

МЕДЬ-ЦИНКОВОЕ ПОКРЫТИЕ С ВЫСОКОЙ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ, ПОЛУЧЕННОЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ МЕТАЛЛА

© 2016

А.Г. Денисова, аспирант кафедры «Нанотехнологии, материаловедение и механика»
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: электроосаждение; медь-цинковое покрытие; удельная поверхность; развитая поверхность; многокомпонентное покрытие.

Аннотация: Повышение эффективности химических, нефтехимических производств, а также решение экологических проблем невозможно без разработки новых технологий и материалов. Все это напрямую связано с внедрением новых катализаторов. Для каждой химической реакции требуются свои катализаторы. В последнее время в качестве перспективных выделяют цельнометаллические катализаторы с многокомпонентным составом, которые обладают механической прочностью и высокой теплопроводностью, однако в ряде случаев – низкой удельной поверхностью. Поэтому актуальной задачей является создание нанесенного на металлическую микросетку многокомпонентного материала с высокой удельной поверхностью, который в будущем мог бы быть использован в качестве перспективного катализатора.

В отличие от способов получения многокомпонентных материалов и способов создания развитой поверхности металлооксидных покрытий, представленных в обзоре статьи, данная работа посвящена получению на металлической микросетке покрытия с развитой поверхностью, состоящего из наноразмерных частиц меди и цинка. В статью предлагается создавать двухкомпонентное (медь-цинковое) покрытие с высокой удельной поверхностью методом электроосаждения из комплексного электролита. В ходе работы были проведены две серии экспериментов. В первой серии электроосаждение проводилось в стационарном слое комплексного медь-цинкового электролита, во второй серии экспериментов электроосаждение осуществлялось в том же электролите, при аналогичных параметрах осаждения, но с перемешиванием электролита на различных этапах электролиза.

В каждой серии экспериментов были определены технологические режимы получения покрытия, его состав и удельная поверхность. Показано, что при разных технологических режимах осаждения (с перемешиванием электролита и без него) можно менять концентрацию цинка в покрытии и его удельную поверхность. Проведенные исследования позволили сделать выводы о наиболее оптимальных технологических условиях электроосаждения с целью получения определенной концентрации меди и цинка в покрытии. Предварительные эксперименты показали, что такое медь-цинковое покрытие может быть использовано для доочистки сточных вод от этиленгликоля.

ВВЕДЕНИЕ

Катализаторы играют большую роль при получении различных продуктов химического и нефтеперерабатывающего комплекса, а также для каталитических методов очистки воды и воздуха [1; 2]. Однако применение этих методов ограничено трудностями поиска изготовления катализаторов, которые бы удовлетворяли предъявляемым к ним требованиям. Зачастую катализаторы содержат несколько компонентов, и в их состав входят дорогостоящие металлы, такие как платина, палладий и др. [2; 3]. На сегодняшний день основная масса катализаторов в качестве основы (носителя) имеет пористую керамику или оксидную основу, которая обладает слабой теплопроводностью, затрудняющей теплоотвод в химических реакторах. Поэтому в последнее время исследователи выделяют в качестве перспективных цельнометаллические катализаторы, которые имеют ряд достоинств – хорошую прочность, высокую теплопроводность – и один существенный недостаток – низкую удельную поверхность [1; 2; 4]. Сегодня во всем мире не прекращаются поиски способов создания новых многокомпонентных материалов с высокой удельной поверхностью, низкой себестоимостью, которые могли бы впоследствии применяться в качестве катализаторов.

Известны работы [5], где предлагают применять медь-цинк-цирконевые катализаторы с удельной поверхностью 74–76 м²/г для получения водородного топлива, а в работе [6] введение в медьсодержащие катали-

