

## Экспериментальное исследование магнитофореза и диффузии в тонких слоях магнитной жидкости

Баштовой В.Г., Рекс А.Г., Мороз В.С.  
Белорусский национальный технический университет

Магнитная жидкость является коллоидом магнитных наночастиц в жидком носителе, которые находятся в броуновском движении [1]. В неоднородном магнитном поле помимо броуновского движения частицы участвуют также в процессе магнитофореза. Как следствие, под действием неоднородного магнитного поля в магнитной жидкости происходит перераспределение концентрации магнитных частиц, приводящее к неоднородности их характеристик [2]. Неоднородность характеристик может оказать влияние на стабильность параметров магнитожидкостных устройств.

Наиболее сильное влияние магнитофореза и диффузии может наблюдаться в магнитожидкостных уплотнениях, в которых используются сильно неоднородные магнитные поля [3]. Серьезные проблемы из-за указанных процессов могут возникнуть в информационных системах, где требуется строгое позиционирование элементов устройства [4].

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию магнитофореза и диффузии в тонких слоях магнитной жидкости. Тонкие слои жидкости обеспечивают его достаточную прозрачность и возможность визуального наблюдения за процессами, происходящими в нем.

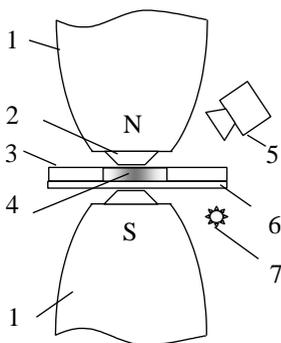


Рисунок 1. К постановке задачи

Геометрия задачи и рабочая область экспериментальной установки показаны на рисунке 1.

Тонкий слой магнитной жидкости 4 формируется между двумя горизонтальными плоскопараллельными прозрачными стеклянными пластинами 3. Осесимметричное магнитное поле создается в зазоре между заостренными полюсами 1 постоянного магнита с концентраторами поля 2. Визуальное

наблюдение за происходящими в слое жидкости процессами осуществлялось фоторегистрацией с помощью цифровой камеры 5 на матовом фоне 6 при контрольном освещении 7.

В экспериментах использовалась магнитная жидкость на основе керосина с частицами магнетита МК-28. Жидкость имела намагниченность насыщения 28,3 кА/м, плотность – 1151 кг/м<sup>3</sup>. Объемная концентрация магнитных частиц в жидкости равна 0,086. Исследуемый слой магнитной жидкости имел форму плоской осесимметричной капли, его толщина – 0,05 мм и радиус  $R=4$  мм.

Осесимметричное магнитное поле в центре зазора между концентраторами магнита характеризуется максимальной напряженностью 450 кА/м и максимальным градиентом напряженности  $10^5$  кА/м<sup>2</sup>.

При помещении тонкого слоя магнитной жидкости в неоднородное магнитное поле в результате процессов магнитофореза и диффузии происходит перераспределение частиц в радиальном направлении к центру слоя. Иллюстрируется этот факт серией фотографий на рисунке 2 слоя жидкости в неоднородном магнитном поле в различные моменты времени. На фотографиях области с более высокой концентрацией магнитных частиц являются более темными.

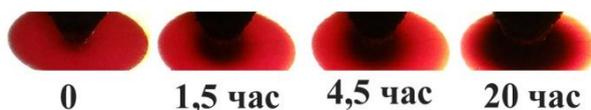


Рисунок 2. Фотографии слоя магнитной жидкости с течением времени

Из представленных на рисунке 2 фотографий наглядно видно, что с течением времени в центральной части слоя магнитной жидкости формируется расширяющаяся область с повышенной концентрацией частиц, в то время как вдали от центра концентрация частиц уменьшается.

При компьютерной обработке фотографий определялась степень черноты  $S$  участков изображения слоя в радиальном направлении  $r$ .

С течением времени в центре слоя жидкости образуется область более высокой концентрации частиц при одновременном уменьшении концентрации на периферии слоя. В соответствии с

этим наблюдается изменение степени черноты слоя в радиальном направлении (рисунок 3). На рисунке  $C_{max}$  – предельное значение степени черноты в центре слоя при длительной выдержке слоя в магнитном поле. С течением времени область повышенной концентрации частиц расширяется.

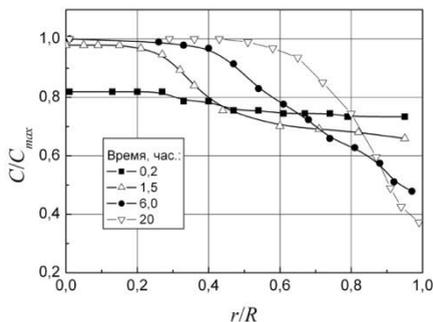


Рисунок 3. Относительное радиальное распределение степени черноты слоя при различных временах выдержки в магнитном поле

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь.

### Литература

1. Баштовой В.Г., Берковский Б.М., Вислович А.Н. Введение в термомеханику магнитных жидкостей. – М.:ИВТАНСССР, 1985. – 188с.
2. Bashtovoi, V.G. Influence of Brownian diffusion on the statics of magnetic fluid /V.G. Bashtovoi, V.K. Polevikov, A.E. Suorun, A.V. Stroots, S.A. Beresnev // Magnetohydrodynamics. – 2007.– Vol. 43, No. 1. – P. 17-25.
3. Taketomi, S. Motion of ferrite particles under a high gradient magnetic field in a magnetic fluid shaft seal / S.Taketomi//Jap.J.Appl.Phys. – 1980. – Vol. 19, No 10. – P.1929-1936.
4. Пат. RU 2168201 С1, МПК7 G06 F 3/033. G 06 K 11/18 Устройство для ввода информации в ЭВМ / Супрун А.Е., Романов Ю.И., Симоненко Д.В. – №99122838; Заявл. 03.11.1999.