

бетоне можно по коэффициенту затухания энергии электрических откликов, который может быть использован в качестве одного из параметров контроля структурного состава бетона.

Список использованных источников

1. ГОСТ 26633-91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – М.: Издательство стандартов– 1988 – 12 с.
2. Beygi M.H.A., Kazemi M.T., Nikbin I.M., Amiri J.V., Rabbanifar S., Rahmani E. The influence of coarse aggregate size and volume on the fracture behavior and brittleness of self-compacting concrete // Cement and Concrete Research –2014 – Vol. 66 – P. 75 – 90
3. Xiaojun W., Kolluru V.S. Ultrasonic monitoring of capillary porosity and elastic properties in hydrating cement paste // Cement and Concrete Composites – 2011 – Vol. 3 – P. 389 – 401
4. Goueygou M., Lafhaj Z., Soltani F. Assessment of porosity of mortar using ultrasonic Rayleigh waves // NDT & International – 2009 – Vol. 5 – P. 353 – 360
5. Soltania F., Goueygoub M., Lafhaja Z., Piwakowskib B. Relationship between ultrasonic Rayleigh wave propagation and capillary porosity in cement paste with variable water content // NDT & E International – 2013 – Vol. 54 – P. 75 – 83
6. Фурса Т.В. Взаимосвязь электрического отклика с параметрами механического возбуждения упругими и размерными характеристиками гетерогенных строительных материалов // Дефектоскопия – 2012 – №8 – С. 55 – 63
7. Фурса Т.В., Осипов К.Ю., Данн Д.Д. Разработка неразрушающего метода контроля прочности бетона с дефектной структурой на основе явления механоэлектрических преобразований // Дефектоскопия – 2011 – № 5 – С. 39 – 47
8. Osipov K. Yu., Fursa T. V. Evaluating the Depth of Open Cracks in Concrete from Parameters of Electric Response to Elastic Impact Excitation // Technical Physics Letters – 2013 – Vol. 39– No. 7 – P. 481 – 483
9. Гик Л.Д. Физическое моделирование распространения сейсмических волн в пористых и трещиноватых средах // Геология и геофизика – 1997 – Т. 38 – № 4 – С. 804 – 815

ЕМКОСТНОЙ ДАТЧИК МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Зятьков Д. О.¹, Балашов В. Б.², Юрченко В. И.²

¹Томский политехнический университет

²АО «НИИПП», г. Томск

Введение

Жидкости, встречающиеся в природе, слабо взаимодействуют с магнитным полем. Однако, способность управлять жидкостью при помощи магнитного поля привлекательна для ряда технических задач. Для решения этих задач в 60-х была придумана магнитная жидкость, которая представляла собой коллоидный раствор с ферромагнитными частицами в жидком носителе. Свойства магнитной жидкости определяются твердой магнитной фазой, стабилизатором и жидким носителем. Варьируя состав магнитной жидкости возможно и изменение параметров феррожидкости. Зависимость намагниченности от магнитного поля определяется химическим составом вещества и его структурой. Магнитные жидкости благодаря своим свойствам являются перспективными материалами и находят разное применение в различных областях измерительной техники [1].

Эти жидкости обладают весьма необычными физическими явлениями, порою уникальным сочетанием их сильных магнитных свойств и текучести.

Существование однородной взвеси крошечных частиц в магнитной жидкости без оседания осуществляется при размерах частиц порядка 10 нм. В этом случае теплового

движения достаточно для поддержания частиц во взвешенном состоянии. Однако с увеличением размера частиц нарушается седиментационная устойчивость из-за слипания частиц за счет их большого магнитного момента и вследствие разности плотностей твердой и жидкой фаз происходит их разделение в поле сил тяжести. Для того чтобы избежать слипания частиц и предотвратить оседание (седиментацию) под действием силы тяжести за счет укрупнения частиц (образования комков), необходима стабилизация частиц в жидком носителе. Для этой цели используют поверхностно – активные вещества, которые адсорбируются на поверхности частиц, образуя тонкое покрытие толщиной 3-4 нм. Этого покрытия достаточно для того чтобы частицы не приближались на близкое расстояние где начнут преобладать силы межчастичного взаимодействия приводящие к агрегации частиц [2].