заторы на основе силикагеля оксида цинка позволяет увеличить его удельную поверхность, а также повысить выход метилформиата в 1,2–1,5 раза. В работе [7] для процесса очистки газа от метана предлагается многокомпонентный никель-медь-кобальтовый катализатор, полученный методом пропитки. В работе [8] исследовано влияние добавок нитрата и формиата цезия на свойства медь-цинк-алюминиевого катализатора конверсии СО, в результате чего снижается активность катализатора, а в некоторых случаях добавка цезия уменьшает его удельную поверхность. Получение вышеупомянутых многокомпонентных катализаторов осуществляется химическими методами и является трудоемким процессом, а выход конечного продукта не всегда оказывается большим. Авторы работ [9; 10] описывают способ увеличения удельной поверхности металлической микросетки-носителя для создания цельнометаллических катализаторов на основе оксида железа. Увеличение удельной поверхности методом химического травления икосаэдрических малых частиц меди с дефектами дисклинационного типа предложено авторами в работах [11; 12]. Предлагается простой способ увеличения удельной поверхности покрытия непосредственно в процессе электроосаждения, с образованием так называемых вискерных структур меди [13] и с образованием дефектных кристаллов меди [14]. Однако в этих случаях покрытия являются однокомпонентными. Исследования, проведенные в работах [15–18], показывают, что на основе икосаэдрических малых частиц меди

можно сформировать развитую поверхность в виде вискероов и пор методом термической обработки частиц в кислородосодержащей среде. В этих случаях образуется оксид меди. В другой работе [19] показано, что нанесение методом электроосаждения барьерного покрытия на металлический носитель с последующей его термообработкой позволяет не только увеличивать площадь поверхности катализатора, но и менять его фазовый состав. Однако получение многокомпонентных покрытий в работе [19] является сложным технологическим процессом.

Целью данной работы является получение двухкомпонентного (медь-цинкового) покрытия с большой удельной поверхностью на металлической микросетке методом электроосаждения из раствора электролита.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Получение медь-цинкового покрытия осуществлялось методом электроосаждения из раствора электролита, который состоял из следующих компонентов: азотнокислая медь (II) – 10 г/л, цинк (II) азотнокислый – 100 г/л и дистиллированная вода. Электроосаждение проводилось в автоматизированной установке, включающей потенциостат-гальваностат Elns P-30J, разработанный на базе высококачественного операционного усилителя и встроенного микропроцессора с выходом на персональный компьютер, и стандартную трехэлектродную электрохимическую ячейку. В качестве анода использовалась пластина из электролитически чистой меди (99,99 %), в качестве катода – сетчатый носитель из нержавеющей стали марки 12X18H10T с размером ячейки 70 мкм (± 3) и диаметром проволоки 50 мкм (± 2), в качестве электрода сравнения – медная проволока.

Для получения медь-цинкового покрытия было проведено несколько серий экспериментов. В первой серии экспериментов прорабатывались режимы электроосаждения и концентрация компонентов электролита для получения медь-цинкового покрытия с высокой удельной поверхностью. Во второй серии экспериментов исследовалось влияние режимов перемешивания электролита во время электроосаждения на морфологию покрытия и концентрацию меди и цинка в покрытии. Такой выбор был обусловлен тем, что проведенные ранее исследования влияния активации катода во время электрокристаллизации на морфологию и структуру медных кристаллов [14; 20] позволили увеличить площадь поверхности медных покрытий в несколько раз.

В первой и второй серии экспериментов электроосаждение проводилось при одинаковых условиях (указанных выше) и при одном потенциостатическом режиме электроосаждения ($\eta=400$ мВ, $\tau=30$ минут при комнатной температуре и концентрации меди и цинка в электролите 1 к 10). Электроосаждение в первой серии экспериментов проходило без предварительного перемешивания электролита, а во второй – с изменением гидродинамических условий электроосаждения путем перемешивания электролита. В этой серии на первом этапе электролит перемешивали непосредственно перед включением установки для электроосаждения, отключали мешалку ПЭ-6110М и запускали процесс осаждения. На втором этапе был осуществлен другой способ перемешивания электролита – в течение всего процесса электрокристаллизации. Перемешивание электролита

проводилось при скорости вращения якоря мешалки 156 об/мин и 328 об/мин.

Для исследования морфологии покрытий применяли электронную микроскопию (Carl Zeiss Sigma). Проведение рентгеноспектрального анализа осуществляли с помощью специальной приставки (Carl Zeiss Sigma).

