

**УДК 54.052**

Баглаева М.С., ст-ка 4 курса (КузГТУ, г. Кемерово),  
Ушакова Е.С., к.т.н., старший преподаватель (КузГТУ, г. Кемерово),  
Ушаков А.Г., к.т.н., доцент (КузГТУ, г. Кемерово)  
Baglaeva Margarita, student (KuzSTU, Kemerovo),  
Ushakova Elena, candidate of technical sciences (KuzSTU, Kemerovo)  
Ushakov Andrei, candidate of technical sciences (KuzSTU, Kemerovo)

## **ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ**

## **THE METHODS EXPLORATION OF OBTAINING MAGNETIC FLUID**

### **Аннотация**

В данной статье рассмотрены методы получения магнитной жидкости, сделаны выводы о перспективах использования химической конденсации при получении магнитной жидкости из железосодержащих отходов металлургических предприятий.

### **Abstract**

This article describes ways of obtaining magnetic fluid, the conclusions about the prospects for the use of chemical condensation upon receipt of ferrofluid from iron-bearing metallurgical waste.

С. Пейпелл первым предложил термин «магнитная жидкость». Он так же разработал и запатентовал принципиально новую среду, которую назвал магнитной жидкостью.

Несколько ранее Дз. Симоидзака из университета г. Тохоку (Япония) на одной из конференций сообщил о создании жидкости, подчиняемой магнитному полю, но сам принцип получения коллоидных растворов, содержащих ультрамикроскопические магнитные частицы, был известен химикам еще в начале 1930-х годов [1].

Одним из перспективных искусственно синтезированных наноматериалов является магнитная жидкость (МЖ), так как она практически не стареет, не подлежит разложению, остается в жидком состоянии под действием магнитного поля, изменяя плотность, и полностью восстанавливает свои характеристики после снятия поля.

Магнитная жидкость – это стабилизированная коллоидная система, которая включает в себя дисперсную среду (жидкость-носитель) и дисперсную фазу (твердые частицы магнетита нанометрового размера, находящиеся во взвешенном состоянии).

Для того, чтобы МЖ имела высокое значение магнитных свойств, число частиц в ней должно быть значительным.

МЖ делится на два вида:

1. ПАВ-содержащие МЖ;
2. Ионные МЖ.

Сам процесс получения МЖ включает в себя две стадии: получение магнитных частиц требуемого размера и стабилизация их в жидкостно-носителе. Сложность данного процесса состоит в том, что обе стадии должны происходить одновременно, чтобы предотвратить агрегацию частиц.

Известно несколько методов получения магнитных частиц; в соответствии с ними классифицируются и способы синтеза МЖ.

*Измельчение.* Жидкость, обладающая высокой способностью к намагничиванию, сохраняющейся в течение длительного времени при полном отсутствии слипания и седиментации коллоидных частиц, то есть отвечающая всем условиям, предъявляемым к МЖ, впервые была получена С. Пейпеллом в 1963 г. Порошок магнетита  $Fe_3O_4$  вместе с керосином или другой органической жидкостью загружают в шаровую мельницу и подвергают механическому измельчению, продолжительность обработки около двух недель. В процессе измельчения в массу вводят олеиновую кислоту, которая используется в качестве ПАВ.

Таким образом, можно получить МЖ с высокой намагниченностью. Весьма существенный недостаток этого способа – высокая стоимость конечного продукта.

*Термические способы.* Данные способы основаны на том, что металлоорганические соединения подвергают термическому разложению, выделяя чистый металл в виде ультрамикроскопических частиц, которые будут диспергированы в соответствующем растворителе, образуют МЖ.

В способе Кильнера методика была разработана целью получения МЖ с коллоидными частицами железа.  $Fe_2(CO)_5$  вместе с ПАВ пептизируют в толуоле и нагревают при  $130^\circ C$  в атмосфере азота, в результате чего  $Fe_2(CO)_5$  разлагается с выделением ультрамикроскопических частиц железа, которые сразу же покрываются присутствующим в толуоле ПАВ. Таким образом, создаётся весьма стабильная суспензия коллоидных частиц в толуоле, то есть МЖ [2].

В способе Томаса назначение данной методики в том, чтобы приготовить МЖ с коллоидными частицами кобальта. Процесс сводится к тому, что  $Co_2(CO)_8$  подвергают термическому разложению в толуоле, содержащем метилметакрилат, этилакриат и винилпирролидон. В результате из  $Co_2(CO)_8$  выделяют чистый  $Co$  в виде ультрамикроскопических частиц. Их пептизируют в толуоле, получая таким образом МЖ [3-5].

