

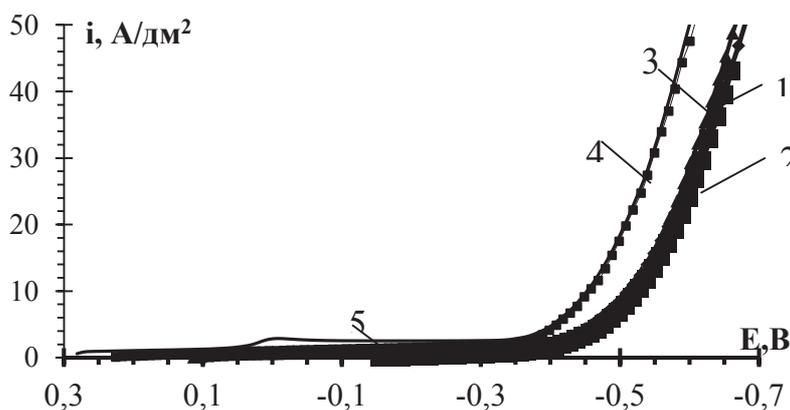
О.А. Маляревич, асп.; В.В. Яскельчик, ассист;  
 А.А. Черник, доц., канд. хим. наук;  
 А.В. Жук, студ. (БГТУ, Минск)

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ПОРОШКОВ МЕДИ

Современное производство развивается в направлении создания малоотходных и безотходных технологий. Постепенно расширяются области применения порошковой металлургии. В данной сфере используются всевозможные металлические порошки, которые хороши своей высокой текучестью, а благодаря структуре и податливости прессованию, способны принимать сложную форму [1].

Порошки меди используются в производстве фильтров, деталей машин методом спекания, для нанесения износостойких, антифрикционных, коррозионностойких и противозадирных покрытий, для восстановления и упрочнения деталей машин горно-металлургической промышленности, автомобильного, трамвайно-троллейбусного и судового транспорта, энергетического и нефтегазового оборудования [2].

Наиболее часто для получения медных порошков используют кислотные электролиты. Поэтому в данной работе исследования проводили в электролитах, содержащих  $130 \text{ г/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ , с варьированием содержания  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{г/дм}^3$ : 5,1; 7,7; 10,2; 12,8; 15,3. Анализировалось влияние технологических параметров на свойства и характеристики медных порошков (рисунок 1).

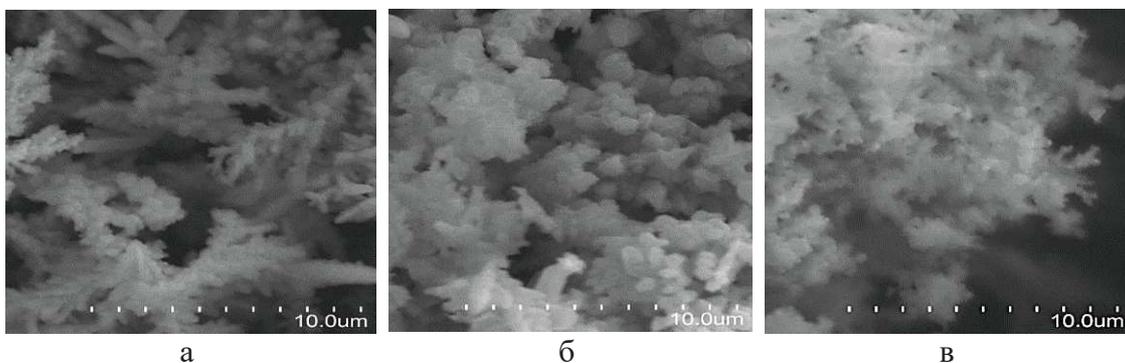


**Рисунок 1 – Зависимость потенциала электрода от силы тока при различных концентрациях электролитов (катодные поляризационные кривые)**  
 1 –  $5,1 \text{ г/дм}^3 \text{ Cu}^{2+}$ ; 2 –  $7,7 \text{ г/дм}^3 \text{ Cu}^{2+}$ ; 3 –  $10,2 \text{ г/дм}^3 \text{ Cu}^{2+}$ ; 4 –  $12,8 \text{ г/дм}^3 \text{ Cu}^{2+}$ ;  
 5 –  $15,3 \text{ г/дм}^3 \text{ Cu}^{2+}$

Анализ катодных поляризационных кривых показывает, что повышение концентрации ионов меди в исследуемых растворах приводит