Для определения удельной поверхности использовалась порометрия (Thermo Scientific Surfer). Предварительная дегазация проводилась в течение 120 минут при температуре 190 °С. Данный температурный режим был выбран с учетом минимального влияния температурных полей на морфологию поверхности покрытия и ранее проведенных исследований, которые показали, что при температурах выше 200 °С медные частицы начинают спекаться. В качестве адсорбата применялся газ азот. Удельная поверхность рассчитывалась по методу БЭТ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Первая серия экспериментов. Исследования показали, что для электроосаждения на микросетку из нержавеющей стали в стационарном слое (без перемешивания) электролита оптимальным перенапряжением является $\eta=400$ мВ при времени осаждения $\tau=30$ минут и концентрации меди и цинка в электролите 1 к 10. При этом было получено равномерное медь-цинковое покрытие (рис. 1 а), состоящее из мелких частиц меди со средним размером от 350 нм до 500 нм, которые образовали как (так называемые) сферические кластеры, так и структуры в виде пластин цинка, которые «опоясывали» эти медные кластеры (рис. 1 б, 2 а).

Проведение локального рентгеноспектрального анализа показало, что покрытие в среднем содержит около 25 % цинка и около 70 % меди, остальные 5 % – кислород (рис. 2 б, 2 в). Удельная поверхность такого покрытия составила $(50,5 \pm 0,7)$ м²/г. Наличие кислорода в покрытии, вероятно, связано с поверхностным окислением меди и цинка на воздухе.

Таким образом, по результатам *первой серии* экспериментов был определен наиболее оптимальный режим электроосаждения, при котором (при данной концентрации компонентов электролита) получается покрытие с развитой поверхностью и оптимальным соотношением концентрации меди и цинка в покрытии (примерно 3:1) для каталитических процессов доочистки сточных вод от органических примесей.

Вторая серия экспериментов. Анализ микрофотографий покрытия, полученного при перемешивании электролита непосредственно перед запуском процесса электроосаждения, показал, что внешний вид микросетки изменился. Вертикальные нити плетения микросетки заросли сильнее, однако визуальными пластины цинка на горизонтальных нитях практически отсутствуют (рис. 3, 4 а).

Проведение рентгеноспектрального анализа (рис. 4 а, 4 б) показало, что содержание цинка в полученном покрытии уменьшилось до 8 % (меди – 75 %, кислорода – 17 %). При этом произошло и уменьшение удельной поверхности покрытия до 20–30 м²/г.

Анализ микрофотографий покрытия, полученного при перемешивании электролита в течение всего периода осаждения, показал, что на поверхности микросетки сформировалось покрытие с развитой поверхностью.

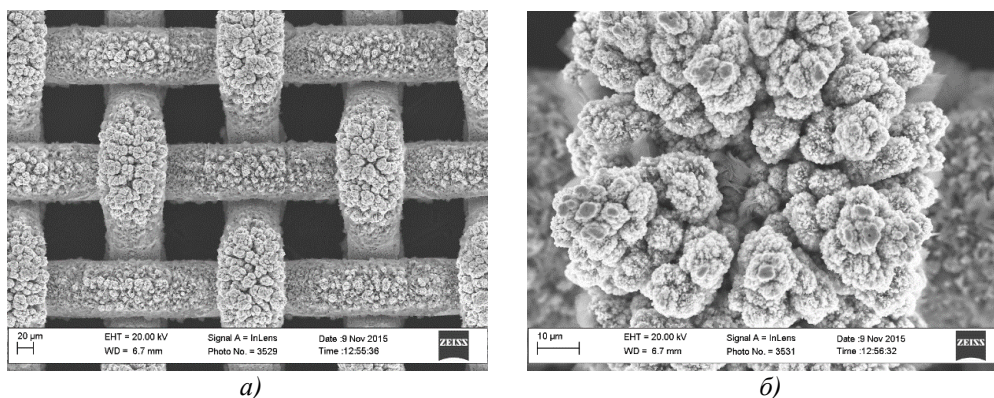


Рис. 1. Морфология поверхности медь-цинкового покрытия на микросетке из нержавеющей стали, полученного электроосаждением без перемешивания электролита при $\eta=400$ мВ, $\tau=30$ минут

