



ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2016

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ
«ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2016»,
ПОСВЯЩЁННОЙ ГОДУ ОБРАЗОВАНИЯ
В СОДРУЖЕСТВЕ НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

15-25 АПРЕЛЯ 2016 Г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Сборник материалов
Международной конференции студентов,
аспирантов и молодых учёных
«Перспектив Свободный-2016»,
посвящённой Году образования
в Содружестве Независимых Государств

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля
2016 г.

Красноярск, 2016



ПЕРСПЕКТИВ СВОБОДНЫЙ-2016

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2016 г.

«Электротехнологии и электротехника»



EM DRIVE TECHNOLOGY FOR SPACECRAFT TRAVELLING

Ovchinnikov F.V.

Scientific supervisor Alekseenko I.V.

Siberian Federal University

A new principle of electric propulsion to spacecraft was introduced. The principle of operation of a new engine was introduced by Roger J. Shawyer in 2001. It uses microwave technology to achieve direct conversion of d.c. power to thrust without the need for propellant. In 2001, a small UK company, Satellite Propulsion Research Ltd (SPR), was set up to carry out a programme into a revolutionary electrical propulsion concept. The proposed technology would provide direct conversion from electrical energy to thrust, without the need to expel any form of propellant. At first sight, the idea of propulsion without propellant seems impossible. However, the technology is firmly anchored in the basic laws of physics and following an extensive review process. No transgressions of these laws have been identified.

The principle of operation is based on the well-known phenomenon of radiation pressure. This relies on Newton's Second Law where force is defined as the rate of change of momentum. Thus an electromagnetic (EM) wave, travelling at the speed of light has a certain momentum which it will transfer to a reflector, resulting in a tiny force.

Thus, if the EM wave travelling in a tapered waveguide is bounced between two reflectors, with a large velocity difference at the reflector surfaces, the force difference will give a resultant thrust to the waveguide linking the two reflectors. If the reflectors are separated by a multiple of half the effective wavelength of the EM wave, this thrust will be multiplied by the Q of the resulting resonant cavity, as illustrated in fig. 1.

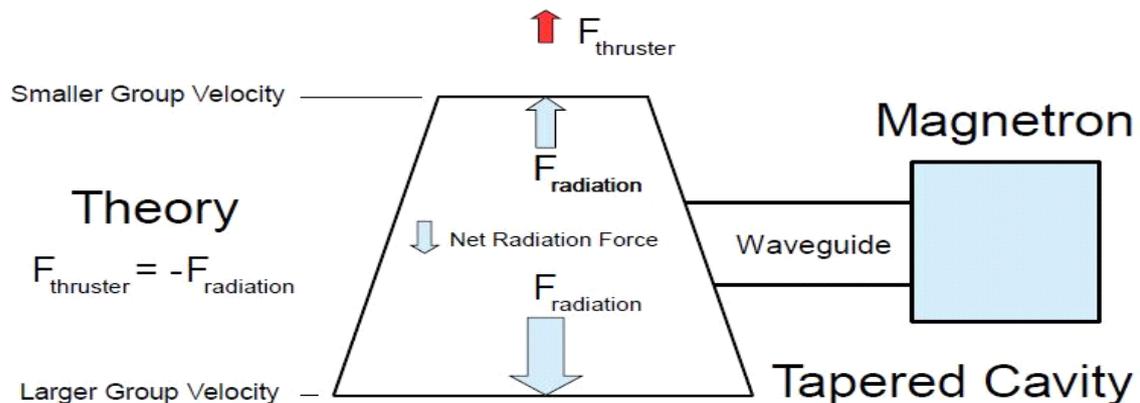


Fig.1 - Engine concept.

This force is supported by inspection of the classical Lorentz force equation:

$$F=q(E+vB)$$

The concept of an EM Drive is that electromagnetic microwave cavities might provide the direct conversion of electrical energy to thrust without the need to expel any propellant. The lack of expulsion of propellant from the drive was met with initial skepticism within the scientific community, because they consider that this lack of propellant expulsion would leave nothing to balance the change in the spacecraft's momentum if it were able to accelerate.

However, in 2010, Prof. Juan Yang in China began publishing about her research into EM Drive technology, culminating in her 2012 paper reporting higher input power (2.5kW) and tested thrust (720mN) levels of an EM Drive. After consistent reports of thrust measurements from EM Drive experiments in the US, UK, and China - the question of where the thrust is coming from deserves serious inquiry.

Table 1 - Tests of EM Drive

Force. newton	Year	Research company	Country
0.02	2002	Satellite Propulsion Research	GB
0.1	2006	Satellite Propulsion Research	GB
0.72	2008	Northwestern polytechnical university	China
0.01	2013	NASA Eagleworks	US

The laboratory installation is a vacuum box that contains the prototype of EM Drive, lasers, lens and other equipment with different systems of protection from parasitic effects like external electromagnetic fields or thermal phenomena.

At the end of 2015 NASA conducted a number of tests of various engines of this type and finally confirmed the viability of the technology. Testing was conducted with reference to the previous errors and, nevertheless, the results were positive - EmDrive engine produces the thrust. At the same time, the researchers admit that the newly discovered unaccounted factors, one of which may be thermal expansion, significantly affecting the device in a vacuum. Research results of a 2015 year are planned to be published soon.

By the results of researchers, the scientists concluded that the electromagnetic engine will take a rocket to Pluto in just 4 years. In contrast, the step drives that are used in designing rocket nowadays will take same rocket to Pluto in about 10 years due to the fact that that the rocket with step drive accelerates repeatedly, about 3-5 times. The rocket with EM Drive accelerates all the time while it keeps flying. Thus, a rocket with the electromagnetic engine will develop higher speed for distant flights, than a rocket with the step drive.

For a typical geostationary communications satellite, which capacity is 6kW of solar power, the conventional apogee engine, attitude thrusters, and propellant volume with an EM Drive would result in a reduction of the launch mass from 3 tons to 1.3 tons.

The applications of such a propulsion drive are multi-fold, ranging from the low Earth orbit operations, to transit missions to the Moon, Mars, and the outer solar system, to multi-generation spaceships for interstellar travel.

References

1. Nasa spaceflight [electronical resource] <http://www.nasaspacesflight.com>
2. EmDrive's official site [electronical resource] <http://emdrive.com/>



**РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ
АЛЮМИНИЯ ОТ
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ**

Байкова К.А., Горемыкин В.А., Литовченко А.В., Краснов А.А.
научный руководитель канд. тех. наук Головенко Е.А.
Сибирский федеральный университет

Растущее использование алюминиевых сплавов для изготовления сложных изделий таких, как детали самолетов, требует чрезвычайно низкой концентрации загрязнений в жидком металле. Чаще всего твердые включения представляют собой оксидные шарики в сплавах и оксидные пленки. Размер дисперсных включений составляет несколько микрон (мкм), а оксидные пленки могут достигать нескольких миллиметров.

Твердые включения размером порядка нескольких мкм не дают возможности достигать высокого качества обработки поверхности, а также производить детали небольшой толщины для работы в режиме высоких скоростей деформации. Поэтому необходимы эффективные методы очистки расплавленного металла, удовлетворяющие современным стандартам качества, особенно в связи с ростом использования вторичного алюминия. Фильтрация с применением пенокерамического фильтра для удаления неметаллических включений расплава является эффективным способом.

Наряду с эффектом фильтрования, вспененные керамические фильтры улучшают текучесть расплава. Проходя через фильтр, поток металла проходит по системе разветвлённых каналов. Мелкие частицы, которые не задержались на поверхности фильтра, так как оказались слишком маленькими, продолжают движение вместе с потоком металла внутри сети каналов фильтра. В процессе фильтрации каналы фильтра постепенно зарастают, задерживая небольшие частицы включений. Благодаря этому удаётся очистить металл и от мелких частиц загрязнений содержащихся в расплаве. Это имеет большое значение, т.к. даже мельчайшие включения, обнаруженные в литых колёсных дисках, заготовках для изготовления фольги либо строительном профиле исключают их дальнейшее использование. Кроме того, было отмечено, что при прохождении через пенокерамический фильтр снижается содержание растворенного в металле газа, что также положительно сказывается на дальнейших свойствах металла.

Перед началом литья необходимо прогреть картридж фильтр-бокса и сам пенокерамический фильтр, чтобы горячий алюминий не терял температуры и не остыл в ПКФ. Для прогрева фильтрэлемента в конструкции фильтр-бокса предусмотрен электрический воздушный нагреватель работающий в паре с вентилятором высокого давления. Это позволит прогреть фильтрэлемент до рабочей температуры 700-750 °С менее чем за 20 минут.

При прогреве фильтрэлемента входной канал фильтр-бокса закрывается шиберной задвижкой из стали. Практически весь, нагретый до 800 °С, воздух поступающий в корпус фильтр-бокса проходит через фильтрующий элемент. Это позволяет поднять эффективность прогрева фильтрэлемента с помощью электрического воздушного нагревателя. Также используя данный прием возможно удаления большей части алюминия из фильтрэлемента по завершению процесса литья. Это позволит снизить количество алюминия утрачиваемого безвозвратно с отработавшим фильтрэлементом.

На рисунках 1 и 2 представлены результаты математического моделирования процесса разогрева картриджа и ПКФ за 30 минут, с применением трехфазного Leister 15 кВт. Средняя температура ПКФ не превышает 400 °С. Для разогрева до рекомендуемой средней температуры выше 600 °С необходимо около 1 часа. Очевидно, что мощности нагревателя не достаточно для поддержания темпа нагрева. Поэтому мощность нагревателя по предварительным расчетам следует увеличить до 30 кВт. Оптимальным станет выбор 3 однофазных Leister 10 кВт для интенсивного разогрева картриджа до средней температуры 600 °С.

