

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОФЛЮИДОВ ФЕРРИТА НИКЕЛЯ

Кролик А.Е.¹, Немкова Д.И.¹, Сайкова С.В.^{1,2}

¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск Россия

²Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск Россия

antonkrolikov@mail.ru

В настоящее время проблема получения седиментационно-устойчивых нанофлюидов является актуальной. Перспективным направлением применения флюидов является медицина, солнечные батареи, жидкие теплоносители и др.

Для синтеза наножидкостей применяются два метода: двухстадийный и одностадийный.

Двухстадийный метод наиболее часто используется для приготовления гибридных наножидкостей. В этом методе наночастицы сначала получают различными физическими и химическими методами, затем их смешивают с дисперсной средой.

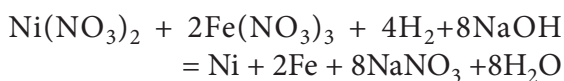
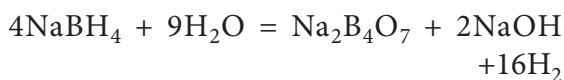
В одностадийном методе синтез и диспергирование наночастиц в дисперсной среде осуществляются одновременно. Этот метод считается наиболее эффективным для получения более стабильных дисперсных систем. Кроме того, он исключает все промежуточные процессы, такие как хранение, сушка, диспергирование, перемешивание, обработка ультразвуком, которые могут вызвать окисление наночастиц металлов.

В наших исследованиях был предложен новый метод синтеза стабильных гидрозолей феррита никеля, основанный на соосаждении ионов никеля и железа в присутствии борогидрида натрия и полиэтиленimina (ПЭИ) без стадии

прокаливания конечного продукта.

Методом математического планирования и обработки результатов (ДФЭ.²⁷⁻⁴) изучено влияние реакционных параметров и подобраны оптимальные условия синтеза наноразмерных частиц феррита никеля.

Схематично процесс образования феррита никеля можно представить уравнениями:



ПЭИ в данном процессе играет роль стабилизатора, повышающего агрегативную и седиментационную устойчивость дисперсной системы. Молекулы ПЭИ, адсорбируясь на поверхности частиц дисперсной фазы, способствуют уменьшению межфазного натяжения и образованию сольватного или двойного электрического слоя. При стабилизации поверхность частиц приобретает свойства вещества – стабилизатора. Адсорбция молекул полиэтиленimina на поверхности наночастиц, обеспечивающая стабилизацию их золей подтверждается данными ПЭМ.

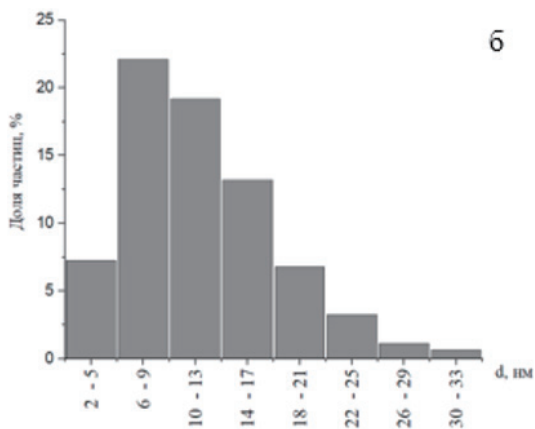
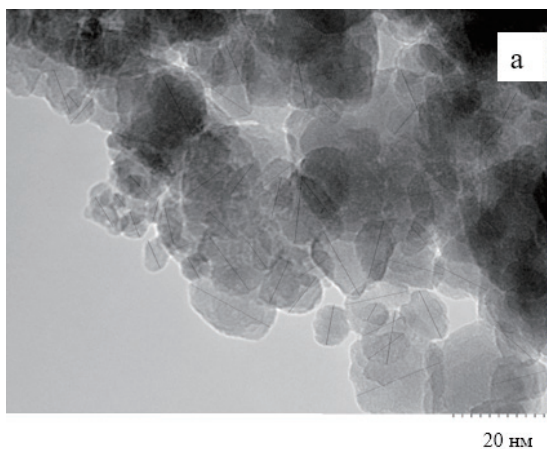


Рисунок 1 – Микрофотография ПЭМ (а), диаграмма распределения по размерам (б) полученных частиц феррита никеля

