

А.В. Гильчук, к.ф.-м.н, М.А. Голяткина, студент, А.А. Кришталь, студент.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА НАМАГНИЧИВАЕМОСТИ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ ПО ДЕФОРМАЦИИ КАПЛИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Важной особенностью магнитных жидкостей является топологическая неустойчивость их объёмов, имеющих свободную поверхность, в магнитных полях [1]. Потеря целостности (расщепление) капли при определённых условиях представляет научный и практический интерес. Понимание механизма явления позволит устранять и контролировать данные эффекты, что важно для таких чувствительных приборов, как микроанометры, магнитных сепараторов [2, 3]. Целью данной работы является исследование деформации и расщепления капли МЖ на горизонтальной твёрдой частично смачиваемой резиновой подложке в магнитном поле постоянного магнита и экспериментальное определение вида кривой намагничивания МЖ.

В магнитном поле происходит деформация капли. Основной причиной является постепенная переориентация магнитных доменов. Возрастает количество ориентированных вдоль поля частиц, и намагниченность жидкости начинает нарастать до момента достижения насыщения. Это создаёт в капле разность давлений вдоль осей, что заставляет каплю вытягиваться, а затем расщепляться [4]. Таким образом, зависимость изменения высоты капли магнитной жидкости от напряжённости магнитного поля характеризует кривую намагничивания МЖ.

Различные МЖ обладают различными характеристиками, которые существенно влияют на их поведение в магнитном поле. Эксперимент по определению зависимости геометрических параметров капли МЖ от магнитного поля проводился с несколькими МЖ разных составов: синтезированной авторами МЖ на основе растительного масла, полученной химическим путём МЖ на основе аммиачной воды, и МЖ на основе керосина производства НПВП «Феррогидродинамика» с начальной намагниченностью 60~кА/м. Процесс деформации капли при условиях проведения эксперимента наблюдается только для МЖ на основе керосина, точный рецепт которой был неизвестен. Для неё была снята рентгенограмма и проведён качественный фазовый анализ, согласно которому наиболее вероятный размер частиц магнитного вещества составил от $5,8 \pm 1,0$ нм до $8,7 \pm 1,0$ нм.

В эксперименте измерялись величина напряжённости поля и высота капли МЖ. Эксперимент проводился до достижения максимального значения поля для установки. В результате получен эмпирический график зависимости высоты капли от напряжённости магнитного поля, отображающий тенденцию роста и дальнейшего сплющивания капли в магнитном поле и соответствующий кривой намагничивания. МЖ является суперпарамагнетиком и характеризуется практически полным отсутствием гистерезиса [5]. Поэтому в качестве математической модели применено было выражение, описывающее безгистерезисную кривую намагничивания. Аппроксимация проведена на основе арктангенсовых функций выражением вида $M = A(\arctg(d - cH) + \arctg(f - eH)) + B$. Квадратическое отклонение экспериментальных точек от аппроксимирующей функции составляет 1%.

Перечень использованных источников:

1. Пацегон Н. Ф., Поцелуев С. И. Устойчивость свободной поверхности вязкой намагничивающейся жидкости при многопараметрическом возбуждении // Прикладна гідромеханіка. – 2014. – Т. 16, №3. – С. 36-51.
2. Теоретическое исследование возможности использования электромагнитных полей для управления поведением жидкости в специальных условиях / И. И. Иевлев, А. Б. Исерс, Н. Ф. Пацегон и др. // Прикладна гідромеханіка. – 1981. – Т. 16, №3. – С. 36-51.
3. Магнітні рідини на основі магнетиту і доксорубіцину для спрямованої доставки лікарського засобу / А. Л. Петрановська, М. В. Абрамов, С. П. Туранська та ін. // Хімія, фізика та технологія поверхні. – 2015. – Т. 6, №3. – С. 343-353.
4. Баштовой В. Г., Рекс А. Г., Аль-Джаиш Таха Малик Мансур. Топологическая неустойчивость полуограниченной капли магнитной жидкости // Весці нацiанальнай акадeмii навук Беларусi. Серiя фiзика тeхнiчних навук. – 2013. - №4
5. Архипенко В. И., Барков Ю. Д., Баштовой В. Г. Магнитная гидродинамика. Минск, 1978. - С. 131-134