

Abstract

The article concerns the exact solution of the two-dimensional problem by the partial areas techniques of determining of the acoustic field around the soundproof screen, which is located at the acoustically hard surface. The sound source is an interminable cylinder of small wave sizes, working at zero mode. There is an analysis of the effect of certain parameters of the screen (height, slope angle), parameters of the sound source (frequency, distance to the screen), and the impact of the relief (slope angle of the half-hard surface to the screen) on the efficiency of noise reduction. For the first time there is a study of the nonmonotonic behavior of the screen field efficiency in the acoustic shadow, which is a significant factor in the development of engineering methods of screen efficiency calculation. The directions of the maximum and minimum noise reduction behind the screen, and the influence of certain parameters on them were determined.

The results may be useful for engineers and scientists working in the field of acoustic ecology and noise reduction. The results obtained allow us to estimate the efficiency of already created soundproof screens as well as those that are only being designed.

Keywords: soundproof screen, cylindrical sound source, sound pressure level, efficiency

Вивчено фізико-хімічні закономірності іонізації мідь- та цинквміщуючих систем. Встановлено основні макрокінетичні параметри процесу розчинення міді та її сплавів, які застосовані для інтенсифікації процесів іонізації міді та її сплавів при розробці ефективних ресурсозберігаючих способів регенерації відпрацьованих електролітів гальванічних підприємств

Ключові слова: іони міді, іони цинка, іонізація, регенерація

Изучены физико-химические закономерности ионизации медь- и цинксодержащих систем. Установленные основные макрокинетические параметры процесса растворения меди и ее сплавов использованы для интенсификации процессов ионизации меди и ее сплавов и учтены при разработке эффективных ресурсосберегающих способов регенерации отработанных электролитов гальванических производств

Ключевые слова: ионы меди, ионы цинка, ионизация, регенерация

УДК 504.064.4

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ КОМПОНЕНТОВ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

В. В. Даценко

Кандидат химических наук, доцент

Кафедра химии

Харьковский национальный автомобильно-

дорожный университет

ул. Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002

Контактный тел.: (057) 707-36-52

E-mail: chemistry@khadi.kharkov.ua

1. Введение

В настоящее время на территории машиностроительных, приборостроительных и ремонтных предприятий, использующих обработку металлов и сплавов, в том числе медных, происходит накопление гальванических шламов и отработанных технологических растворов, которые сливаются в промышленную канализацию и загрязняют окружающую среду. Цены большинства компонентов, содержащихся в этих отходах, высоки и влияют на себестоимость продукции, что приводит к вопросу об их утилизации.

2. Проблема и ее связь с научными и практическими задачами

В современных условиях усилия промышленных предприятий при утилизации отходов должны быть направлены не только на минимизацию их образования, но и на выделение из них ценных компонентов, их рециркуляцию и вторичное использование. Это может быть достигнуто координацией научных исследований в области защиты окружающей природной среды, исследования свойств сточных вод и утилизации их компонентов, оптимизации стадий их переработки, комплексности использования первичного и вторич-

ного сырья, внедрения малоотходных ресурсосберегающих технологий.

В связи с этим процесс обработки поверхностей сплавов, в том числе и медно-цинковых, требует применения высокоэффективных, малоотходных, ресурсосберегающих технологий, для разработки которых необходимо предварительное изучение физико-химических закономерностей растворения меди и ее сплавов в растворах различного состава.

3. Анализ исследований и публикаций

В литературе не существует адекватного научного описания свойств физико-химических медь- и цинк-содержащих систем. Опубликованные кинетические модели являются однофакторными и приблизительно описывают реальные многомерные процессы. Обще-признанный автокаталитический механизм ионизации меди, предложенный в работах [1-3], применим к разбавленным растворам меди (II) в присутствии анионов, не образующих комплексов с ионом-катализатором Cu^{2+} . Установленные ранее закономерности нельзя распространить на всю концентрационную область растворов меди(II), либо применить к растворам, содержащим анионы, образующие комплексы с ионами меди(I) и (II). Литературные данные [4-8], посвященные изучению физико-химических характеристик пассивации меди, не дают полной информации о природе и последовательности образования пассивных соединений на границе металл-раствор при ионизации меди. В рассмотренных работах нет единого мнения о механизме и кинетике образования поверхностных соединений на меди.

