УДК 621.357.77

СТРУКТУРА И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕДНЫХ КЭП, СООСАЖДЕННЫХ С ЧАСТИЦАМИ ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА

М. Н. БОБРОВ, Е. С. ПЕЧЕНКИНА
Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)
Санкт-Петербург, Россия

Современные тенденции в области гальванотехники все чаще ориентированы на осаждение покрытий с улучшенными функциональными характеристиками, которые достигаются путем введения в их структуру дисперсных частиц различного происхождения. Металлические осадки, модифицированные подобным образом, получили аббревиатуру КЭП (композиционные электрохимические покрытия) и позволяют значительно повысить износостойкость, твердость и другие важные свойства [1, 2].

В работе проведена оценка структуры и трибологических свойств электрохимических медных покрытий, соосажденных с частицами дисульфида молибдена. Использование данного соединения описано для других металлических матриц и позволяет существенно улучшить антифрикционные свойства для деталей, работающих на трение. Данные по медным покрытиям с дисульфидом молибдена описываются в современной литературе, однако имеющиеся сведения зачастую носят противоречивый характер [3–5].

В исследовании был применён стандартный сернокислый электролит меднения с концентрацией сульфата меди 200 г/л и содержанием дисульфида молибдена в пределах от 1 до 10 г/л. В ходе электролиза проведена оценка воздействия механического и ультразвукового перемешивания раствора на структуру получаемых покрытий.

Оценку морфологии полученных КЭП осуществляли на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) TESCAN VEGA 3 (Чехия). Отмечено, что поверхность полученных медных КЭП определяется слоистой структурой включаемых частиц дисульфида молибдена (рис. 1), а механическое перемешивание способствует более равномерному распределению дисперсных частиц по поверхности подложки.

а) *б*) *в*) *г*)

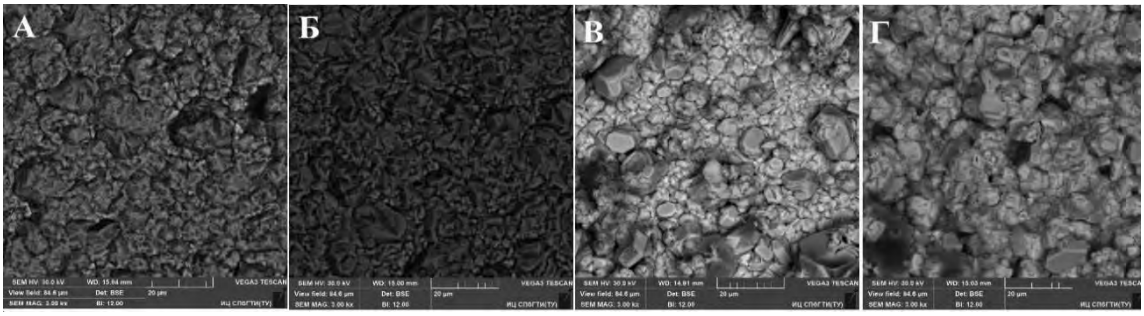

Рис. 1. Изображения покрытий СЭМ, полученных при механическом перемешивании электролита: чистое медное покрытие (*а*); 1 г/л MoS_2 (*б*); 5 г/л MoS_2 (*в*); 10 г/л MoS_2 (*г*)

Процент включения частиц дисульфида молибдена в структуре покрытия оценивали программным обеспечением Esseence сканирующего электронного микроскопа с использованием интегрированного энергодисперсионного спектрометра (ЭДС).

Изменение трибологических свойств полученных медных КЭП в сравнении с чистым медным покрытием осуществляли на трибометре Anton Paar с использованием стального контртела диаметром 6 мм и нагрузкой 1 Н при линейной скорости 5 см/с (рис. 2).

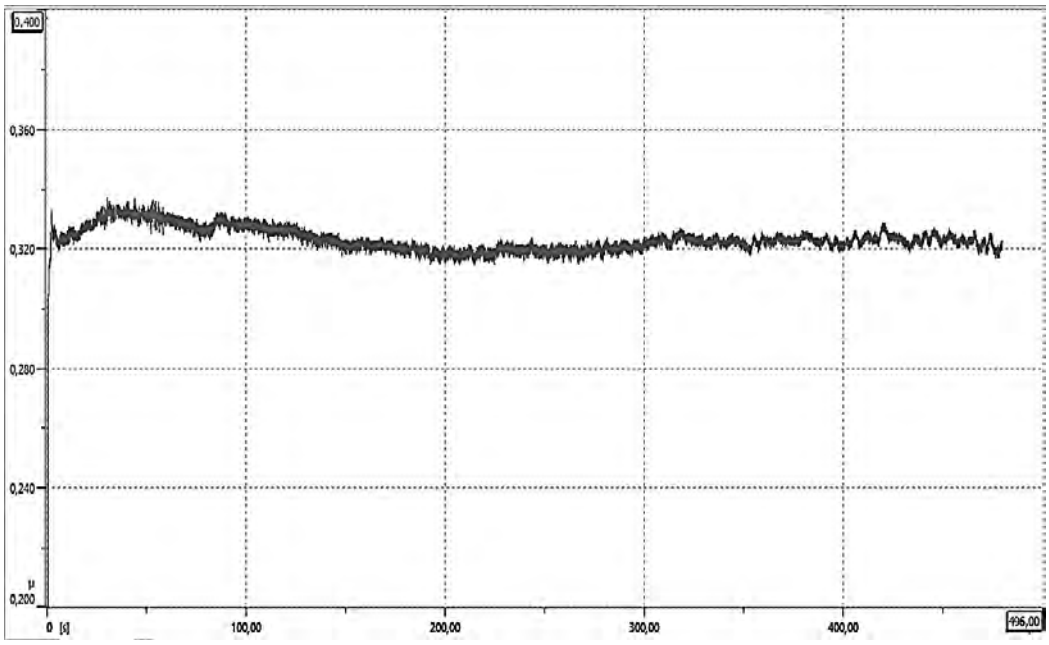

Рис. 2. Изменение коэффициента трения для покрытия (C_{MoS_2} = 5,0 г/л)

Показано, что концентрация частиц дисульфида молибдена 5,0 г/дм^3 позволяет понизить коэффициент трения медного КЭП до 0,35 по сравнению с чистым медным покрытием, для которого коэффициент трения составляет 0,7.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Целуйкин, В. Н.** О структуре и свойствах композиционных электрохимических покрытий. Обзор / В. Н. Целуйкин // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2016. – Т. 52, № 2. – С. 171–184.

2. **Сайфуллин, Р. С.** Композиционные покрытия и материалы / Р. С. Сайфуллин. – М. : Химия, 1977. – 272 с.

3. **Афанасьев, Е. А.** Упрочнение и восстановление деталей машин электроосажденными композиционными покрытиями на основе железа с применением дисульфида молибдена: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.01 / Афанасьев Евгений Андреевич; Юго-Запад. гос. ун-т. – Курск, 2015. – 172 л.

4. **Stefanescu, I.** Aspects regarding self lubricating composite coatings / I. Stefanescu, G. Chirita // The Annals of Univrsity «Dunarea de jos» of galai facicle VII, Tribology. – 2003. – P. 129–132.

5. **Зеликман, А. Н.** Молибден / А. Н. Зеликман. – М. : Металлургия, 1970. – 440 с.