

Растворение суспензии магнитных наночастиц в неоднородном магнитном поле

Баштовой В. Г., Рекс А. Г., Тарасевич В. С. Лашкевич А. Н.
Белорусский национальный технический университет

Аннотация: Представлены результаты экспериментального исследования влияния растворения высоко концентрированных ограниченных объемов магнитной жидкости за счет преобладающего магнитофоретического переноса массы частиц в сильно неоднородном магнитном поле с большой напряженностью и обратного процесса диффузионного массопереноса из более концентрированной области в область с меньшей концентрацией с уменьшением напряженности магнитного поля.

Текст доклада: Одним из ярких представителей магнитных нанодисперсных суспензий являются магнитные жидкости, обладающие сочетанием таких свойств как текучесть и способность намагничиваться. Благодаря этим свойствам магнитные жидкости находят применение в разнообразных технических устройствах [1].

Как показано в работах [2–4], несмотря на специальные меры по стабилизации магнитных жидкостей поверхностно-активными веществами, естественными процессами массопереноса в них являются магнитофорез и броуновская диффузия магнитных частиц в неоднородном магнитном поле. В результате этих процессов концентрация частиц увеличивается в областях с большей напряженностью магнитного поля. Перераспределение концентрации магнитных частиц приводит к неоднородности их магнитных и теплофизических характеристик. Как результат, это оказывает влияние на стабильность параметров устройств, использующих магнитные жидкости в качестве рабочей среды.

Основное внимание в существующих исследованиях уделено главенствующей роли магнитофоретических процессов, инициирующих массоперенос в изначально однородных магнитных жидкостях под действием неоднородных магнитных полей.

Основной отличительной особенностью рассматриваемого в настоящей работе процесса растворения магнитных жидкостей является существенное превалирование процессов диффузии над процессами магнитофореза при помещении объема магнитной жидкости с высокой концентрацией частиц в жидкость такого же химического состава, но с гораздо меньшей их концентрацией.

Внешние магнитные поля создают эффективные механизмы управления растворением суспензий нанодисперсных магнитных частиц в различных жидкостях за счет возможности регулирования процессов магнитофореза, броуновской диффузии магнитных частиц и фазовых переходов в них.

Предлагаемая экспериментальная методика исследования процесса растворения магнитной жидкости заключается в создании на первом этапе высоко концентрированных ограниченных объемов жидкости из первоначально однородной жидкости за счет преобладающего магнитофоретического переноса массы частиц в сильно неоднородном магнитном поле с большой напряженностью, а затем в рассмотрении обратного процесса диффузионного массопереноса из более концентрированной области в область с меньшей концентрацией при существенном (вплоть до нуля) уменьшении напряженности магнитного поля.

Экспериментальное исследование этих процессов было выполнено на установке, фотография и схема которой представлены ниже на рисунке 1, результаты экспериментов представлены на рисунке 2.

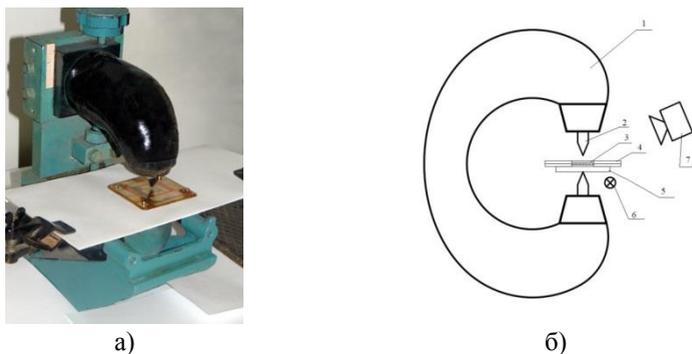


Рис. 1. Фотография а) и схема б) экспериментальной установки:

1 – подковообразный постоянный магнит, 2 – концентраторы магнитного поля, 3 – слой суспензии наночастиц, 4 – прозрачная кювета, 5 – опора, 6 – источник света, 7 – фотокамера

Как видно из представленных выше фотографий в сильном магнитном поле идет сравнительно быстрый процесс магнитофореза, приводящий к существенному повышению концентрации частиц под полюсом магнита вплоть до их практического полного выделения из жидкости-носителя (рисунки 2, б). При значительном понижении напряженности магнитного поля происходит гораздо более медленный обратный процесс растворения

концентрированной области в слабо концентрированную окружающую среду (рисунок 2, в).

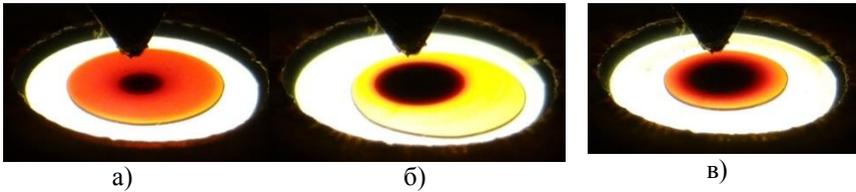


Рис. 2. Перераспределение концентрации магнитных наночастиц в суспензии в неоднородном магнитном поле разной напряженности:
1 – Исходная однородная суспензия в сильно неоднородном магнитном поле большой напряженности ($H = 550$ кА/м) в начальный момент времени, 2 – она же через 24 часа пребывания в этом поле, 3 – она же через 48 часов после (2) в магнитном поле с пониженной напряженностью ($H = 240$ кА/м)

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь (Т МС20-015).

Литература

1. Bashtovoi V. G., Berkovsky B. M., Vislovich A. N. An Introduction to Thermomechanics of Magnetic Fluids, Hemisphere Publ. Corp. – 1988, Washington. – 190 p.p.
2. Bashtovoi, V. G. The effect of diffusion processes on the statics of magnetic fluids / V. G. Bashtovoi, V. K. Polevikov, A. M. Algadal // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. – 2006. – No 3. P. 42–48.
3. Bashtovoi, V. G. Influence of Brownian Diffusion on the Statics of Magnetic Fluid / V.G.Bashtovoi [and others]. – Magnetohydrodynamics. – 2007. – Vol.43, No 1. – P. 3–11.
4. Баштовой, В. Г. Процессы диффузионного и магнитофоретического массопереноса в нанодисперсных магнитных жидкостях с фазовыми переходами / В. Г. Баштовой [и др.] // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия «физико-технических наук». – 2017. – № 2. – С. 78–87.
5. Bashtovoi, V. On the mechanics of magnetic fluids with field-induced phase transition: application to Couette flow / V. G. Bashtovoi, P. P. Kuzhir, A.Y. Zubarev, V. S. Moroz // Magnetohydrodynamics. – 2018. – V. 54, No 3. – P.181–197.