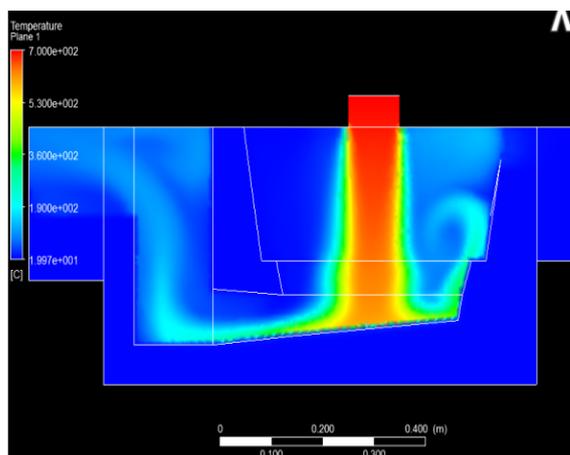


Рис.1 – Распределение температур вначале прогрева Leister

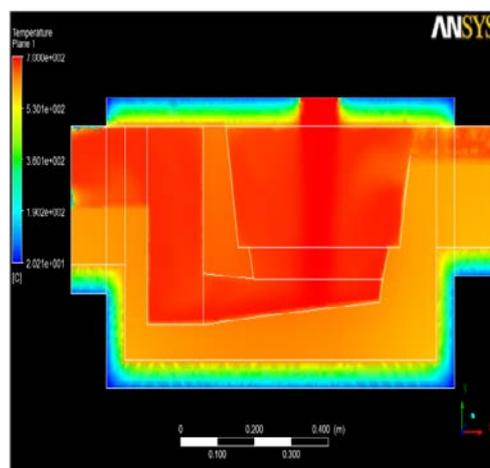


Рис.2 – Распределение температур через 30 минут прогрева Leister

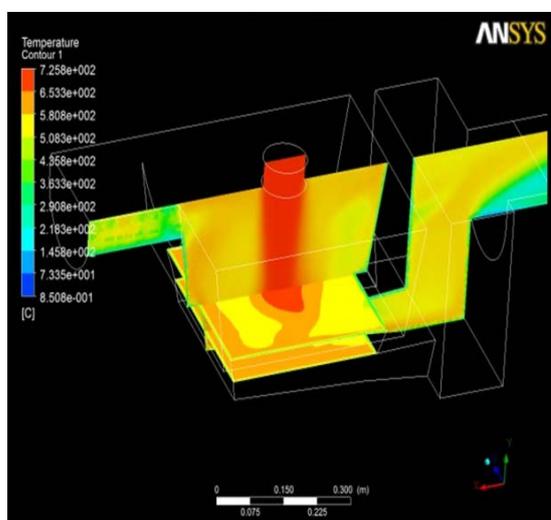


Рис.3 – тепловая энергия от одного конвекционного нагревателя Leister мощностью 15-17 кВт

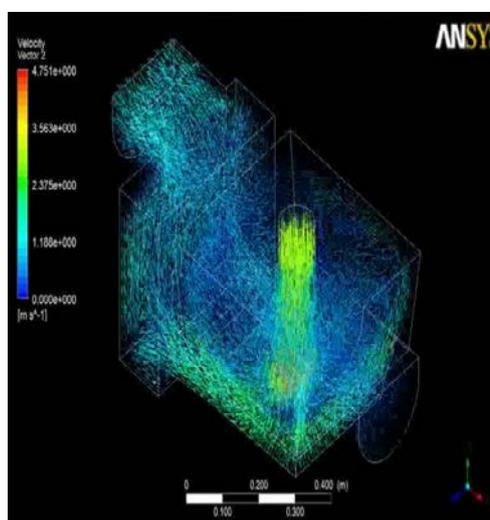


Рис.4 – поле скоростей в камере фильтрации при прогреве одним конвекционным нагревателе Leister мощностью 15-17 кВт

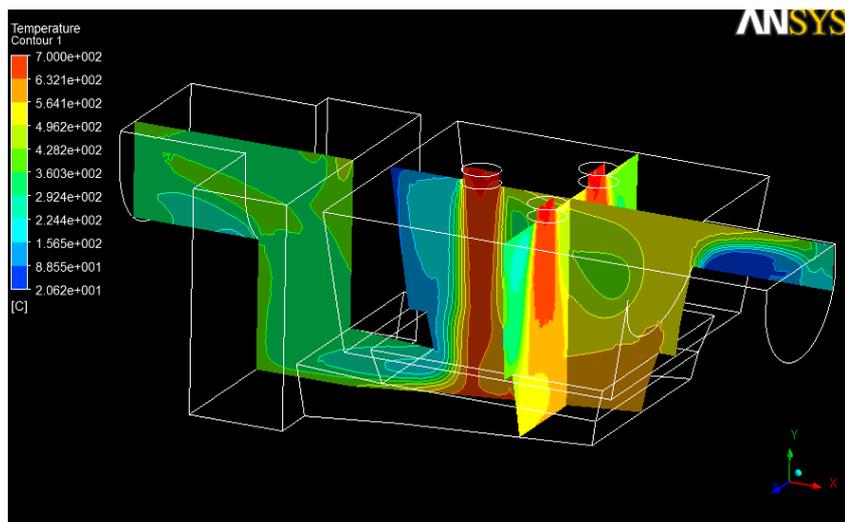


Рис.5 – нагрев тремя однофазными Leister (3 × 10 кВт) – разогрев до 600 °С.

Выводы:

В результате математического моделирования было установлено, что мощности трехфазного Leister 15 кВт для прогрева фильтр-бокса и ПКФ нагревателя не достаточно для поддержания темпа нагрева. Поэтому мощность нагревателя по предварительным расчетам следует увеличить до 30 кВт. Оптимальным станет выбор 3 однофазных Leister 10 кВт для интенсивного разогрева картриджа до средней температуры 600 °С за 40 минут.

Список литературы

1. Ловцов Д.П. Влияние неметаллических включений на образование газовой пористости // Литейное производство. – 1955.- №12.- С.18-20.
2. Основы теплопередачи/ Сост. Михеев М.А., Михеева И.М.; учеб. Изд. – 2-е., стереотип-М.: «Энергия»,1977, 15-18 с.
3. Коротков В.Г. Рафинирование литейных алюминиевых сплавов. – М.:Свердловск, Машгиз, 1963.- 127 с.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

Бугаева Н.С., Курнаева С.В.

научный руководитель д-р техн. наук Тимофеев В.Н.

Сибирский федеральный университет

Композитные материалы обладают уникальными физико-механическими свойствами. Они находят все более широкое практическое применение. Перспективным является композитный материал из алюминия или алюминиевого сплава, армированного нано волокнами. Актуальной является задача введения и требуемого распределения нано волокон в алюминиевую матрицу.

Лигатуры на основе алюминия можно разделить на четыре группы:

1. Лигатуры для модифицирования литейных сплавов из алюминия.

Например, лигатура алюминий-стронций (AlSr).

2. Лигатуры для измельчения зерна алюминия.

Примерами таких лигатур являются алюминий-титан-бор (AlTiB) различных составов. Ввод лигатур для измельчения зерна алюминия приводит к уменьшению газовой пористости и улучшению механических свойств.

3. Лигатуры для изменения химического состава алюминиевых сплавов.

Это лигатуры на основе алюминия для подшихтовки при изготовлении сплавов. Также в эту группу входят и лигатуры, которые применяют для повышения прочности сплава. В эту группу входят следующие виды лигатуры: AlSi, AlMn, AlFe и другие.

4. Лигатуры для улучшения определенных физических или механических свойств.

Например, лигатура алюминий-бор (AlB) применяется для увеличения электрической проводимости. Лигатура алюминий-бериллий (AlBe) и алюминий-кальций (AlCa) добавляют для уменьшения образования оксидной пленки в сплавах AlMg. Лигатура алюминий-цирконий (AlZr) используют для увеличения температуры рекристаллизации некоторых алюминиевых сплавов [1].

Нано волокна из оксида для нормирования алюминиевых сплавов относятся к четвертой группе лигатур. После введения частиц лигатуры в результате получим улучшение механических свойств сплава, таких как прочность при сдвиге, удлинение на разрыв, трещиностойкость, а также прочность при ударе.

Разработки эффективных технологий получения как алюмоматричных композиционных сплавов, армированных нанодисперсными наполнителями, так и алюминиевых сплавов, модифицированных нанодисперсными неметаллическими модификаторами, являются актуальными задачами современных металлургических и литейных технологий [2].

Существует способ ввода нанопорошковых лигатур при помощи капсуляции. Порошковую шихту вводят завернутой в алюминиевую фольгу, а затем капсулируют в алюминиевый патрон с целью повышения равномерности распределения частиц, расплав механически перемешивают. Известен также способ, заключающийся в инъекции металлизированных дисперсных частиц в расплав инертным газом. Недостатки указанных методов в низких физико-механических свойствах сплава, т.к. известные способы не позволяют ввести дисперсные частицы менее 10 мкм, которые являются дисперсными упрочнителями в сплаве.

Основной проблемой, возникающей при получении литейных композиционных сплавов, является проблема введения в расплав и сложность равномерного распределения в матрице частиц субмикронных размеров и более мелких.

Решением вышеописанной проблемы является создание установки для ввода nano волокон в алюминиевый расплав, содержащей магнитогидродинамический вращатель (МГД вращатель). Физическая модель МГД вращателя изображена на рисунке 1.



Рис.1 – Физическая модель МГД-вращателя

В электромагнитном вращателе под воздействием магнитного поля образуется воронка, которая позволяет быстро замешивать легирующие вещества в расплав алюминия или его сплавов. Этот способ позволяет ввести в расплав и равномерно распределить в алюминиевой матрице nano волокна.

По результатам исследований установлено, что способ замешивания nano волокон в алюминиевую матрицу для упрочнения сплава при помощи электромагнитного вращателя является эффективным. И целесообразным является разработка установки для ввода nano волокон в алюминиевый расплав с МГД вращателем. При достижении успешного введения nano волокон из оксида алюминия в результате получим улучшение механических свойств сплава.

Список литературы

1. Лигатуры (мастер сплавы) на основе алюминия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://lityo.com.ua/98-kompanii/ooo-inzhenernaya-kompaniya-sas/>
2. Луц И.А. Алюминиевые композиционные сплавы – сплавы будущего: учеб. пособие / И.А. Луц, А.Р. Галочкина. Самара: Самар. гос. техн.ун-т, 2013. 82 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В МИКСЕРЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Винтер Э.Р.

научный руководитель д-р. техн. наук Первухин М. В.

Сибирский федеральный университет

Электрические миксеры сопротивления являются камерными печами сопротивления. На заводах алюминиевой промышленности используются в составе плавильно-литейного комплекса и предназначены для приготовления расплава заданной температуры и химического состава.

