

Рисунок 1 – Зависимость микротвердости КЭП от концентрации УДА в электролите

При концентрации УДА в электролите равной 10 г/л микротвердость увеличилась практически в 10 раз в сравнении с покрытием, полученным из сульфатного электролита без добавки УДА. Также при введении в электролит УДА увеличивается коррозионная устойчивость железных покрытий. Введение в электролит добавки УДА до 10 г/л позволило уменьшить ток коррозии в 2,5-2,8 раза. Уменьшение тока коррозии связано с уменьшением пористости покрытия при внесении в него частиц ультрадисперсных алмазов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Закиров, Ш.З. Упрочнение деталей машин электроосаждением алмаза / Ш.З. Закиров. – Душанбе: Ирфон, 1978. – 207 с.
- 2 Петров, Ю.Н. Влияние условий электролиза на свойства электролитических железных покрытий / Ю.Н. Петров. – Сталинабад: Таджикосиздат, 1957. – 155 с.
- 3 Ультрадисперсные алмазы в гальванотехнике / Г.К. Буркат, В.Ю. Долматов // Физика твердого тела. – 2004. – Т. 46. Вып. 4.

УДК 544.654.2:546.74

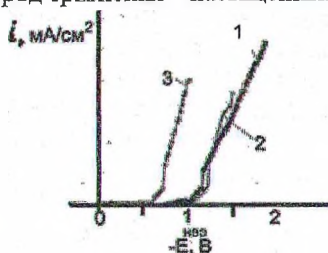
И.В. Антихович, магистрант; А.А. Черник, доц., канд. хим. наук;  
И.М. Жарский, проф., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск)

### ОСАЖДЕНИЕ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ СУЛЬФАТНО-ХЛОРИДНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА НА СТАЛЬНУЮ ПОДЛОЖКУ

Электрохимическое никелирование широко применяется в промышленности, как в виде самостоятельных покрытий, так и в качестве подслоя при нанесении многослойных покрытий. Особенность процесса никелирования из большинства электролитов – применение повышенной температуры. Описанные в литературе электролиты, работающие при комнатной температуре [1] не обеспечивают требуемое

качество Ni покрытий. Поэтому разработка новых составов и технологических режимов позволяющих получать никелевые покрытия при пониженных на 20–30°C температурах является актуальной задачей.

Применение нестационарных режимов электролиза (импульсных, реверсных) позволяет существенно увеличить число факторов влияющих на структуру и свойства полученных покрытий [2]. Для исследований был выбран электролит следующего состава, г/дм<sup>3</sup>: NiSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 140; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O 40; NaCl 5; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 20; MgSO<sub>4</sub> 25; pH = 5-5,5; t = 20-35°C. Исследования электрохимических свойств покрытий проводили потенциостатическим методом. Поляризация электродов осуществлялась с помощью потенциостата ПИ 50-1.1 в комплексе с программатором ПР-8 в потенциостатическом и гальваностатическом режимах. Электрод сравнения – насыщенный хлорсеребряный.



1 – сталь; 2 – сталь/Ni(10 мкм); 3 – Ni

Рисунок 1 – Поляризационные кривые в исследуемом электролите

Как следует из рисунка 1, наибольшая поляризация наблюдается на стали, наименьшая – на никеле. Это указывает на большие затруднения при кристаллизации никеля на чужеродной основе. По мере выравнивания природы осаждаемого покрытия и основы перенапряжение поляризации уменьшается. Для определения диапазона рабочих плотностей тока для исследуемого электролита применяется ячейка Хулла. Электроосаждение проводилось в течение 10 мин при силе тока 1А. Результаты измерений для электролита № 1 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость внешнего вида покрытия от плотности тока

Расстояние до ближнего катода, мм	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Плотность тока (А/дм <sup>2</sup> ).	5,1	4,2	3,5	3,0	2,6	2,2	1,9	1,7	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4
Внешний вид покрытия	нет						напряженное		блестящее		матовое				

Как следует из таблицы 1, покрытия удовлетворительного каче-

ства получены при  $i$  до  $0,8 \text{ А/дм}^2$  – матовые, до  $1,4 \text{ А/дм}^2$  – блестящие. При более высоких плотностях покрытия получаются напряженными, плохо сцепленными с основой.

При осаждении покрытий в импульсном режиме переменными факторами являлись плотность тока в импульсе, время паузы  $\tau_n$  и время импульса  $\tau_n$ .

В импульсном режиме рассчитывалось:

$$\tau_3 = \frac{\rho \cdot \delta \cdot 10^{-4}}{i_{эфф} \cdot q \cdot VT}$$

где  $\tau_3$  – время электролиза, с;  $\rho$  – плотность,  $\text{г/см}^3$ ;  $\delta$  – толщина покрытия, мкм;  $i_{эфф}$  – эффективная плотность тока,  $\text{А/см}^2$ ;  $q$  – электрохимический эквивалент,  $\frac{\text{г}}{\text{А}\cdot\text{ч}}$ ;  $VT$  – выход по току.

