

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ ЦИНКА ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Г.Г. Печенова, А.А. Черник

Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, г. Минск, Республика Беларусь, 220006

E-mail: gulnara.pech@gmail.com, alexachernik@gmail.com

*Полезная модель относится к металлургии цветных металлов, в частности, к электрохимическому синтезу высокочистого мелкодисперсного порошка цинка. Исследованы свойства порошков цинка, полученных электролитическим способом в 10% растворе гидроксида натрия после выщелачивания активной массы отработанных марганцево-цинковых химических источников тока. Изучены катодные поляризационные кривые при электрохимическом осаждении порошков цинка в стационарном режиме и в ультразвуковом поле, где выбрана оптимальная плотность тока – 5 А/дм<sup>2</sup>. Электроэкстракция порошков цинка проводилась как в стационарном режиме при плотности тока 7 А/дм<sup>2</sup>, так и с использованием ультразвукового поля при плотности тока 5 А/дм<sup>2</sup>. В ходе электролиза контролировались и определялись оптимальные параметры: напряжение на электролитической ячейке, концентрация ионов цинка Zn<sup>2+</sup> и выход по току. Исходя из выходов по току порошков цинка и концентрации в растворе ионов цинка Zn<sup>2+</sup>, предпочтительнее всего использовать ультразвуковой режим осаждения порошков цинка, так как выход по току составил 42% по сравнению со стационарным режимом электрохимического осаждения порошка цинка с выходом по току 30%. Полученные порошки цинка, исследовали на электронном микроскопе, данные которого показали содержание гранул высокой дисперсности, которые могут обладать антикоррозийными, электрическими и термоэлектрическими свойствами. Данные физико-химические свойства порошка цинка, полученного из электролита выщелачивания активной массы отработанных марганцево-цинковых химических источников тока использовать этот металл для создания на его основе светоизлучающих устройств - лазеров и светодиодов, а наличие полупроводниковых свойств при легировании редкими металлами расширяет области применения в электронной промышленности.*

**Ключевые слова:** цинк, металл, порошок, структура, источники тока, масса

## ELECTROCHEMICAL PRODUCTION OF ZINC POWDERS FROM ALKALINE LEACHING ELECTROLYTES

G.G. Pechyonova, A.A. Chernik

Belarussian State Technological University, 13a Sverdlova str., Minsk, Belarus, 220006

E-mail: gulnara.pech@gmail.com, alexachernik@gmail.com

*The useful model relates to non-ferrous metals metallurgy, in particular to electrochemical synthesis of high-purity fine-dispersed zinc powders. The properties of zinc powders obtained by electrolytic method in 10% sodium hydroxide solution after leaching the active mass of spent manganese-zinc chemical current sources have been studied. Cathodic polarization curves during electrochemical deposition of zinc powders in the steady-state mode and in the ultrasonic field were studied, where the optimum current density was chosen - 5 A/dm<sup>2</sup>. The electroextraction of zinc powders was carried out both in a stationary mode with the current density of 5 A/dm<sup>2</sup>, and with the ultrasonic field at the current density of 7 A/dm<sup>2</sup>. The optimum parameters: electrolytic cell*

*voltage, zinc  $Zn^{2+}$  ion concentration and current yield were monitored and determined during electrolysis. Based on the current yield of zinc powders and the concentration of zinc  $Zn^{2+}$  ions in the solution, the ultrasonic mode of zinc powder deposition was preferable, since the current yield was 42% as compared to the stationary mode of electrochemical deposition of zinc powder with the current yield of 30%. The obtained zinc powders were examined with an electron microscope, the data of which showed the content of granules of high dispersion, which can possess anticorrosive, electric and thermoelectric properties. These physical and chemical properties of zinc powder obtained from the electrolyte leaching of the active mass of spent manganese-zinc chemical sources of current use this metal to create on its basis light-emitting devices - lasers and LEDs, and the presence of semiconductor properties when alloyed with rare metals expands the field of application in the electronics industry.*

**Key words:** zinc, metal, powder, structure, current sources, mass

**Для цитирования:**

Печенова Г.Г., Черник А.А. Электрохимическое получение порошков цинка из щелочных электролитов выщелачивания. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2023. Т. LXVII. № 3. С. 73–76. DOI: 10.6060/RCJ.2023673.10.