Вследствие взаимодействия частиц образуются цепочечные структуры. Среднее число частиц в цепочечной структуре определяется параметром их магнитодипольного взаимодействия и концентрацией магнитной жидкости. В слабом поле цепочечная структура магнитных частиц благодаря тепловым флуктуациям имеет червеобразный вид. Формирование цепочечных агрегатов способно привести к значительным изменениям магнитных и других свойств феррожидкостей, которые проявляются на изменении емкости конденсатора [3]. Таким образом, целью настоящей работы является создание емкостного датчика с феррожидкостью для фиксации и контроля слабых магнитных полей.

Объект и методы экспериментальных исследований

В экспериментальных исследованиях применялись магнитные жидкости на основе полиметилфенилсилоксана (ПФМС-4) с магнитными частицами дисперсностью: $125 < \varnothing \leq 160$, $50 < \varnothing \leq 56$, $40 < \varnothing \leq 45$, $\varnothing \leq 45$ и $\varnothing \leq 40$ микрон. Эти магнитные частицы получали из ленты нанокристаллического сплава марки 5БДСР путем растирания их в агатовой ступке и просеивания через 160, 125, 56, 50, 45 и 40 микронное сито. Концентрация магнитного порошка в ПФМС – 4 составляла 15 объемных процентов.

Была изготовлена ячейка в виде диэлектрического сосуда цилиндрической формы из изоляционного материала и снабжена двумя плоскопараллельными пластинами с гибкими выводами. Пластины, выполняющие роль конденсатора, расположены друг от друга на расстоянии 3 мм. Площадь пластин составляет 10 мм^2 . Между пластинами помещается активный диэлектрик (магнитная жидкость) (рис. 1).

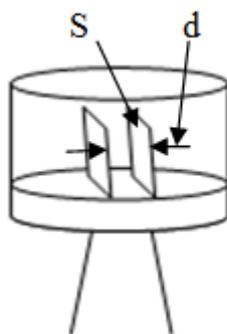


Рис. 1. Измерительная ячейка: s – площадь пластины, d – расстояние между пластинами

Как известно емкость плоского конденсатора, состоящего из двух параллельных пластин, определяется по формуле:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 s}{d},$$

где s – площадь пластин, d – расстояние между пластинами, ε_0 – электрическая постоянная, ε – диэлектрическая проницаемость среды, заполняющая пространство между пластинами.

Измерение емкости такой ячейки проводились на приборе L, C, R типа E7-12 на частоте измерительного сигнала 1 МГц. Величина измерительного электрического поля мала и не влияет на состояние магнитной жидкости в измерительной ячейке. Для изучения влияния активного диэлектрика на электрические параметры ячейки она подвергалась воздействию внешнего магнитного поля. Измерения емкости ячейки проводились при воздействии магнитного поля ориентированного параллельно и перпендикулярно измерительному электрическому полю. Магнитное поле создавалось при помощи магнита. Магнитная индукция магнита измерялась с помощью прибора микротесламетр МТ – 10.

Следует отметить, что при приготовлении магнитной жидкости стабилизирующие агенты (ПАВ) не применялись. Это приводило к седиментации частиц железа и расслоению магнитной жидкости с течением времени. На выполнение измерений затрачивалось несколько минут. Это позволяет рассматривать магнитную жидкость как устойчивую систему в процессе измерений и пренебречь влиянием седиментации частиц на ее свойства.

Результаты экспериментальных исследований

Для определения наибольшей чувствительности магнитных частиц по дисперсности к магнитному полю, измерительную ячейку, заполненную исследуемой суспензией с разной дисперсностью частиц, подвергали действию внешнего магнитного поля создаваемого постоянным магнитом. Индукция магнитного поля создаваемого магнитом имеет величину в диапазоне микро Тесла. Действие магнитного поля приводило к изменению емкости ячейки в результате перестройки и структурирования суспензии (рис. 2).

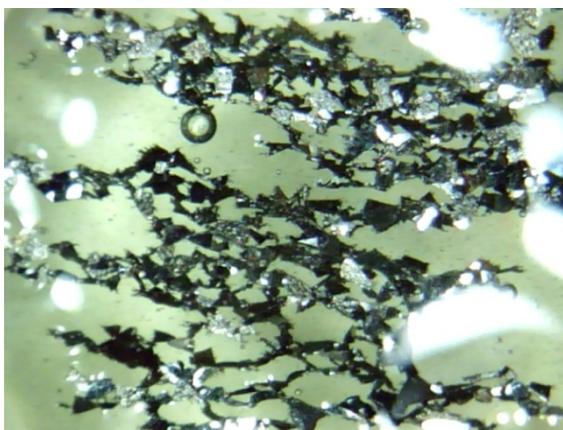


Рис. 2. Магнитная жидкость с частицами нанокристаллического сплава марки 5БДСР под действием магнитного поля направленного горизонтально плоскости рисунка

На рис. 2 изображены мелкодисперсные частицы в ПФМС-4 под действием магнитного поля. При снятии магнитного поля подвижность жидкости восстановится, если остаточная намагниченность будет не слишком большой.