Используемые на предприятиях технологические процессы регенерации отработанных травильных растворов обработки медных сплавов не являются надежными и имеют существенные недостатки. В литературе [9-11] описаны четыре основных метода регенерации травильных растворов: вытеснение металлов (цементация); реагентное осаждение; электролиз; кристаллизация при высаливании, криосаждении и т.д. Однако применение этих способов в производственных условиях бесперспективно и нерентабельно. Метод цементации требует большого расхода более активного металла и затрат для обработки образовавшегося после контактного выделения шлама или раствора [10]. Процесс реагентного осаждения трудоемкий, оборудование для его реализации занимает большие производственные площади. Регенерация электролизом хоть и имеет достаточно высокие показатели по извлечению меди (90–92%), однако извлечение цинка этим методом невозможно, кроме того метод электролиза требует сложного технологического оборудования и больших затрат электричества [11].

4. Постановка цели и задач исследований

Цель работы – изучение свойств физико-химических медь- и цинк-содержащих систем, интенсификация процессов ионизации меди и ее сплавов и разработка эффективных ресурсосберегающих способов регенерации отработанных электролитов гальвани-

ческих производств. Задачами работы являлись определение физико-химических параметров химического и электрохимического растворения меди в электролитах различного состава; изучение кинетики процесса ионизации меди, выявление зависимости скорости растворения меди от ионного состава раствора и природы комплексных частиц; выяснение механизма пассивации меди в хлоридных растворах и природы поверхностных соединений; определение количественных кинетических критериев контактного вытеснения меди цинком; разработка ресурсосберегающих способов регенерации отработанных технологических растворов.

5. Изложение материала и результаты

Количественные параметры и закономерности растворения меди в хлоридных электролитах. Изучение физико-химических закономерностей ионизации меди и ее сплавов в растворах различного состава не только развивает теорию растворения металлов в целом, но и способствует решению практических вопросов: оптимизации размерного травления, созданию составов травильных растворов с заданными характеристиками, продлению сроков службы электролитов за счет увеличения их «емкости», разработке способов переработки и регенерации металлосодержащих сточных вод.

В работе использовался комплексный подход, основанный на различных физико-химических методах исследования. При изучении кинетики растворения меди и ее сплавов в растворах различного состава использовали гравиметрический, титриметрический, потенциометрический, спектрофотометрический методы. Контроль содержания ионов в растворе проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Фазовые поверхностные пленки, образующиеся на меди при растворении, а также состав образцов осадков после регенерации, были изучены методами рентгенографии и электронной микроскопии.

На основании экспериментальных данных получены макрокинетические параметры химического растворения меди в кислых медно-хлоридных растворах: константа скорости реакции (k) и энергия активации (E_a) [12]. Значение k расчетным путем определяли [12] по уравнению

$$k = \frac{V \cdot \ln \frac{C_0}{C_0 - x}}{S \cdot \tau},$$

где C_0 – начальная концентрация CuCl_2 ; τ – время от начала реакции; x – концентрация прореагировавшего CuCl_2 ; V – объем раствора электролита; S – геометрическая площадь поверхности образца.

Графически k определяли по наклону прямой зависимости логарифма концентрации Cu^{2+} в растворе CuCl_2 от времени (τ). Сравнение средних значений k показывает их близость: $k_{\text{граф.}} = (4,28 \pm 0,28) \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ и $k_{\text{расч.}} = (4,61 \pm 0,26) \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Энергию активации E_a определяли по наклону прямой в координатах $\lg k - 1/\tau$. Величин E_a растворения меди в растворах CuCl_2

22,5±1,8 кДж·моль⁻¹ свидетельствует о диффузионном лимитировании процесса.

По линейности зависимостей различных функций разности начальной концентрации CuCl₂ (C₀) и концентрации прореагировавшего CuCl₂ (x) от времени определен порядок реакции: по ионам Cu²⁺ равный 1 (линейны зависимости lg(C₀-x) - τ); по ионам Cl⁻ равный 2 (линейны зависимости в координатах 1/(C₀-x) - τ) [12].