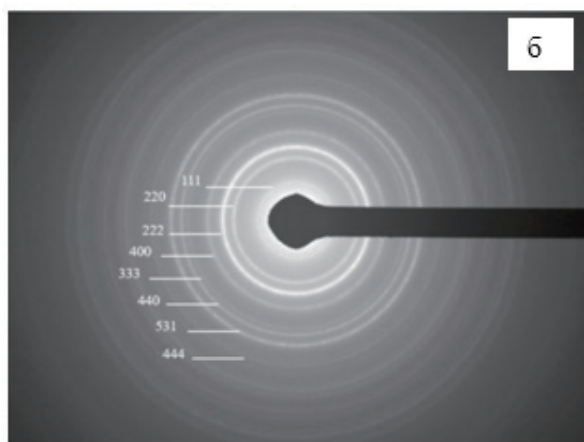
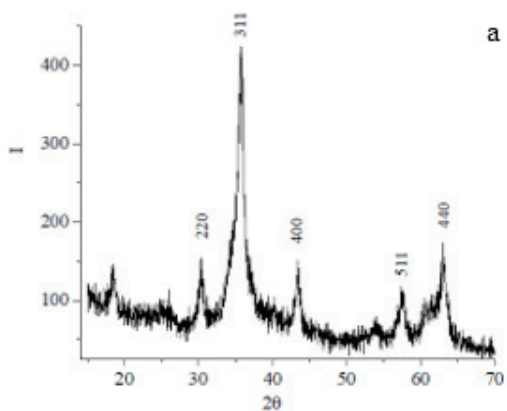


Рисунок 2 – Рентгенограмма (а), картина микродифракции электронов (б) полученных частиц феррита никеля

Частицы феррита никеля, синтезированные в оптимальных условиях реакционных параметров системы, имеют близкую к сферической форму (рисунок 1 а) и медианный размер 11,2 нм (рисунок 1 б).

По данным рентгенофазового анализа размер кристаллитов, рассчитанный по формуле Шеррера для пяти наиболее интенсивных рефлексов ($\langle 30,35 \rangle$; $\langle 35,72 \rangle$; $\langle 43,39 \rangle$; $\langle 57,45 \rangle$; $\langle 63,0 \rangle$), составил $11,4 \pm 2,6$ нм (рисунок 2).

Выводы

1. Получены наноразмерные частицы феррита никеля методом химического соосаждения Fe (III) и Ni (II) в присутствии борогидрида натрия без стадии прокаливания. Методом математического планирования и обработки результатов ДФЭ-2⁷⁻⁴ изучено влияние реакционных параметров и подобраны оптимальные условия синтеза, обеспечивающие максимальный выход фазы феррита никеля.

2. В оптимальных условиях получены наночастицы, представляющие собой чистую фазу феррита никеля, имеющие медианный размер 11,2 нм и обладающие магнитными параметрами.
3. Оптимальные параметры, оказывающие наибольшее влияние на стабилизацию нанофлюидов

феррита никеля, является расход ПЭИ, температура и время синтеза после его добавления. В оптимальных условиях через 1 час стабильными является 63% частиц.

Список литературы

- 1 Goharshadi E.K., Sajjadi S.H., Mehrkhan R., Nancarrow P. Sonochemical synthesis and measurement of optical properties of zinc sulfide quantum dots// Chemical Engineering Journal. 2012. Vol. 209. P. 113–117.
- 2 J.A. Eastman J.A., Choi S.U., Li S., Yu W., Thompson L.J. Anomalously increased effective thermal conductivities of ethylene glycol-based nanofluids containing copper nanoparticles // Applied Physics Letters. 2001. Vol. 78. 718 p.
- 3 Озерин, А. С. Комплексы полиэтиленimina с ионами меди и кобальта как прекурсоры для получения наноразмерных металлических частиц / А. С. Озерин, Т. С. Куркин, Ф. С. Радченко, Ю. В. Шулевич, И. А. Новаков // Журнал прикладной химии. - 2021. - Т. 94, №. 2. – С. 225-232.
- 4 Bychkova, A. V. The Investigation of Polyethyleneimine Adsorption on Magnetite Nanoparticles by Spin Labels Technique / A. V. Bychkova, O. N. Sorokina, A. L. Kovarski, A. B. Shapiro, M. A. Rosenfeld // Nanoscience and Nanotechnology Letters. – 2011. - Vol. 3. – P. 591–593.

