

УДК 537.8

## ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИЛ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ОБЪЕМЕ С ПОМОЩЬЮ БЕГУЩЕГО И ВРАЩАЮЩЕГОСЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

© 2011 г.

Р.И. Халилов<sup>1</sup>, А.М. Павлинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь

<sup>2</sup>Пермский госуниверситет

khalilov@icmm.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

Исследуется генерация магнитных полей в цилиндрической полости магнитогидродинамического (МГД) перемешивателя, который представляет собой систему катушек, подключаемых к трехфазной сети переменного тока и создающих внутри цилиндрического объема бегущее и вращающееся переменные магнитные поля [1]. Эти поля позволяют генерировать вихревые электрические токи в электропроводной жидкости, находящейся в полости, которые взаимодействуют с магнитными полями, что приводит к возникновению в проводящей жидкости вихревой электромагнитной силы. Эта сила приводит к генерации в жидкости вихревого течения [2]. Также проводится экспериментальное исследование интенсивности электромагнитных сил, действующих на сплошные алюминиевые цилиндры, размещенные в цилиндрической полости МГД-перемешивателя. Алюминиевые цилиндры разной высоты моделируют жидкий металл, помещаемый внутрь МГД-перемешивателя.

*Ключевые слова:* магнитное поле, магнитная индукция, магнитная гидродинамика.

### Магнитное поле

Экспериментальная установка для исследования магнитных полей (рис. 1) состоит из МГД перемешивателя 1, источников напряжения – двух лабораторных трехфазных автотрансформаторов 2, каркаса 3 (ThorLabs), фиксирующей подвижку 4 (Isel Automation), которая осуществляет перемещение датчика Холла 5 магнитометра 6 (Lakeshore Model 421) вдоль оси МГД перемешивателя на заданном расстоянии от края.

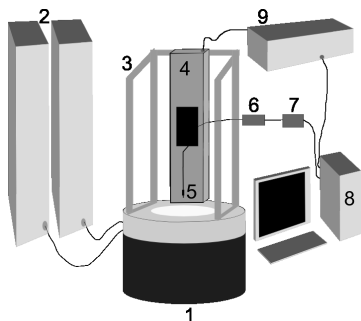


Рис. 1

Аналоговый сигнал с выхода магнитометра поступает на АЦП 7 (модель NI9239, National Instruments), который передает данные на компьютер 8, где они обрабатываются специаль-

ной программой в среде LabView. Программа также управляет подвижкой с помощью модуля, разработанного в среде Qt Creator 2.0, передающего команды блоку управления подвижкой 9.

В ходе работы были получены распределения компонент магнитного поля, зависимости величины магнитного поля от напряжения питания обмоток и частоты переменного тока, питающего обмотки.

### Электромагнитные силы

Экспериментальная установка для изучения электромагнитных сил от вращающегося магнитного поля (схема и фото установки представлены на рис. 2) состоит из перемешивателя 1, источника трехфазного переменного тока регулируемой частоты 2 (Pacific Power Source), каркаса 3 (ThorLabs), алюминиевого цилиндра 4, соединенного с диском с чередующимися прозрачными и непрозрачными секторами для считывания скорости 5, который находится в зазоре оптопары 6. Оптопара запитывается от источника питания 7, а сигнал с нее поступает на АЦП 8 (модель NI9239, National Instruments), который передает данные на компьютер 9, где они обрабатываются специальной программой

в среде LabView. Программа обрабатывает периодический сигнал, соответствующий скорости чередования прозрачных секторов диска в оптопаре, и выдает значение скорости и ускорения, а также интегрального момента сил, действующих на цилиндр. В полость перемешивателя дополнительно помещена обмотка для создания постоянного магнитного поля, направленного вдоль оси цилиндра. Питание на эту обмотку (50 А) подается от источника тока фирмы HEIDEN power.

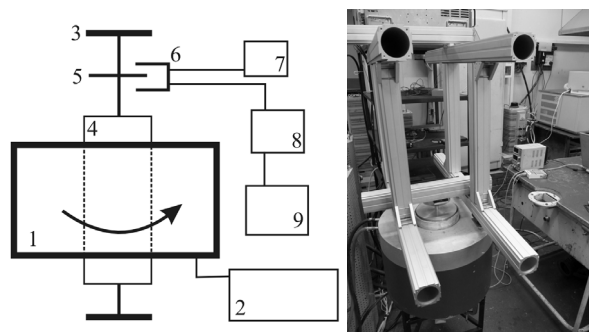


Рис. 2

В ходе одного измерения осуществляется разгон цилиндра переменным тороидальным магнитным полем, после чего поле выключается, и цилиндр медленно останавливается за счет трения в подшипниках. Замеры угловой скорости производятся в обоих случаях. Интегральный момент электромагнитных сил определяется как разница между моментом сил при разгоне и моментом сил трения.

Экспериментальная установка для исследования электромагнитной силы от бегущего магнитного поля (рис. 3 слева) состоит из перемешивателя 1, источника трехфазного перемен-

ного тока регулируемой частоты 2 (Pacific Power Source), каркаса 3 (ThorLabs), алюминиевого цилиндра 4 и весов 5. На рис. 3 справа представлена фотография экспериментальной установки.

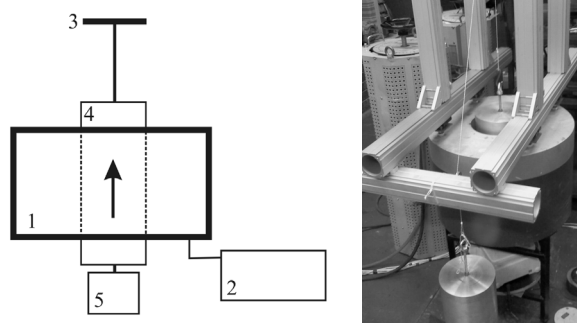


Рис. 3

В ходе выполнения работы были получены зависимости объемной электромагнитной силы от величины тока в обмотках для алюминиевых цилиндров разной высоты. Также была получена зависимость объемной силы от частоты тока в обмотках.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №10-08-96048-р\_урал\_а.*

#### Список литературы

1. Denisov S. et al. MHD-stirrer for cylindrical moulds of continuous casting machines fabricated aluminum alloy ingots // 4-th International Conference «Electromagnetic processing of materials». Proc. Lyon (France). 2003. P. 178–183.
2. Denisov S. et al. Flow of liquid metal in a cylindrical crystallizer generating two-directional MHD-stirring // Magnetohydrodynamics. 2010. Vol. 46, No 1. P. 69–78.

## GENERATION OF ELECTROMAGNETIC FORCES IN A CYLINDRICAL VOLUME WITH RUNNING AND ROTATING MAGNETIC FIELDS

*R.I. Khalilov, A.M. Pavlinov*

The paper studies the generation of magnetic fields in a cylindrical cavity of a magneto-hydrodynamic (MHD) stirrer, which is a system of coils connected to a three-phase AC power source and generating the traveling and rotating magnetic fields in the cylindrical volume of the stirrer. These fields make it possible to generate eddy currents in the electrically conductive fluid contained in the cavity. The interaction of these fields with the magnetic fields produces a vortex electromagnetic force, which initiates a vortex flow in the conducting liquid. The paper is also concerned with the experimental study of the intensity of electromagnetic forces acting on a solid aluminum cylinders placed in a cylindrical cavity of the MHD stirrer. Aluminum cylinders of different heights are used to model the liquid metal poured in the cavity of the MHD stirrer.

*Keywords:* magnetic field, magnetic induction, magnetic hydrodynamics.