

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ (КЭП) ЗАДАННОГО СОСТАВА С МАТРИЦЕЙ ИЗ НИКЕЛЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ

*Казанский государственный медицинский университет,
ул. Бутлерова, 49, г. Казань, Россия*

В данной работе количественно оценивается зависимость содержания дисперсных частиц (ДЧ) в никелевых покрытиях и их распределение по размерам в зависимости от параметров периодического тока. Осаждение проводилось на полированных образцах из нержавеющей стали из сульфатно-хлоридного электролита никелирования, дисперсной фазой являлся $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ дисперсностью от 0,5 до 10 мкм, концентрация – 40 г/л. Источник периодического тока описан в [1]. Растворением фольги КЭП в соляной кислоте определяли содержание никеля путем титрования раствором ЭДТА. Разница между начальной массой фольги и металлом дает количество ДЧ, включающихся в осадок. Изучение распределения частиц по размерам проводилось металлографическим микроскопом МИМ-8М. Результаты усреднялись по трем образцам.

С целью выявления влияния параметров тока был поставлен двухфакторный плановый эксперимент. Варьировалось – $X_1 = Q_k/Q_a$ – отношение количества электричества, протекающего в катодном и анодном направлениях в течение периода (данный фактор в обобщенном виде учитывает амплитудно-временные характеристики различных форм тока) и X_2 – средняя плотность тока ($i_{к.ср}$).

С учетом получения качественных осадков и обеспечения достаточной производительности процесса были выбраны следующие уровни и интервалы варьирования

	Нижний	Средний	Верхний	Интервал варьирования
X_1	5	10	15	5
X_2	1	2	3	1

В качестве выходного параметра Y принято массовое содержание Al_2O_3 в КЭП (α_m , %).

В результате реализации матрицы (табл. 1) и обработки экспериментальных данных [2] найдены значимые для уровня $P=0,05$ коэффициенты линейного уравнения регрессии, которое имеет вид:

$$Y = 7,73 + 1,61 X_2 + 1,26 X_1 \cdot X_2.$$

Проверка уравнения по критерию Фишера показала, что оно адекватно описывает исследованную область факторного пространства. Использование выражения позволяет определить режимы работы источника тока для получения КЭП заданного состава с разбросом $\alpha_m \sim 1\text{--}2\%$. По уравнению регрессии построены частные зависимости α_m от средней плотности тока и соотношения параметров прямого и обратного импульсов. Из зависимостей, показанных на рис. 1, видно с увеличением количества электричества в анодном импульсе содержание ДЧ снижается, а повышение средней плотности тока вследствие увеличения скорости выделения металла приводит к возрастанию включений в покрытие.

Сравнительная оценка α_m при различных режимах электролиза при $i_{к.ср} = 1 \text{ А/дм}^2$ показала, что наименьшее количество включений наблюдается при $Q_k/Q_a = 3$ (табл. 2). С увеличением количества электричества, пропускаемого в анодном направлении, изменяется фракционный состав ДЧ – в покрытиях (рис. 2).

Таблица 1. Матрица планирования и результаты экспериментов

x_1	x_2	y_1	y_2	y_3	y_{cp}
+1	+1	11,3	12,4	11,6	11,77
-1	+1	9,20	7,20	8,4	8,27
+1	-1	5,12	5,76	7,20	6,03
-1	-1	5,81	4,28	4,50	4,36
0	0	7,1	7,46	8,81	7,79

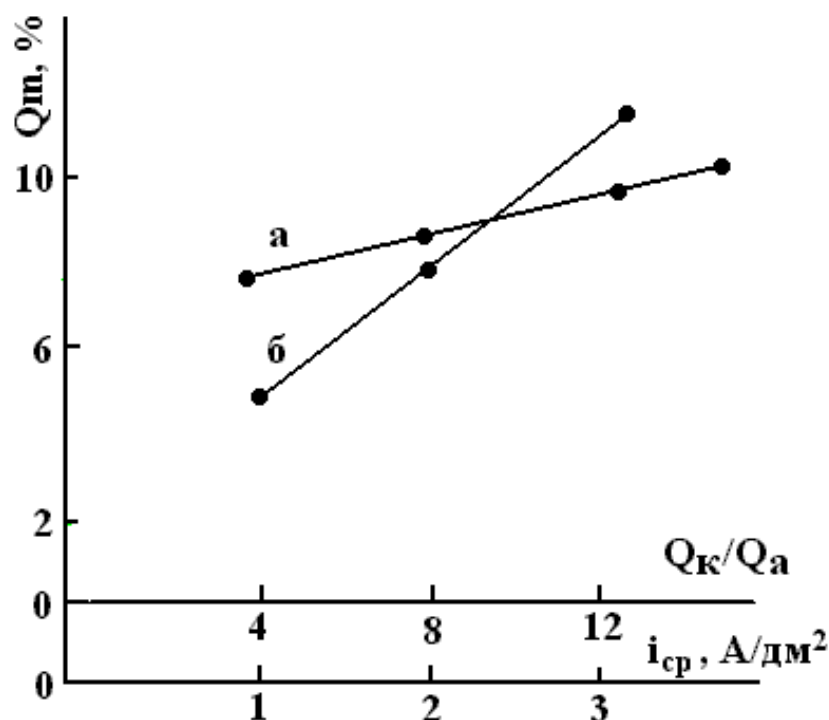


Рис. 1. Частные зависимости содержания ДЧ в покрытии а – от соотношения Q_k/Q_a ; б – от средней плотности тока i_{cp} .

