

УДК 546.723`722-31

А.Х. Жакина, А.К. Амирханова, Г.К. Кудайберген*, О.В. Арнт.

Институт органического синтеза и углехимии Республики Казахстан, Караганда, Казахстан
100000, Караганда, ул. Алиханова, 1.

* e-mail: gulshahar90@mail.ru

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МЕТОД СИНТЕЗА МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ

Сонохимическим методом, основанным на использовании сульфата двухвалентного железа с применением ультразвукового воздействия и без применения специальных органических реагентов – поверхностно-активных веществ и нагревания, получена магнитная жидкость. Установлены оптимальные условия её получения. С помощью сканирующей электронной микроскопии и рентгенофазового анализа установлен состав магнитной жидкости.

Ключевые слова: магнитная жидкость, сонохимический метод, магнетит, ультразвуковое облучение.

Как уже давно известно, магнитная жидкость (МЖ) представляет собой тип материала, состоящий из магнитных оксидов железа – маггемита и магнетита, находящихся во взвешенном состоянии в несущей жидкости, в качестве которой, обычно, выступает органический растворитель или вода. В качестве стабилизатора магнитной жидкости используют растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ)[1-2].

МЖ представляет собой коллоидный раствор, и процесс ее получения состоит из двух основных стадий: получения магнитных частиц коллоидных наноразмеров и стабилизации их в жидкой основе.

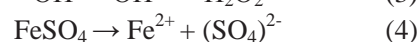
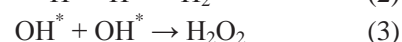
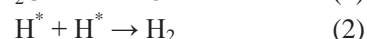
Наночастиц МЖ, помимо ярко выраженных магнитных свойств, также обладают высокой электропроводностью, что позволяет использовать их в качестве электродов. Из литературных данных также установлено, что МЖ проявляют сорбционную активность относительно тяжелых металлов, фенолов, нефти и нефтесодержащих органических веществ и мн. др [3-4]. МЖ можно использовать как элемент, встраиваемый в различные сорбенты для очистки водной поверхности, так как при удалении уже использованных сорбентов можно использовать магнитную сепарацию. В связи с этим, актуальной проблемой является получение магнитной жидкости с малыми экономическими затратами по сравнению с промышленным получением МЖ.

Одним из классических методов получения МЖ является химическая конденсация по реакции В.С. Эльмора [5]. Известно, что при взаимодействии двух- и трехвалентных солей железа образуются нанодисперсные частицы магнетита. Но на данный момент этот метод является энергозатратным, в связи с высокой стоимостью исходных реагентов. Альтернативным способом получения МЖ можно назвать сонохимический метод, основанный на получении нанопорошков простых и сложных веществ с заданными свойствами с использованием ультразвукового облучения (УЗО) без применения специальных органических реагентов – поверхностно-активных веществ. Физико-химический эффект ультразвука основывается на акустической кавитации, которая возникает благодаря формированию, росту и имплозивному

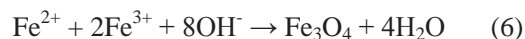
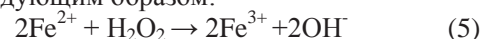
разрушению пузырьков в жидкости. Следует отметить, что механизмы протекания сонохимических реакций в гомогенных жидкофазных системах к настоящему времени достаточно хорошо изучены.

Химическая реакция в сонохимическом методе обусловлена интенсивными ультразвуковыми волнами, которые достаточно высоки, чтобы вызывать окисление, восстановление, растворение, разложение. Ультразвуковое облучение водных жидкостей генерирует свободные радикалы H^\bullet и OH^\bullet . Эти радикалы могут рекомбинироваться, чтобы вернуть свою первоначальную форму или объединяться, чтобы произвести H_2 и H_2O_2 , и эти сильные окислители и восстановители, в свою очередь, используются в ходе различных сонохимических реакций в водных средах.

Механизм реакции сонохимического метода получения МЖ можно представить следующим образом:



