

УДК 538.4

Исследование магнитожидкостных датчиков давления и угла наклона

Любчик О.А.

Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, профессор Рекс А.Г.
Белорусский национальный технический университет

Большой интерес к исследованию магнитных жидкостей связан с широкими возможностями их технического применения.

Магнитная жидкость – это раствор мелких (5–12 нм) частиц магнитного материала в жидкой среде. В обычных условиях она ведёт себя как немагнитная жидкость. При помещении в магнитное поле эта жидкость приобретает магнитные свойства. Она хорошо притягивается к магниту и может удерживаться на нем. Магнитный момент магнитной жидкости лишь на порядок меньше момента твердых магнитов. Такое уникальное сочетание текучих и магнитных свойств даёт неоспоримые преимущества приборам, использующим в качестве чувствительного элемента магнитную жидкость, над их аналогами с твёрдыми и жидкими чувствительными элементами.

Капля магнитной жидкости, помещенная в канал в присутствии неоднородного внешнего магнитного поля, представляет собой интерес новый перспективный чувствительный элемент датчиков силы, например давления и угла наклона.

Настоящая работа посвящена исследованию поведения капли магнитной жидкости в капилляре при воздействии на нее давления, а также при изменении угла наклона капилляра.

В неоднородном поле на столбик жидкости действует объемная магнитная сила $\mu_0 M \nabla H$. Под её воздействием капля стремится в область поля с максимальной напряжённостью. Эта сила уравновешивает силу возмущающего воздействия F , которую необходимо измерить. Воздействующей силой может быть сила давления $\Delta p S$, где S – площадь поперечного сечения капилляра, или массовая сила $mg \sin \alpha$, где α – угол наклона трубки с каплей жидкости. В результате объем магнитной жидкости либо стремится (при компенсационном методе измерения) остаться в исходном состоянии, либо смещается вдоль оси трубки на некоторую величину Δx .

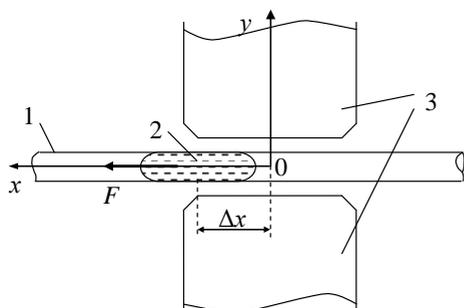


Рисунок 1

Источником неоднородного магнитного поля может быть соленоид с магнитопроводом либо без него. В исследованиях использовался соленоид с магнитопроводом (рисунок 1). Магнитопровод имел разрыв, образующий рабочую область. В эту область между полюсными концентраторами 3 перпендикулярно оси соленоида помещался капилляр 1 с каплей магнитной жидкости 2.

Было исследовано распределения магнитного поля в рабочем зазоре электромагнита. Определялась напряженность поля и ее градиент. Результаты показали, что эти характеристики имеют свой максимум в центре рабочей области и уменьшается по экспоненциальному закону при удалении от неё (рисунок 2 и рисунок 3).

Результаты показали, что эти характеристики имеют свой максимум в центре рабочей области и уменьшается по экспоненциальному закону при удалении от неё (рисунок 2 и рисунок 3).

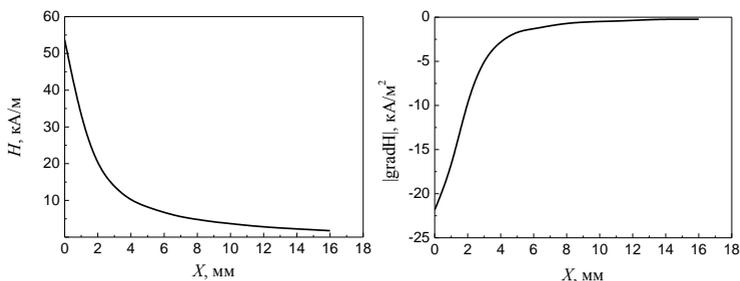


Рисунок 2 Рисунок 3

В исследованиях объем капли магнитной жидкости выбирался таким, чтобы она перекрывала все сечение капилляра. Тогда капля располагается в виде цилиндрического столбика, способного перемещаться с малым трением вдоль капилляра при воздействии возмущающей силы, и играет роль поршня.

Экспериментальная установка состояла из:

- соленоида с полюсными концентраторами поля, подключенного к блоку питания;

– капилляра с каплей магнитной жидкости закреплённого в рабочей области магнитной системы;

- амперметра;
- осветительного прибора;
- микроскопа.

Для опыта с давлением использовались также манометр и микрокомпрессор.

В ходе эксперимента определялось смещение капли магнитной жидкости вдоль капилляра при изменении угла наклона капилляра и при воздействии на каплю давления. Смещение капли относительно начального положения при изменении угла наклона установки измерялось для разных сил тока электромагнита.

Полученная зависимость смещения от угла наклона оказалась близкой к линейной. Причём при увеличении силы тока отклонения капли уменьшались, что на рисунке 4 соответствует уменьшению тангенса угла наклона к оси абсцисс. Это объясняется тем, что увеличение силы влечёт за собой увеличение магнитных сил, стремящихся вернуть столбик магнитной жидкости в центр зазора.

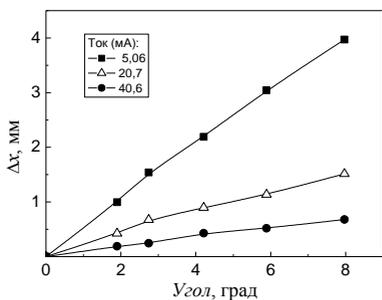


Рисунок 4

При проведении эксперимента с давлением использовался компенсационный метод, т.е. для удержания капли магнитной жидкости в исходном состоянии при изменении давления изменялась сила тока. Зависимость также близка к линейной. Исследование проводилось для двух видов магнитных жидкостей с разными значениями намагниченности насыщения.

Прямая зависимость является наиболее желательной для измерительных приборов. К преимуществам использования магнитной жидкости в качестве чувствительного элемента датчиков давления и угла наклона относятся высокая точность и стабильность измерений, возможности автоматизации и установки обратной связи.

Работа выполнена при поддержке Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь.