

мощностью 600 Вт с выходным валом в виде конуса Морзе №1. При этом вал испытываемого генератора соединяется с конусом Морзе при помощи гибкого армированного резинового шланга (см.рис.2). Плавное и стабильное регулирование оборотов приводного двигателя осуществляется при помощи изменения величины подаваемого напряжения с помощью лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа). Потребляемая приводным двигателем мощность контролировалась при помощи розетки ТМ61 с цифровой индикацией мощности, а скорость вращения вала при помощи лазерного тахометра Мегеон 18003/ПИ-11027. Ток нагрузки изменялся мощным нагрузочным реостатом, а генерируемая мощность анализировалась по методу двух приборов: амперметром и вольтметром.

Литература

1. Встовский А.Л., Встовский С.А. Электрические машины. Лабораторный практикум, Красноярск: СФУ, 2007. – 91 с
2. Щукин О.С., Мальгин Г.В. Испытания электрических машин. Учебное пособие. — Нижневартовск: Нижневартовский государственный университет, 2013. — 132 с.

УДК 538.4

ЛОКАЛЬНОЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩЕЕ МАГНИТОЖИДКОСТНОЕ ПОКРЫТИЕ НА ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАСТИНЕ

Рекс А.Г. д.ф.-м.н., профессор, Залетило А.А.
Белорусский национальный технический университет

В жидкостях отдача теплоты от нагретых поверхностей происходит значительно эффективнее, чем в газовую среду. [1]. Одним из способов повышения эффективности теплоотдачи является создание на теплоотдающей поверхности локальных жидких магнитной жидкости с помощью источников локально неоднородных магнитных полей. Такие покрытия из магнитных жидкостей могут быть созданы благодаря их высокой чувствительности к внешним магнитным полям [2-3].

В сильно неоднородных магнитных полях действующие на магнитную жидкость магнитные силы могут превышать гравитационную силу в сотни раз. Поэтому имеется уникальная возможность создания жидкого теплопередающего покрытия на нагретых поверхностях с произвольной ориентацией.

Интенсификация теплоотдачи нагретой поверхности с магнитожидкостным покрытием в неоднородном магнитном поле базируется на двух механизмах. Вблизи нагретой поверхности помимо классического гравитационного механизма появления конвективного движения в жидкости существует еще специфический для магнитных жидкостей в неоднородном магнитном поле термомагнитный механизм конвективного движения [2-3]. Кроме того, возможно сформировать магнитным полем свободную поверхность магнитной жидкости не гладкую, а значительно более развитую в виде системы распределенных на покрытии пикообразных возвышений с большей площадью поверхности, что также способствует интенсификации теплоотдачи в окружающую среду [4].

Магнитожидкостное покрытие имеет интерес для создания жидких контактов для передачи различных видов энергии (тепловой, акустической и электрической), управляемых магнитными полями [5-7].

Значительный интерес также имеет использование системы магнитожидкостных покрытий внутренних стенок каналов для снижения их гидравлического сопротивления с одновременным увеличением теплоотдачи от твердых поверхностей [8-9].

Данная работа посвящена формированию локального магнитожидкостного покрытия на вертикальной пластине.

На рисунке 1 представлена геометрия рассматриваемой задачи.

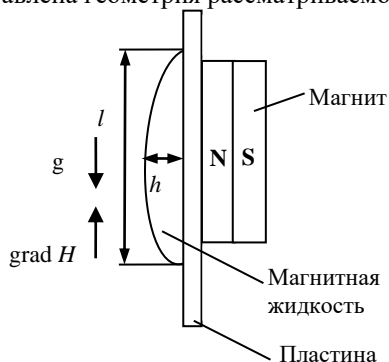


Рис. 1 – Геометрия задачи

Покрытие магнитной жидкости формируется и удерживается на вертикальной поверхности пластины постоянным магнитом, расположенным на другой поверхности пластины. Сформированное покрытие характеризуется высотой h и длиной основания l .

Для формирования магнитожидкостного покрытия на вертикальной пластине требуется создание, прежде всего, силы, противодействующей силе тяжести, а также силы, прижимающей покрытие к пластине.

При использовании постоянного магнита магнитная сила $\mu_0 M \nabla H$, перпендикулярная поверхности пластины, создается за счет градиента напряженности магнитного поля в направлении, перпендикулярном пластине.