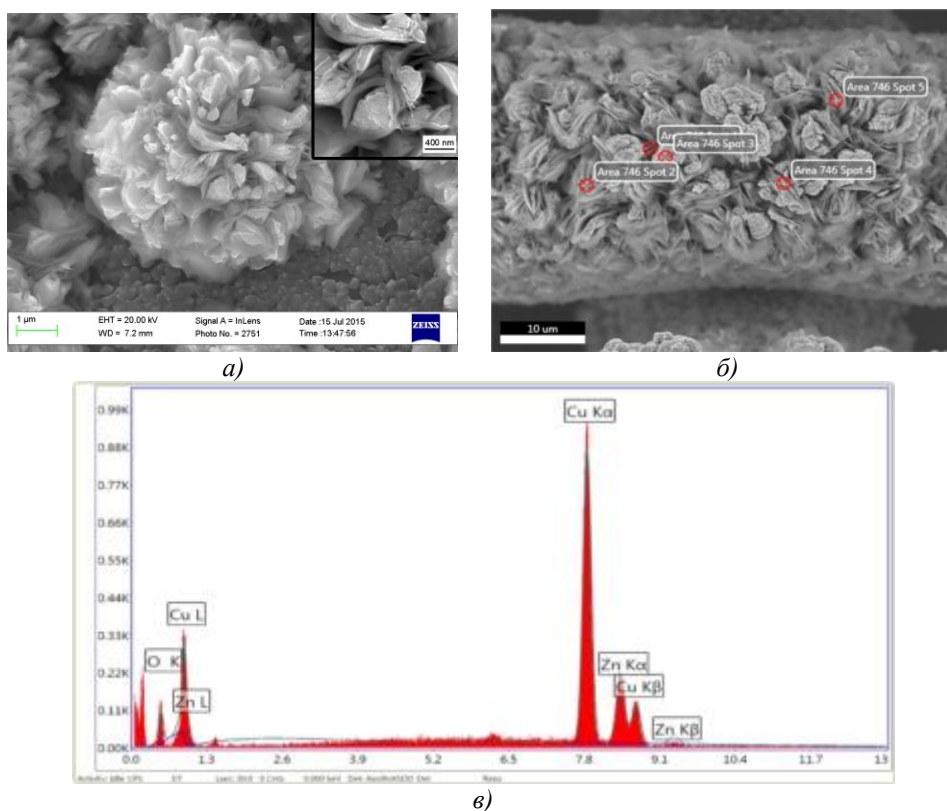


Рис. 2. Морфология поверхности медь-цинкового покрытия на микросетке из нержавеющей стали, полученного электроосаждением без перемешивания электролита (а); рентгеноспектральный анализ покрытия, полученного при $\eta=400$ мВ, $\tau=30$ минут (б, в)

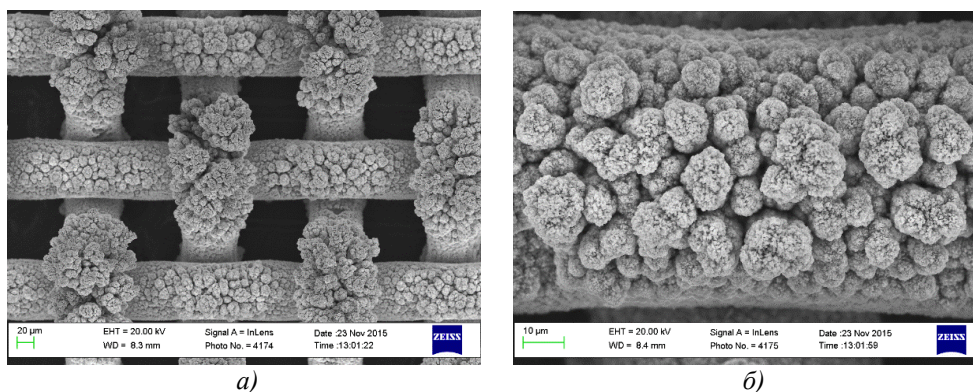


Рис. 3. Медь-цинковое покрытие на сетке при электроосаждении с перемешиванием электролита на начальном этапе электроосаждения

