

УДК 541.135:546.56

Е. И. Болдырев, Н. Д. Иванова, Н. Е. Власенко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА БИПОЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ ИЗ РАСТВОРОВ С НИЗКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ МЕТАЛЛА

Показана возможность извлечения меди из растворов с концентрацией ионов металла, не превышающей 0.0233 моль/л. Установлена зависимость коэффициента извлечения меди от скорости движения биполярного электрода и плотности тока.

При электровосстановлении ионов металлов существенная роль принадлежит массопереносу [1], который часто определяет скорость всего процесса. На величину предельного тока влияет состав электролита, температура, скорость циркуляции электролита и движения электрода.

В последнем случае, особенно при нанесении покрытий на прокат, ленту, проволоку, существует несколько способов увеличения скорости процесса, главными из которых являются: повышение предельного тока в результате увеличения скорости движения электрода; увеличение скорости движения электрода и встречного потока электролита; применение биполярного электрода.

Последний способ, поскольку к движущемуся электроду ток непосредственно не подводится, характеризуется рядом преимуществ: возможно применение высоких плотностей тока, что позволяет существенно (в несколько раз) интенсифицировать процесс электроосаждения металла [2]; отсутствует зарастание электрических контактов осаждающимся металлом; не происходит разогрева покрываемого металла в месте токоподвода [3], что позволяет избежать его структурных изменений.

Принцип работы биполярного электрода известен давно, но его применение не является традиционным. Он заключается в том, что, благодаря перегородке в электролитической ванне, резко возрастает сопротивление на границе раздела и ток течет по движущемуся электроду, а не по электролиту. Биполярный электролизер состоит из ванны, разделенной перегородкой на 2 камеры (рис. 1). Лента протягивается через электролизер с помощью роликов из диэлектрика (винипласта либо фторопласта).

Цель работы — исследование процесса извлечения металлов, в частности меди, с помощью биполярного электрода из растворов, моделирующих промывные воды, где концентрация металла обычно не превышает 0.0233 моль/л.

Концентрация ионов меди в модельных растворах составляла 0.0039; 0.0078; 0.0155; 0.0233 моль/л, температура электролита — 18—20 °С, плотности тока — 0.075; 0.1; 0.125 А/дм², время электролиза 30 мин. Скорость движения биполярного электрода составляла 0.5; 1.0; 1.5 см/с.

Двухкамерная ячейка была выполнена из плексиглаза, лентопротяжные ролики изготовлены из диэлектрика — фторопласта. Объем каждой камеры равнялся 200 см³ (см. рис. 1). Ток подводился одним источником питания к стационарным рабочим электродам, расположенным вдоль ленты по всей

ее длине. Биполярный электрод представлял собой стальную ленту, выполненную из сетки, геометрическая площадь которой, погруженной в электролит, равнялась 0.156 дм^2 . Поскольку основной процесс протекает на биполярном электроде, камера, где вспомогательный электрод является анодом, а биполярный электрод — катодом, названа катодной. Камера, где вспомогательный электрод является катодом, а биполярный электрод — анодом, названа анодной. Движение биполярного электрода осуществлялось в направлении от катодной камеры в анодную. Вспомогательный электрод (анод) в катодном пространстве был выполнен из нержавеющей стали ($S = 0.36 \text{ дм}^2$), в анодном пространстве (катод) — представлял собой никелевую сетку геометрической площадью 0.4 дм^2 .

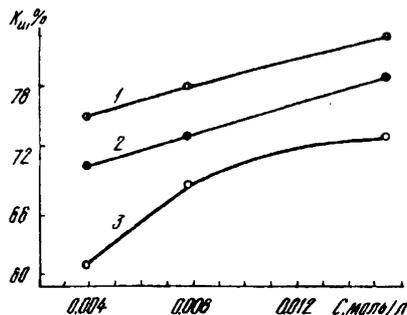
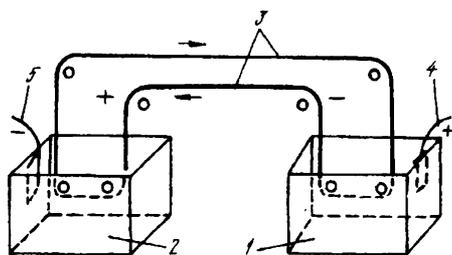


Рис. 1. Схема электролизера с биполярным электродом: 1 — катодная камера; 2 — анодная камера; 3 — биполяр; 4 — катод; 5 — анод.

Рис. 2. Зависимость коэффициента извлечения меди от концентрации ионов меди в растворе при скорости движения биполярного электрода, см/с: 1 — 1.5; 2 — 1; 3 — 0.5. $i = \text{const} = 0.125 \text{ А/дм}^2$.

После проведения электролиза анализировали концентрацию меди в обеих камерах и определяли привес вспомогательного катода, который находился в анодной камере. Было установлено (весовым методом), что растворение вспомогательного анода (нержавеющей стали) при проведении эксперимента практически не происходит. Коэффициент извлечения металла определялся по убыли концентрации ионов меди в катодной камере:

$$K_{\text{из}}\% = C_{\text{кон}}/C_0 \cdot 100,$$

где C_0 — начальная концентрация ионов меди; $C_{\text{кон}}$ — концентрация ионов меди в растворе после проведения электролиза.