**For citation:**

Pechyonova G.G., Chernik A.A. Electrochemical production of zinc powders from alkaline leaching electrolytes. *Ros. Khim. Zh.* 2023. V. 67. N 3. P. 73–76. DOI: 10.6060/RCJ.2023673.10.

**ВВЕДЕНИЕ**

Электрохимическая переработка активной массы отработанных марганцево-цинковых химических источников тока (МЦ ХИТ) направлена на переработку МЦ ХИТ и извлечению вторичных продуктов, в частности порошков цинка, которые в последующем находят свое применение в лакокрасочной, электрохимической и гидроэлектрометаллургической промышленности. Все ранее предложенные способы обладают следующими недостатками: высокие потери удельной энергии, многоступенчатость и сложность процесса, низкий выход целевого продукта, применения дополнительных операций, что загрязняет конечный продукт - дисперсный порошок цинка, поэтому возникла необходимость в переработке активной массы и получение готового продукта – порошка цинка [1-22].

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА**

Для приготовления новых электролитов была взята активная масса отработанных ХИТ весом 15 г. и растворена в 200 мл в 10% NaOH. Процесс растворения проводился 30 минут при температуре 40 °С с постоянным перемешиванием. По окончании процесса выщелачивания электролиты были отфильтрованы от не растворившейся активной массы. В полученных растворах после выщелачивания активной массы от солевой МЦ ХИТ содержание ионов цинка  $Zn^{2+}$  составило 13,40 г/дм<sup>3</sup>, а от щелочной МЦ ХИТ – 13,40 г/дм<sup>3</sup> [3].

Из полученных электролитов были сняты поляризационные кривые (ПК) в стационарном режиме и с наложением ультразвукового поля. Катодом служил свинец, анодом графит. ПК снималось относительно хлорид-серебряного электрода сравнения. Перед снятием ПК катод прошел стадии механической обработки, обезжиривания и промывки. Электрод сравнения с помощью солевого мостика и капилляра Луггина подсоединяется к катоду. По полученным данным были построены поляризационные кривые, которые представлены на рис. 1.

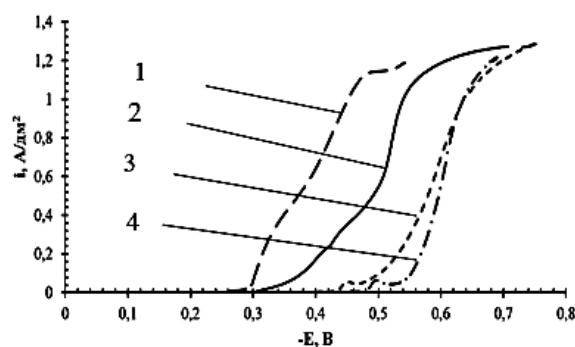
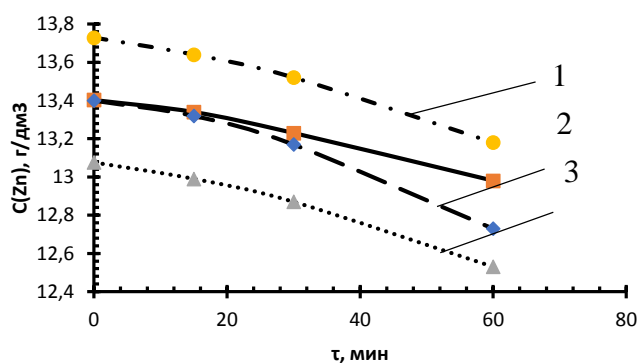


Рис. 1. Катодные поляризационные кривые 1–  $NaOH_{\text{сол.эл.}}^{\text{ул.}}$ ; 2 –  $NaOH_{\text{щел.эл.}}^{\text{ул.}}$ ; 3 –  $NaOH_{\text{сол.эл.}}$ ; 4 –  $NaOH_{\text{щел.эл.}}$ .