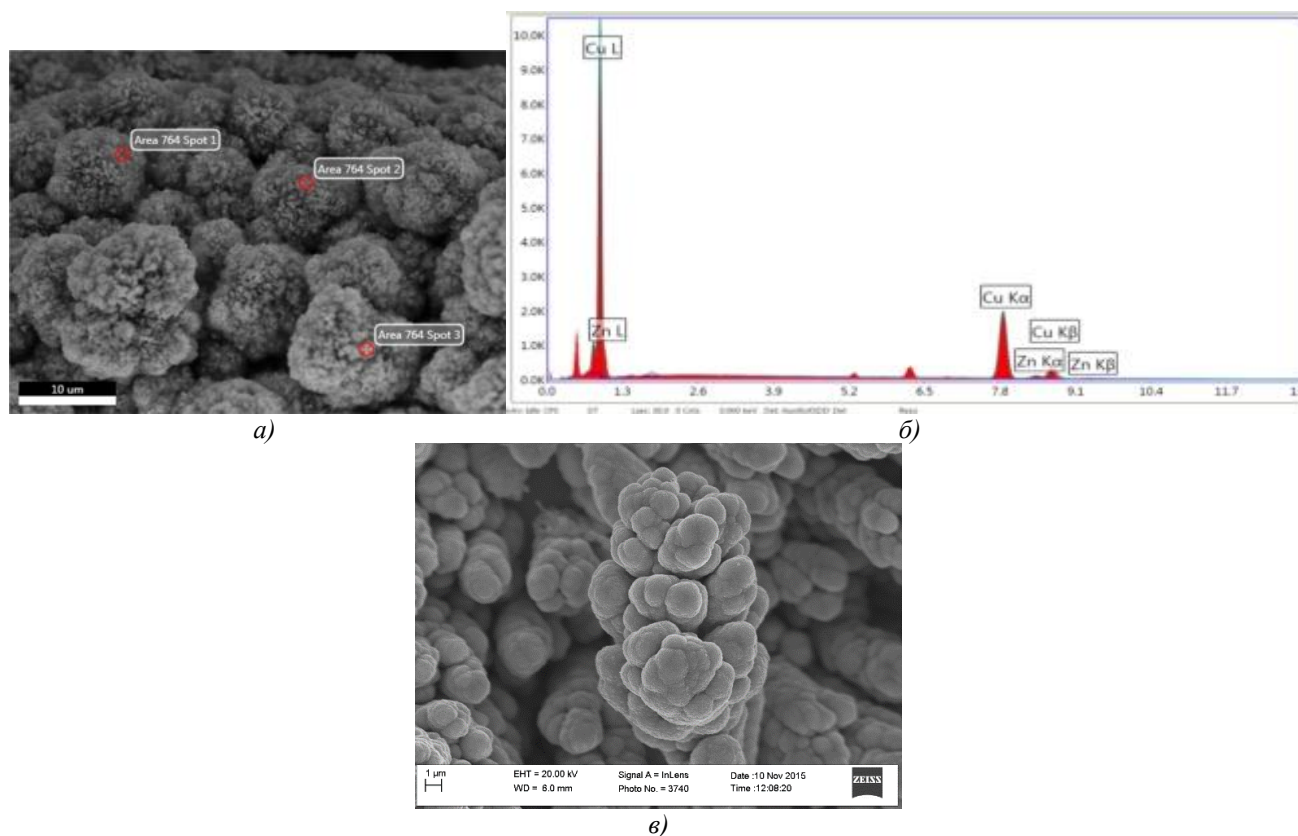


Рис. 4. Медь-цинковое покрытие на сетке при электроосаждении с перемешиванием электролита на начальном этапе электроосаждения (а); рентгеноспектральный анализ покрытия, полученного при перемешивании электролита на начальном этапе электроосаждения (б); при непрерывном перемешивании электролита со скоростью 156 об/мин (в)

Однако было замечено, что в отличие от электроосаждения без перемешивания электролита (рис. 1, 2) кластерные образования, состоящие из частиц меньше 500 нм, полностью отсутствуют. На микросетке образовались кластерные структуры из сферических частиц с гладкой поверхностью (рис. 4 в). Рентгеноспектральный локальный анализ таких образцов показал присутствие цинка не более 2 %, остальную часть составляет медь. Низкотемпературная порометрия показала уменьшение удельной поверхности покрытия в 3 раза.