Для установления природы частиц, активирующих ионизацию меди, проведено сравнение данных зависимости скорости растворения меди от концентрации ионов хлора в растворе при различном начальном содержании меди(II) (рис. 1) с результатами распределительных диаграмм медно-хлоридных комплексов (рис. 2). Для краткости написания на рис. 2 молекулы воды в комплексах Cu(II) опущены, однако комплексы являются смешанными аква-хлоридными.

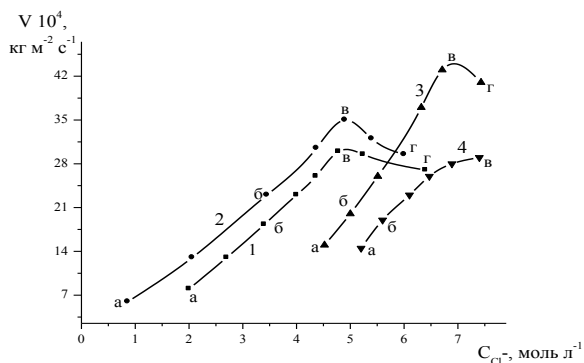


Рис. 1. Зависимость скорости растворения меди от концентрации хлорид-ионов в растворе при различном начальном содержании меди (II), моль·л⁻¹: 1 - 0,42; 2 - 0,5; 3 - 1,0; 4 - 1,25 при ω = 68 об·с⁻¹

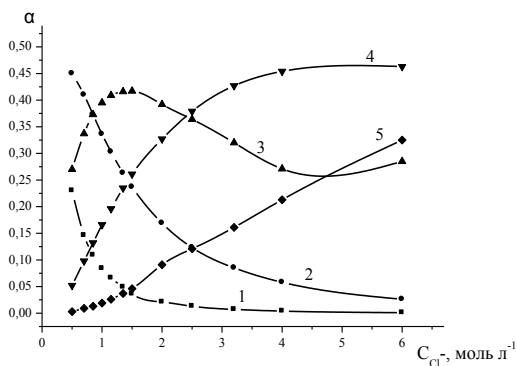


Рис. 2. Распределительная диаграмма медно-хлоридных комплексов: 1 - α_{Cu²⁺}; 2 - α_{CuCl⁺}; 3 - α_{CuCl₂}; 4 - α_{CuCl₃⁻}; 5 - α_{CuCl₄²⁻}

Сравнение кинетических данных с результатами расчета распределения комплексных частиц показало, что увеличение скорости ионизации меди и ее максимум совпадает с преобладающим формированием в растворе незаряженных комплексов [Cu(H₂O)₄Cl₂]. Они являются основными по содержанию до концентрации C_{Cl⁻} = 3,0 моль·л⁻¹. Дальнейшее снижение скорости растворения меди при C_{Cl⁻} > 4,0 моль·л⁻¹ (рис. 1; кривые 1-3) связано с резким уменьшением их концентрации в растворе и формированием многолигандных по иону хлора комплексов меди(II):

[Cu(H₂O)₃Cl₃]⁻ и [Cu(H₂O)₂Cl₄]²⁻. Образование подобных частиц возможно при невысоких концентрациях меди(II); в более концентрированных растворах отрицательно заряженные комплексы [Cu(H₂O)₃Cl₃]⁻ и [Cu(H₂O)₂Cl₄]²⁻ не формируются, да и доля частиц [Cu(H₂O)₄Cl₂] существенно увеличивается лишь в области концентраций ионов хлора 5,0 моль·л⁻¹. В подобных растворах не достигается область C_{Cl⁻}, для которой характерно уменьшение скорости растворения меди, она возрастает на всем протяжении интервала концентраций Cl⁻-иона (рис. 1; кривая 4). Таким образом, увеличение концентрации комплексов с большим числом лигандов [Cu(H₂O)₂Cl₄]²⁻ не способствует интенсификации растворения меди в силу отсутствия у комплексов активирующего эффекта. Замедляющее ионизацию меди действие частиц [Cu(H₂O)₂Cl₄]²⁻ заметно выражено, как и противоположное ему - активирующее действие у частиц [Cu(H₂O)₄Cl₂]. Комплекс [Cu(H₂O)₃Cl₃]⁻ имеет промежуточные свойства. Он не препятствует возрастанию скорости ионизации меди, присутствуя в растворе в избыточном количестве, при условии сохранения достаточного числа активирующих частиц [Cu(H₂O)₄Cl₂] и малого числа [Cu(H₂O)₂Cl₄]²⁻. Комплекс [Cu(H₂O)₅Cl]⁺ не оказывает ускоряющего действия, так как в противоположном случае происходила бы интенсификация растворения меди при C_{Cl⁻} ≤ 1,0 моль·л⁻¹, то есть в области его преобладания, чего не наблюдается. Данные рис. 1 показывают довольно медленный рост скорости процесса в указанном интервале C_{Cl⁻} [13].

Нестационарные электрохимические измерения показали, что первичным процессом пассивации при анодной ионизации меди является образование пористого осадка CuCl. Исходя из формы циклических вольтамперограмм в зависимости от скорости вращения электрода (рис. 3), можно предположить наличие двух структур CuCl. Рыхлый внешний слой частично удаляется при вращении образца, а частично - уплотняется. Тонкий адгезированный слой CuCl остается, его удаление происходит только при химической реакции с ионами хлора. Двум модификациям соответствуют два анодных пика на циклических вольтамперограммах - AI и AII. Образование слоя CuCl протекает по механизму растворения-осаждения параллельно с рекристаллизацией, которая подавляется высокой концентрацией ионов хлора. Установлено, что в области высоких анодных потенциалов также возможно разрыхление и растворение компактного слоя CuCl с образованием CuCl₂ [14].

Контактное вытеснение меди цинком как способ переработки отработанных травильных растворов. Выбор цинка как восстановителя меди при цементации обусловлен тем, что ионы цинка присутствуют в отработанных технологических растворах, таким образом, дополнительно не вносится новый компонент. Временное изменение концентрации ионов меди и цинка в растворе в процессе цементации при разных температурах показано на рис. 4, 5. О высокой скорости цементации и полноте извлечения меди свидетельствуют представленные рис. 1 кинетические кривые, которые практически сходятся в точке τ = 300 с. Концентрация ионов меди на кривой 2 уменьшается с течением времени быстрее, чем на кривой 3, что свидетельствует о более высокой скорости цементации

меди при $T = 298$ К, чем при $T = 303$ К при одинаковом стехиометрическом соотношении «медь : цинк».

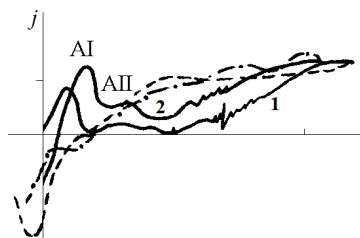


Рис. 3. Циклические вольтамперограммы, полученные на меди в растворах, моль·л⁻¹: 1 – 0,25CuCl₂ + 0,50NaCl; 4 – 0,25CuCl₂ ($E_c = -0,4$ В, $E_a = +1,2$ В, $\omega = 0$ об·с⁻¹ и $S = 3,33 \cdot 10^{-3}$ В·с⁻¹)

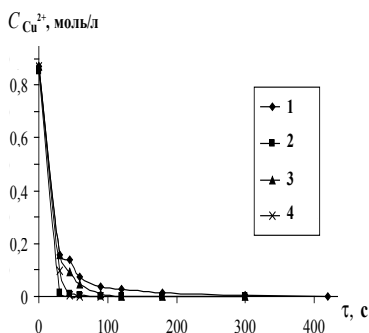


Рис. 4. Изменение концентрации ионов меди в растворе во времени при цементации порошком цинка с начальной концентрацией $C_{Cu^{2+}}^0 = 0,87$ моль/л при температуре (T , К): 1 – 293; 2 – 298; 3 – 303; 4 – 308

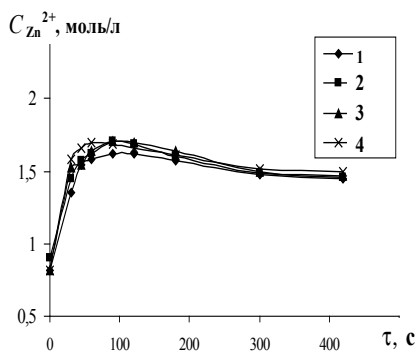


Рис. 5. Изменение концентрации ионов цинка во времени при цементации меди порошком цинка с начальной концентрацией $C_{Zn^{2+}}^0 = 0,82$ моль/л при температуре (T , К): 1 – 293; 2 – 298; 3 – 303; 4 – 308

При изучении механизма контактного вытеснения меди цинком из сульфатных медно-цинковых растворов доказано протекание основной и параллельных реакций, тормозящих процесс в целом: восстановление ионов водорода, растворенного кислорода и образование цинкат-ионов. Механизм восстановления меди цинком из сульфатных медно-цинковых растворов можно представить схемой, приведенной на рис. 6.



Рис. 6. Механизм контактного вытеснения меди цинком из медно-цинковых сульфатных растворов

Рассчитанные константы скорости цементации меди использованы для определения эффективной энергии активации и для выведения кинетического уравнения цементации меди цинком из сульфатных растворов

$$v = k \cdot C_{Cu^{2+}}^V = 0,072 C_{Cu^{2+}}^V,$$

где $C_{Cu^{2+}}^V$ – концентрация ионов меди в объеме раствора.

Процесс цементации металлов определяется двумя последовательными процессами: диффузией реагирующего вещества к поверхности раздела и собственно химической реакцией. Изменение лимитирующей стадии процесса с ростом температуры связано с различием зависимостей скоростей диффузии и химической реакции от температуры. При цементации меди цинком наблюдаются два прямолинейных участка на зависимостях $(\ln k - 1/T)$ (рис. 7), что свидетельствует о смене природы лимитирующей стадии процесса при повышении температуры. До температуры 303 К лимитирующей стадией является кинетический процесс, в области $T \geq 303$ К процесс переходит в область смешанного диффузионно-кинетического контроля [15].

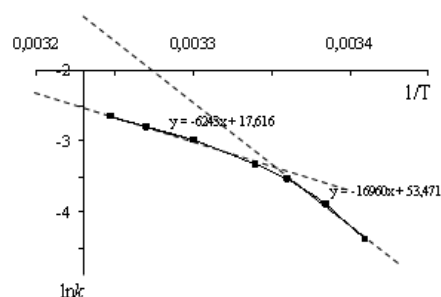


Рис. 7. Зависимость $(\ln k - 1/T)$ в кинетической и диффузионной области при цементации меди цинком с начальной концентрацией $C_{Cu^{2+}}^0 = 0,87$ моль/л

Способы регенерации отработанных технологических растворов. Результаты изучения свойств физико-химических медь- и цинксодержащих систем положены в основу разработки ресурсосберегающих способов регенерации отработанных технологических электролитов.

Получение фунгицида гидрохлорида меди из отработанных травильных растворов осуществляют при анодном растворении медной пластины в отработанных травильных медьсодержащих растворах при рекомендуемой скорости увеличения потенциала.

Медный электрод выдерживают при оптимальных значениях анодной плотности тока и потенциале в области соответствующих пиков цикловольтамперограммы. Выход продукта повышают параллельно протекающие химические реакции образования фунгицида с участием пассивирующих медь соединений [16].

Разработан способ совместной регенерации отработанных травильных растворов хлоридов меди(II) и железа(III), включающий цементацию меди на железе и окисление ионов железа(II) в анодном отделении электролизера. Данный способ позволяет осуществить процесс травления и регенерации в замкнутом цикле с полной ликвидацией отходов и промышленных стоков с минимальными энергозатратами [17].

Показана [18] эффективность разделения меди и цинка методом контактного вытеснения меди цинком из сульфатных растворов травления латуни. Полное разделение меди и цинка наблюдается при соотношении $\text{Cu}^{2+} : \text{Zn}^0 = 1 : 1,36$ при 298 К. Определены и оптимизированы основные стадии регенерации сульфатного травильного раствора латуни: разделение ионов меди и цинка в регенерируемом растворе вытеснением меди порошком цинка; отделение осадка и фильтрата; электрохимическое выделение цинка из фильтрата; возвращение в технологический процесс электрохимического травления латуни сульфатного раствора. Восстановленный методом цементации осадок имеет следующий состав: Cu , Cu_2O и $(\text{Zn}(\text{OH})_2)_3(\text{ZnSO}_4)(\text{H}_2\text{O})_5$.