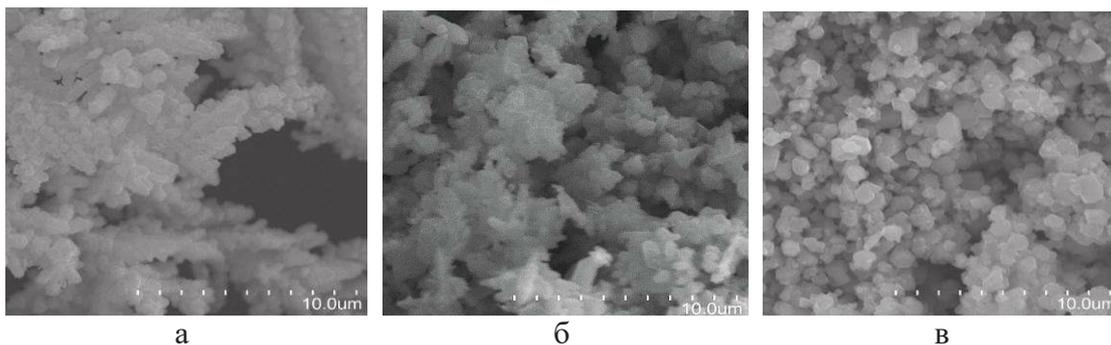
к снижению концентрационной поляризации электродов. При этом поляризационные кривые смещаются в электроположительную область на 100 мВ. Это наиболее характерно для растворов с концентрацией 12,5 – 15,3 г/дм<sup>3</sup> Cu<sup>2+</sup> (рисунок 1, кр. 4–5). Также вследствие снижения диффузионных ограничений при повышении концентрации Cu<sup>2+</sup> наблюдалось увеличение плотности диффузионного тока с 0,35 до 2,5 А/дм<sup>2</sup>. Снижение диффузионных ограничений могло приводить к образованию более крупных частиц порошка меди. Понижение концентрации Cu<sup>2+</sup> до 5,1 г/дм<sup>3</sup> приводит к увеличению поляризации электродов, и соответственно, к увеличению вероятности образования новых зародышей и снижению размеров частиц получаемых порошков меди (рисунок 1, кр. 1–3). В результате образуются отдельные, не связанные друг с другом группы кристаллов в виде дендритов, которые растут в направлении силовых линий электрического поля, т. е. перпендикулярно к поверхности электродов.

Порошки меди, полученные при плотности тока 20 А/дм<sup>2</sup> из сернокислого электролита меднения с концентрацией 5,1 г/дм<sup>3</sup> Cu<sup>2+</sup> и 130 г/дм<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (рисунок 2а) имели структуру дендритов с размерами зерен микрокристаллов от 0,1 до 0,6 мкм. При плотности тока 20 А/дм<sup>2</sup> и концентрации 10,2 г/дм<sup>3</sup> Cu<sup>2+</sup> и 130 г/дм<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> дендритов порошков меди не наблюдалось, но можно было выделить обособленные частицы порошков с размерами от 0,4 до 1,75 мкм (рисунок 2б).



**Рисунок 2 – Микрофотографии порошков меди при плотности тока 20 А/дм<sup>2</sup>:  
а – 5,1 г/дм<sup>3</sup> Cu<sup>2+</sup>, б – 10,2 г/дм<sup>3</sup> Cu<sup>2+</sup>, в – 15,3 г/дм<sup>3</sup> Cu<sup>2+</sup>.  
Концентрация H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 130 г/дм<sup>3</sup>**