ВЫВОДЫ

Проведенные эксперименты позволяют сделать следующие *выводы*:

- при соотношении в электролите нитрата меди к нитрату цинка 1 к 10 наиболее оптимальным режимом осаждения, который позволяет получить медь-цинковое покрытие с высокой удельной поверхностью порядка $50 \text{ м}^2/\text{г}$, является режим $\eta=400 \text{ мВ}$, $\tau=30 \text{ минут}$ при комнатной температуре. При этом содержание цинка в медном покрытии составляет от 30 до 40 %;

- перемешивание электролита на любом этапе электроосаждения медь-цинкового покрытия ведет к уменьшению его удельной поверхности и уменьшению концентрации цинка в покрытии.

Таким образом, использовать гидродинамическое воздействие на катод (путем перемешивания электролита) во время электроосаждения из комплексного электролита с целью увеличения концентрации цинка и удельной поверхности нецелесообразно, а причины

уменьшения концентрации цинка в покрытии требуют дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученное в стационарном слое электролита медь-цинковое покрытие показало хорошие результаты в экспериментах разложения этиленгликоля в воде, однако определение каталитических свойств данного покрытия требует дополнительных исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-02-00517 а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перспективные материалы. Т. 5 / под ред. Д.Л. Мерсона. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. 421 с.
2. Викарчук А.А., Романов А.Е. Физические основы получения принципиально новых нанокатализаторов на основе меди // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. 2014. Т. 11. № 1. С. 87–98.
3. Александрова Ю.В., Власов Е.А. Исследование свойств медьсодержащих катализаторов окисления // *Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)*. 2013. № 22. С. 15–20.
4. Yuranov I., Dunand N., Kiwi-Minsker L., Renken A. Metal grids with high-porous surface as structured catalysts: preparation, characterization and activity in propane total oxidation // *Applied Catalysis B: Environmental*. 2002. № 36. P. 183–185.

5. Круглова М.А., Ярошенко М.П., Антонюк С.Н., Голосман Е.З. Катализаторы для процесса получения водородного топлива // Тонкие химические технологии. 2008. Т. 3. № 6. С. 22–25.
6. Ведягин А.А., Цырульников П.Г., Струихина Н.О., Дашук Т.А., Бубнов А.В. Дегидрирование метанола на медьсодержащих катализаторах, модифицированных оксидом цинка // Катализ в промышленности. 2006. № 3. С. 29–33.
7. Виноградова Е.Н. Исследование катализаторов на основе оксидов никеля, меди и кобальта в процессе окисления метана // Успехи в химии и химической технологии. 2009. Т. 23. № 2. С. 43–47.
8. Овсиенко О.Л. Влияние добавок нитрата и формиата цезия на свойства Cu-Zn-Al-катализатора конверсии СО // Катализ в промышленности. 2011. № 6. С. 60а–66.
9. Грызунова Н.Н., Викарчук А.А., Шафеев М.Р., Грызунов А.М. Создание развитой поверхности сетчатого металлического носителя из нержавеющей стали // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2014. № 4. С. 25–29.
10. Грызунова Н.Н., Викарчук А.А., Шафеев М.Р. Создание развитой поверхности у сетчатого металлического носителя // Письма о материалах. 2015. Т. 5. № 2. С. 211–214.
11. Gryzunova N.N., Denisova A.G., Yasnikov I.S., Vikarchuk A.A. Preparation of materials with a developed surface by thermal treatment and chemical etching of electrodeposited icosahedral small copper particles // Russian Journal of Electrochemistry. 2015. Vol. 51. № 12. P. 1176–1179.
12. Грызунова Н.Н., Денисова А.Г., Ясников И.С., Викарчук А.А. Получение материалов с развитой поверхностью путем термообработки и последующего химического травления икосаэдрических малых частиц меди, полученных методом электроосаждения // Электрохимия. 2015. Т. 51. № 12. С. 1317–1320.
13. Денисова А.Г., Грызунова Н.Н. Альтернативный способ получения висцерных структур меди // Научный альманах. 2015. № 6. С. 120–124.
14. Грызунова Н.Н., Викарчук А.А., Тюрков М.Н. Получение и исследование электролитических материалов с энергоемкой дефектной структурой и развитой поверхностью // Деформация и разрушение материалов. 2016. № 2. С. 13–19.
15. Викарчук А.А., Власенкова Е.Ю., Грызунова Н.Н. Получение металлических нанобъектов методом термической обработки пентагональных частиц и трубок // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2008. № S6. С. 44–49.
16. Грызунова Н.Н., Викарчук А.А. К вопросу об увеличении удельной поверхности металлических катализаторов и носителей для них // Новости материаловедения. Наука и техника. 2015. № 1. С. 6–11.
17. Ясников И.С., Викарчук А.А. Термодинамика образования полости в пентагональных кристаллах в процессе электроосаждения меди // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2005. Т. 69. № 9. С. 1378–1382.
18. Викарчук А.А., Дорогов М.В. Особенности эволюции структуры и морфологии поверхности икосаэдрических частиц меди в процессе отжига // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2013. Т. 97. № 9–10. С. 682–686.
19. Грызунова Н.Н., Викарчук А.А., Шафеев М.Р., Романов А.Е. Морфологические и фазовые превращения в никелевых покрытиях на нержавеющей стали в температурных полях // Materials Physics and Mechanics. 2014. Т. 21. № 2. С. 119–125.
20. Грызунова Н.Н., Викарчук А.А., Бекин В.В., Романов А.Е. Создание развитой поверхности медных электролитических покрытий методом механоактивации катода и последующей термообработки // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2015. Т. 79. № 9. С. 1238–1242.