В данной статье проводится расчет тепловых потерь через футеровку электрического миксера емкостью 100 килограмм для приготовления алюминиевых сплавов. Эскиз футеровки миксера приведен на рисунке 1.

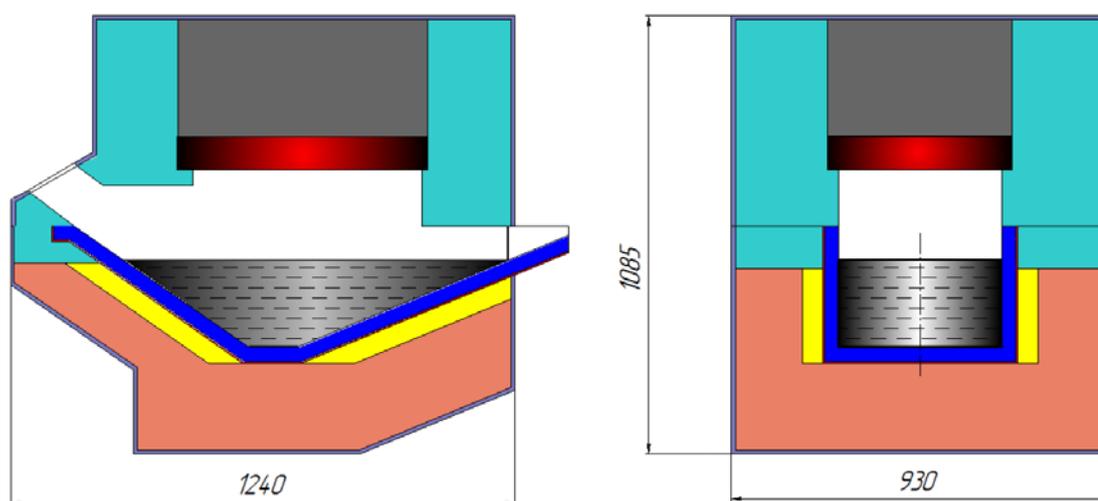


Рис.1 – Электрический миксер для приготовления алюминиевых сплавов емкостью 100 кг.

В данном миксере используется система нагрева «светящийся свод» [1], конструкция которой показана на рисунке 2. Особенностью таких нагревателей является то, что нагревательные элементы 1 располагаются в огнеупорном электроизоляционном блоке 2, выполненного из высокотеплопроводного материала, на рисунке 2 «б», показан нагреватель, огнеупорный электроизоляционный блок которого выполнен арочным.

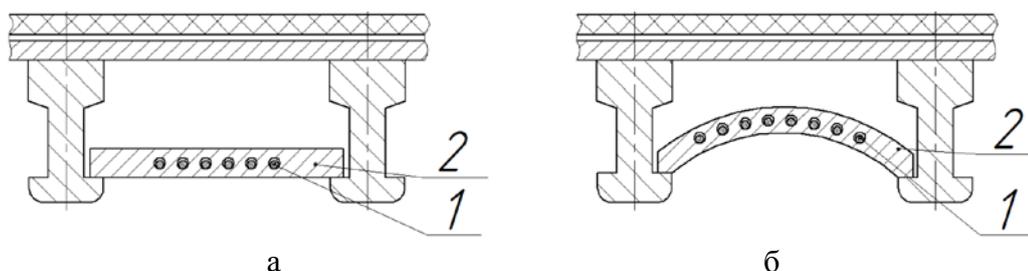


Рис.2 – Электронагреватель замурованного типа

При тепловом расчете многослойной футеровки при известных температурах рабочего пространства и окружающей среды выбираются материалы каждого слоя, определяется их толщина, ориентировочные температуры между слоями и ориентировочные коэффициенты теплопроводности, рассчитываются коэффициенты теплоотдачи для внутренней и наружной поверхности футеровки. После чего, рассчитывается тепловой поток для различных участков печи (боковая стенка, подина, свод). Так как теплопроводность материалов футеровки зависит от температуры, расчет ведется итерационно, методом последовательных приближений [2].

В общем случае тепловой поток через многослойную плоскую стенку, Вт

$$Q = \frac{t_{внутр} - t_{окр}}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i \cdot F_i} + \frac{1}{\alpha_{нар}}},$$

где $t_{внутр}$ – температура внутреннего пространства печи; $t_{окр}$ – температура окружающей среды; δ_i – толщина i -го слоя футеровки; λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя; F_i – площадь стенки i -го слоя футеровки; $\alpha_{вн}$, $\alpha_{нар}$ – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности соответственно.

Температуры поверхностей, включая поверхности соприкосновения двух соседних слоев вычисляются по формулам

$$t_{c1} = t_{внутр} - \frac{Q}{\alpha_1 \cdot F_1},$$

$$t_{c2} = t_{внутр} - Q \cdot \left(\frac{1}{\alpha_1 \cdot F_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1 \cdot F_1} \right),$$

$$t_{c(n+1)} = t_{внутр} - Q \cdot \left(\frac{1}{\alpha_1 \cdot F_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i \cdot F_i} \right).$$

После, полученные температуры сравниваются с температурами, принятыми ориентировочно в начале расчета, если погрешность превышает допустимую, тогда задаются новыми значениями температур на поверхностях близкими к полученным, уточняют коэффициенты теплопроводности и повторяют расчет. Расчет проводится до того этапа, при котором будет получена допустимая относительная погрешность.

В качестве начальных данных температура расплава принимается равной 750 °С, температура в пространстве печи 720 °С, температура поверхности светящегося блока 950 °С. Материалы областей футеровки, для которых ведется расчет приведены в таблице 1. Потери через заднюю дверцу и открытое леточное отверстие в данном расчете не учитываются.

В результате расчета, суммарные тепловые потери через футеровку составили 2881 Вт. Если принять во внимание то, что потери через крышку и летку не учитывались, то можно предположить, что полные потери в миксере составят примерно 3000 Вт. Наибольшее значение температуры, имеет поверхность верхней стенки (164,38 °С), так как в этом месте устанавливаются электрические нагреватели.

Таблица 1 – Материалы футеровки

Подина	
Слой	Материал
1	Армированная керамика АКБФ
2	Огнеупорная бумага
3	Кремневермикулитовая плита
4	Картон асбестовый
Свод	
Слой	Материал
1	Каолиновая вата
2	Картон асбестовый
Боковая стенка, находящаяся в контакте с расплавом	
Слой	Материал
1	Армированная керамика АКБФ
2	Огнеупорная бумага
3	Вермикулит вспученный
4	Кремневермикулитовая плита
5	Картон асбестовый
Боковая стенка выше уровня расплава	
Слой	Материал
1	Огнеупорная бетонная смесь
2	Картон асбестовый

Таблица 2 – Результаты расчета

Подина	
Потери, Вт	433.812
Температура внешней поверхности, °С	59.185
Боковая стенка, находящаяся в контакте с расплавом	
Потери, Вт	273.268
Температура внешней поверхности, °С	66.359
Свод	
Потери, Вт	398.897
Температура внешней поверхности, °С	57.666
Боковая стенка, находящаяся выше уровня расплава	
Потери, Вт	750.761
Температура внешней поверхности, °С	164.38
Суммарные тепловые потери, Вт	
	2881

Инженерная методика расчета тепловых потерь является довольно приближенной и позволяет оценить только примерные потери через футеровку и осреднённую температуру на поверхности. Получение же полной картины

температурного поля в миксере, с определением мест локального перегрева, а также динамики изменения температуры в процессе нагрева с помощью инженерных расчетов является очень трудоемкой задачей. Поэтому дальнейшее исследование тепловых процессов в данном миксере планируется проводить в программном пакете Ansys.

Список литературы

1. Пат. 32953 Российская Федерация, МПК Н 05 В 3/46, Н 05 В 3/68, Н 05 В 3/64. Электронагреватель / А. А. Темеров, В. Н. Тимофеев, П. А. Хоменков; опубл. 27.09.2003.
2. Чередниченко, В. С. Электрические печи сопротивления. Теплопередача и расчеты электропечей сопротивления : монография / В. С. Чередниченко, А. С. Бородачев, В. Д. Артемьев; под ред. В. С. Чередниченко. – Новосибирск : НГТУ, 2006. – 624 с. – («Современные электротехнологии». – Т. 1).



ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КРИСТАЛЛИЗАТОРА ДЛЯ ЛИТЬЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Гуляшинов А.А.

научный руководитель д-р техн. наук Первухин М.Ю.

Сибирский федеральный университет

Наиболее значительными и распространёнными факторами, негативно влияющими на качества слитков можно назвать: химическую неоднородность слитка, вызванную ликвационными наплывами, низкие механические свойства, неравномерное кристаллическое строение, а также механические дефекты, такие как горячие трещины и деформация донной части слитка [3].

Для устранения данных проблем могут быть использованы электромагнитные кристаллизаторы – класс конструкций формообразователей, в который на протяжении всего процесса отливки, слиток физически не контактирует с формообразователем [2]. Благодаря этому в изделии не возникают или сводятся к минимуму механические дефекты, образование неслитин и возникновение ликвационных наплывов, в результате чего поверхность слитка гладкая и блестящая.

Стабильное увеличение скорости вытягивания до технологической и наличие свободного симметричного коробления донной части слитка устраняют появление горячих трещин. Фронт кристаллизации на узких гранях слитка активно перемещается вверх под влиянием деформации донной части слитка и низких скоростей литья[1].

Согласно исследованиям, при литье в электромагнитный кристаллизатор улучшается равномерность распределения компонентов сплава по сечению слитка. Это объясняется возникновением процессов прямой ликвации при литье в электромагнитный кристаллизатор[1]. Также в ходе исследований установлено, что химическая неоднородность коррелирует со скоростью литья.

К основным достоинствам электромагнитных кристаллизаторов можно отнести широкую вариативность форм и размеров отливаемых слитков, высокую скорость и продуктивность производства, относительно кристаллизаторов скольжения и автоматизированность процесса литья на базе микропроцессорной техники.

Список литературы

1. Специальные способы литья: Справочник / В.А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др.; под общ. ред. В.А. Ефимова. – М.: Машиностроение, 1991. – 436 с.
2. МГД технологии в металлургии. Интенсивный курс Специализация IV. Бааке Э., Барглик Д., Лупи С. [и др.]. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 250 с.
3. Aluminum-Silicon Alloys [корпоративный сайт]. URL: <http://www.totalmateria.com> (дата обращения: 15.01.2016).



МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ СЛИТКОВ ИЗ СПЛАВОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Краснов А.А., Байкова К.А., Литовченко А.В.
научный руководитель канд. техн. наук Сергеев Н.В.
Сибирский федеральный университет

В работе рассматривается задача улучшения структуры слитка в литейной машине посредством электромагнитного воздействия. Описано устройство и принцип работы предложенного мгд-перемешивателя. Представлены результаты физического моделирования процесса электромагнитного перемешивания кристаллизующегося слитка.

Непрерывно литая заготовка диаметром 8, 9 и 10 мм, получаемая из ювелирных сплавов, является полуфабрикатом для производства различных изделий из сплавов на основе золота, серебра. Основным недостатком сплавов – низкая износостойкость при высокой стоимости компонентов и трудозатрат на производство изделий. Наиболее распространенным способом решения этой проблемы, в настоящее время, является использование легирующих компонентов. как наиболее простой из путей улучшения физико-механических свойств слитка, так как именно это во многом определяет параметры технологии получения изделий. Улучшить физико-механические свойства можно не только за счет использования новых типов лигатур, но и с использованием различного рода физических воздействий на расплав.



Рис.1 - Литейная машина Z50-26M, производство IЕСO (Италия)

На существующих литейных машинах например, показанная на рис. 1, получаемая структура слитков крупнозернисто и высокой неоднородности не позволяет получить с требуемыми физико-механическими свойствами, либо получение такой изделий трудоемко и имеет высокую себестоимость.

Сплавы, содержащие высокий процент легирующих компонентов, не удается стабильно деформировать из-за неоднородной структуры слитка, что приводит к

частым обрывам в процессе деформационной обработки (прокатка, волочение) и по этой снижается производительность всего цикла получения изделий. В связи с этим актуальной научно-технической задачей является создание более совершенных и экономичных технологий получения изделий, которые позволят освоить массовое производство из новых типов сплавов, обеспечивающих, в том числе увеличение процента выхода годной продукции на последующих этапах передела слитка.

В настоящее время, в литейных машинах с графитовым кристаллизатором возможно влиять на структуру слитка путем регулирования скорости литья, температуры расплава и скорости охлаждения. Каждый из способов имеет свои ограничения: снижения скорости литья уменьшает производительность, снижение температуры расплава перед литьем снижает равномерность распределения легирующих добавок слитке, понижении скорости охлаждения приведет к укрупнению зерен и снижению качества слитка.

Существует еще один способ получения более мелкозернистой структуры - создание интенсивного течения расплава на границе раздела фаз в процессе кристаллизации. Глубина лунки жидкой фазы слитка в литейной машине в зависимости от параметров литья составляет от 1 до 1,5 миллиметров. Исходя из конструктивных особенностей литейной машины, создание принудительной циркуляции расплава в слитке наиболее целесообразно бесконтактным способом. Для этого авторами предлагается установить над слитком в зоне кристаллизации мгд-перемешиватель, создающий переменное магнитное поле.

Возможность установки индуктора мгд-перемешивателя показана на примере литейной машины IECO Z50-26M (Италия) (рис. 2). Установка индуктора на данную литейную машину с минимальными затратами возможна ниже плавильного узла в области, где происходит кристаллизация расплава.

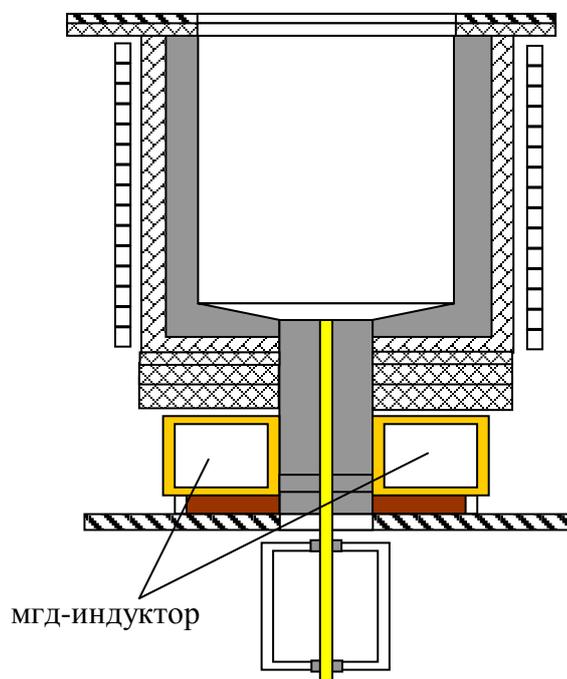


Рис.2 - Эскиз плавильно-литейного узла установки IECO Z50-26M

Воздействие на расплавы электромагнитным полем, позволяющее формировать интенсивные мгд-течения, имеет следующие варианты, такие как, пульсирующее воздействие магнитным полем, воздействие бегущим магнитным полем, воздействие вращающимся магнитным полем, комбинирование магнитных полей.

Конструктивные особенности установок непрерывного литья сплавов благородных металлов накладывают определенные ограничения на изменения конструкции, в основном заключающиеся в необходимости сохранить целостность теплоизоляционных слоев оборудования. Толщина теплоизоляции и конструктивные особенности плавильно-литейного узла в области фронта кристаллизации достигает 100 мм, что необходимо учитывать при выборе электромагнитных параметров оборудования, используемого для воздействия на расплав и кристаллизующийся слиток.

Область, допустившая для размещения дополнительного мгд-оборудования, показана на рис. 2 в виде блока под номером 2.

Решение задачи мгд-воздействия на расплав возможно с использованием конструкций индукторов, показанных на рис. 3, а, б. Индуктор в общем случае представляет собой виток, создающий переменное магнитное поле, направленное на формирование интенсивных течений, в донней части плавильного узла и зоне кристаллизации. Анализ распределения электромагнитного поля от каждой из конструкций показал, что наиболее подходящей конструкцией, является вариант, показанный на рис. 3 б. Предложенная конструкция имеет минимальные размеры при достаточной интенсивности воздействия магнитным полем на расплав и фронт кристаллизации.

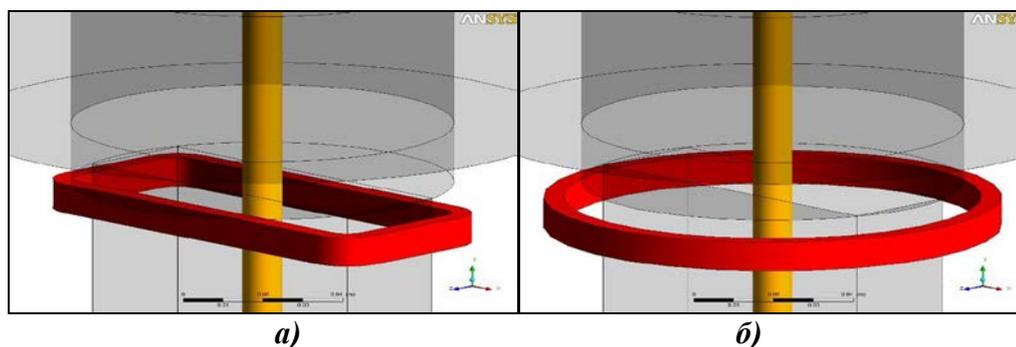


Рис.3- Варианты конструкции мгд-индуктора воздействия на расплав в фильере в области кристаллизации: прямоугольный вариант (а) и цилиндрический вариант (б)

Результаты анализа выбранной конструкции индуктора использованы при дальнейшем изготовлении опытно-промышленного образца мгд-перемешивателя, предназначенного для установки на плавильно-литейный узел Z50-26М ИЕСО.

Результаты экспериментов

Сравнение микроструктур слитков, отлитых на установке, проводилась с образцами, полученными на литейной машине без мгд-перемешивания. Образец этой микроструктуры представлен на рис. 4 а.

Структуры слитков, полученных с электромагнитным воздействием на плавильный узел и область фронта кристаллизации в литейной машины (рис. 4 б) показали, что при мгд-воздействии с помощью разработанных и изготовленных конструкций подтверждено положительное влияние на качество слитков из ювелирных сплавов золота.

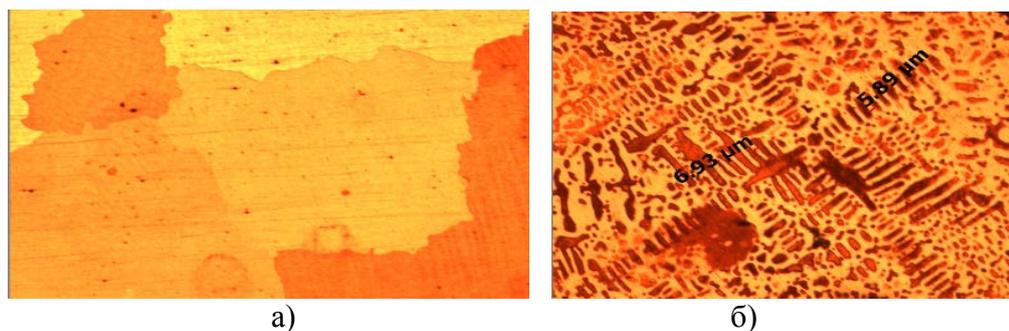


Рис.4- Микроструктура слитков: а) слиток с установки без электромагнитного воздействия; в) слиток с установки с электромагнитным воздействием

Наилучшего качества удалось при одновременном воздействии электромагнитным полем на донную часть плавильного узла литейной машины и на область кристаллизации слитка. По результатам экспериментов можно сделать вывод о необходимости экспериментального выявления оптимальных параметров перемешивания и охлаждения слитка в промышленной установке,

Заключение

Дальнейшие работы будут направлены на разработку образца мгд-перемешивателя, который планируется испытать на промышленном агрегате. Ожидается, что внедрение позволит улучшить физико-механические свойства слитков из сплавов марок, что обеспечит снижение объема производственного брака, связанного с дефектами структуры слитка, а также позволит расширить ассортимент выпускаемых сплавов.