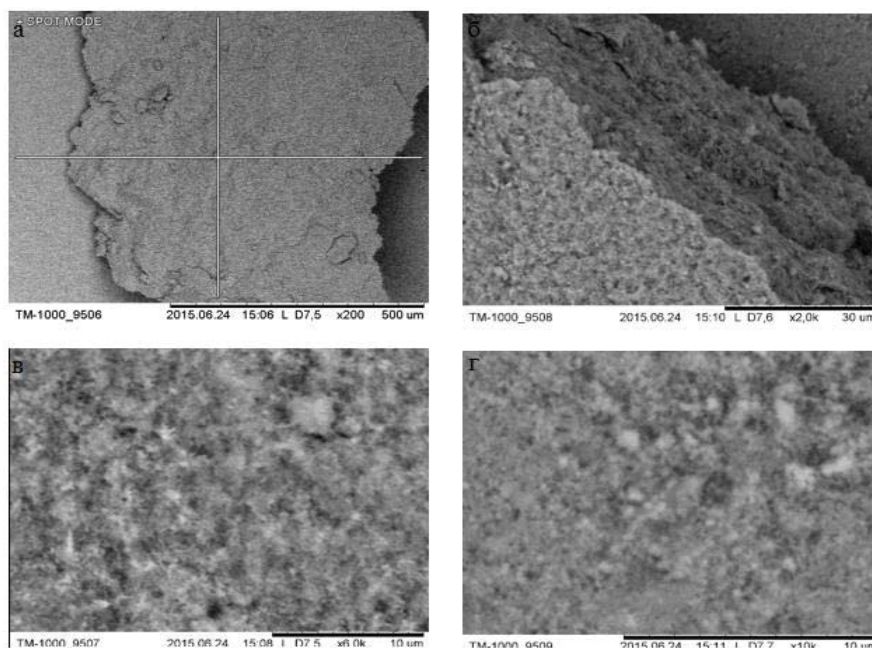
Образовавшийся окислитель – перекись водорода, генерируется и инициирует окисление Fe^{2+} следующим образом:



Таким образом, в лабораторных условиях сонохимическим методом нами получена МЖ путем осаждения из раствора сульфата железа (II) под действием ультразвука. В качестве источника ультразвука использована ультразвуковая установка ИЛ 100-6/2 с максимальной мощностью 1200 Вт и цилиндрическим волноводом. Реактор оснащен ультразвуковым генератором ИЛ10-1.0 с магнитострикционным преобразователем рабочей частотой 22 кГц. Осаждение магнитной жидкости проводили по следующей методике: раствор сульфата железа (II) облучаем ультразвуком в течение нескольких минут при частоте 22 кГц при интенсивном перемешивании и комнатной

температуре. По истечении определенного времени облучения добавляем в реакционную емкость раствор аммиака (NH_4OH) и продолжаем облучать еще некоторое время. По окончании облучения, осадок в виде коллоидной суспензии промываем дистиллированной водой до тех пор, пока pH маточного раствора не достигнет нейтральной среды. Коллоидный осадок отделили центрифугой при скорости 4000 об/мин и высушивали при комнатной температуре.

На рисунке 1 приведен топографические изображения синтезированной магнитной жидкости. По данным электронной микроскопии, проведенной на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Hitachi TM 1000, структурные единицы магнитной жидкости (Fe_3O_4), полученные сонохимическим методом имеют сферическую форму и состоят из агрегатов оксида железа $\alpha\text{-Fe}_3\text{O}_4$, полученных в результате контролируемой реакции обмена.



Увеличение: а - $\times 200$; б - $\times 2000$; в - $\times 6000$; г - $\times 10000$.

Рис.1. Электронно-микроскопические снимки магнитной жидкости (Fe_3O_4) на СЭМ

Детальное исследование морфологии поверхности магнитной жидкости показало, что поверхность образца неоднородная. Размер частиц составляет до 100 нм, что обусловлено применением ультразвукового воздействия. Как известно, физический метод является эффективным и уникальным. УЗО обеспечивает возникновение в жидких средах кавитационных парогазовых пузырей, накапливающих энергию при их

расширении и взрывающихся при сжатии с созданием ударных волн и кумулятивных струй. В нашем случае, воздействие проводилось на рабочей частоте 22 кГц. В результате ультразвукового воздействия была получена МЖ с высоким содержанием железа, что подтвердилось данными рентгеновского энерго-дисперсионного микроанализа (рис. 2).