REFERENCES

1. Merson D.L., ed. *Perspektivnye materialy* [Perspective materials]. Togliatti, TGU Publ., 2013. Vol. 5, 421 p.
2. Vikarchuk A.A., Romanov A.E. Principal physics of getting fundamentally new cuprum-based catalysts. *Fundamentalnye problemy sovremennogo materialovedeniya*, 2014, no. 11, pp. 87–98.
3. Aleksandrova Ju.V., Vlasov E.A. Copper-containing oxidation catalysts properties study. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2013, no. 22, pp. 15–20.
4. Yuranov I., Dunand N., Kiwi-Minsker L., Renken A. Metal grids with high-porous surface as structured catalysts: preparation, characterization and activity in propane total oxidation. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2002, no. 36, pp. 183–185.
5. Kruglova M.A., Yaroshenko M.P., Antonyuk S.N., Golosman E.Z. Catalysts for the process of hydrogen fuel producing. *Tonkie khimicheskie tekhnologii*, 2008, vol. 3, no. 6, pp. 22–25.
6. Vedyagin A.A., Tsyruльников P.G., Struikhina N.O., Dashuk T.A., Bubnov A.V. Methanol dehydrogenation over copper-containing catalysts modified by zinc oxide. *Kataliz v promyshlennosti*, 2006, no. 3, pp. 29–33.
7. Vinogradova E.N. Study of nickel oxide, cuprum and cobalt-based catalysts in the process of methane oxidation. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*, 2009, vol. 23, no. 2, pp. 43–47.
8. Ovsienko O.L. Effect of supplementation of nitrate and cesium formiate on properties of CO conversion Cu-Zn-Al catalyst. *Kataliz v promyshlennosti*, 2011, no. 6, pp. 60a–66.
9. Gryzunova N.N., Vikarchuk A.A., Shafeev M.R., Gryzunov A.M. Creation of the developed surface of mesh metal carriers made of stainless steel. *Vektor nauki Tolyattinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, no. 4, pp. 25–29.
10. Gryzunova N.N., Vikarchuk A.A., Shafeev M.R. Creating high surface in the metal mesh carrier. *Pisma o materialakh*, 2015, vol. 5, no. 2, pp. 211–214.
11. Gryzunova N.N., Denisova A.G., Yasnikov I.S., Vikarchuk A.A. Preparation of materials with a developed surface by thermal treatment and chemical etching of electrodeposited icosahedral small copper particles. *Russian Journal of Electrochemistry*, 2015, vol. 51, no. 12, pp. 1176–1179.
12. Gryzunova N.N., Denisova A.G., Yasnikov I.S., Vikarchuk A.A. Preparation of materials with a devel-