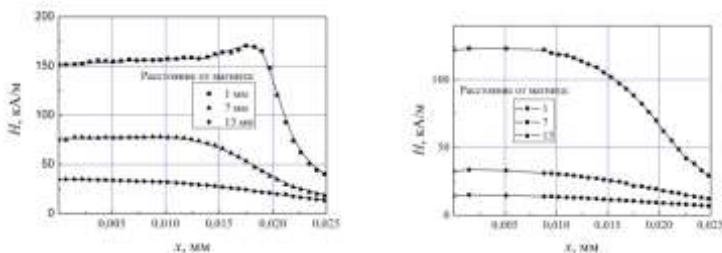
В выполненных исследованиях длинная ось магнита расположена вертикально, и поэтому противодействующая силе тяжести магнитная сила создается за счет вертикального градиента поля, направленного вдоль длинной оси магнита. В соответствии с этим важной является информация о характеристиках магнитного поля вдоль вертикальной оси магнита, а именно, градиента напряженности магнитного поля.

Для создания покрытия выбраны магнитные жидкости на основе трансформаторного масла ММТ-21 и ММТ-44 с различной концентрацией магнитных частиц и характеризующиеся соответственно плотностями 1180 и 1445 кг/м³, намагниченностями насыщения 21,2 и 43,8 кА/м.

В качестве источника локально неоднородного магнитного поля выбрана комбинация из двух прямоугольных кобальт-самариевых магнитов с размером каждого из них 40x12x5 мм. Данная магнитная система характеризуется максимальным значением напряженности поля на плоской поверхности 180 кА/м, и его градиента 100000 кА/м².

Для создания в области расположения покрытия магнитного поля с нормальной к пластине компонентой использовалась плоская поверхность магнита, для поля с тангенциальной (направленной вдоль пластины) компонентой – боковая поверхность магнита.

Характерные распределения напряженности магнитного поля вдоль длинной оси магнита l_x на различных расстояниях от его поверхности показаны на рисунке 2.



(а) – плоская поверхность

(б) – боковая поверхность

Рис. 2 – Продольное распределение напряженности магнитного поля вдоль длинной оси магнита на различных высотах

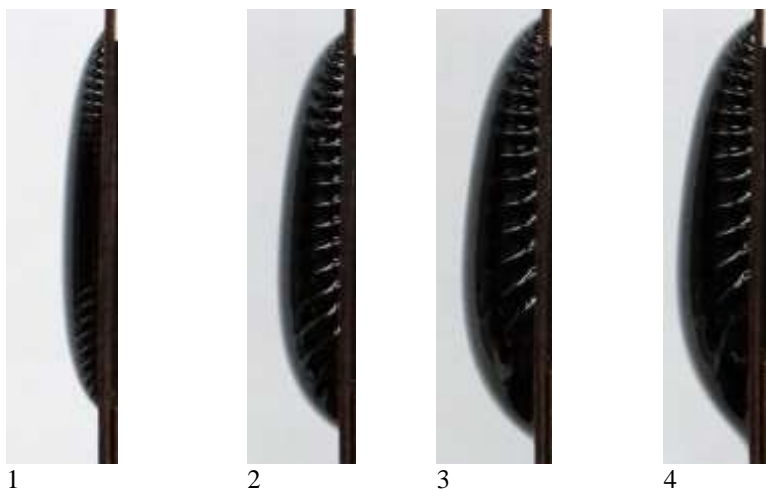
Распределение поля на плоской и боковой поверхностях магнита имеет свои особенности.

На плоской поверхности магнита напряженность поля минимальна в центре, затем при перемещении к периферии магнита она несколько увеличивается (рисунок 2а). Вблизи кромки магнита из-за торцевых эффектов она имеет некоторое максимальное значение, а затем резко уменьшается. При удалении от поверхности магнита в области торца магнита наблюдается незначительное повышение напряженности.

Вдоль боковой поверхности напряженность практически постоянна и начинает резко снижаться в области торца магнита (рисунок 2б).

Экспериментальное исследование формы и устойчивости магнитожидкостного покрытия на вертикальной пластине состояло в постепенном нанесении на пластину порций известного объема магнитной жидкости на пластину в присутствии неоднородного магнитного поля и фоторегистрации полученного покрытия.

Характерные формы магнитожидкостного покрытия на вертикальной пластине иллюстрируются фотографиями на рисунке 3.



Объем V , 10^3 мм³: 1 – 2,6; 2 – 6,3; 3 – 9,4; 4 – 10,3

Рис. 3 – Покрытия различных объемов на вертикальной пластине

На представленных фотографиях показаны покрытия различных объемов магнитной жидкости ММТ-44 в магнитном поле с одинаковым постоянным градиентом напряженности на поверхности пластины $10,1 \cdot 10^3$ кА/м². Направление поля – тангенциальное.

