

реакционноспособных групп, закрепленных на электроде. Определяемое вещество концентрируется исключительно на поверхности электрода и в результате чувствительность определения повышается.

Из данных рис. 2, следует, что на форму и величину пиков влияет растворенный кислород. После продувания раствора аргоном пик восстановления уменьшился и сместился в сторону больших отрицательных потенциалов. Кроме того, после продувки аргоном наблюдается пик восстановления молибдена при  $E = -0,26$  V, причем после насыщения кислородом этот пик становится неразличимым, но рост катодного тока, отвечающего восстановлению кислорода, начинается именно от этого потенциала.

### Список литературы

1. N. H. Hur, W. G. Klemperer, R.-C. Wang, A. P. Ginsberg, P. Wiley. *Inorganic Syntheses*. – V. 27 (1990). – 77–78.

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОПОРОШКОВ Al И Fe ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Ю. С. Приходько<sup>1</sup>, А. В. Мостовщиков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
Россия, [prihodko.js@mail.ru](mailto:prihodko.js@mail.ru)

<sup>2</sup>Томский политехнический университет  
Россия

Внедрение в производство металлических порошков позволяет получать новые материалы и продукты, которые не могут быть изготовлены с использованием традиционных технологий. Уникальная структура порошков позволяет значительно улучшить физические, механические и функциональные свойства изделий [1]. Микро- и нанопорошки железа и алюминия связаны с производством высокоэнергетических материалов, получением водорода в водородной энергетике, применяются в качестве компонентов и добавок в синтезе неорганических материалов, аддитивной технологии и материалах электронной техники. Методами исследования, позволяющими в достаточной мере раскрыть результаты воздействия излучений различной природы на порошки металлов, являются рентгеноструктурный анализ, дифференциальный термический анализ, просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения, ИК-спектроскопия.

Результаты вольтамперометрического тестирования показали, что, как в растворе, так и в пленке, модифицирующей поверхность электрода, ТВАНМ (VI) сохраняет электрохимическую активность. Он способен адсорбироваться на поверхности электрода, и может быть импрегнирован в материал пастовых углеродных электродов. Полученные результаты демонстрируют возможность использования иммобилизации в нафионовой пленке практически нерастворимого в воде полиоксомолибдата для создания модифицированных электродов, проявляющих электрокаталитическую активность в водных растворах.

Для улучшения физико-химических свойств порошков металлов, используют различные виды излучений, такие как СВЧ, электронное, гамма-воздействие. При этом, в недостаточной мере изучено воздействие переменных полей промышленной частоты на свойства порошков металлов. Порошки металлов подвергаются влиянию этих полей при хранении вблизи источников излучения.

Целью настоящей работы является исследование изменения физико-химических свойств порошков алюминия и железа в результате воздействия переменным электромагнитным полем промышленной частоты.

В качестве объектов исследования были выбраны электровзрывные нанопорошки металлов: нанопорошок алюминия имел среднеповерхностный диаметр частиц 90 нм и площадь удельной поверхности 14 м<sup>2</sup>/г, а нанопорошок железа ~ 110 нм и ~ 7,1 м<sup>2</sup>/г, соответственно.

В качестве основного метода исследования физико-химических и химических изменений в облученном порошке являлся метод термического анализа (ТА) [2].

Эксперименты по облучению нанопорошков металлов были выполнены по методике, описанной в работе [3].

Установлено, что температура начала окисления нанопорошка алюминия не имела четко выраженной зависимости от внешнего воздействия: она изменялась колебательным образом при увеличении напряженности электрической составляющей поля. Аналогичные результаты получены для нанопорошка железа. Наибольшая скорость окисления нанопорошка алюминия после воздействия, снизилась максимально на 0,045 мг/мин. Это коррелирует с данными об увеличении доли сорбированных поверхностью молекул воды – поверхность частиц порошка

становится менее проницаема для окислителя и вследствие этого процесс окисления протекает медленнее. Максимальная скорость окисления нанопорошков железа после обработки электромагнитным полем снизилась на 0,041 мг/мин.

Установлено, что в результате такого воздействия увеличивается адсорбционная способность поверхности порошков. Это приводит к протеканию целого ряда физико-химических процессов в порошках при действии на него поля: сорбции воды, её диссоциации, процессам зарядки металлической составляющей частицы порошка и последующему увеличению её реакционной способности. Наиболее вероятной физической природой этих процессов является инициирование вихревых токов Фуко в металлической составляющей микро- и наночастиц порошков железа и алюминия.

### Список литературы

1. Гиршов В. Л. *Современные технологии в порошковой металлургии: учеб. пособие* / В. Л. Гиршов, С. А. Котов, В. Н. Цеменко // СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2010. – 385 с.
2. Голубков А. Н. *Методы термического анализа. // Взаимодействие изотопов водорода с конструкционными материалами. IHISM 08, 2008. – С. 71–73.*
3. Мостовицков А. В. *Влияние электромагнитного поля промышленной частоты на физико-химические свойства микро- и нанопорошков алюминия* / А. В. Мостовицков, Д. В. Тихонов, Ю. С. Приходько // *Журнал технической физики*, 2021. – Т. 91. – № 9. – С. 1415–1418.

## ПОВЫШЕНИЕ ТВЕРДОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СТАЛИ 20 ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННЫМИ КАТОДНОЙ БОРОЦЕМЕНТАЦИЕЙ И АНОДНЫМ ПОЛИРОВАНИЕМ

Е. К. Пская, И. М. Наумов, В. С. Авакян, Р. Д. Белов,  
Е. В. Сокова, А. К. Мухина, К. И. Бесчетникова  
Научный руководитель – к.т.н., доцент И. В. Тамбовский

ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет»  
156005, Россия, г. Кострома, ул. Дзержинского, д. 17, info@kstu.edu.ru

Данная работа посвящена изучению эффективности использования анодного электролитно-плазменного полирования для улучшения поверхностных характеристик и эксплуатационных свойств стали 20, поверхность которой предварительно подвергалась катодной бороцементации и закалке.

Катодная электролитно-плазменная бороцементация цилиндрических образцов из стали 20 высотой 15 мм и диаметром 11 мм проводилась при температуре 850 °С в водном растворе электролита, содержащем 10 % хлорида аммо-

ния, 8 % глицерина и 3 % борной кислоты. Температура электролита поддерживалась равной  $30 \pm 2$  °С, а скорость его циркуляции в системе составляла 2,5 л/мин. В конце катодного процесса образцы закалялись в электролите. Последующее анодное полирование проводилось в течении 1 и 2 минут при напряжении 325 В в 5%-ном растворе сульфата аммония, температура которого поддерживалась равной 70 °С. Скорость циркуляции электролита при полировке составляла 1,0 л/мин, а температура образцов не превышала 100 °С.