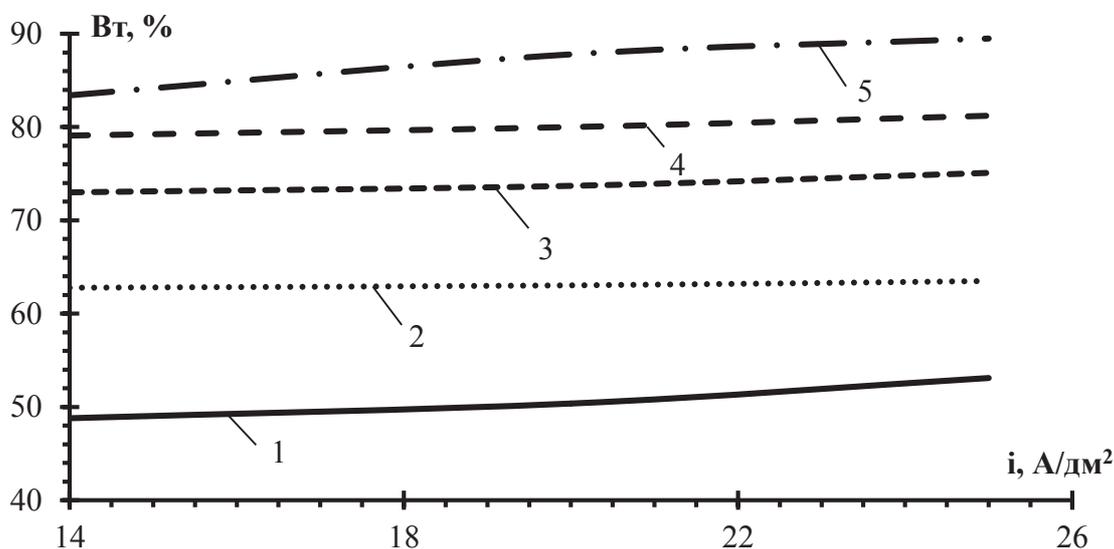
На рисунке 2в представлена микрофотография порошка меди, полученного при плотности тока 20 А/дм<sup>2</sup> концентрации 15,3 г/дм<sup>3</sup> Cu<sup>2+</sup> и 130 г/дм<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, из которых видно, что частицы меди связаны между собой. Поэтому возникла необходимость повышения рабочих плотностей тока (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Микрофотографии порошков меди, полученных при концентрации  $10,2 \text{ г/дм}^3 \text{ Cu}^{2+}$ ,  $130 \text{ г/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$  и плотностях тока: а –  $14 \text{ А/дм}^2$ , б –  $20 \text{ А/дм}^2$ , в –  $25 \text{ А/дм}^2$**

Как следует из серии микроскопических исследований (рисунок 3), что повышение плотности тока с  $14$  до  $25 \text{ А/дм}^2$  приводило к уменьшению дендритообразования и увеличению дисперсности частиц порошка меди.

В ходе исследования было установлено, что наибольшей дисперсностью ( $0,2 - 1,4 \text{ мкм}$ ) обладает порошок меди, полученный в электролите состава  $10,2 \text{ г/дм}^3 \text{ Cu}^{2+}$  и  $130 \text{ г/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$  по достижении плотности тока  $25 \text{ А/дм}^2$ . Такого рода закономерность подтверждается теоретическими данными и поляризационными измерениями, представленными на рисунке 1.



**Рисунок 4 – Зависимость выхода по току от плотности тока порошка меди при  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $130 \text{ г/дм}^3$  и концентрации  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{г/дм}^3$ : 1 –  $5,1$ ; 2 –  $7,7$ ; 3 –  $10,2$ ; 4 –  $12,8$ ; 5 –  $15,3$**

Установлено, что повышение плотности тока с 14 до 25 А/дм<sup>2</sup> в независимости от электролита не приводит к значительным изменениям выхода по току. Так при плотности тока 14 А/дм<sup>2</sup> в растворе с концентрацией Cu<sup>2+</sup> 15,3 г/дм<sup>3</sup> выход по току составил 84%, а при 25 А/дм<sup>2</sup> – 89,5%. Увеличение выхода по току с повышением концентрации связано со снижением диффузионных ограничений и облегчением подвода разряжающихся ионов меди к поверхности, где протекает электролитическое получение порошка меди. Увеличение концентрации электролита от 5,1 до 15,3 г/дм<sup>3</sup> приводит к увеличению выхода по току в среднем с 50% до 86%.

Таким образом, варьируя концентрацию, плотность тока можно получить порошки меди различной дисперсности и гранулометрического состава. Повышение концентрации электролита способствует получению крупнодисперсных порошков меди (до 1,7 мкм), а при понижении концентрации наблюдается образование высокодисперсных порошков (0,2–0,4 мкм) с выходом по току, достигающим 52%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Основы порошковой металлургии / И.М. Федорченко, Р.А. Андриевский; Акад. наук УССР. Ин-т металлокерамики и спец. сплавов. – Киев, 1961. – 420 с.
2. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна/ М.Ю. Бальшин. – М.: Металлургия, 1972. – 336 с.

УДК 541.124:542.952.6:547.313

В.П. Боуфал, инж.; М.А. Патенко, студ.;  
А.В. Пянко, ассист.; А.А. Черник, доц.  
(БГТУ, г.Минск)

### **СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СПЛАВА НИКЕЛЬ-ЖЕЛЕЗО**

В последнее время возникла необходимость в покрытиях, обладающих высокой коррозионной стойкостью в специфических условиях эксплуатации, высокой электропроводностью и многими другими свойствами. Для этой цели вместо чистых металлов применяют сплавы из двух и более компонентов. Сплав никель – железо находит широкое применение благодаря совокупности уникальных физико-механических и химических свойств, таких как: повышенная механическая прочность, устойчивость к воздействию высоких температур, высокая магнитная проницаемость, коррозионная стойкость, пластичность.