Эффективная плотность тока рассчитывалась по формуле:

$$i_{эфф} = \phi \cdot i_k \frac{\tau_u \cdot i_k}{\tau_u + \tau_n}$$

где  $\phi$  – скважность импульсного тока;  $i_k$  – катодная плотность тока в импульсе,  $\text{А/дм}^2$ ,  $\tau_u$  – время импульса, с;  $\tau_n$  – время паузы, с.

Выход по току в импульсном режиме:

$$VT = \frac{\Delta m}{q \cdot \phi \cdot i_u \cdot \tau_3} \cdot 100\%$$

где  $\Delta m$  – масса осажденного металла, г;  $q$  – электрохимический эквивалент никеля, ( $q = 1,1 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$ )

Результаты осаждения никелевых покрытий в импульсном режиме представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технологические параметры осаждения никелевых покрытий в условиях импульсного электролиза в сульфатно-хлоридном электролите

	$\tau_{имп.} 1с$ $\tau_{пауз.} 0,05 с$ $\phi = 0,9524$	$\tau_{имп.} 1с$ $\tau_{пауз.} 0,1 с$ $\phi = 0,9091$	$\tau_{имп.} 1с,$ $\tau_{пауз.} 0,2 с$ $\phi = 0,8333$	$\tau_{имп.} 1с$ $\tau_{пауз.} 0,5 с$ $\phi = 0,6666$	$\tau_{имп.} 1с$ $\tau_{пауз.} 1 с$ $\phi = 0,5$
	$i_k = 1$				
VT, %	94,05	96,23	93	84,62	80,01
$V_{ос.}$ мкм/мин	0,1845	0,1802	0,1598	0,1162	0,0826
пористость	19,75	17,75	36	38	41,5
	$i_k = 2$				
VT, %	88,39	93,61	94,80	96,39	92,69
$V_{ос.}$ мкм/мин	0,3469	0,3507	0,3255	0,2647	0,1909
пористость	11,75	18,25	18,5	33,75	35

Как следует из таблицы 2 с ростом паузы VT уменьшается. При этом пористость никелевого покрытия увеличивается при увеличении паузы.

Для определения толщины беспористого покрытия проводили осаждение никеля от толщиной от 5 мкм до 40 мкм при импульсном режиме ( $\tau_{имп.} 1 с$ , пауза 0,05 с,  $i_k = 2 \text{ А/дм}^2$ ). Как следует из рисунка 2

с ростом толщины покрытия пористость монотонно уменьшается и при толщине 40 мкм покрытие становится практически беспористым со средним количеством пор 1 пора/см<sup>2</sup>.

Осаждение никеля при импульсном гальваностатическом режиме электролиза протекает при непрерывно изменяющемся во времени электродном потенциале  $E(\tau)$ . От величины и характера изменения  $E(\tau)$  зависят вероятность протекания и доля той или иной электрохимической реакции электродного процесса [3]. Хронопотенциограмма катодного процесса при  $i=2 \text{ А/дм}^2$ ,  $\tau_{\text{имп.}} = 1 \text{ с}$ ,  $\tau_{\text{пауз.}} = 1 \text{ с}$  представлена на рисунке 3.

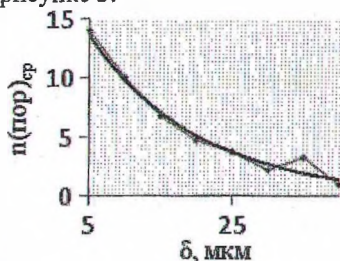


Рисунок 2 – Зависимость пористости никелевого покрытия от толщины в электролите № 1

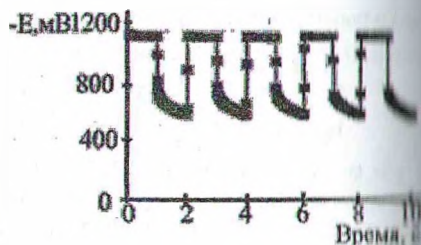


Рисунок 3 – Изменение потенциала катода во времени в импульсном режиме

Величина тока обмена и природа перенапряжения таковы, что потенциал электрода быстро возвращается во время паузы к стационарному значению [3].

Установлено, что применение импульсного электролиза позволяет получать никелевые покрытия приемлемого качества при плотностях тока до  $2 \text{ А/дм}^2$ .

Т. о. в результате выполнения работы были изучены состав, свойства и рабочие интервалы плотностей тока низкотемпературного электролита никелирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Вайнер, Я.В. Технология электрохимических покрытий / Я.В. Вайнер, М.А. Дасоян. – Ленинград: Машиностроение, 1972. С. 464.
- 2 Костин, Н.А. Импульсный электролиз / Н.А. Костин, В.С. Кублановский, А.В. Заблудовский. - Киев: Наукова думка. 1989.
- 3 Пеганова, Н.В. Гальванотехника и обработка поверхности / Н.В. Пеганова, Т.Е. Цупак. // Электроосаждение никеля из разбавленного ацетатно-хлоридного электролита в импульсном режиме. 2000 № 4.