Таблица 2. Зависимость массового содержания ДЧ в покрытиях от режимов электролиза

Содержание ДЧ	Постоянный ток	Q_k/Q_a			
		15	10	5	3
$\alpha_m, \%$	10	9	8	5	3

Нетрудно заметить, что в условиях периодического тока снижение содержания ДЧ связано с изменением фракционного состава в осадке.

При осаждении КЭП постоянным током состав осажденных частиц Al_2O_3 не отличается от исходного. С введением анодной составляющей заметна тенденция к уменьшению размеров включений вплоть до преимущественного захвата мелких фракций ДЧ с большей равномерностью распределения их по объему и поверхности осадка (рис. 2).

Вероятно, это связано с тем, что из-за растворения части металла в анодный полупериод возможность закрепления и зарастивания крупных частиц Al_2O_3 значительно уменьшается (табл. 3).

Таким образом, с увеличением плотности анодного импульса формируются КЭП, содержащие более мелкие и однородные фракции ДЧ. Кроме того, заданным соотношениям амплитудно-

временных параметров периодического тока должны соответствовать определенные фракции частиц, включающиеся в покрытие.

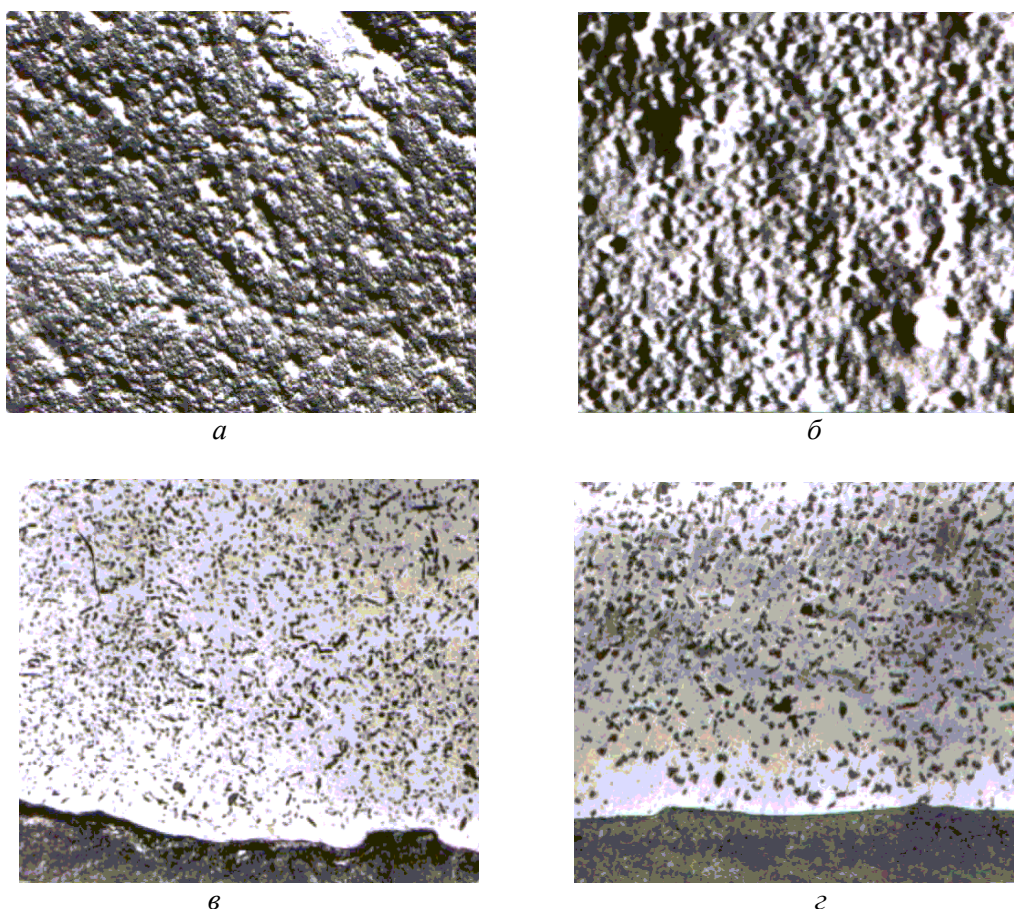


Рис. 2. Микрофотографии поверхности (а, б) и шлифов (в, г) покрытий $Ni - Al_2O_3$. Q_k/Q_a : (а, в – 3), (б, г – 5) $\times 500$.

Таблица 3. Фракционный состав ДЧ в покрытиях, полученных при различных режимах электролиза

Размеры частиц, мкм	Содержание фракций в покрытиях (%), при разных режимах			
	исходное	постоянный ток	$Q_k/Q_a = 5$	$Q_k/Q_a = 2$
25	5	10	-	-
20	18	20	8	5
15	60	61	56	15
10	7	6	20	18
5	10	3	16	62

ЛИТЕРАТУРА

1. Валеев И.М., Абдуллин И.А., Горячев А.Н. Источник питания ванн периодическим током с обратным импульсом // Вестник машиностроения. 1981. № 5. С. 71–72.
2. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экспериментальных результатов. М., 1965.

Поступила 22.02.2000

Summary

The possibility of obtaining of composite electrochemical coatings of required composition by choosing the mode of periodic current with the inverse impulse on the basis of two-factor plan experiment and experimental data is shown.