Список литературы

1. Полищук В.П. Исследование процесса заливки металла в литейную форму под воздействием магнитного поля: Автореф. дис. канд. техн. наук. –Киев, 1962.
2. Основные понятия магнитной гидродинамики: МГД – устройства и МГД-установки. – М.: Наука, 1982. – (Терминология; Вып. 100).
3. Вольдек А.И. индукционные магнитогидродинамические машины с жидкометаллическим рабочим телом. Ленинград, Энергия, 1970.
4. Тимофеев В.Н. Метод анализа электромагнитного поля в индукционных устройствах / В.Н. Тимофеев, Р.М. Христинич С.А. Бояков, М.В. Первухин //Электричество, 1999г., №10
5. Собочинский, Л. К. Моделирование устройств электромагнитного перемешивания жидких металлов / Л. К. Собочинский, А. И. Серебряков, Е. А. Павлов и др. / Вестник Красноярского государственного технического университета. Вып. 33. Математические методы и моделирование. - Красноярск, 2004.
6. Быстрая кристаллизация высоколегированных алюминиевых сплавов в электромагнитном поле / М. В. Первухин [и др.] // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2011.
7. Непрерывное литье в электромагнитный кристаллизатор / З. Н. Гецелев [и др.]. – М.: Metallurgia, 1983.

**ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ****Лесогор Д.А.****научный руководитель д-р. техн. наук, проф. Довгун В.П.***Сибирский федеральный университет*

Проблема обеспечения качества электроэнергии (КЭ) является одной из важнейших в современной электроэнергетике. Ухудшение КЭ вызвано широким внедрением энергосберегающих технологических процессов и систем, использующих импульсные полупроводниковые устройства с нелинейными и быстро изменяющимися характеристиками. Такие устройства создают при своей работе токи несинусоидальной формы, которые можно представить в виде суммы гармоник, частоты которых кратны основной частоте питающей сети. Результатом воздействия гармоник на систему электроснабжения и оборудование потребителей является увеличение потерь во вращающихся механизмах, трансформаторах, линиях электропередачи, ускоренное старение изоляции оборудования, сбои в работе чувствительного электронного оборудования. Ухудшение качества электроэнергии может повлиять на работу чувствительного электронного оборудования. Компьютеры, серверные станции, системы управления электроэнергией, оборудование для машиностроения, оборудование для пищевой промышленности, медицинское оборудование – все они могут преждевременно выйти из строя, если не принимать мер по их защите от опасных колебаний напряжения и сопутствующих им помех.

Для мониторинга качества электрической энергии используются специальные устройства – анализаторы КЭ. Многие поставщики такого оборудования используют свой формат для хранения данных с устройств мониторинга КЭ, при этом создавая под этот формат системы мониторинга КЭ и связанные с ними программные приложения.

В связи с этим в последние годы необходимость создания универсального и стандартизированного формата данных, отображающего качество электроэнергии, стала особенно актуальна.

В докладе рассмотрены вопросы построения информационно-измерительной системы для анализа качества электроэнергии (ИИС МКЭ) с использованием специализированных форматов данных.

PQDIF (от Power Quality Data Interchange Format) - специализированный формат данных, который используется для обмена информацией о напряжении, токе, мощности между программным обеспечением для мониторинга качества электроэнергии. Работа над ним проводилась при финансовой поддержке комитета по качеству электроэнергии Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE)^[2].

Одна из целей формата PQDIF - обеспечить программную кроссплатформенность для того, чтобы данные поддерживались всеми пакетами программного обеспечения для контроля качества электроэнергии. Институту инженеров по электротехнике и радиоэлектронике была поручена задача стандартизации такого формата обмена данными (TF 1159.3)^[3].

Главной особенностью формата PQDIF является разделение понятий физической и логической структуры. Физическая структура определяет, как разные типы данных хранятся в файле. Она построена по иерархическому принципу. На самом высоком уровне файл состоит из одной или нескольких записей (Records). Каждая

запись (Record) состоит из набора элементов. Каждый элемент может представляться одним из трех типов:

- скалярная величина (Scalar),
- векторная величина (Vector)
- набором элементов (Collection).

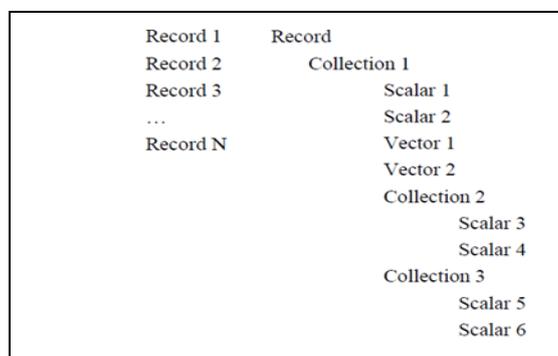


Рис.1-Физическая структура PQDIF файла

Логическая структура определяет, как физические данные могут интерпретироваться как данные о качестве электроэнергии^[1].

Таблица 1 - Пример ряда элементов логического слоя PQDIF

Элемент логического слоя	Пример
Производитель оборудования	Dranetz-BMI, PML, RPM, Square D, Sentry
Модель оборудования	8010,7100,Omega,ION,DL8000,3P
Тип величин	минимальное/максимальное/среднее значение
Единицы измерения	секунды, вольты, амперы

Создаваемая информационно-измерительная система для мониторинга качества электроэнергии (ИИС МКЭ) должна соответствовать следующим требованиям:

- возможность сохранения и просмотра данных в формате PQDIF;
- использование свободно -распространяемого ПО;
- поддержка опроса нескольких анализаторов РМ 175.

На основании данных требований, для реализации системы было выбрано программное обеспечение Power Analysis System (PAS) и PQDiffactor.

В состав архитектуры ИИС МКЭ входят следующие составляющие, представленные на рисунке 2 и 3:

- Анализаторы КЭ;
- Средства связи;
- Сервер опроса;
- FTP/FTPS файловый сервер;
- Пользователь;
- Веб-сайт;
- ПО

- PAS
- PQDiffactor.

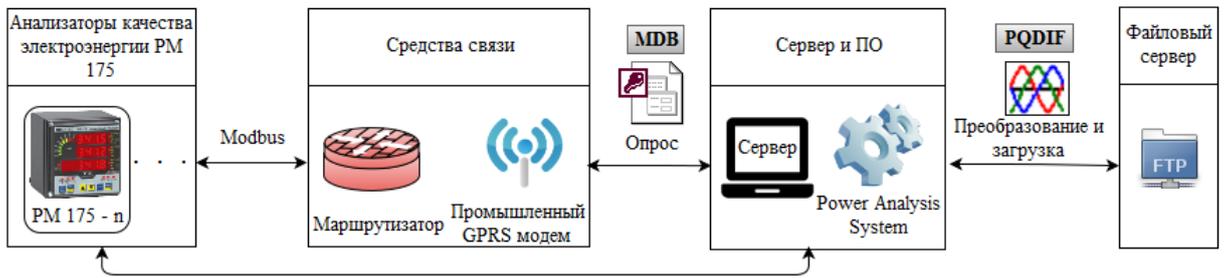


Рис.2-Архитектура ИИС МКЭ

При помощи программы PAS настраивается опрос анализаторов качества электроэнергии РМ-175. В настройку опроса входят такие параметры как:

- опрашиваемые характеристики,
- частота опроса,
- параметры хранения БД,
- доступ к этим данным и другие.

Опрос происходит через COM-порты устройств посредством технологии Ethernet, с использованием промышленного протокола обмена данными Modbus.

При локальном удалении анализаторов для связи может использоваться промышленный GPS/GPRS модем, таким образом, создавая комбинированную систему связи. Также опрос можно проводить непосредственным подключением ПК к анализатору.

Анализаторы объединены в локальную сеть через маршрутизатор путем присвоения каждому анализатору IP- адреса. При необходимости дополнительной защиты данных, подключение может осуществляться через межсетевой экран.

Данные опроса попадают на сервер в формате *.MDB, где автоматически преобразуются в формат *.PQDIF при помощи диспетчера сохранения файлов программы PAS. Далее, ответственное лицо (преподаватель, энергетик) выбирает, какие из данных должны быть размещены в общем доступе на FTP (либо для большей защиты FTPS) сервере и размещает их в папке, параметры доступа к которой уже настроены с помощью средств Windows, либо программы Filezilla.

Помимо PQDIF файлов на файловом сервере также будут находиться установочные файлы программ PAS и PQDiffactor, инструкции по работе с этими программами и пошаговые инструкции по скачиванию последних актуальных версий этих программ.

В соответствии с настроенной политикой доступа, пользователи через веб-сайт могут скачать полученные данные опроса в формате PQDIF с FTP/FTPS сервера.

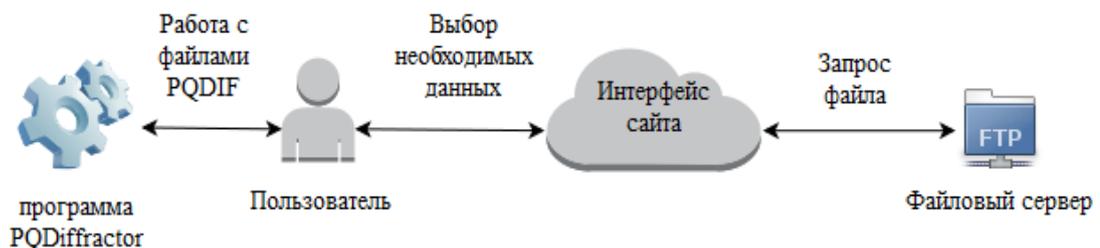


Рис.3-Взаимодействие пользователя

Далее файл в формате PQDIF открывается программой PQDiffactor, с помощью которой можно проводить анализ полученных данных.

Апробация программно-аппаратного комплекса для МКЭ была проведена при анализе качества электроэнергии в кампусе СФУ. В качестве примера на рисунке 4 показаны графики гармонических составляющих тока в фазе А. Результаты измерений показывают, что в сети наблюдаются искажения формы кривых токов. Уровень гармонических искажений токов достигает наибольших значений во время начала занятий при использовании компьютерной техники.