Процессы агрегирования (структурирования) в магнитной жидкости под действием внешнего магнитного поля приводят к изменению электрических параметров измерительной ячейки, именно с этими процессами связаны обнаруженные в настоящей работе особенности в изменение емкости измерительной ячейки в зависимости от размера частиц.

На рис. 3 изображена зависимость относительного изменения емкости ячейки от величины магнитного поля с магнитными частицами в жидком носителе дисперсностью:

125 < Ø ≤ 160, 50 < Ø ≤ 56, 40 < Ø ≤ 45, Ø ≤ 45 и Ø ≤ 40 микрон при различных взаимных ориентациях магнитного и электрического полей.

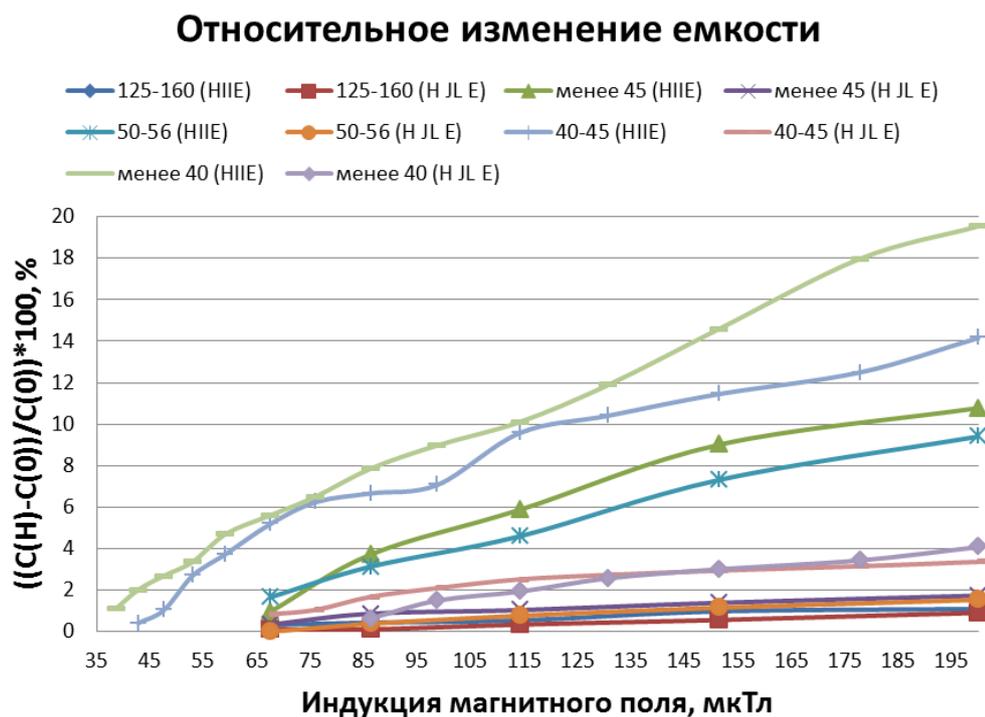


Рис. 3. Относительное изменение емкости при различных взаимных ориентациях магнитного и электрического полей

Относительное изменение емкости определяется как:

$$\Delta C = \frac{C(H) - C(0)}{C(0)} * 100\%$$

где C (H) – емкость ячейки с МЖ под действием поля, C (0) – емкость ячейки с МЖ без поля.

Из рисунка 3 видно, что порог чувствительности и наибольшее изменение емкости наблюдается при размере частиц дисперсностью менее 40 микрон. На рисунке 4 представлена фотография частиц дисперсностью менее 40 микрон.

