

Рис. 3. Наностержни магнетита после 24 часов синтеза

а – Микрофотография СЭМ, б – Дифрактограмма

средней длиной 255 нм, средним диаметром 29 нм.

Положение пиков и соотношение их интенсивностей на дифрактограммах подтверждают образование фаз магнетита (Fe_3O_4) с небольшими примесями гетита ($\alpha\text{-FeOOH}$) и лепидокрокита ($\gamma\text{-FeOOH}$).

Таким образом, синтезированы наностержни магнетита с различным соотношением длины к диаметру в зависимости от времени их выдерживания в автоклаве. Показана зависимость физико-химических свойства полученных частиц от их морфологии.

Исследование выполнено при поддержке мегагранта № 075-15-2021-588 от 1.06.2021.

Список литературы

1. Botvin V., Surmeneva M., Mukhortova Y., Belyakova E., Wagner D., Chelobanov B., Laktionov P., Sukhinina E., Pershina A., Kholkin A., Surmenev R. // *Polymer Engineering and Science*, 2022.
2. Kim S., Ico G., Bai Y., Yang S., Lee J.-H., Yin Y., Myung N. V., Nam J. // *Nanoscale*, 2019.
3. Podoliak N., Buchnev, O., Bavykin D., Kulak A., Kaczmarek M., Sluckin T. // *Journal of Colloid and Interface Science*, 2012. – 386 (1). – 158–166.

О ВЛИЯНИИ ВРЕМЕНИ ПЛАЗМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТА СИНТЕЗА НА ОСНОВЕ КАРБИДА МОЛИБДЕНА

Ю. З. Васильева

Научный руководитель – к.т.н., научный сотрудник А. Я. Пак

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, пр. Ленина, д. 30, yzv1@tpu.ru

В настоящее время карбиды переходных металлов, в частности карбиды молибдена, рассматриваются как основа для создания катализаторов, не содержащих благородных металлов (платину, палладий, иридий, рутений и др.) для получения водорода из воды методом электролиза [1]. Это возможно благодаря их электронной структуре, близкой к платине [2]. Очевидными преимуществами применения катализаторов на основе карбида молибдена являются их относительно невысокая стоимость и более широкие запасы в природе в сравнении с коммерческими

катализаторами на основе благородных металлов [3]. Получение таких материалов возможно методом электродугового плазмохимического синтеза, реализуемого в открытой воздушной среде [4].

Известно, что путем изменения параметров процесса синтеза можно влиять на характеристики получаемого продукта. В соответствии с потребностью в получении материалов с заданными свойствами целью данной работы являлось исследование влияния времени плазмен-

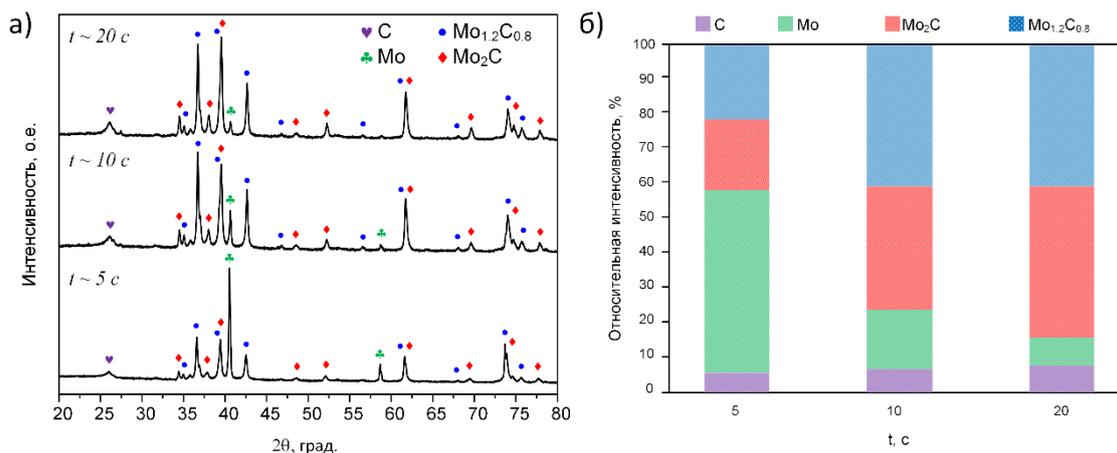


Рис. 1. Снимки рентгеновской дифракции образцов, полученных при времени плазменного воздействия $t \sim 5, 10, 20$ с (а) и их фазовый состав (б)

ного воздействия на фазовый состав продукта синтеза на основе карбида молибдена.

Экспериментальные исследования были проведены на оригинальном электродуговом стенде [5]. К источнику постоянного тока, настроенному на силу тока 200 А, подключались графитовые электроды – анод в форме сплошного стержня и катод в форме стакана. Исходная смесь включала порошки наноразмерного молибдена, микроразмерных графита и меламина, смешанные в шаровой мельнице в массовом соотношении $\text{Mo}/\text{C}/\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6 = 2/1/1$. Дуговой разряд инициировался в полости катода, на дне которого располагалась смесь исходных компонентов. Время воздействия атмосферной электродуговой плазмы варьировалось от 5 до 20 с. При этом, согласно зарегистрированным осциллограммам тока и напряжения, количество подведенной энергии к системе изменялось от 25,5 до 80,4 кДж. После проведения экспериментов полученный порошок извлекался из полости катода, измельчался в агатовой ступке и анализировался различными методами.

Анализ фазового состава продукта был выполнен методом рентгеновской дифрактометрии на приборе марки Shimadzu XRD-7000 (CuK- α

излучение, $\lambda = 1,54060$ Å). Полученные снимки рентгеновской дифракции синтезированных образцов приведены на рисунке 1.

В синтезированных продуктах идентифицируются следующие кристаллические фазы: C (ICDD №04-015-2407), Mo (ICDD №01-077-8340), $\text{Mo}_{1.2}\text{C}_{0.8}$ (ICDD №04-006-2272), Mo_2C (ICDD №04-016-3695). Как можно заметить (рис. 1), при увеличении времени плазменного воздействия снижается доля исходного молибдена ввиду его расхода с образованием карбидов молибдена, доля которых, соответственно, увеличивается; доля углерода незначительно растет из-за электрической эрозии графитового анода.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно утверждать, что оптимальным временем плазменного воздействия следует считать $t \sim 20$ с, поскольку содержание фазы Mo_2C при этом максимально. Согласно анализу литературы, именно фаза Mo_2C является предпочтительной с точки зрения использования в качестве катализатора получения водорода из воды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-38-90088.

Список литературы

1. Rabi O., et al. // *Mol. Catal.*, 2020. – V. 494. – № 111116.
2. Kadam S. R. // *Appl. Surf. Sci.*, 2021. – V. 559. – № 149932.
3. Ma Y. // *Renew. Sustain. Energy Reviews*, 2017. – V. 75. – P. 1101–1129.
4. Vassilyeva Y. Z. // *Mater. Chem. Phys.*, 2020. – V. 254. – № 123509.
5. Патент РФ №2019111857/19. Устройство для получения порошка на основе карбида бора / Р. С. Мартынов, А. Я. Пак, Г. Я. Мамонтов. заявл. 19.04.2019; опублик. 10.09.2019, Бюл. № 26.