OBTAINING AND STUDYING THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF NICKEL FERRITE NANOFUIDS

Krolikov A.E.¹, Nemkova D.I.¹, Saikova S.V.^{1,2}

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

²ICCT SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

antonkrolikov@mail.ru

Currently, the problem of obtaining sedimentation-resistant nanofluids is actual. A promising area of application of fluids is medicine, solar panels, liquid heat carriers, etc.

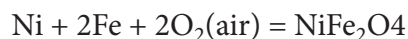
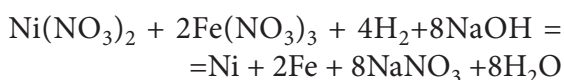
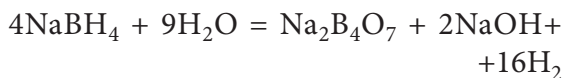
Two methods are used for the synthesis of nanofluids: two-stage and one-stage. The two-stage method is most often used for the preparation of hybrid nanofluids. In this method, nanoparticles are first obtained by various physical and chemical methods, then they are mixed with a dispersed medium.

In the single-stage method, the synthesis and dispersion of nanoparticles in a dispersed medium are carried out simultaneously. This method is considered the most effective for obtaining more stable dispersed systems. In addition, it excludes all intermediate processes, such as storage, drying, dispersion, mixing, ultrasound treatment, which can cause oxidation of metal nanoparticles.

In our research, a new method was proposed for the synthesis of stable nickel ferrite hydrosols based on the co-deposition of nickel and iron ions in the presence of sodium borohydride and polyethylenimine (PEI) without the calcination stage of the final product.

The influence of reaction parameters was studied by the method of mathematical planning and processing of results (DFE-27-4) and optimal conditions for the synthesis of nanoscale nickel ferrite particles were selected.

Schematically, the process of formation of nickel ferrite can be represented by the equations:



PEI in this process plays the role of a stabilizer that increases the aggregate and sedimentation stability of the dispersed system. PEI molecules, adsorbed on the surface of the particles of the dispersed phase, contribute to the reduction of interfacial tension and the formation of a solvate or double electric layer. When stabilized, the surface of the particles acquires the properties of a stabilizer substance. The adsorption of polyethylenimine molecules on the surface of nanoparticles, which ensures the stabilization of their sols, is confirmed by TEM data.

Nickel ferrite particles synthesized under optimal conditions of the reaction parameters of the system have a shape close to spherical (figure 1 a) and a median size of 11.2 nm (figure 1 b).

According to X-ray phase analysis, the size of the crystallites calculated according to the Scherrer formula for the five most intense reflexes (<30,35>; <35,72>; <43,39>; <57,45>; <63,0>), it was 11.4 ± 2.6 nm (figure 2).

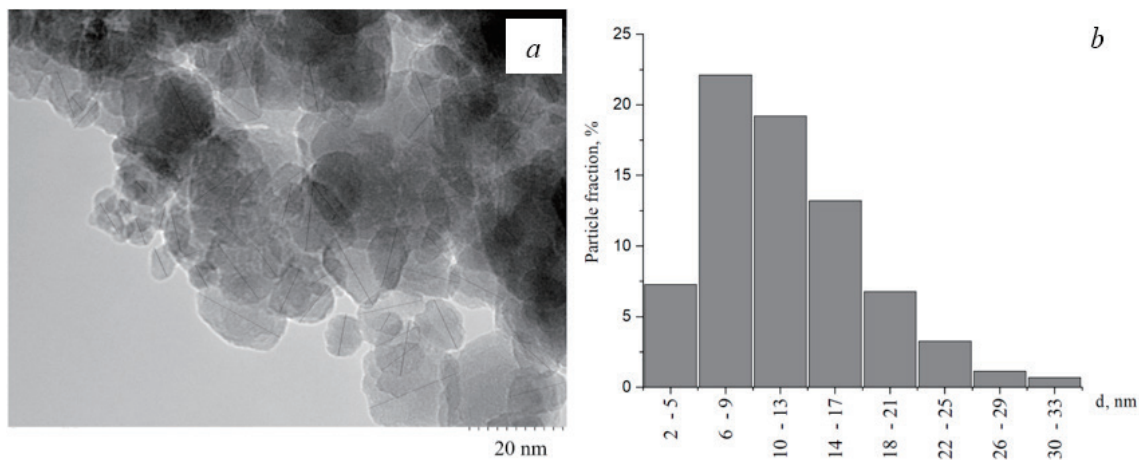


Figure 1 – Micrograph of TEM (a), size distribution diagram (b) of the obtained nickel ferrite particles