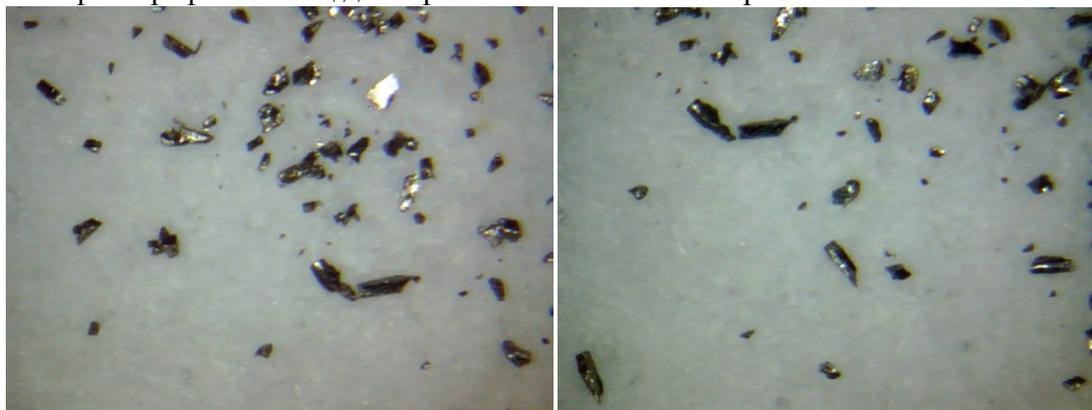


Рис. 4. Частицы дисперсностью менее 40 микрон

Как видно из рисунка 4 частицы имеют вытянутые (в виде «иголок») или плоские (в виде «дисков») формы и согласно [4] они легче поддаются магнитному текстурированию, т.е. упорядочению направлений магнитных осей частиц.

Исходя из рисунка 3, порог чувствительности составляет 38,7 мкТл и может быть снижен при уменьшении размеров частиц.

Заключение

Емкостная ячейки с магнитной жидкостью на основе ПФМС – 4 с концентрацией магнитного порошка, сплава 5БДСР, размерами частиц менее 40 микрон может быть использована в качестве магнитного датчика с пороговой чувствительностью 38,7 мкТл.

Список использованных источников

1. Блум Э. Я., Майоров М. М., Цеберс А. О. Магнитные жидкости. – Рига: Зинатне–1989 – 386 с.
2. Канторович С. С. Цепочечные агрегаты в полидисперсных магнитных жидкостях: Дисс... канд. физ.–мат. наук. – Екатеринбург, 2004. – 175 с.
3. Зятьков Д. О., Юрченко А. В., Балашов В. Б., Юрченко В. И., Мехтиев А. Д. Исследование емкостных чувствительных элементов датчиков магнитного поля // Вестник науки Сибири– 2015 – Вып. 15 – С. 161–167
4. Губин С. П., Кокшаров Ю. А., Хомутов Г. Б., Юрков Г. Ю. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства // Успехи химии–2005 – Вып. 74 (6) – С. 541–574

МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СИЛОВОГО КОНТРОЛЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ДВИЖЕНИИ

Коломеец А.О., Бехер С.А.

Сибирский государственный университет путей сообщения

Системы контроля силового воздействия колеса (Система), основанные на регистрации упругих деформаций рельса, определяют величину силы с ограниченной достоверностью [1]. В настоящее время в нашей стране отсутствует методика калибровки таких систем, аттестованная по правилам и нормативным документам. В настоящей работе разработана методика калибровки системы контроля силового воздействия колеса на рельс в реальных условиях эксплуатации (Методика). В Методике приняты доверительные границы относительной погрешности измерений силы $\pm 5\%$ с доверительной вероятностью $P = 0,95$.

Калибровку Системы проводят методом непосредственного сличения. Калибровка Системы бывает первичная и периодическая. Перечень операций, проводимых при первичной и вторичной калибровке одинаков. При проведении калибровки проводят следующие операции: внешний осмотр; опробование; определение метрологических характеристик; определение действительных значений измеряемой динамической силы.

При опробовании необходимо дождаться, когда через измерительный участок Системы проследует состав, и убедиться в наличии измерительной информации со всех каналов системы [2]. Калибровка производится над каждой шпалой и в межшпальном ящике измерительного участка (рис. 1,а). В процессе калибровки на измерительный участок воздействуют силами со значениями в диапазоне: от 25 до 50 кН, от 50 до 75 кН, от 75 до 100 кН, от 100 до 125 кН, от 125 кН до 150 кН.

Для воспроизведения динамической силы используется ударное устройство (рис. 1, б) и представляющее собой груз и центрирующую трубу. Груз представляет собой комплект металлических шайб (поз. 6 и 7 на рис. 1,б) и боек (поз. 5 на рис. 1,б), которые надеваются на шпильку М10 и закрепляются гайкой (поз. 1 на рис. 1,б).