*Вакуумное испарение.* Суть заключается в том, что в вакуумной камере металл нагревают до испарения, а затем быстро охлаждают. Данный способ известен издавна, методика на его основе практикуется достаточно широко для получения ультрамикроскопических частиц металлов. Наибо-

лее активные исследования в этом направлении осуществлялись Уэда. Диспергирование частиц с получением МЖ проводят традиционным способом.

*Гальванический способ.* Водный раствор  $FeSO_4$  заливают в ванну, в которой погружены электроды, в частности ртутный катод. Во время пропускания тока начинается электролиз, вследствие чего ионы  $Fe^{+2}$  осаждаются на этом катоде. Железо выделяется в виде частиц; они диспергируются в ртути. Здесь возникает нежелательное явление – коагуляция этих частиц с образованием крупных агрегатов, размеры которых постоянно увеличиваются.

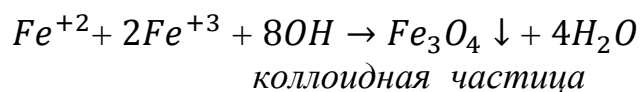
Во избежание слипания частиц в ртути растворяют олово, оно адсорбируется на поверхности частиц железа и действует как ПАВ, предотвращая их рост [6].

*Способы конденсации.* Благодаря объединению (конденсации) отдельных молекул могут образовываться частицы коллоидных размеров. При объединении молекул или атомов свободная энергия системы уменьшается, поэтому процесс идет самопроизвольно. На размер образующихся частиц существенно влияют условия, при которых происходит объединение отдельных молекул в частицы, поэтому для получения коллоидных частиц магнетиков используют различные варианты метода.

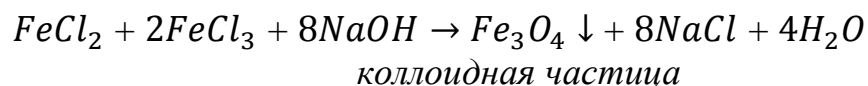
Конденсацию разделяют на: электролитическую, вакуумную и химическую.

Наиболее перспективным методом является химическая конденсация, предложенная В.С. Элмором.

Известно, что при взаимодействии растворов солей двух- и трёхвалентного железа в воде с последующим созданием щелочной среды происходит образование магнетита в виде высокодисперсных частиц, этот процесс описывается следующей принципиальной схемой:



Например, при реакции хлористого и хлорного железа в водном растворе гидроксида натрия образуются коллоидные частицы магнетита:



Кроме того, можно использовать серноокисное и сернистоокисное железо. Ультрамикроскопические магнетитовые частицы, полученные таким образом, стабилизируют олеиновой кислотой, затем дегидратируют, промывая водой.

Данный метод перспективен тем, что за источник  $Fe^{+2}$  и  $Fe^{+3}$  можно брать железосодержащие отходы (ЖСО) металлургических предприятий, что актуально в настоящее время в связи с экологической проблемой. Складирование ЖСО наносит значительный ущерб окружающей среде. Существуют методы их переработки, в основе которых лежит химическая конденсация [7].

Итак, рассмотрев методы получения МЖ, можно сделать вывод о том, что получение МЖ химической конденсацией с использованием в качестве сырья ЖСО является перспективным направлением в данной области исследования.

### Список литературы

1. Такетоми С., Тикадзуми С. Магнитные жидкости. Перевод с японского Овечкина М.К. и Мицкевича А. Д. М.: Мир., 1993. -272с.
2. Kilner M., Hoon S.R., Lambrick D.B., Potton J.A. and Tanner B.K.: IEEE Trans. Magn. MAG- 20, 1984, p. 1735.
3. Пат. 3228881 США, Dispersions of Discrete Particles of Ferromagnetic Metals / J.R.Thomas /USA/.
4. Пат. 3228882 США, -| Dispersions of Ferromagnetic Cobalt Particles / O.L.Harle, B. and J.Thomas /USA/.
5. Пат. 3281344. США. Colloidal suspension of Ferromagnetic Iron Particles / J.R.Thomas /USA/.
6. Пат. 3130044 США, Magnetic Mercury / Emerson S.T. /USA/.
7. Калаева, Сахиба Зияддин кзы. Утилизация железосодержащих отходов для получения магнитных жидкостей. Электронный ресурс. // URL: <http://www.dissercat.com/content/utilizatsiya-zhelezosoderzhashchikh-otkhodov-dlya-polucheniya-magnitnykh-zhidkosti>