Анализ катодных поляризационных кривых показал, что с наложением ультразвукового поля, катодная поляризация наблюдается при потенциале - 0,25 В, где предельная плотность тока для раствора из солевых ХИТ составила 1,16 А/дм<sup>2</sup>; а для электролита из щелочных ХИТ 1,27 А/дм<sup>2</sup>. В

стационарном режиме электролиза, катодная поляризация наблюдается при потенциале  $-0,25$  В, при этом предельная плотность тока для раствора из солевых ХИТ составила  $1,2$  А/дм<sup>2</sup>; а для электролита из щелочных ХИТ  $1,28$  А/дм<sup>2</sup>. На основе этих данных можно сделать вывод, что из полученных электролитов осаждение порошка цинка можно проводить при плотности тока от  $1,28$  А/дм<sup>2</sup> и выше, как в стационарном, так и с наложением ультразвукового поля.

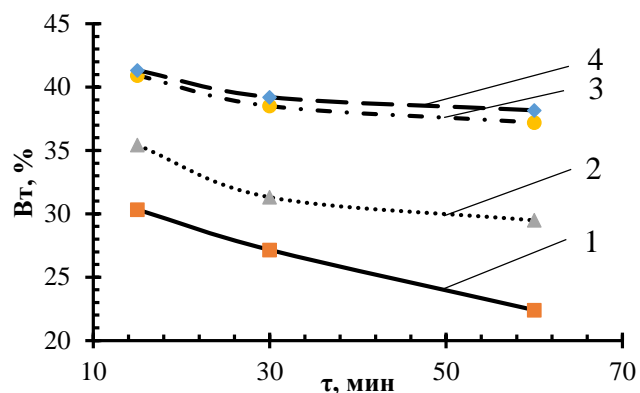
Электроэкстракция порошка цинка в стационарном режиме и с наложением ультразвукового поля проводилась в течении 1 ч с контролируемой концентрацией по ионов цинка  $Zn^{2+}$  через каждые 15 и 30 мин при плотности тока  $5$  А/дм<sup>2</sup>, после проведения электролиза были рассчитаны выходы по току, данные которых представлены на рис. 2 и 3.



1 —  $NaOH_{\text{сол.эл.}}^{\text{ул.}}$ ; 2 —  $NaOH_{\text{щел.эл.}}^{\text{ул.}}$ ; 3 —  $NaOH_{\text{щел.эл.}}$ ; 4 —  $NaOH_{\text{сол.эл.}}$   
Рис. 2. Графическая зависимость концентрации цинка от времени электролиза

При построении графических зависимостей было выявлено, что при наложении ультразвука выход по току увеличивается с 30% до 42%,

но так как уменьшается концентрация ионов цинка в электролите с  $13,7$  г/дм<sup>2</sup> до  $12,5$  г/дм<sup>2</sup>, то выход по току снижается с течением времени, не зависимо от того, что повышается плотность тока.



1 —  $NaOH_{\text{щел.эл.}}$ ; 2 —  $NaOH_{\text{сол.эл.}}$ ; 2 —  $NaOH_{\text{сол.эл.}}^{\text{ул.}}$ ; 3 —  $NaOH_{\text{щел.эл.}}^{\text{ул.}}$   
Рис. 3. Графическая зависимость выхода по току цинка от времени электролиза

## ВЫВОДЫ

При исследовании процесса извлечения порошка цинка выявлено, что осаждение лучше вести из электролита на основе 10%  $NaOH$ , так как для нормальной работы этого электролита можно использовать более низкие концентрации ионов цинка. Наложение ультразвука увеличивает выход по току цинка, следовательно, такое извлечение более эффективно чем обычный электролиз.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ashtari P., & Pourghahramani P. Journal of the Institution of Engineers (India): Series D, 96(2). P. 179–187. DOI: 10.1007/s40033-015-0068-6.
- Biswas R. K., Habib M. A., Karmakar A. K., & Tanzin S. Waste Management. 2016. 51. P. 149–156. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.09.041.
- Печенова Г.Г., Черник А.А. Известия Национальной Академии Наук Беларуси. Сер. хим. Наук. 2022. Т. 58. № 2. С. 216–223.
- Присянюк В.В., Суворов И.С., Прудников Н.В., Гилберт С.В., Зюнина Д.С. Российский химический журнал. 2020. Т. LXIV. № 3. С. 82–87. DOI: 10.6060/rcj.2020643.10.
- Иванова О.Н. Журнал «Синергия наук». 2018. № 20. С. 343–349.
- Александров В.И., Кошель А.А., Юдин В.С. Журнал «Инновации в науке». 2017. № 4 (65). С. 62–64.
- Способ утилизации отработанных химических источников тока: пат. 2164955 Российская Федерация, МПК C22B 7/00, C22B 19/00, C22B 47/00 / А. Н. Птицын, Л. И. Галкова, В. В.