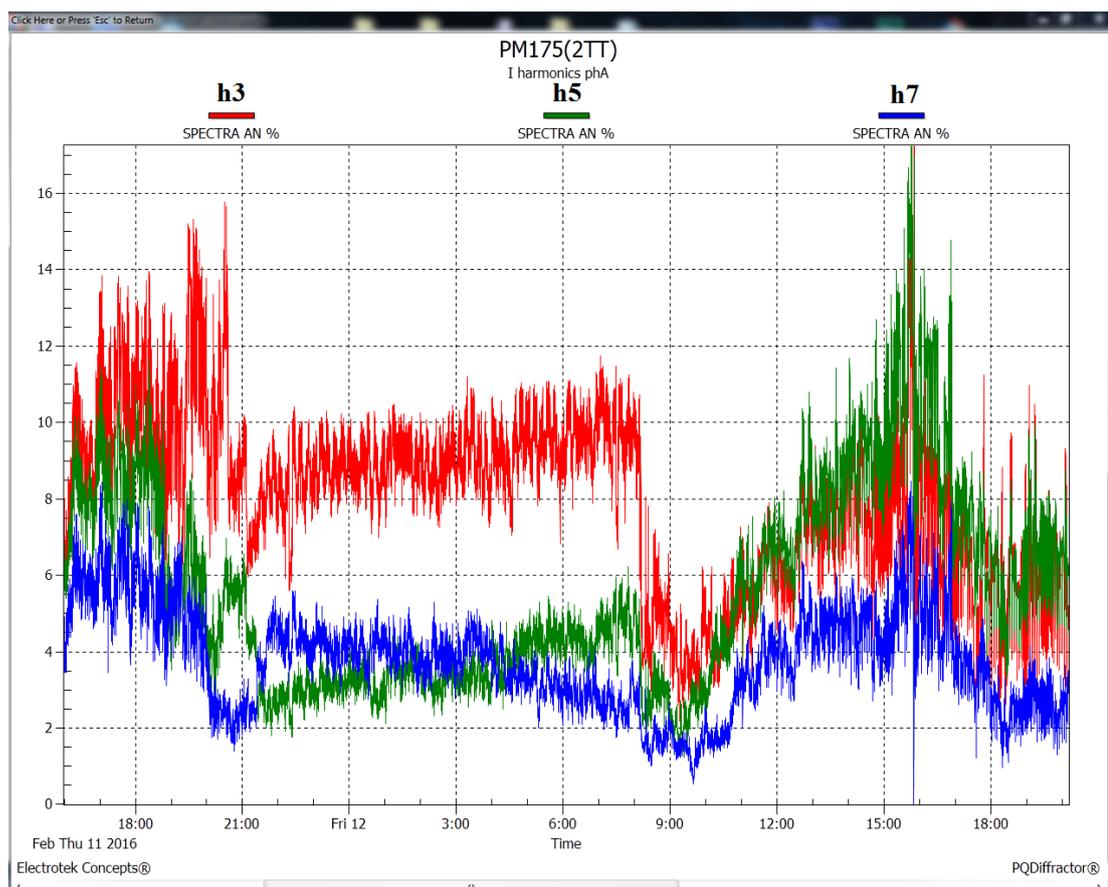


Рис.4–Гармонические составляющие тока в фазе А: 3, 5 и 7-я гармоники

Список литературы

1. Daniel, S. Revision of IEEE std 1159.3 PQDIF/ 23rd International Conference on Electricity Distribution Lyon, 15-18 June 2015 Paper 0258, William W. Dabbs
2. Gunther, E. W, On Creating a New Format for Power Quality and Quantity Data Interchange/ Transmission and Distribution Conference and Exhibition, 2005/2006 IEEE PES
3. Report on a Common Data Format for IED Sampled Data: IEEE PSRC Working Group H5-c Report to the Relay Communications Subcommittee, 2008

РАЗРАБОТКА КОНВЕКЦИОННЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛИТЕЙНЫХ ЖЕЛОБОВ

Литовченко А.В., Горемыкин В.А., Байкова К.А., Краснов А.А.
научный руководитель канд. тех. наук Головенко Е.А.
Сибирский федеральный университет

В технологическом цикле производства алюминиевых сплавов обязательным этапом является транспортировка расплава по литейным желобам для обеспечения последующих литейных операций. В начале транспортировки огнеупоры желобов имеют низкую температуру, поэтому тепловая энергия расплава затрачивается для их разогрева. Падение температуры от печи до литейной машины составляет более 10 °С для желобов с длиной свыше 5 метров. Поэтому около 3% полуфабрикатов уходит в переплав по причине их неудовлетворительного качества. В связи с чем, существует актуальная задача предварительного разогрева огнеупоров. Для ее решения применяют газовый нагрев, нагрев радиационными нагревателями и встроенный нагрев тенами (рис.1). Однако, они имеют свои недостатки связанные с дороговизной, неравномерностью нагрева, низкой надежностью и т.д.

Альтернативным способом предварительного нагрева является конвекционный нагрев. Конвекционный нагрев лишен многих недостатков известных способов. В концепции способа заложен нагрев при помощи электронагревателя обдуваемого потоком воздуха. При этом в закрытом желобе создается интенсивный тепловой поток с турбулентным смешиванием горячих и холодных масс. Высокая интенсивность обдува позволяет произвести равномерный нагрев желобов большой протяженности. Благодаря компактности конвекционных нагревателей их можно встраивать в съемные крышки желобов или устанавливать на время прогрева непосредственно в нишу огнеупора.



Рис.1-Виды предварительного разогрева желобов

На первом этапе исследований была разработана тепловая модель огнеупора с принудительным обдувом нагретым воздухом. Расчетная включает в себя следующие элементы: нагревательный элемент, огнеупор, теплоизоляцию, стальной кожух. Считаем, что канал закрыт плотной крышкой, а снаружи имеет место свободная конвекция окружающего воздушного пространства.

В результате проведенных расчетов было доказано, что предварительный нагрев воздухом позволяет равномерно разогреть огнеупор и создать на протяжении всей длины желоба интенсивный тепло-массообмен. Расчет проводился 120 минут, в начале нагрева $t=0$ секунд, температура огнеупора была задана $T=300^{\circ}\text{C}$. В конце нагреве при $t=30$ минут температура на внутренней поверхности увеличилась до $T=440^{\circ}\text{C}$.

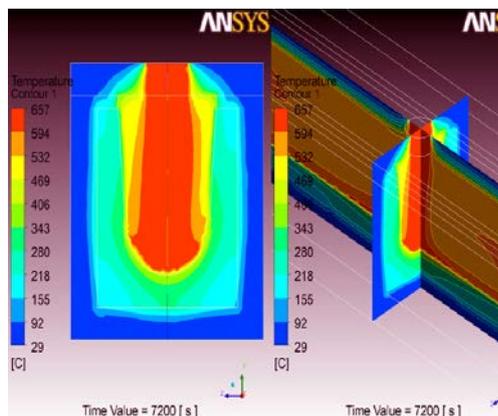


Рис.2-Результат математического моделирования конвекционного нагревателя

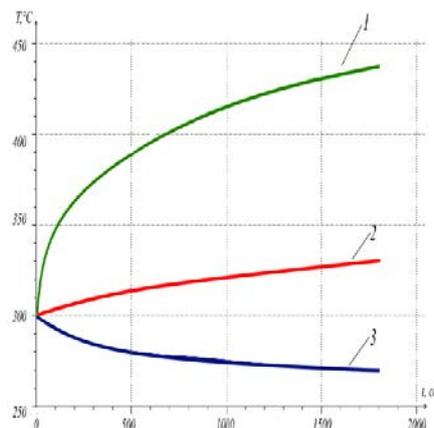


График 3 - Кривые нагрева огнеупора: 1-максимальная температура огнеупора; 2- средняя температура огнеупора; 3- минимальная температура огнеупора.

На втором этапе исследований были рассмотрены вопросы разработки опытной установки для разогрева литейных желобов на базе нагревателя Leister LE 10000 DF ($P_n = 17 \text{ кВт}$, $T_{\text{max}} = 650^{\circ}\text{C}$).

Концепция опытной установки и ее практическая реализация представлены на рисунках 4 и 5. Установка предназначена для ручной установки непосредственно в литейный желоб на время прогрева. Для обдува нагревателя использован эжектор работающий на сжатом воздухе. В качестве датчика обратной связи установлена термопара ДТПК065-0111.60. Для защиты от отключения воздуха предусмотрен каллометрический датчик SI5006.

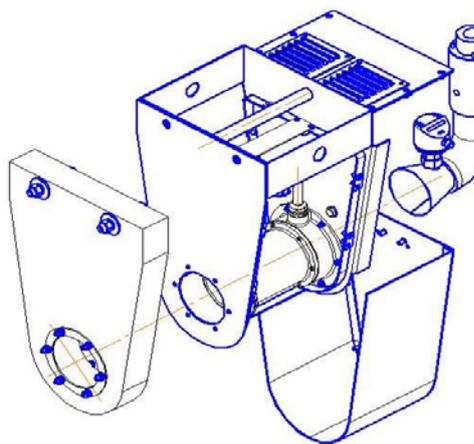


Рис.4 -Конструкция экспериментальной установки



Рис.5-Экспериментальная установка конвекционного нагревателя

На третьем этапе исследований был выполнен физический эксперимент, целью которого являлась оценка качества работы опытной установки на базе для компенсации тепловых потерь огнеупора раздаточного желоба литейной машины Wagstaff (РУСАЛ-Красноярск). Исследования были выполнены на действующем оборудовании. Их результаты в соответствии со схемой рис. 6 представлены на рис. 5.

