

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ КАТОДНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦИНКА НА РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛАХ

А.А. Окорочков

okorochkovaa@student.bmstu.ru

Е.С. Пчелкина

pchelkinaes@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Рассмотрены методы электрохимического осаждения медных и цинковых покрытий на металлических подложках из водных растворов различных электролитов. Для проведения опытов применялись внешний источник тока, цифровой вольтметр, U-образная трубка, медные и цинковые пластинки, водные растворы электролитов. Представлено последовательное описание четырех серий экспериментов. На основе сравнений результатов опытов сделаны выводы о качестве электрохимического осаждения. Установлено, что качество получаемых покрытий зависит от электрохимических параметров: плотности электрического тока, состава раствора и материала катода. Более качественные покрытия могут быть получены из растворов, содержащих комплексные ионы.

Ключевые слова: электрохимические процессы, катодное восстановление покрытие высокой адгезии, свойства покрытий изделий, медное и цинковое покрытие, толщина покрытия, условия осаждения металла на электродах

Введение. Получение медных и цинковых покрытий электрохимическим способом широко используется в разных отраслях промышленности (изделия для радиоэлектроники, авиационной, автомобильной и других отраслей).

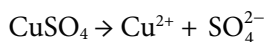
К достоинствам медных покрытий относятся высокая адгезия практически со всеми металлами, высокие удельная электропроводность и теплопроводность.

Уникальность цинковых покрытий заключается в обеспечении не только барьерной, но и электрохимической защиты от коррозии и прочности к истиранию.

Цель работы — экспериментальное изучение электрохимического осаждения цинка и меди из водных растворов разных электролитов.

Опыт 1. Предварительная версия эксперимента заключалась в химическом осаждении меди на поверхности цинка из раствора CuSO_4 .

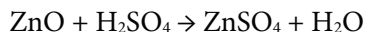
Процесс диссоциации соли CuSO_4 в водном растворе описывается уравнением



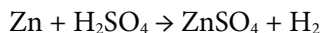
При этом в растворе происходит гидролиз соли меди с подкислением среды [1]:



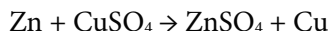
В кислотной среде происходит процесс растворения оксидной пленки на цинке:



После растворения оксидной пленки протекает реакция взаимодействия цинка с кислотой с выделением водорода:



Одновременно происходит химическое вытеснение меди цинком как более активным металлом ($\varphi(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ В}$, $\varphi(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,38 \text{ В}$) из его соли:



В ходе эксперимента наблюдалось выделение водорода и образование контактной губчатой меди в виде рыхлого отслаивающегося покрытия, имеющего плохую адгезию к основе.

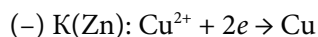
Опыт 2. Во втором опыте выполняли эксперименты по осаждению меди на цинковом и медном пластинах путем электролиза.

Исследуемые электродные пластины, помещенные в раствор CuSO_4 , подключали к внешнему источнику постоянного тока и к вольтметру.

В первой части опыта анодом и катодом являлись медные пластины [2]. При пропускании электрического тока анодная пластина растворялась, катионы меди переходили в раствор и осаждались на медном катоде:



Во второй части опыта катодную медную пластину заменили цинковой [3]. На аноде медь растворялась, а на цинковом катоде осаждалась в виде тонкого металлического покрытия:

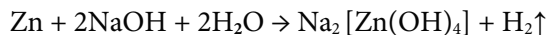


Полученное на поверхности меди покрытие имело высокую адгезию к основе и не отслаивалось при нанесении сетки царাপин.

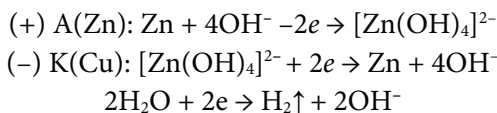
На поверхности цинка образовалось рыхлое покрытие, имеющее низкую адгезию к основе.

Опыт 3. Следующий эксперимент заключался в катодном осаждении цинка на медном электроде из водного раствора NaOH . Катодом являлась медная пластина, анодом — цинковая.

В результате взаимодействия цинка с гидроксидом натрия образуются тетрагидроксоцинкат натрия и водород [4]:



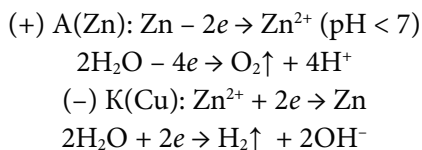
Протекающие электродные процессы описываются уравнениями



В результате эксперимента было выявлено, что полученное цинковое покрытие имеет визуально более высокую адгезию к основе, чем в опыте 2, и не отслаивается при нанесении сетки царепин.

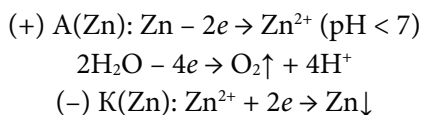
Опыт 4. Завершающий опыт заключался в катодном восстановлении цинка из раствора ZnSO_4 , где анодом являлся цинк, а в качестве катода применяли и медные, и цинковые электроды.

В первой части опыта изучали электродные процессы:



Во второй части опыта медную катодную пластину заменили цинковой.

Протекающие электродные процессы описываются уравнениями



Для расчета толщины полученных покрытий используют объединенное выражение законов Фарадея [5–10]:

$$m = \frac{MIt}{ZF} \beta,$$

где M — молярная масса вещества; I — сила тока; t — время электролиза; Z — зарядовое число; F — постоянная Фарадея; β — выход по току.