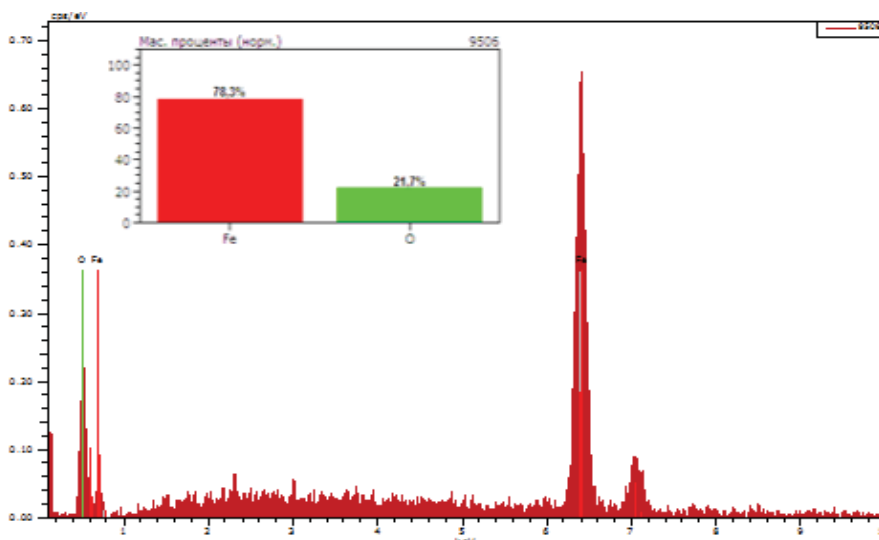


Рис. 2. Результаты рентгеновского энерго-дисперсионного микроанализа элементного состава МЖ

Данные рентгеновского энерго-дисперсионного микроанализа полностью подтверждает состав магнитной жидкости. По результатам рентгеновского энерго-дисперсионного микроанализа элементный состав магнитной жидкости, полученной сонохимическим методом, соответствует 78,3% Fe и 21,7% O. Проведенный рентгенофазовый анализ также подтвердил, что синтезированная магнитная жидкость содержит магнетит, а не гидроксиды или другие соединения катионов железа. В ходе исследования нами изучено влияние различных факторов (концентрация исходного реагента, время облучения раствора, концентрация осадителя) на процесс получения

стабильной магнитной жидкости. Установлены наиболее оптимальные условия получения магнитной жидкости с хорошей магнитной восприимчивостью: раствор 1 М FeSO₄, время облучения 75 минут и использование в качестве осадителя 7,5 М раствор NH₄OH.

Полученные результаты показывают, что сонохимический метод, основанный на использовании сульфата двухвалентного железа с применением ультразвукового воздействия и без применения специальных органических реагентов – поверхностно-активных веществ, является наиболее дешевым и простым методом получения магнитной жидкости.

Жакина Алма Хасеновна, зав. лаб. Химии полимеров Института органического синтеза и углехимии Республики Казахстан, Казахстан, Караганда.

Амирханова Айтжан Кабжановна, в.н.с. лаб. Химии полимеров Института органического синтеза и углехимии Республики Казахстан, Казахстан, Караганда.

Кудайберген Гулшахар Кудайбергенкызы, м.н.с. лаб. Химии полимеров Института органического синтеза и углехимии Республики Казахстан, Казахстан, Караганда.

Арнт Оксана Васильевна, м.н.с. лаб. Химии полимеров Института органического синтеза и углехимии Республики Казахстан, Казахстан, Караганда.

Литература

1. Laurent S., Forge D., Port M., Roch A., Robic C., Vander Elst L., Muller R.N. Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis, Stabilization, Vectorization, Physicochemical Characterizations, and Biological Applications // Chem. Rev. - 2008. V.108. - P. 2064.
2. Cornell R.M., Schertmann U. Iron oxides in the laboratory; preparation and characterization. Weinheim: VCH, 1991. - 183 p.
3. Анисимова Н.Ю., Сенатов Ф.С. и др. Исследование сорбционных свойств ферромагнитных наночастиц // Фундаментальные исследования. - 2011. - №11. - С. 263-265.
4. Яновский Ю.Г. Сравнительное исследование сорбционной эффективности и структуры поверхности нано- и микроразмерных магнитоуправляемых частиц для их использования в медицине и биологии // Технологии живых систем. - 2007. - Т.4, №5-6. - С.73.
5. Elmore W.C. Ferromagnetic Colloid for Studying Magnetic Structures // Phys. Rev. - 1938. V. 54. N. 4. - P. 309.

Zhakina Alma Khasenovna, Amirkhanova Aitzhan Kabzhanovna, Kudaibergen Gulshakhar Kudaibergenkyzy, Arnt Oxana Vasilevna.*

Institute of organic synthesis and coal chemistry of the Republic of Kazakhstan, Karaganda, Kazakhstan
100000, Karaganda, Alikhanova St., 1.

* e-mail: gulshahar90@mail.ru

THE ULTRASOUND METHOD OF SYNTHESIS OF MAGNETIC FLUID

Abstract

The magnetic fluid is obtained by sonochemical method based on the use of ferrous sulfate using sonication and without using special organic reagents - surfactants and heating. Receipt its the optimal conditions. Using scanning electron microscopy and X-ray diffraction analysis established the composition of the magnetic fluid.

Key words: magnetic fluid, sonochemical method, magnetite, ultrasonic irradiation