При изучении разделения ионов меди и цинка методом кристаллизации, установлено [19] существенное влияние концентраций высаливающих компонентов на полноту осаждения соединений меди из раствора. Оптимальное соотношение осадителей $\text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{SO}_4 = 1:4$ обеспечивает эффективное разделение ионов меди и цинка между жидкой и твердой фазами. Полное разделение достигается при высаливании серной

кислотой. Определение состава осадка рентгенофазовым анализом и электронно-зондовым микроанализом показало [19] некоторое расхождение результатов, что объясняется образованием аморфных веществ. Сульфат меди первоначально осаждается в аморфном состоянии, а сульфат цинка – в кристаллическом. На основе полученных результатов разработан [20] способ регенерации травильного раствора латуни, оптимизированы его основные стадии: разделение ионов меди и цинка в регенерируемом растворе кристаллизацией при высаливании и охлаждении; отделение осадка и фильтрата; электрохимическое выделение цинка и остаточного количества ионов меди из фильтрата; возвращение в технологический процесс электрохимического травления латуни сульфатного раствора; практическое использование в качестве медного купороса осадка, содержащего ионы меди с небольшой примесью ионов цинка.

6. Выводы

Определены параметры химического растворения меди в хлоридных электролитах. Установлено изменение природы лимитирующей стадии электрохимического растворения меди. Доказано модифицирование пассивных слоев на поверхности меди.

Обоснована эффективность разделения меди и цинка в сульфатных системах с помощью метода контактного вытеснения меди цинком.

Разработаны малоотходные ресурсосберегающие технологические процессы регенерации отработанных травильных растворов хлоридов меди(II) и железа(III) и электрохимический способ получения фунгицида гидроксохлорида меди. Разработаны способы регенерации травильного раствора латуни на основе контактного вытеснения меди цинком и кристаллизационного осаждения соединений металлов.

Литература

1. Молодов, А.И. Закономерности саморастворения стадийно ионизирующихся металлов. Исследование коррозии меди [Текст] / А.И. Молодов, Г.Н. Маркосьян, В.В. Лосев // Электрохимия. – 1981. – Т. 17, № 8. – С. 1131-1140.
2. Молодов, А.И. Кинетика быстрой первой стадии ионизации металлов [Текст] / А.И. Молодов // Защита металлов. – 1991. – Т. 27, № 4. – С. 552-560.
3. Растворение меди при катодной поляризации в кислых хлоридных средах / И.В. Крейзер, И.Д. Тутукина, И.Д. Зарцын [и др.] // Защита металлов. – 2002. – Т. 32, № 3. – С. 261-267.
4. Постников, В.С. Физико-химическое состояние поверхностных слоев меди при анодном растворении [Текст] / В.С. Постников, В.В. Ткачев, В.Н. Ковалевский // Электрохимия. – 1988. – Т. 24, № 11. – С. 1546-1548.
5. Crousier J., Pardessus L., Crousier J.-P. Voltammetry study of copper in chloride solution [Текст] / J. Crousier, L. Pardessus, J.-P. Crousier // Electrochim. Acta. – 1988. – Vol. 33, № 8. – P. 1039-1042.
6. Лежава, Т.И. Поверхностные слои хлорида на медном электроде / Т.И. Лежава, Н.Ш. Ананишвили [Текст] / Ред. журн. «Электрохимия». – М., 1987. – 11 с. – Рус. – Деп. в ВИНТИ, 20.10.87, № 7576 – В87.
7. Овчинникова, С. Н. Исследование электрохимического поведения меди в кислых хлоридных растворах методами кварцевой микрогравиметрии и вольтамперометрии [Текст] / С. Н. Овчинникова, Т. Н. Александрова, А. А. Вайс // Электрохимия. – 2004. – Т. 40, № 7. – С. 866-871.
8. Будене, Ю. Катодные процессы в кислых растворах $\text{Cu}(\text{II})$ содержащих гликолевую кислоту [Текст] / Ю. Будене, А. Сурвелене, А. Сурвила // Электрохимия. – 2004. – Т. 40, №4. – С. 443-449.
9. Гопиус, А. Е. Травление латуни и методы регенерации травильных растворов [Текст] / А. Е. Гопиус, Г. С. Постников. – М.: Обработка цветных и редких металлов, 1962. – 51 с. – (Центральный институт информации цветной металлургии).
10. Наумов, В. И. Утилизация шламов гальванических производств. [Текст] / Ю. И. Наумов, А. Л. Галкин, Т. В. Сазонтьева // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2009. – № 3. – С. 36-40.