Объем катодного покрытия можно рассчитать по формуле

$$V = S\delta = \frac{m}{\rho},$$

где S — площадь покрытия; δ — толщина покрытия; m — масса осажденного металла; ρ — плотность осаждаемого металла.

Исходя из вышеприведенных формул, можно определить толщину покрытия:

$$\delta = \frac{MIt}{ZF\rho S}\beta = \frac{Mjt}{ZF\rho}\beta,$$

где j — плотность тока, равная I/S .

Выводы.

1. На основании проведенных экспериментов установлено, что качественные медные и цинковые покрытия могут быть получены электрохимическим осаждением из водных растворов электролитов.

2. Качество получаемых покрытий зависит от электрохимических параметров: плотности электрического тока, состава раствора и материала катода.

3. Более качественные покрытия с более высокой адгезией могут быть получены из растворов, содержащих комплексные ионы.

Литература

- [1] Гинберг А.А., Иванова А.Ф., Кравченко Л.А., ред. *Гальванотехника. Справочник*. Москва, Металлургия, 1987, 735 с.
- [2] Баранов А.Н., Михайлов Б.Н., Михайлов Р.В. *Технология нанесения гальванических покрытий*. Иркутск, ИрНИТУ, 2017, 213 с.
- [3] Дасоян М.А., Пальмская И.Я., Сахарова Е.В. *Технология электрохимических покрытий*. Ленинград, Машиностроение, 1989, 393 с.
- [4] Григорьева И.О., Межевич Ж.В., Дресвянников А.Ф. *Технология гальванических металлических покрытий*. Казань, Изд-во КНИТУ, 2019, 282 с.
- [5] Гуров А.А., Бадаев Ф.З., Овчаренко Л.П., Шаповал В.Н. *Химия*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008, 784 с.
- [6] Иванов А.Д., Петров Б.С. Катодное восстановление цинка на медном электроде из щелочных растворов: роль комплексообразования. *Журнал прикладной химии*, 2018, т. 91, № 2, с. 157–164.
- [7] Чумаков В.И., Соловьёв Д.Е. Методы контроля толщины и равномерности цинковых покрытий. *Технология гальванопокрытия и нанесения покрытий*, 2022, № 3, с. 44–50.
- [8] Смирнов В.П., Кузнецова Е.Л. Морфология и адгезия цинковых покрытий, осаждённых катодным методом. *Плакировка и покрытия*, 2017, № 4, с. 245–250.
- [9] Гридчин С.Н., Шеханов Р.Ф. Исследование электродных промежуточных соединений цинка при его анодном растворении и влияние их на характеристики катодного восстановления. *Электрохимия*, 2015, т. 51, № 4, с. 342–349.

- [10] Чекман В.Л., Беляков В.А. Комплексообразование в щелочных цинкатных электролитах и его роль в катодном восстановлении цинка. *Advances in Electrochemical Science*, 2021, № 2, с. 71–78.

Поступила в редакцию 16.09.2025

Окорочков Артем Александрович — студент факультета ГУИМЦ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Пчелкина Елизавета Сергеевна — студентка факультета ГУИМЦ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Орешкина Ольга Алексеевна, преподаватель кафедры «Химия», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация. E-mail: olga_oreshkina@yahoo.com, SPIN-код: 2407-3021.

Научный консультант — Березина С.Л., доцент кафедры «Химия», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация. E-mail: sberezina2008@yandex.ru, SPIN-код: 4239-91431.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Окорочков А.А., Пчелкина Е.С. Изучение процессов катодного восстановления цинка на различных металлах. *Политехнический молодежный журнал*, 2026, № 02 (103). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/che/ele/1093.html>

STUDYING CATHODIC ZINC REDUCTION PROCESSES ON VARIOUS METALS

A.A. Okorochkov

okorochkovaa@student.bmstu.ru

E.S. Pchelkina

pchelkinaes@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

This paper examines methods for the electrochemical deposition of copper and zinc coatings on metal substrates from aqueous solutions of various electrolytes. A sequential description of four series of experiments is provided. The following were used: an external current source, a digital voltmeter, a U-tube, copper and zinc plates, and aqueous electrolyte solutions. Conclusions are drawn from a comparison of the experimental results: the quality of electrochemical deposition, the degree of adhesion, the structural properties of the coatings, and the effect of the aqueous solution on the coating quality.

Keywords: electrochemical processes, cathodic reduction, high adhesion coatings, properties of product coatings, copper and zinc coatings, coating thickness, conditions of metal deposition on electrodes

Received 16.09.2025

Okorochkov A.A. — Student of GUIMC Faculty, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Pchelkina E.S. — Student of GUIMC Faculty, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Oreshkina O.A., Lecturer, Chemistry Department, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation. E-mail: olga_oreshkina@yahoo.com, SPIN code: 2407-3021.

Scientific advisor — Berezina S.L., Associate Professor, Chemistry Department, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation. E-mail: sberezina2008@yandex.ru, SPIN code: 4239-91431.

Please cite this article in English as:

Okorochkov A.A., Pchelkina E.S. Studying cathodic zinc reduction processes on various metals. *Politekhnicheskii molodezhnyy zhurnal*, 2026, no. 02 (103). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/che/ele/1093.html>