При небольших объемах жидкости площадь основания покрытия меньше площади магнита. При увеличении объема жидкости габариты покрытия увеличиваются и, начиная с некоторого объема, длина и ширина покрытия начинают превышать размеры магнита. Поверхность покрытия гладкая.

Если на горизонтальной пластине покрытие характеризуется симметрией формы в продольном и поперечном направлениях, то на вертикальной пластине из-за силы тяжести, направленной вдоль пластины, симметрия вдоль длинной оси нарушается. Покрытие смещено вниз относительно магнитной системы, максимальная его толщина также смещена вниз относительно центра магнита.

Для магнитной жидкости с намагниченностью насыщения 43,8 кА/м высота покрытия достигает значения порядка 10 мм.

Покрытие характеризуется устойчивостью к механическим воздействиям и хорошо удерживается на пластине.

Естественно, устойчивое покрытие может существовать лишь в некотором диапазоне неоднородности магнитных полей. Существует поле с минимальной неоднородностью, когда градиент поля не может обеспечить магнитную силу, противодействующую силе тяжести.

Для каждого положения магнита существует некоторый максимальный объем жидкости, при превышении которого нарушается его целостность, и происходит стекание с пластины некоторой части объема жидкости. Перед достижением максимального объема форма покрытия претерпевает изменения, состоящие в удлинении нижней части покрытия и резким уменьшением нижнего угла контакта и пластиной. На рисунке 3 фотография 4 соответствует предкритическому объему покрытия.

Зависимости предельного объема покрытия, удерживаемого на пластине, от положения магнита приведены на рисунке 4. Видно, что предельный объем зависит как от характеристик поля, так и от намагниченности жидкости. Это объясняется тем, что объемная магнитная сила $\mu_0 M \text{grad} H$ определяется намагниченностью M магнитной жидкости и градиентом поля.

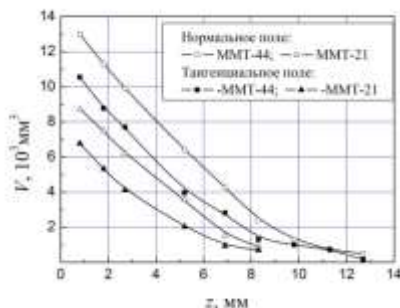


Рис. 4 – Влияние положения магнита на максимальный удерживаемый объем покрытия

Магнитное поле с нормальной компонентой, создаваемое используемой магнитной системой, характеризуется более высокими значениями градиента поля по сравнению с полем с тангенциальной компонентой и позволяет получить покрытие большего объема. Покрытие большего объема можно получить также при использовании магнитных жидкостей с более сильными магнитными свойствами, т.е. с большей намагниченностью.

Публикация подготовлена в рамках выполнения Задания 2.15 государственной программы научных исследований «Энергетические и ядерные процессы и технологии» (2021-2025 гг.).

Литература

1. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П.Исаченко, В.А.Осипова, А.С. Сукомел. – М: Энергия – 1975. – 488 с.
2. Баштовой В.Г., Берковский Б.М., Вислович А.Н. Введение в термомеханику магнитных жидкостей. – М.:ИВТАН СССР, 1985. – 188с.
3. Берковский, Б.М. Магнитные жидкости /Б.М. Берковский, В.Ф.Медведев, М.С. Краков. – М.: Химия, 1989. – 240с.
4. Способ регулирования теплообмена: а.с.1472746 СССР, /В.Г.Баштовой и др. //Бюл. – 1989 – № 14.
5. Устройство для выращивания кристаллов с магнитоуправляемой локальной теплопередачей: Пат. 6333582 США / Behrle; Rainer (Daisendorf, DE), et al. – Опубл. 04.08.1992.
6. Способ создания акустического контакта при ультразвуковых измерениях: а.с. 697916 СССР, / А.Р. Баев, В.Г. Баштовой и др. //Бюл. – 1979. – № 42.
7. Коммутационное устройство: а.с. 904009 СССР, / Н.А. Дубровин и др. //Бюл. – 1982. – № 5.

8. Баштовой В.Г., Рекс А.Г., Тайц Е.М. Теплообмен в пленке магнитной жидкости с неплоской поверхностью //3-е Всесоюзн. совещ. по физике магнитных жидкостей: Тез. докл. – Ставрополь, 1986. – С. 15–16.

9. Корделюк, А.С. Влияние формы магнитожидкостного покрытия на гидравлическое сопротивление круглых труб / А.С. Корделюк, М.С. Краков //Магнитная гидродинамика. – 1989. – №4. – С. 112-117.