## REFERENCES

- Ashtari P., & Pourghahramani P. Journal of the Institution of Engineers (India): Series D. 96(2). P. 179–187. DOI: 10.1007/s40033-015-0068-6.
- Biswas R. K., Habib M. A., Karmakar A. K., & Tanzin S. Waste Management. 2016. 51. P. 149–156. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.09.041.
- Pechonova G.G., Chernik A.A. Izvestiya Natsional'naya Akademiya Nauk Belarus. Ser. chem. nauk. 2022. V. 58. N 2. P. 216–223.
- Prosyanyuk V.V., Suvorov I.S., Prudnikov N.V., Gilbert S.V., Zyulina D.S. Ros. Khim. Zh. 2020. V. LXIV. №3. P. 82–87. (in Russian).
- Ivanova O. N. Journal of Synergy of Sciences. 2018. N 20. P. 343–349.
- Aleksandrov V.I., Koshel A.A., Yudin V.S. Journal "Innovations in Science". 2017. №4(65). P. 62–64. (in Russian).
- Method of utilisation of spent chemical current sources: Pat. 2164955 Russian Federation, MPC C22B 7/00, C22B 19/00, C22B 47/00 / A. N. Ptitsyn, L. I. Galkova, V. V. Ledviy, S.

- Ледвий, С. В. Скопов; заявитель ОАО «Елизаветинский опытный завод» – № 99115669/02; заявл. 14.07.19; опубл. 10.04.20 // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. 2020. № 11.
8. Способ утилизации использованных химических источников тока марганцево–цинковой системы: пат. 2734205 Российская Федерация, МПК С22В 7/00, В09В 3/00, С22В 19/30, С22В 3/08, С22В 47/00 / П. А. Зимовец; заявитель Зимовец П. А. – № 2020114846; заявл. 27.04.20; опубл. 13.10.20 // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. 2020. № 29.
  9. Способ утилизации отработавших источников тока, содержащих цинк и марганец: пат. 2723168 Российская Федерация, МПК С22В 7/00, В09В 3/00, С22В 19/38, С22В 47/00 / А.А. Климов; заявитель Климов А.А. № 2020103762; заявл. 29.01.20; опубл. 09.06.20 // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2020. – №16.
  10. Горбунова В.В., Зайцев В.А. Химическая технология. 2005. № 9. С. 33–41.
  11. Вайсман Я.И., Глушанкова И.С. Условия образования и очистка фильтрационных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов. – Пермь, 2003. 168 с.
  12. Кабанова Т.С., Зайцев В.А., Ягодин Г.А. Экология и промышленность России. 2010. С. 47–49.
  13. Almeida M.F., Xará S.M., Delgado J.N., Costa C.A. Waste Management. 2009. V. 29. N 1. P. 342–349.
  14. Critical review of the literature regarding disposal of household batteries. Final report. Rep. CalRecovery, Inc., Concord, California, 2007. 184 p.
  15. Karnchanawong S., Limpiteeprakan P. Waste Management. 2009. V. 29. N 2. P. 550–558.
  16. Agourakis D.C., Camargo I.M.C., Cotrim M.B., Flues M. Quimica Nova. 2006. V. 29. N 5. P. 960–964.
  17. Xara S.M., Delgado J.N., Almeida M.F., Costa C.A. Waste Management. 2009. V. 29. N 7. P. 2121–2131.
  18. Almeida M.F., Xará S.M., Delgado J.N., Costa C.A. Waste Management. 2009. V. 29. № 1. P. 342–349.
  19. Ведерников Ю.Н., Федотов С.А., Смирнов А.В., Аватинян Г.А., Паршиков Ю.Г., Пономарев А.Н., Кулагин Ю.А. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва). 2021. Т. LXV. No 3. С. 25–32.