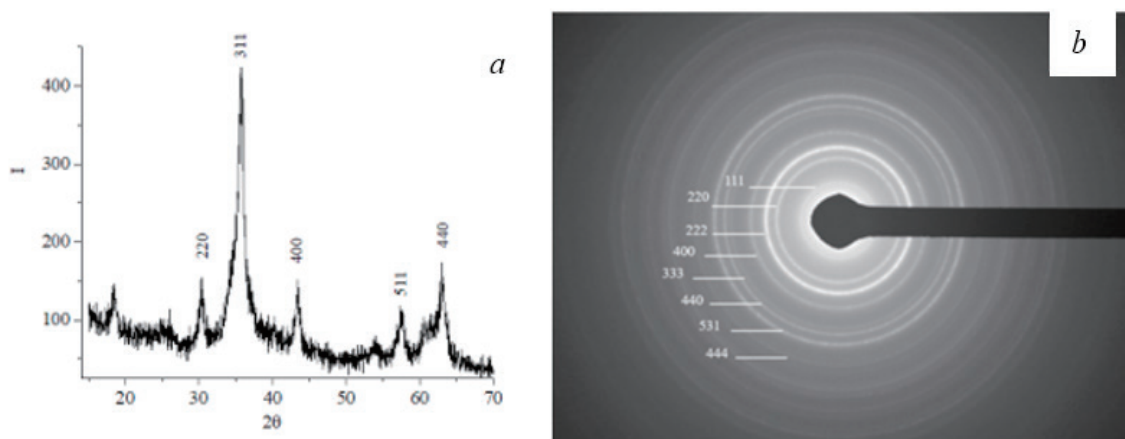


Figure 2 – X-ray (a), electron microdiffraction pattern (b) of the obtained nickel ferrite particles

Conclusions

1. Nanoscale nickel ferrite particles were obtained by chemical co-deposition of Fe(III) and Ni (II) in the presence of sodium borohydride without calcination stage. By the method of mathematical planning and processing of the results of DFE,²⁷⁻⁴ the influence of reaction parameters was studied and optimal synthesis conditions were selected to ensure the maximum yield of the nickel ferrite phase.
2. Under optimal conditions, nanoparticles representing the pure phase of nickel ferrite, having a median size of 11.2 nm and having magnetic parameters, were obtained.
3. The optimal parameters that have the greatest impact on the stabilization of nickel ferrite nanofluids are the consumption of PEI, temperature and synthesis time after its addition. Under optimal conditions, 63% of the particles are stable after 1 hour.

References

- 1 Goharshadi E.K., Sajjadi S.H., Mehrkhah R., Nancarrow P. Sonochemical synthesis and measurement of optical properties of zinc sulfide quantum dots// Chemical Engineering Journal. 2012. Vol. 209. P. 113–117.
- 2 J.A. Eastman J.A., Choi S.U., Li S., Yu W., Thompson L.J. Anomalously increased effective thermal conductivities of ethylene glycol-based nanofluids containing copper nanoparticles // Applied Physics Letters. 2001. Vol. 78. 718 p.
- 3 Ozerin, A. S. Polyethylenimine complexes with copper and cobalt ions as precursors for the production of nanoscale metal particles / A. S. Ozerin, T. S. Kurkin, F. S. Radchenko, Yu. V. Shulevich, I. A. Novakov // Journal of Applied Chemistry. - 2021. - Vol. 94, №. 2. – P. 225-232.
- 4 Bychkova, A. V. The Investigation of Polyethylenimine Adsorption on Magnetite Nanoparticles by Spin Labels Technique / A. V. Bychkova, O. N. Sorokina, A. L. Kovarski, A. B. Shapiro, M. A. Rosenfeld // Nanoscience and Nanotechnology Letters. – 2011. - Vol. 3. – P. 591–593.