- oped surface by thermal treatment and chemical etching of electrodeposited icosahedral small copper particles. *Elektrokhimiya*, 2015, vol. 51, no. 12, pp. 1317–1320.
13. Denisova A.G., Gryzunova N.N. An alternative method of producing whisker structures copper. *Nauchnyy almanakh*, 2015, no. 6, pp. 120–124.
 14. Gryzunova N.N., Vikarchuk A.A., Tyurkov M.N. Production and investigation of electrolytic energy-intensive materials with defect structure and developed surface. *Deformatsiya i razrushenie materialov*, 2016, no. 2, pp. 13–19.
 15. Vikarchuk A.A., Vlasenkova E.Yu., Gryzunova N.N. Fabrication of nanosized metallic objects by thermal processing of pentagonal particles and nanotubes. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2008, no. S6, pp. 44–49.
 16. Gryzunova N.N., Vikarchuk A.A. On the extend of specific surface of metal catalysts and carriers for them. *Novosti materialovedeniya. Nauka i tekhnika*, 2015, no. 1, pp. 6–11.
 17. Yasnikov I.S., Vikarchuk A.A. Thermodynamics of cavity formation in pentagonal crystals during electrodeposition of copper. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya fizicheskaya*, 2005, vol. 69, no. 9, pp. 1378–1382.
 18. Vikarchuk A.A., Dorogov M.V. Special aspects of evolution of the structure and morphology of surface of copper icosahedral particles in the annealing process. *Pisma v zhurnal eksperimentalnoy i teoreticheskoy fiziki*, 2013, vol. 97, no. 9–10, pp. 682–686.
 19. Gryzunova N.N., Vikarchuk A.A., Shafeev M.R., Romanov A.E. Morphological and phase transformations in nickel coatings on stainless steel in temperature fields. *Materials Physics and Mechanics*, 2014, vol. 21, no. 2, pp. 119–125.
 20. Gryzunova N.N., Vikarchuk A.A., Bekin V.V., Romanov A.E. Creating a developed surface of copper electrolytic coatings via mechanical activation of the cathode with subsequent thermal treatment. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya fizicheskaya*, 2015, vol. 79, no. 9, pp. 1238–1242.

COPPER-ZINC COATING WITH HIGH SPECIFIC SURFACE OBTAINED BY METAL ELECTRODEPOSITION METHOD

© 2016

A.G. Denisova, postgraduate student of “Nanotechnologies, material engineering and mechanics”
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: electrodeposition; copper-zinc; specific surface; developed surface; multicomponent coating.

Abstract: The improvement of chemical and petrochemical plants’ efficiency and the environmental management are impossible without the development of new technologies and materials. All this is directly concerned with the introduction of new catalysts. Each chemical reaction requires its own catalysts. Currently, solid metal catalysts with the multicomponent composition are distinguished as the prospective ones. They are characterised by mechanical strength and high thermal conductivity however they have low specific surface. That is why the development of the multicomponent material with high specific surface supported on metal micromesh that could be used in future as the advanced catalyst is the critical task.

As opposed to the methods of obtaining of multicomponent materials and methods of creation of developed surface of metal oxide coatings presented in the paper survey, this paper the process of obtaining the producing the developed surface coating on micromesh consisting of nanosized copper and zinc particles. The author suggests the creation of two-component (copper-zinc) coating with the high specific surface by means of electrodeposition from the complex electrolyte. Two series of experiments were carried out during the study. At the first stage, the electrodeposition was carried out in the stationary layer of complex copper-zinc electrolyte; at the second stage of experiments, the electrodeposition was carried out in the same electrolyte at the same deposition parameters but with the mixing of electrolyte with various stages of electrolysis.

During each series of experiments, the author decided on the technological modes of the coating obtaining, its composition and specific surface. It is shown that it is possible to change zinc concentration in the coating and its specific surface at various technological modes of deposition (with the electrolyte mixing and without it). The study allowed to come to a conclusion on the most optimal technological conditions of electrodeposition with the purpose of obtaining certain copper and zinc concentration in the coating. Preliminary tests showed that such copper-zinc coating can be used for wastewater aftertreatment from ethylene glycol.