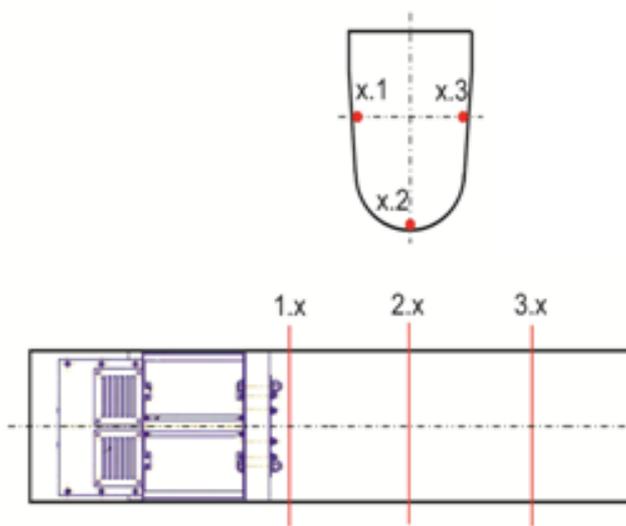


Рис.6-Схема измерений температуры в литейном желобе



Рис.7-Экспериментальная установка во время испытаний

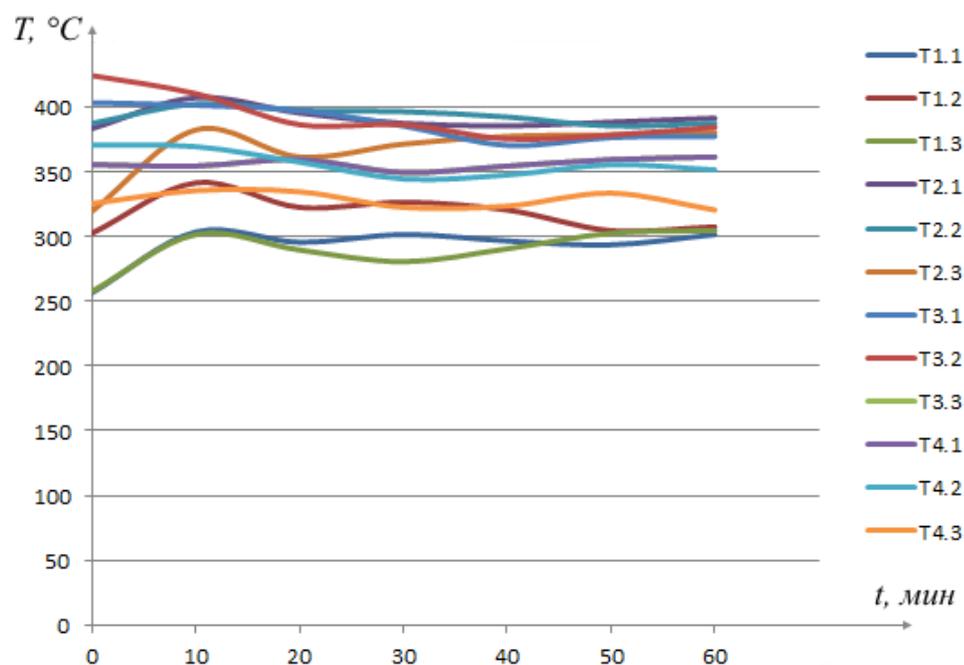


Рис.8 - Результаты замеров температуры

За 60 минут проведения испытаний температура наиболее холодной части металлотракта была увеличена на 40-50 °С. Установленной мощности нагревателя (17 кВт) достаточно для поддержания стабильной температуры металлотракта на уровне 300-380 °С. Таким образом, данной мощности достаточно только для компенсации тепловых потерь.

В настоящее время разработанная установка проходит опытно-промышленную эксплуатацию и внедрена в производственный процесс. В дальнейшем запланированы работы по разработке конвекционных нагревателей для крышек литейных желобов.

Выводы:

1. Предварительный разогрев желобов при помощи конвекционного нагревателя позволяет выполнять эффективный разогрев огнеупоров для сокращения тепловых потерь расплава.
2. Нагреватель способствует выравниванию температуры огнеупора по длине канала за счет интенсивной циркуляции воздушного потока.

Список литературы

1. Теплотехника/ Сост. А.П. Баскаков, Б.В. Берг, О.К. Вит и др.; учеб. Для вузов. изд. – 2-е изд., перераб.-М.: Энергоатомиздат, 1991-224 с.
2. Основы теплопередачи/ Сост. Михеев М.А., Михеева И.М.; учеб. Изд. – 2-е., стереотип.-М.: «Энергия»,1977, 15-18 с.
3. Справочник по теплопередаче/ Сост. Кутателадзе С.С., Боришанский В.М.; учебМосква1958, 194-196 с.
4. Теплофизические свойства материалов/ Сост. В.С. Чиркин.; справочное руководство., физматгиз 1959 Москва, 31-36 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

Петухов Е.А., Желанников Д.С., Журавский В.А.
научный руководитель канд.тех.наук Амузаде А.С.
Сибирский федеральный университет

В данной статье рассмотрены перспективы применения термоэлектрических генераторов для производства электроэнергии для маломощных потребителей.

Во всем мире все шире применяются ранее считавшиеся экзотическими способы генерации электроэнергии (Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности ЕС, 2009). Появляются новые «умные» технологии, требующие электроэнергии прямо на месте установки, например (Wobschall, 2012):

- 1) Умная одежда и обувь;
- 2) Сети умных датчиков (погоды, освещенности, охранной безопасности, качества воздуха, напряжений строительных конструкций, температуры и электромагнитных полей силовых трансформаторов и др.);
- 3) Умные здания.

Применяемые «умные» вещи стараются делать беспроводными (например, на популярных беспроводных интерфейсах WiFi, ZigBee, Bluetooth 4 Low Energy и др.) и как можно более автономными, параллельно уменьшая размеры. Для достижения большей автономности применяют технологии Energy Harvesting (Нечай, 2013). Например, хорошим вариантом повышения срока службы силовых трансформаторов может стать установка автономных датчиков температуры с беспроводной связью, поскольку согласно статистике (Контроль состояния трансформатора, 2016), нарушения в работе системы охлаждения могут достигать 9%.

Кроме того, в походных условиях туристам и разнообразным экспедициям, а также кочевым жителям России может пригодиться надежный маломощный источник электроэнергии, работающий от тепла (свечка, костер, печная труба и т.д.). К таким источникам электроэнергии относят термоэлектрические генераторы (ТЭГ).

Термоэлектрические генераторы работают на эффекте Зеебека и делятся на полупроводниковые (относительно высокий КПД, в среднем до 5-8%) и металлические (термопары на сплавах металлов, КПД менее 1%, выше температура) (Термоэлектрогенератор).

В данной работе предлагается спроектировать и изготовить маломощный термогенератор, работа которого будет основываться на разнице температур воды и горения свечи.

Принцип действия экспериментальной модели (рис. 1):

Свеча 2 нагревает пластину 3, которая нагревает воду в резервуаре 4. Вода нагревается, образуется пар, который нагревает пластину 5. Тепло передается на элемент Зеебека с одной стороны. В резервуаре 8 холодная вода, которая охлаждая перегородку 13, охлаждает элемент, создавая разницу температур. С элемента вырабатывается напряжение, которым, через преобразователь напряжения 12, можно заряжать телефон.

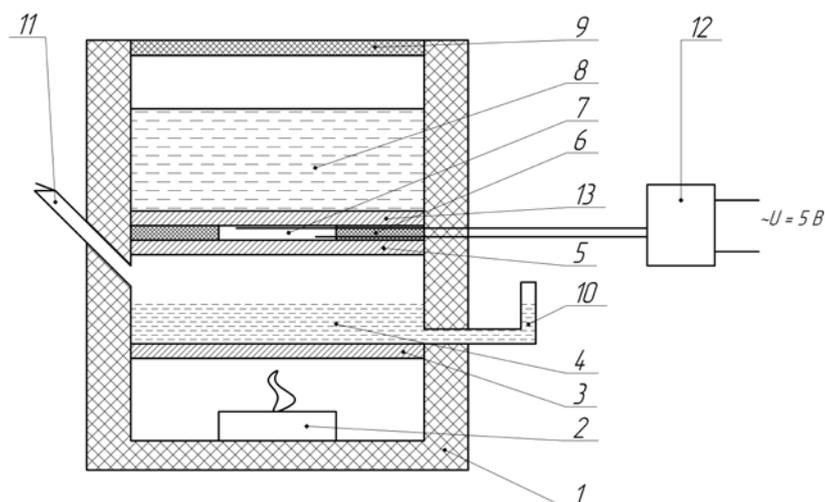


Рис.1 – Экспериментальная модель.

1 – корпус из теплоизоляционного материала, 2 – нагревательный элемент (свеча), 3 – Перегородка из теплопроводящего материала, 4- резервуар для нагрева воды, 5 – перегородка из теплопроводящего материала для нагрева элемента Плетье, 6 – теплоизоляционный материал, 7- элемент Зеебека, 8 - – резервуар для воды, 9 – крышка, 10 – уровень воды, 11 – трубка для выхода лишнего пара, 12 – преобразователь, повышающий напряжение, 13 - перегородка из теплопроводящего материала

Все типы термоэлектрических генераторов имеют следующие преимущества над тепловыми двигателями по циклу Карно [(Обухов, 2008)]:

- 1) меньшие массу и габариты;
- 2) бесшумны в работе;
- 3) не требуют периодического обслуживания;
- 4) длительный срок службы и хранения;
- 5) устойчив к короткому замыканию (КЗ).

Но существуют и недостатки:

- 1) высокая цена;
- 2) хрупкость полупроводниковых элементов;
- 3) невысокая предельная температура горячей стороны (горячего спая) полупроводниковых элементов (до +150..300 °С).

Для экспериментов был выбран один из недорогих элементов ТЭГ марки SP1848-27145 со следующими характеристиками (см. табл. 1).

Таблица 1 – Термоэлектрические характеристики ТЭГ марки SP1848-27145

Разность температур, °С	Напряжение, В	Ток КЗ, А
20 °С	0,97 В	0,22 А
40 °С	1,8 В	0,36 А
60 °С	2,4 В	0,46 А
80 °С	3,6 В	0,55 А
100 °С	4,8 В	0,67 А

Примечание: температура горячей стороны не должна превышать +150 °С, а холодной стороны – +50 °С.

Из экспериментов следует, что при достаточном перепаде температур выходное напряжение ТЭГ достаточно для заряда сотового телефона (не менее +4 В).

Список литературы

(№2 1954 г.). Получено 30 Март 2016 г., из Журнал Радио: <http://oldradio.onego.ru/ARTICLES/RADIO/tgk.htm>

Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности ЕС. (2009). Получено 31 03 2016 г., из Портал-энерго. Эффективное энергосбережение: http://portal-energo.ru/files/articles/portal-energo_ru_dokument_es_po_e_ef.pdf

Контроль состояния трансформатора. (2016). Получено 30 03 2016 г., из Электрические сети: <http://leg.co.ua/transformatori/praktika/kontrol-sostoyaniya-transformatora.html>

Wobschall, D. D. (2012). *Networked Sensors for Smart Buildings and the Smart Grid.* Получено 31 02 2016 г., из http://ewh.ieee.org/conf/sge/2012/T2-Darold-Networked_SmartGrid_Sensors.pdf

Нечай, О. (24 Апрель 2013 г.). *Energy harvesting: энергия из ничего.* Получено 28 03 2016 г., из Компьютерра: <http://www.computerra.ru/65628/energy-harvesting-energiya-iz-nichego/>

Обухов, С. (2008). *Системы генерирования электрической энергии с использованием возобновляемой энергии: учебное пособие.* Томск: Изд-во Томского политехнического университета.

