

Углеродные нанокompозиты с магнитными частицами на основе гидроуглей: влияние природы прекурсора

Агеев Я.И.¹, Кузнецов Б.Н.¹

ageev.yi@icct.krasn.ru

¹ ИХХТ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

Магнитные углеродные нанокompозиты представляют интерес для адсорбции, катализа и биомедицины, благодаря сочетанию развитой поверхности и возможности магнитного управления. В работе исследованы углеродные нанокompозиты, полученные термохимической обработкой при 800 °С гидроуглей из древесины осины, пропитанных $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ и $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ [1]. Методами СЭМ, РФА, БЭТ, ЭПР и магнитных измерений установлено, что природа прекурсора определяет механизм формирования магнитных фаз и графитизацию углеродной матрицы.

При использовании прекурсора нитрата железа, в результате карботермического восстановления образуются частицы металлического Fe и Fe_3C размером 200-400 нм, внедренные в графитизированную углеродную матрицу. Известно, что частицы металлического Fe способствуют графитизации аморфного углерода [2]. Композит характеризуется высокой намагниченностью насыщения MS (83,2-96,8 емг/г), но низкой удельной поверхностью (27-82 м²/г) из-за блокировки пор железосодержащими частицами. Прекурсор $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ разлагается при более высоких температурах [3] с образованием частиц гематита и карбонатов и в меньшей степени влияет на графитизацию аморфного углерода. MS этих композитов составляет 13,6-20,3 емг/г. Водная обработка образцов удаляет карбонаты, раскрывая поры до 266-309 м²/г без потери магнитного отклика.

Кислотная обработка (6М HCl) композитов селективно удаляет магнитомягкие фазы (металлическое Fe, оксиды), сохраняя наночастицы карбидов железа (Fe_3C , Fe_5C_2). Это приводит к формированию магнитожёстких композитов с НС до 706,5 Э. MS (0,44-1,55 емг/г). Методом ЭПР идентифицированы три типа парамагнитных центров: магнитные агломераты карбидов ($g = 2,99-5,53$), углеродная матрица с sp^2 -гибридизацией ($g \approx 2,1$) и изолированные дефекты графита ($g \approx 2,00$). Использование $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ обеспечивает легирование матрицы азотом (до 3,38 мас.%).

Полученные углеродные нанокompозиты на основе гидроуглей из древесины осины могут использоваться в качестве магнитноотделяемых сорбентов и подложек для катализаторов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-13-20007 (<https://rscf.ru/project/25-13-20007/>), гранта Красноярского краевого фонда науки.

Ссылки

1. Б.Н. Кузнецов, Я.И. Агеев, Н.М. Микова, И.П. Иванов, А.М. Жижаев, О.Ю. Фетисова, Т.Г. Овчинникова, Журн. СФУ Химия. (2025), Т.18(4), С. 517.
2. Z. Wang, S. Deng, Q. Zhang, J. Li, Q. Lin, J. Alloys Compd. (2022), Т. 890, Р. 161804.
3. С. Aparicio, L. Machala, Z. Marusak, J. Therm. Anal. Calorim. (2012), Т. 110, Р. 661.