхности**

Покрытия, полученные при введении в электролит мелкодисперсного диоксида кремния более матовые, чем аналогичные покрытия, полученные из чистых электролитов, что можно объяснить включением частиц  $\text{SiO}_2$  в гальванический слой никеля. Выход по току для полученных образцов со-

ставляет 92–94%, что несколько выше, чем для чистых никелевых покрытий, что также может быть частично объяснено увеличением массы покрытия за счёт диоксида кремния.

На второй стадии была исследована коррозионная стойкость полученных образцов. В качестве сред для испытания были выбраны растворы 0,1 М соляной кислоты, 0,1 М гидроксида натрия и дистиллированная вода. Время выдержки образцов составило 24 ч, после чего была произведена оценка изменения их внешнего вида. Результаты испытания приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка внешнего вида никелевых покрытий после коррозионных испытаний

Коррозионная среда	Электролит №1	Электролит №2
Электролит без микрочастиц $\text{SiO}_2$		
Дистиллированная вода	Изменений нет	Изменений нет
0,1 М $\text{HCl}$	Частичная коррозия на месте питтинга покрытия	Частичная коррозия на месте питтинга покрытия
0,1 М $\text{NaOH}$	Частичная коррозия на месте питтинга покрытия	Частичная коррозия на месте питтинга покрытия
Электролит с микрочастицами $\text{SiO}_2$		
Дистиллированная вода	Изменений нет	Изменений нет
0,1 М $\text{HCl}$	Незначительные повреждения на месте питтинга покрытия	Незначительные повреждения на месте питтинга покрытия
0,1 М $\text{NaOH}$	Изменений нет	Изменений нет

Таким образом, в результате проведенных исследований по осаждению никелевых покрытий нами было установлено, что никелевые покрытия, осажденные в присутствии микрочастиц  $\text{SiO}_2$ , демонстрируют незначительное улучшение коррозионной стойкости по сравнению с образцами из чистого никеля.