

Магнитогидродинамический перемешиватель жидких металлов с несинусоидальным током

Олзоев А.Ю.¹, Балабанов Г.П.²

1 - Сибирский федеральный университет, Политехнический институт, Красноярск, Россия, *E-mail: olzoev.leha@yandex.ru*; 2 - Сибирский федеральный университет, Политехнический институт, Красноярск, Россия, *E-mail: grisha.apcha97@mail.ru*

В последние годы увеличились выпуск и потребление сплавов на основе алюминия. В технологии приготовления сложных высококачественных сплавов важной операцией является гомогенизация химического состава и температуры расплава (жидкого металла) во всем объеме ванны печи-миксера. Использование МГД-перемешивателей позволяет автоматизировать процесс гомогенизации, сократить время приготовления и уменьшить расход энергии на производство сплавов [2].

Используемые МГД-перемешиватели обычно питаются синусоидальными токами и имеют низкие КПД и коэффициент мощности. Особенно низкая эффективность проявляется при устранении микронеоднородностей многокомпонентных расплавов на молекулярном уровне. В связи с этим возможным способом улучшения эффективности МГД-перемешивания является применение питающего тока несинусоидальной формы [1].

Целью настоящей работы является анализ электромагнитных характеристик МГД-перемешивателя жидких металлов с несинусоидальным током.

Анализ осуществлён на основе аналитической модели с использованием рядов Фурье в комплексной форме. Построена расчётная модель МГД-перемешивателя, в которой обмотка индуктора с током представлена в виде линейной плотности тока $J(t, x)$. Эту плотность тока можно представить в виде ряда Фурье с коэффициентами J_{kn} , где k и n - номера временной и пространственной гармоник.

Поскольку плотность тока в индукторе является источником электромагнитного поля (ЭМП), то вектора ЭМП (\vec{E} и \vec{B}) можно также представить в аналогичном виде.

Подключение многофазной обмотки индуктора МГД-перемешивателя жидкого металла к источнику переменного напряжения прямоугольной формы позволяет получать различные формы мгновенной мощности и электромагнитной силы в зависимости от постоянной времени обмотки индуктора. После нахождения характеристик ЭМП и построения графиков мощности можно увидеть, что при применении несинусоидальных токов наблюдаются пульсации мощности и электромагнитной силы. То есть мощность претерпевает пикообразные всплески, создавая вибрации в объёме расплава, которые могут положительно сказаться на устранении микронеоднородностей, например, при добавлении таких легирующих элементов как гафний, применяемых в изготовлении сверхпрочных сплавов [3].

Источники и литература

- 1) Винтер Э.Р., Тимофеев В.Н. Анализ несинусоидальных магнитных полей в индукционных установках // Материалы XII Всероссийской конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации». 2-6 декабря 2019 г. Том. Часть 5. 2019.
- 2) Тимофеев В.Н., Головенко Е.А., Кузнецов Е.В. Применение МГД устройств в металлургии: Учебное пособие. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2007.
- 3) Тимофеев В.Н., Лыбзиков Г.Ф., Хацаюк М.Ю., Еремин М.А., Тимофеев С.П. Магнитогидродинамические перемешиватели жидких металлов с несинусоидальными токами // Журнал Сибирского федерального ун-та. Серия: техника и технологии. 2013. Том 6. № 2. С. 166-177.