

**Результаты и их анализ.** Анализ результатов СКРС и РФА показал типичные пики шпинели для всех образцов. Однако установлено повышение содержания примесей оксида железа (маггемит, гематит) при увеличении продолжительности синтеза с 30 мин до 3 ч. Также увеличение продолжительности синтеза с 30 мин до 3 ч привело к уменьшению удельной намагниченности насыщения НЧ MFO с  $43,4 \pm 0,7$  до  $33,9 \pm 2,0$  эме/г (рис. 1), соответственно. Данные значения намагниченности сопоставимы с аналогами на основе потенциально токсичных материалов, например,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  [2]. Стабильность коллоидного раствора НЧ MFO была установлена путем хранения в холодильнике в течение 24 ч.

**Заключение.** В результате исследования разработаны магнитные коллоидные НЧ на основе биосовместимого MFO, являющиеся перспективными для применения в биомедицине, за счет контролируемого размера, магнитными свойствами и коллоидной стабильностью.

Авторы выражают благодарность за помощь в измерениях к.т.н. Д. В. Вагнеру. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2021-588 от 1.06.2021), а также гранта РНФ № 23-23-00511.

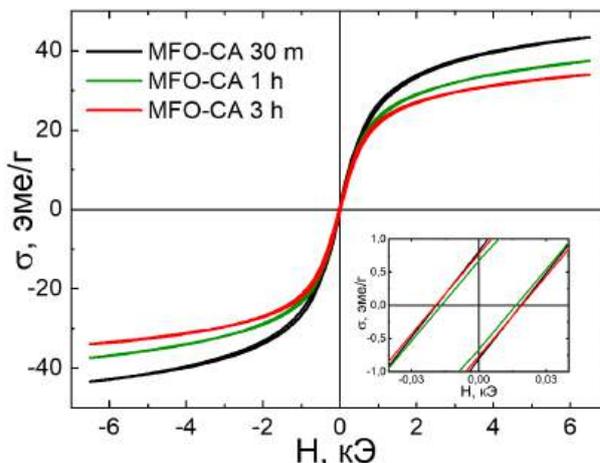


Рис. 1. Петли магнитного гистерезиса разработанных НЧ MFO

### Список литературы

1. Akhlaghi N., et al. // *J. Ind. Eng. Chem.* – 2021. – V. 103. – P. 292–304.
2. Giannousi K., et al. // *Eur. J. Inorg. Chem.* – 2019. – V. 2019. – P. 1895–1903.
3. Hashim M., et al. // *J. Alloys Compd.* – 2015. – V. 642. – P. 70–77.
4. Kharisov B., et al. // *Microwaves: microwave-assisted hydrothermal synthesis of nanoparticles.* – FL, USA: CRC Press, 2016. – P. 588–599.
5. Dheyab M.A., et al. // *Sci. Rep.* – 2020. – V. 10. – P. 10793.

## МЕТОД ЛАЗЕРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ В ПОВЕРХНОСТЬ ПОЛИМЕРА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕНСОРОВ

Д. Л. Чешев, И. Р. Абдрахимов

Научный руководитель – Ph.D., профессор ИШХБМТ Е. С. Шеремет

ФГАОУ ВО Национальный Исследовательский Томский Политехнический университет  
Россия, Томск, проспект Ленина, 30  
dimascabal@gmail.com

Изготовление гибких датчиков, обычно, основано на 2-х подходах: замешивание проводящих материалов в полимерную матрицу, или формирование проводящего паттерна сенсора на поверхности полимерной подложки методом печати. Таким образом удастся получить гибкие чувствительные сенсоры. Однако оба подхода имеют свои недостатки. Например, замешивание проводящего материала в структуру полимера позволяет создать очень гибкие, устойчивые

к растяжению и чувствительные сенсоры [1]. Тем не менее, такой подход лишает возможности локализации сенсора в определенном месте подложки, а также ограничивает возможности миниатюризации сенсора. С другой стороны, формирование проводящего паттерна на поверхности подложки позволяет управлять формой и размером структуры, тем самым влияя на чувствительность и механическую устойчивость сенсора [2]. Из недостатков можно выделить

избирательность в подборе проводящих компонентов и предварительной подготовки подложки для обеспечения адгезии проводящей структуры к поверхности [3].

В данной работе продемонстрирован метод лазерной интеграции, объединяющий как замешивание проводящего компонента в полимер, так и формирование определенного паттерна на поверхности. Процесс подразумевает нанесение металлических наночастиц (или другого проводящего материала) на поверхность полимера, локальный нагрев лазерным излучением, плавление полимера и замешивание материала в

его поверхность. Таким образом удается сформировать электропроводящую структуру любой формы и размера, тем самым позволяя управлять механической устойчивостью и чувствительностью сенсора. Прикладным применением метода может являться изготовление датчиков температуры, гребенчатых электродов с контролируемой шириной канала и т. п.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 23-42-00081 «Гибкие и долговечные многофункциональные датчики без перекрестных помех».

### Список литературы

1. Pan J. et al. *A Flexible Temperature Sensor Array with Polyaniline/Graphene-Polyvinyl Butyral Thin Film* // *Sensors*. – 2019. – Vol. 19. – № 19.
2. Xin Y., Zhou J., Lubineau G. *A highly stretchable strain-insensitive temperature sensor exploits the Seebeck effect in nanoparticle-based printed circuits* // *J. Mater. Chem. A Mater. Energy Sustain.* – Royal Society of Chemistry (RSC), 2019. – Vol. 7. – № 42. – P. 24493–24501.
3. Rahman M.T. et al. *High performance flexible temperature sensors via nanoparticle printing* // *ACS Appl. Nano Mater.* – American Chemical Society (ACS), 2019. – Vol. 2. – № 5. – P. 3280–3291.

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ НА ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ

Л. Чжун, О. В. Дубинина

Научный руководитель – к.х.н., доцент О. В. Дубинина

Национальный Исследовательский Томский Политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
dubininaov@tpu.ru

**Введение.** Защита металлов от коррозии является одной из сложнейших задач в различных отраслях промышленности. Основным ущербом, вызванным коррозией, является значительная стоимость компонентов, подверженных коррозии. Во многих отраслях промышленности помимо потерь загрязнять готовую продукцию могут также оксиды металлов, образующиеся в результате коррозии [1].

Использование ингибиторов в качестве защитных покрытий – эффективный способ замедлить и предотвратить процесс окисления. В настоящее время активно разрабатываются ингибиторы коррозии, в том числе наночастицы металлов и их соединений. При синтезе наночастиц соотношение площади поверхности к объему играет ключевую роль в определении адсорбционной способности молекул, что, в свою

очередь, определяет эффективность ингибирования процесса коррозии [2].

Целью данной работы является изучение влияния термической обработки стали У8А на защитные свойства ингибиторов коррозии на основе водной суспензии оксида цинка.

**Экспериментальная часть.** Защитное действие ингибиторов коррозии на основе оксида цинка в коррозионных средах оценивали методом вольтамперометрии. Состав ингибиторов коррозии: 1. 0,15 % водная суспензия наночастиц ZnO (PC), полученных методом распылительной сушки; 2. 0,15 % водная суспензия частиц ZnO (СВЧ), полученных методом СВЧ обработки.

**Метод вольтамперометрии.** Регистрацию вольтамперных кривых осуществляли в трехэлектродной ячейке на потенциостате CorrTest