

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОЛЯ ДАВЛЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ РАСПЛАВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ПРИ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКЕ

А.П. Попов, А.И. Меркулов, В.М Гречишников

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Магнитно-импульсная обработка металлов (МИОМ) относится к числу экологически чистых энергосберегающих производств, применяемых при выполнении ряда технологических операций в таких отраслях промышленности как аэрокосмическая, машиностроительная, электротехническая, нефтегазовая и некоторых других. Номенклатура изделий, производимых с помощью МИОМ, с каждым годом растет. Активно развиваются новые направления одним из которых, на сегодняшний день, является магнитно-импульсная обработка (МИО) жидкого и кристаллизующегося металла (ЖКМ). Возможность такого воздействия на расплав алюминиевого сплава с целью улучшения его механических свойств рассмотрена в [1].

Для понимания механизма воздействия импульсного магнитного поля (ИМП) на ЖКМ и нахождения оптимальных режимов такого воздействия необходимо создание инструментария, позволяющего получить зависимости, связывающие основные параметры входного воздействия с выходными параметрами (структурой литого изделия).

Одним из основных входных параметров, влияющих на формирование структуры ЖКМ, является распределение давления по поверхности и в объеме расплава. Так как создание многофазового датчика для этих целей весьма затруднительно из-за высокой температуры расплава, то целесообразно построить математическую модель для расчета поля давления на поверхности расплава с последующей проверкой адекватности данной модели с помощью датчиков разового применения.

Решение задачи рассмотрим на примере радиальной схемы воздействия ИМП на ЖКМ. Исходными данными для построения математической модели являются функция разрядного тока магнитно-импульсной установки (МИУ) и геометрия системы индуктор-ЖКМ. Задача измерения основных параметров разрядного тока МИУ рассмотрена в [2]. Исходные геометрические размеры, необходимые для построения математической модели, показаны на рис. 1.

С целью получения простой и ясной математической модели целесообразно ввести на первом этапе ряд допущений:

1) наша задача является осесимметричной, а так как $h_x \ll D$, то можно перейти от осесимметричной к плоской задаче без существенной погрешности;

2) заменим форму тигля ступенчатой моделью, что позволит использовать известные выражения для нахождения напряженности магнитного поля;

3) проводимость алюминиевого сплава будем считать бесконечно большой;

4) будем считать, что разрядный ток сосредоточен в центре проводника индуктора;

5) так как частота разрядного тока лежит в диапазоне $1 \dots 20 \text{ кГц}$, т.е. $\lambda \gg h_x$, то ИМП в пространстве между индуктором и расплавом можно считать квазистационарным, что позволяет пренебречь фазовыми сдвигами при расчетах.

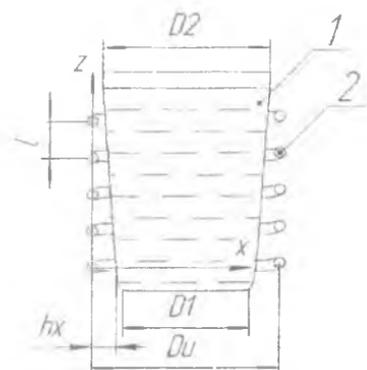


Рис. 1. Геометрия системы индуктор-ЖКМ:

D_n – диаметр индуктора; D_1, D_2 – диаметр основания и верхние части расплава соответственно;

1 – расстояние между витками индуктора; h_x – расстояние от витка индуктора до расплава;
1 – тигель с расплавом; 2 – индуктор

Для начала рассмотрим случай $n=1$, когда секущая плоскость проходит через первый виток ($z=0$). По закону полного тока выражение для напряженности магнитного поля в точке h_x будет иметь вид:

$$H_z = 2 \frac{I_y}{2\pi \cdot h_x} = \frac{I_y}{\pi \cdot h_x}. \quad (1)$$

Тогда с учетом (1) выражение для составляющей H_z от n -го витка индуктора в точке h_x будет иметь вид:

$$H_{zn} = \frac{I_y}{\pi h_x} \sin^2 \alpha_n, \quad (2)$$

где α_n – угол между осью Ox и направлением вектора напряженности магнитного поля в рассматриваемой точке.

Известно, что боковая поверхность трубки поля испытывает давление, численно равное объемной плотности энергии магнитного поля в той же точке пространства [3]:

$$P_x = \mu_0 \frac{(H_z|_{x=h_y})^2}{2}. \quad (3)$$

Таким образом, для нахождения величины давления ИМП на поверхность ЖКМ необходимо учитывать вклад напряженности магнитного поля от всех витков индуктора:

$$P_{x|z=0} = \frac{\mu_0 I_0^2}{2\pi^2 h_x^2} \left(\sum_1^n (\sin \alpha_n)^2 \right)^2.$$

Аналогичное выражение получается и для других секущих плоскостей, лежащих в пределах $0 < z < nl$.

Полученная математическая модель позволяет строить распределение поля давления по поверхности расплава для заданной геометрии системы индуктор-ЖКМ, а также решать обратную задачу нахождения оптимальной геометрии данной системы по заданному распределению давления.

Список использованных источников

- 1) Глушечков В.А. Возможность формирования структуры и механических свойств алюминиевых сплавов под действием импульсного магнитного поля на расплав металла/ Глушечков В.А., и др.// Труды международной конференции по алюминиевым сплавам/ Германия, Аахен, 2008г.
- 2) Попов А.П. Разработка регистратора параметров разрядного тока магнитно-импульсной установки. Дипломная работа. Самара: СГАУ, 2007.
- 3) Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / Белый И.В., Фертик С.М., Хименко Л.Т. – Харьков: изд.объединение «Виша школа», 1977. - 168 с.

СИСТЕМА ТЕРМРЕГУЛЯЦИИ В ЧАСТНОМ ДОМЕ

Н.Н. Маслов, Ю.А. Федотов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Представлена система терморегуляции в частном доме с возможностью функционирования в трех различных режимах, регулирования температуры в широких пределах и выдачи аварийных сообщений в случае возникновения неполадок. Управление может осуществляться либо с помощью пультов управления в каждой комнате, либо через панель оператора.

Функциональная схема системы представлена на рис. 1.

Основой системы является программируемый логический контроллер. В каждой комнате располагаются: датчик температуры воздуха, нагревательный элемент, устройство коммутации нагревательного элемента к сети ~220В, труба кондиционера коллективного пользования, привод шторок кондиционера, два концевых датчика положения шторок, ИК-датчик