

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НИКЕЛИРОВАНИЯ, СОДЕРЖАЩИХ НАНОПОРОШКИ

*Исследовано влияние нанопорошков  $Al_2O_3$  и  $SiC$  на свойства сульфаминовокислого электролита никелирования (выход по току, рассеивающая способность). Изучена седиментационная устойчивость (скорость осаждения) и адсорбционная способность нанопорошков.*

**Ключевые слова:** электролиты никелирования, седиментационная устойчивость.

В УНТЦ (филиале ФГУП «ВИАМ») разработаны способы осаждения покрытий из электролитов никелирования, содержащих нанопорошок  $Al_2O_3$ . Свойства покрытий на основе никеля, получаемых из этих электролитов, существенно отличаются от свойств покрытий, получаемых из стандартных электролитов никелирования. Покрытия получают беспористыми при толщинах свыше 15 мкм, повышается адгезия покрытий к подложке, микротвердость, износостойкость, коррозионная стойкость. Класс шероховатости соответствует классу шероховатости подложки [1]. Чтобы выяснить, каким образом введение нанопорошков в электролиты никелирования влияет на формирование никелевых покрытий, необходимо провести комплекс исследований электролитов никелирования, содержащих нанопорошки. В данной работе исследовано влияние нанопорошка  $Al_2O_3$  на рассеивающую способность электролита никелирования и выход металла по току, приведены результаты исследований седиментационной устойчивости суспензии электролита никелирования, показано, что ионы никеля адсорбируются на наночастицах.

Определение рассеивающей способности (РС) электролитов никелирования проводили методом измерения распределения тока и металла на катоде в ячейке Фильда (рис. 1) по формуле:

$$PC = \frac{K - M_6 / M_d}{K + M_6 / M_d - 2} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $K=l_d/l_6$  – коэффициент первичного распределения тока ( $l_6$  и  $l_d$  – расстояние от анода до ближнего и дальнего катода соответственно);  $M_6$  и  $M_d$  – привес металла на ближнем и дальнем катоде соответственно.

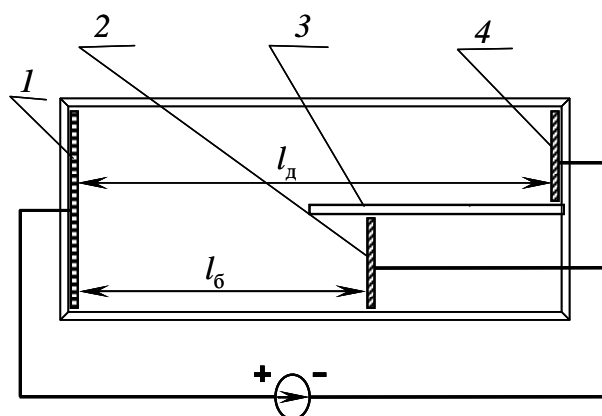


Рис. 1. Ячейка Фильда для определения рассеивающей способности электролита:  
1 – анод; 2 – ближний катод; 3 – диэлектрик; 4 – дальний катод

Результаты измерения рассеивающей способности электролитов никелирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Рассеивающая способность электролитов никелирования	
Электролит	Рассеивающая способность, %
Никель сульфаминовокислый	-55,77
То же + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в количестве, г/л:	
4	-50,87
6	-53,93
8	-55,33

Как выяснилось, добавление нанопорошков в электролит никелирования не оказывает значительного влияния на его рассеивающую способность, измеренную по Фильду. Рассеивающая способность менялась в пределах  $\pm 5\%$  – в зависимости от вида и концентрации введенного в электролит никелирования порошка.

Выход металла по току [2] определяли по формуле:

$$h = \frac{\Delta m_{\phi} \cdot 26,8}{I \cdot t \cdot \mathcal{E}_{Me}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $\Delta m_{\phi}$  – привес металла на катоде, г; 26,8 – число Фарадея, А·ч;  $I$  – сила тока в цепи, А;  $t$  – продолжительность электролиза, ч;  $\mathcal{E}_{Me}$  – эквивалентная масса металла, г.

Результаты измерения выхода металла по току приведены в табл. 2.

Таблица 2

Выход по току никелевых покрытий	
Электролит	Выход никеля по току, %
Никель сульфаминовокислый	91,1
То же + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в количестве, г/л:	
4	88,58
8	88,58
12	89,5

В ходе исследований выяснилось, что введение нанопорошка Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в электролит уменьшает выход никеля по току, масса покрытий на катодах, полученная из электролита, содержащего нанопорошки, была всегда несколько ниже, чем масса покрытий, полученных из стандартного электролита, при одинаковых условиях электролиза (ток, температура электролита, продолжительность электролиза). Однако введение нанопорошка Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в электролит никелирования позволяет повысить максимально допустимую плотность тока, благодаря чему увеличиваются скорость роста никелевых покрытий, количество активных центров, на которых образуются зародыши, уменьшается размер зерна [2].

На рис. 2 представлена временная зависимость коэффициента светопропускания электролита никелирования, содержащего наночастицы, измеренная относительно электролита такого же состава, но не содержащего наночастицы.