11. Кругликов, С. С. Регенерация раствора травления меди в производстве печатных плат методом мембранного электролиза [Текст] / С. С. Кругликов, Д. Ю. Тураев, А. М. Бузикова // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2009. – № 1. – С. 40-48.
12. Даценко, В.В. Изучение ионизации меди в кислых меднохлоридных растворах [Текст] / В.В. Даценко // Наукові праці ДонНТУ. Сер. Хімія і хімічна технологія. – 2010. – Вип. 15. – С. 60-69.
13. Даценко, В.В. Изучение физико-химических закономерностей ионизации меди в кислых меднохлоридных растворах [Текст] / В.В. Даценко // Вісн. нац. техн. ун-ту «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск «Хімія, хімічна технологія та екологія». – 2010. – № 22. – С. 108-113.
14. Даценко, В.В. Изучение процессов поверхностного фазообразования на меди в растворах меди хлорида [Текст] / В.В. Даценко // Наукові праці ДонНТУ. Сер. Хімія і хімічна технологія. – 2011. – Вип. 16 (184). – С. 59-70.
15. Ларин, В.И. Кинетические закономерности вытеснения меди цинком из сульфатных растворов [Текст] / В.И. Ларин, В.В. Даценко, Э.Б. Хоботова, В.В. Даценко, М.А. Добрян // Укр. хим. журн. – 2012. – Т. 78, № 4. – С. 104-111.
16. Пат. 36232 Україна, МПК C01G 3/00. Спосіб одержання гідроксохлориду міді [Текст] / Е.Б. Хоботова, В.І. Ларін, Л.М. Єгорова, В.В. Даценко, М.А. Добрян; заявник і патентовласник Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. – № u 2008 00279; заявл. 08.01.2008; опубл. 27.10.2008, Бюл. № 20.
17. Пат. 40037 Україна, МПК C01G 3/00. Спосіб сумісної регенерації відпрацьованих травильних розчинів хлориду залізу (III) і хлориду міді (II) [Текст] / Хоботова Е.Б., Ларин В.І., Єгорова Л.М., Даценко В.В., Добрян М.О., Цабєряба І.Б.; заявник і патентовласник Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. – № u 2008 11673; заявл. 30.09.2008; опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6.
18. Даценко, В.В. Регенерация сульфатных медно-цинковых растворов [Текст] / В.В. Даценко // Укр ГНТЦ «Енергосталь». – Харьков: «НТМТ», 2011. – С. 251-256.
19. Даценко, В.В. Извлечение меди и цинка из отработанных технологических растворов [Текст] / В.В. Даценко, Э.Б. Хоботова, В.И. Ларин, О.И. Юрченко // Экология и промышленность. – 2011. – № 1. – С. 73-78.
20. Пат. 67220 Україна, МПК C01G 3/10. Спосіб регенерації відпрацьованого сульфатного розчину [Текст] / Даценко В.В., Хоботова Є.Б., Єгорова Л.М., Ларін В.І., Добрян М.О.; заявник і патентовласник Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. – № u 2011 08343; заявл. 04.07.2011; опубл. 10.02.2012, Бюл. 3.

Abstract

The article deals with physical and chemical regularities of chemical and electrochemical ionization of copper and its alloys. The aim of research is studying of physical and chemical properties of copper and zinc-containing systems, intensification of copper and its alloys ionization and the development of efficient resource-saving ways of exhausted electroplating electrolytes regeneration. The parameters of chemical and electrochemical copper dissolution in chloride electrolytes are determined; the changing of limiting step nature during copper electrochemical dissolution is established; the modification of passive layer on the copper surface is shown; the efficiency of copper and zinc separation in sulphate systems using contact displacement of copper by zinc. The experimental data is used as the basis for low-waste resource-saving technological processes development: regeneration of exhausted etching CuCl_2 and FeCl_3 solutions; the electrochemical method of fungicide copper hydroxochloride synthesis; brass etching solution regeneration during contact displacement of copper by zinc and crystallization deposition of metal compounds. The results of research can serve as the basis for development of new compositions of copper and its alloys effective high rate chemical etching; intensification of metal etching processes and the development of spent technological electrolytes regeneration methods

Keywords: copper ions, zinc ions, ionization, regeneration