Производительность процесса оценивалась по выходу металла по току на вспомогательном катоде (никелевой сетке) в анодной камере.

При проведении эксперимента было установлено, что в процессе электролиза происходит изменение концентрации электролита в камерах ячейки. В катодной камере концентрация меди уменьшается, а в анодной, наоборот, концентрация ионов меди возрастает по сравнению с исходной. На вспомогательном электроде — катоде в анодной камере происходит осаждение меди. Качество осадка и выход по току являлись основными критериями при выборе оптимальных плотностей тока и скорости движения биполярного электрода. При оптимальных условиях проведения эксперимента на вспомогательном катоде происходит осаждение плотных осадков меди.

О влиянии исходной концентрации меди на коэффициент ее извлечения из раствора можно судить по данным, представленным на рис. 2: чем выше концентрация меди в растворе, тем, естественно, больше скорость процесса. Коэффициент извлечения меди зависит и от скорости движения биполярного электрода (рис. 3). Как и следовало ожидать, поскольку процесс протекает с диффузионными ограничениями, увеличение скорости движения электрода приводит к повышению коэффициента извлечения меди из

раствора от 51 до 87 %. Из представленных данных следует, что коэффициент извлечения меди из раствора возрастает при увеличении плотности тока (рис. 4). Применяемая плотность тока превышает предельную диффузионную плотность тока, рассчитанную для этих концентраций меди в растворе, в 1.5 раза.

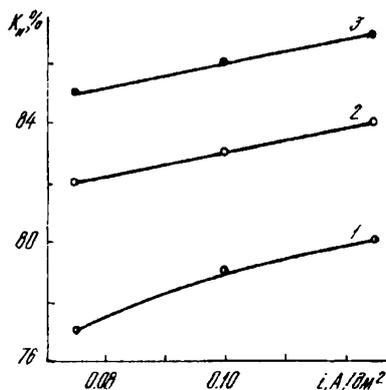
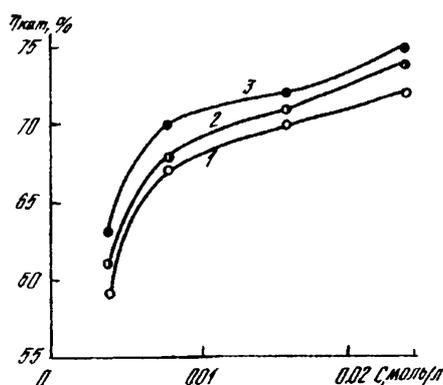


Рис. 3. Зависимость выхода меди по току от концентрации ионов меди в электролите при скорости движения биполярного электрода, см/с: 1 — 0.5; 2 — 1; 3 — 1.5. $i = \text{const} = 0.125 \text{ A/дм}^2$.

Рис. 4. Зависимость коэффициента извлечения меди от плотности тока при скорости движения биполярного электрода, см/с: 1 — 0.5; 2 — 1; 3 — 1.5. $C = \text{const} = 0.0233 \text{ моль/л}$.

Следует отметить, что условия электролиза (скорость движения электрода и плотность тока) оказывают тем большее влияние, чем меньше концентрация ионов меди в растворе.

В процессе электролиза происходит изменение концентрации электролита в камерах. Было установлено, что на биполярном электроде в катодной камере осаждается некоторое количество меди, которое, растворяясь затем в анодной камере, пополняет в ней убыль меди в электролите в результате ее осаждения на вспомогательном электроде—катоде в виде осадков хорошего качества.

Результатом суммарного процесса и является очистка раствора, моделирующего промывные воды гальванического производства. Процесс достаточно эффективен, не является энергоемким, так как осуществляется при небольших плотностях тока и напряжениях. Расчет показал, что для извлечения 1 кг меди требуется всего 14 кВт·ч.

РЕЗЮМЕ. Показана можливість вилучення міді з розчинів, в яких концентрація іонів металу не перевищує 0.0233 моль/л. Встановлена залежність коефіцієнту вилучення міді від швидкості руху биполярного електроду, густини струму.

SUMMARY. It is established possibility of copper extraction from solution with small concentration of metal ions ($< 0.0233 \text{ m/l}$). The coefficient of extraction is determined by current density and rate of bipolar electrode movement.

1. Цупак Т. Е., Бек Р. Ю., Лосева Е. И. // Электрохимия. -1982. -18, № -С. 86—92.
2. Фомичев В. Т. // Тр. Ленингр. технол. ин-та. Работы в области химии и хим. технологии. -1958. -Вып. 5. -С. 36—48.
3. Горбачев А. С., Чекунов И. Г., Попова И. А., Втюрина Е. В. // Защита металлов. -1975. -11. -С. 392—393.

Институт общей и неорганической химии
им. В. И. Вернадского НАН Украины, Киев

Поступила 10.02.97