

Ю.В. Жарновникова, А.А. Васильева, Н.В. Евреинова  
(СПбГТИ(ТУ), г. Санкт-Петербург)

## **КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ОКСИДОМ НИОБИЯ (V)**

В современной технике необходимы материалы, способные длительно работать в агрессивных средах, выдерживать высокие механические нагрузки и противостоять износу. Для этих целей применяются композиционные электрохимические покрытия, которые в качестве дисперсной фазы содержат карбиды, нитриды или оксиды различных металлов, в результате чего осадки приобретают улучшенные физико-механические свойства: высокую износостойкость, твердость, жаропрочность и стойкость в коррозионно активных средах[1].

КЭП на основе никеля разрабатывались в первую очередь для замены хромовых покрытий, так как электролиты на основе шестивалентного хрома токсичны, а также имеют чрезвычайно низкую рассеивающую способность и требуют повышенных температур.

В работе предложен серноокислый электролит для нанесения износостойкого композиционного покрытия никель – оксид ниобия (V), исследовано влияние режимов электролиза и состава электролита на его микротвердость и износостойкость.

Для исследования свойств покрытий осадки наносили из электролита состава, г/л:  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 200,  $\text{KCl}$  – 20,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  – 30. Также для уменьшения внутренних напряжений в электролит дополнительно вводили сахарин в количестве 1 г/л. Концентрация оксида ниобия варьировалась от 0 до 10 г/л. Режим электролиза: плотность тока 1,0 – 2,0 А/дм<sup>2</sup>, температура 20 – 70°C, рН электролита 4,5±0,1. Так как электролит с добавками дисперсной фазы представляет собой суспензию, необходимо его постоянное перемешивание во избежание оседания частиц оксида ниобия на дно ячейки.

Микротвердость покрытий определяли с помощью микротвердомера ПМТ-3 при постоянной нагрузке на индентор 50 г. КЭП осаждали на сталь марок ст3 и ст20. Трибологические измерения проводили на трибометре ТНТ 70100. КЭП наносились на шайбу из латуни, в качестве контртела брали стальной шарик под постоянной нагрузкой 1 Н. Величину выхода по току определяли гравиметрически.

Исследовано влияние режимов электролиза и концентрации частиц дисперсной фазы в электролите на микротвердость осаждаемого покрытия  $\text{Ni-Nb}_2\text{O}_5$ . Установлено, что с увеличением концентрации

оксида ниобия от 0,5 до 10 г/л микротвердость возрастает. В частности, при температуре 20 °С микротвердость увеличивается от 6,1 до 8,3 ГПа. Даже небольшие концентрации оксида ниобия в электролите вызывают увеличение микротвердости осадка от 4,0-4,2 ГПа до 6,1 ГПа. Увеличение плотности тока не оказывает существенного влияния на микротвердость, в то время как повышение температуры вызывает ее уменьшение. Однако, при комнатной температуре покрытия получаются довольно напряженными, с сеточкой тонких трещин, поэтому целесообразно повышение температуры до 30-40°С. При такой температуре и плотности тока 2,0 А/дм<sup>2</sup> значение микротвердости составляет 6,1–6,2 ГПа.

**Таблица 1 – Микротвердость композиционных покрытий Ni-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в зависимости от температуры, ГПа**

$C_{Nb_2O_5}$ , г/л	Т, °С					
	20	30	40	50	60	70
1	6,44	5,75	5,05	4,29	3,67	3,47
5	6,83	6,60	5,89	5,79	3,78	3,47
10	8,33	6,13	6,23	5,49	4,90	4,80

Зависимость микротвердости и износа КЭП Ni-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> от различных факторов связана с тем, что при увеличении содержания оксида ниобия в электролите, вероятно, увеличивается его содержание в осадке, что способствует повышению микротвердости и снижению износа.

**Таблица 2 – Микротвердость КЭП Ni-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ГПа от концентрации дисперсной фазы и плотности тока**

$i$ , А/дм <sup>2</sup>	$C_{Nb_2O_5}$ , г/л					
	-	0,5	1	2	5	10
1	4,26	6,08	7,01	4,18	6,33	7,52
1,5	3,99	6,08	6,03	6,38	6,60	8,10
2	3,96	6,08	6,89	6,23	6,83	8,33

Выход по току находится в пределах 88-96% и изменяется незначительно при повышении плотности тока и концентрации дисперсной фазы. Увеличение температуры повышает выход по току до 97-98%.

Исследование сухого трения показало, что для пары трения никель–сталь коэффициент трения скольжения составляет 0,090±0,008 для композиционного покрытия, полученного при температуре 20°С, плотности тока 2 А/дм<sup>2</sup> и концентрации оксида ниобия 5 г/л, при ско-

рости скольжения 1 см/с. Это значение значительно ниже коэффициента трения для чистого никелевого покрытия, которое составляет 0,21-0,22[1].

Композиционные электрохимические покрытия на основе никеля, содержащие оксид ниобия (V), обладают в сравнении с чистым никелевым покрытием повышенными физико-механическими свойствами. Они имеют высокую микротвердость при добавлении даже небольших количеств оксида ниобия в электролит, более низкое значение коэффициента трения. Наилучшие результаты были получены при концентрации дисперсной фазы 5-10 г/л, плотности тока 1,5-2,0 А/дм<sup>2</sup> и температуре электролита 30-40°С.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В. В., Балакай В. И., Щербаков И. Н., Арзуманова А. В., Старунов А. В., Мурзенко К. В. Получение и свойства композиционного покрытия на основе никеля // Успехи современного естествознания. 2015. №1. С. 1335–1338.

УДК 621.793

А.А. Майзелис, канд. техн. наук;  
А.И. Пилипенко, канд. техн. наук;  
Т.А. Белоус; Г.В. Овчаренко  
(НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

#### ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ СПЛАВА Cu-Sn ИЗ ПОЛИЛИГАНДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

**Введение.** Покрытия сплавом Cu-Sn различного состава используют как в качестве декоративных, так и для придания поверхности специальных свойств [1]. Бронзирование производят, в основном, в электролитах, содержащие цианид-ионы. Предлагаемые взамен электролиты [2] имеют ряд общих недостатков, связанных с окислительно-восстановительными процессами как в электролите, так и при взаимодействии с поверхностью покрываемых деталей. Следствием первых является нестабильность электролитов, следствием вторых – нарушение сцепления покрытия с основой.

Ионы положительного металла, меди, находящиеся в электролите, могут участвовать в различных реакциях контактного обмена с более отрицательной поверхностью, как деталей, так и оловянных анодов. Кроме того, в процессе приготовления и обслуживания электролита может быть задействована реакция