  20. Винокуров Е.Г., Марголин Л.Н., Фарафонов В.В. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63. Вып. 8. С. 4–38. DOI: 10.6060/ivkkt.20206308.6212.
  21. Хакимов И.Б., Рахимов Ф.А., Ганиев И.Н., Обидов З.Р. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 6. С. 35–40. DOI: 10.6060/ivkkt.20216406.6368.
  22. Дякова В.Л., Костова Й.Г., Цанева Б.Р. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 4. С. 62–70. DOI: 10.6060/ivkkt.20226504.6550.
  - V. Skorov; applicant JSC "Elizavetinsky Experimental Plant" - No. 99115669/02; avt. 14.07.19; published 10.04.20 // Federal Service for Intellectual Property. 2020. N 11.
  8. Method of utilisation of used chemical current sources of manganese-zinc system: pat. 2734205 Russian Federation, MPK C22B 7/00, B09B 3/00, C22B 19/30, C22B 3/08, C22B 47/00 / P. A. Zimovets; applicant Zimovets P. A. - N 2020114846; applied. 27.04.20; published 13.10.20 // Federal Service for Intellectual Property. 2020. N 29.
  9. Method of utilisation of spent current sources containing zinc and manganese: pat. 2723168 Russian Federation, MPK C22B 7/00, B09B 3/00, C22B 19/38, C22B 47/00 / A. A. Klimov; applicant Klimov A. A. - No. 2020103762; applied. 29.01.20; published 09.06.20 // Federal Service for Intellectual Property. 2020. N 16.
  10. Gorbutnova V.V., Zaitsev V.A. Chemical technology. 2005. N 9. P. 33–41.
  11. Vaisman Y.I., Glushankova I.S. Conditions of formation and purification of filtration waters of landfills of solid domestic waste disposal. - Perm, 2003. 168 p.
  12. Kabanova T.S., Zaitsev V.A., Yagodin G.A. Ecology and Industry of Russia. 2010. P. 47–49.
  13. Almeida M.F., Xará S.M., Delgado J.N., Costa C.A. Waste Management. 2009. V. 29. n 1. P. 342–349.
  14. Critical review of the literature regarding disposal of household batteries. Final report. Rep. CalRecovery, Inc., Concord, California, 2007. 184 p.
  15. Karnchanawong S., Limpiteeprakan P. Waste Management. 2009. V. 29. N 2. P. 550–558.
  16. Agourakis D.C., Camargo I.M.C., Cotrim M.B., Flues M. Quimica Nova. 2006. V. 29. N 5. P. 960–964.
  17. Haga S.M., Delgado J.N., Almeida M.F., Costa C.A. Waste Management. 2009. V. 29. N 7. P. 2121–2131.
  18. Almeida M.F., Xará S.M., Delgado J.N., Costa C.A. Waste Management. 2009. V. 29. N 1. P. 342–349.
  19. Vedernikov Yu.N., Fedotov S.A., Smirnov A.V., Avatinyan G.A, Parshikov Yu.G, Ponomarev A.N. Kulagin Yu.A. Ros. Khim. Zh. 2021. 2021. V. LXV. N 3. P. 25–32.
  20. Vinokurov E.G., Margolin L.N., Farafonov V.V. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2020. V. 63. N 8. С. 4–38. DOI: 10.6060/ivkkt.20206308.6212.
  21. Khakimov I.B., Rakhimov F.A., Ganiev I.N., Obidov Z.R. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 6. P. 35–40. DOI: 10.6060/ivkkt.20216406.6368.
  22. Dyakova V.L., Kostova Y.G., Tzaneva B.R. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2022. V. 65. N 4. P. 62–70. DOI: 10.6060/ivkkt.20226504.6550.

Поступила в редакцию 29.04.2023  
Принята к опубликованию 17.09.2023

Received 29.04.2023  
Accepted 17.09.2023