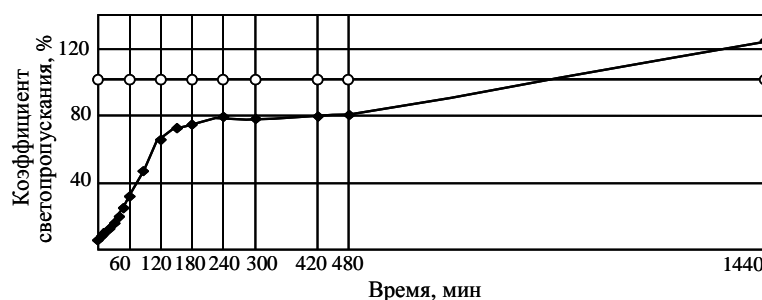


Рис. 2. Седиментация наночастиц в электролите никелирования (♦):

○ – исходное значение сравнения для аналогичного электролита без наночастиц (коэффициент светопропускания соответствует 100%)

Как видно на графике (см. рис. 2), первые два часа происходит быстрое осветление раствора электролита, т. е. осаждение большинства наночастиц, затем скорость осаждения выравнивается, а через 24 ч с начала эксперимента электролит, содержащий наночастицы, становится светлее электролита без наночастиц. Так как коэффициент светопропускания напрямую зависит от концентрации гидратированных ионов никеля (для длин волн, при которых проводились измерения), сделан вывод о том, что ионы никеля адсорбировались на наночастицах и вместе с ними осели на дно кюветы. Был предложен способ исследования движения наночастиц под действием постоянного тока.

Для определения заряда наночастиц и, соответственно, направления их движения в электрическом поле была разработана ячейка, приведенная на рис. 3.

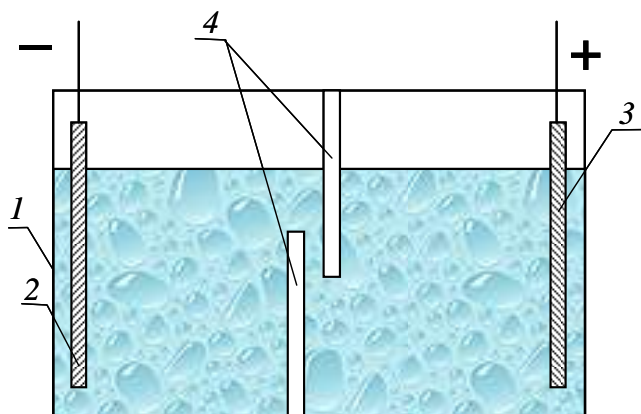


Рис. 3. Ячейка для определения направления наночастиц в электрическом поле:

1 – ячейка; 2 – катод; 3 – анод; 4 – перегородка, не позволяющая наночастицам переместиться из анодного пространства в катодное при броуновском движении

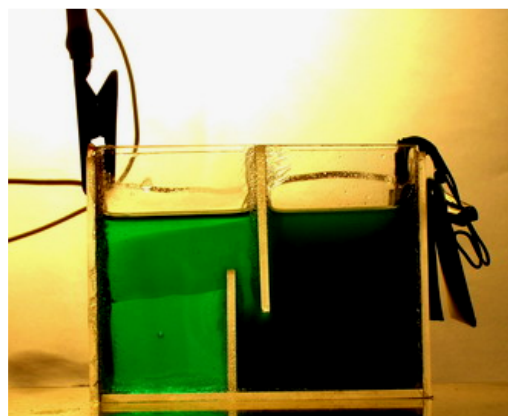


Рис. 4. Движение наночастиц  $\text{Al}_2\text{O}_3$  под действием постоянного тока

Одну часть ячейки, в которую был помещен катод, заполняли электролитом без нанопорошка. Вторую часть ячейки, в которую был помещен анод, заполняли электролитом, содержащим нанопорошок оксида алюминия (концентрацией 2 г/л). Заполнение ячейки проводили таким образом, чтобы электролиты из первой и второй части не перемешивались. Затем включали ток и наблюдали движение электролита с нанопорошком из анодной части ячейки в катодную (рис. 4).

Таким образом, в проведенной работе установлено:

- нанопорошки не оказывают значительного влияния на рассеивающую способность электролита никелирования, измеренную по Фильду;
- при введении нанопорошка  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в электролит никелирования уменьшается выход никеля по току;
- большинство наночастиц оседает на дно в течение первых двух часов после введения нанопорошков в электролит, вместе с адсорбированными ионами никеля;
- наночастицы приобретают положительный заряд благодаря адсорбированным ионам никеля и движутся к катоду во время электролиза.

Проведенные исследования позволяют сделать выводы о том, что наночастицы  $\text{Al}_2\text{O}_3$  взаимодействуют с ионами никеля: наночастицы  $\text{Al}_2\text{O}_3$  адсорбируют ионы никеля, движутся в катодную область, являясь переносчиками ионов никеля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нагаева Л.В. Применение нанопорошков в электролитах никелирования как способ получения никелевых покрытий, не уступающих по свойствам хромовым //Коррозия: материалы, защита. 2007. №9. С. 32–36.
2. Ковенский И.М., Поветкин В.В. Металловедение покрытий: учебник для вузов. М.: СП Интермет Инжиниринг. 1999. С. 18–36.