Термоэлектрогенератор. (б.д.). Получено 30 Март 2016 г., из Википедия: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Термоэлектрогенератор>



ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС В ИНДУКЦИОННЫХ КАНАЛЬНЫХ ПЕЧАХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

С.В. Курнаева, Н.С. Бугаева, А.В. Фомин
научный руководитель д-р техн. наук Тимофеев В.Н.
Сибирский федеральный университет

Мощные энергетические ресурсы Восточной Сибири способствовали широкому использованию различного электротехнологического оборудования в черной и цветной металлургии. В частности в этом регионе созданы мощные предприятия по производству алюминия и сплавов на его основе. На этих предприятиях широко используются различные электротехнические установки. Индукционные каналные печи имеют ряд достоинств над другими типами плавильного оборудования.[1]

Индукционная каналная печь (ИКП) используется для плавки черных и цветных металлов, в том числе и для плавки алюминия. Данное оборудование обладает хорошей эффективностью, но имеет несколько серьезных недостатков, таких как эрозия и зарастание каналной части, попадание в нее разрушающейся футеровки печи.

По принципу работы ИКП аналогична однофазному трансформатору, работающему в режиме короткого замыкания. Одновитковой вторичной обмоткой является каналная часть, заполненная жидким металлом и часть соединяющегося с ним металла ванны печи. Примеры устройств индукционной каналной единицы с электромагнитными вращателями представлены на рисунке 1 а и б.[2]

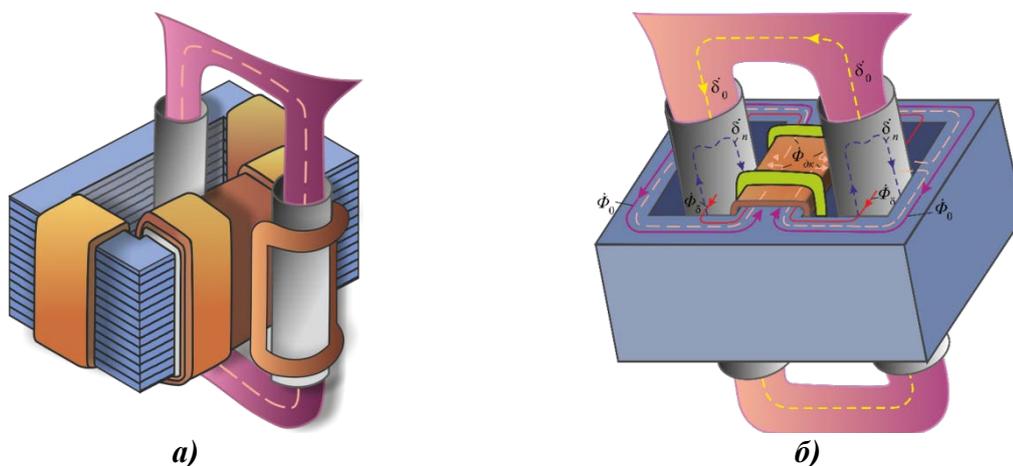


Рис.1– Устройство индукционной каналной единицы для плавки алюминия с прямоугольным (а) и Ш-образным магнитопроводом (б)

На рис.1а представлена индукционная каналная печь, электромагнитный вращатель которой, выполнен в виде седлообразной катушки и дополнительных секций, расположенных на ярмах магнитопровода. Недостатки: седлообразная катушка создает вращение только в неохваченном канале, а дополнительные катушки в виде секций на ярмах магнитопровода только в охваченном канале.

На рис.1б представлена индукционная каналная печь, электромагнитный вращатель которой, выполнен в виде 2 секций, расположенных на основной катушке. Такое устройство позволяет создавать вращение сразу в двух каналах.

Вращательное движение расплава в канале уменьшает скорость зарастания

каналов окислами, а так же увеличивает транзитное течение, что улучшает теплообмен между канальной частью и ванной печи.

Известно, что для получения вращающегося магнитного поля необходимо наложить два магнитных потока сдвинутых относительно друг друга в пространстве и по фазе. Наличие мощного магнитного потока рассеяния в индукционной единице сводит задачу к добавлению в область канала еще одного дополнительного магнитного потока. В представленных на рисунке 1 устройствах дополнительный магнитный поток формируется дополнительной катушкой выполненной в виде двух секций, намотанных поверх обмотки индуктора и включенных последовательно и встречно.

Создание вращательного движения металла делает такое распределение плотности тока в сечении канала более равномерным, что уменьшает градиент температуры в футеровке и повышает надежность канальной части индукционной единицы.

В результате математического моделирования индукционной единицы (ИЕ) с разными электромагнитными вращателями, авторами был произведен расчет электромагнитного поля. Устройства с дополнительными катушками в системе ИЕ позволяют управлять величиной и направлением вращающего момента в широком диапазоне.[2]

В работе проведено математическое моделирование двухмерного электромагнитного поля индукционной канальной печи, определены дифференциальные и интегральные характеристики ИКП с электромагнитным вращателем. На рис.3 представлена двухмерная сеточная модель индукционной единицы.

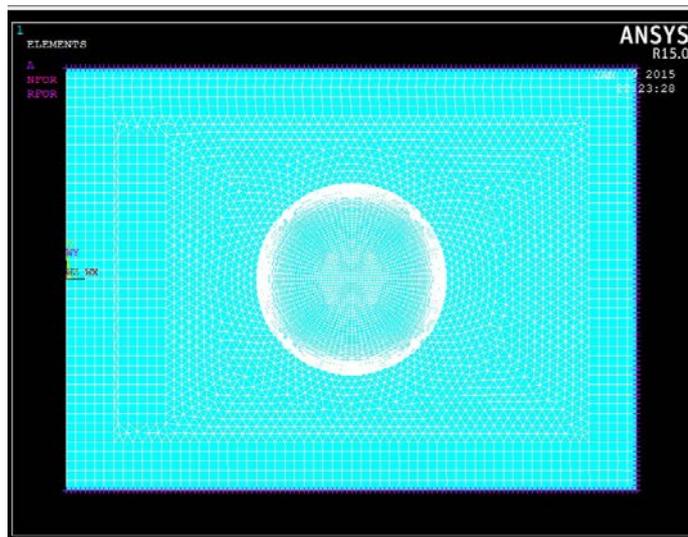


Рис.3–Двухмерная модель индукционной единицы

С целью подтверждения достоверности полученных расчетных результатов выполнено моделирование физических процессов на экспериментальной модели.

Экспериментальная модель, изготовленная в масштабе 1:10, представлена на рис.4. В качестве жидкого металла использовался сплав Вуда с температурой плавления 68,5 °С



Рис.4–Физическая модель индукционной единицы

Физическая модель позволяет провести измерение скорости вращения жидкого металла. Измерительная система представлена на рис. 5.

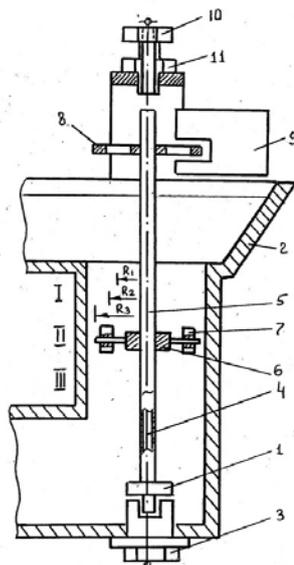


Рис.5–Чертеж устройства для измерения скорости вращения металла в канале индукционной едини

Сравнение расчетных и экспериментальных данных подтверждает достоверность полученных данных.

С целью повышения энергетических показателей ИКП необходимо канальную часть с расплавом, по возможности, ближе располагать к индуктору.

Выводы

1. Для уменьшения или устранения зарастания каналов окислами при плавке алюминия целесообразно создать вращательное движение расплава в канальной части.

2. Наличие вращательного движения способствует усилению транзитного течения и тепломассообмену между расплавом в канальной части и ванной печи.

3. Устранение перегрева расплава в канальной части позволяет увеличить мощность и производительность печи.

4. Математическое моделирование МГД процессов позволяет оптимизировать конструкцию и режимы работы ИКП.

5. На базе индукционной канальной печи с электромагнитным вращателем планируется проектирование и изготовление дегазатора алюминиевых сплавов

Список литературы

1. Электротермическое оборудование: Справочник. /Под общ. ред. А.П. Альтгаузена – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980. – 416 с., ил.

2. Тимофеев, В.Н. Магнитогидродинамические технологии в плавильно-литейном производстве алюминиевых сплавов / В.Н. Тимофеев, М.В. Первухин, М.Ю. Хацаюк // Индукционный нагрев №4(22) декабрь 2012г. С. 15-20. ISSN 2076-3840

3. Индукционные канальные печи: Учебное пособие. 2-е изд. доп. / Л.И. Иванова, Л.С. Грובה, Б.А. Сокунов. Екатеринбург: Изд-во УГТУ – УПИ, 2002. 105 с.

4. Гудков И.С., Авдулов А.А., Тимофеев В.Н.. Электромагнитные вращатели жидкого металла в канальной части индукционной печи. – Санкт-Петербург, «Индукционный нагрев», 2013. -21 с.

5. Установки индукционного нагрева: Учебное пособие для вузов /А.Е. Слухоцкий, В.С. Немков, Н.А. Павлов, А.В. Бамунэр; Под ред. А.Е. Слухоцкого. Л.: Энергоиздат, Ленинградское отделение, 1981. 328 с.



ЗАЛИВОЧНЫЙ КАРМАН С МГД-ВРАЩАТЕЛЕМ РАСПЛАВА

Синяков Г.В.

научный руководитель канд. техн. наук Хацаюк М.Ю.

Сибирский федеральный университет

Всё чаще заказчики литья требуют от литейных предприятий обработанные отливки. Однако механическая обработка отливок связана с образованием большого количества стружки. Переработка стружки на литейном предприятии может быть очень интересна с точки зрения рентабельности, если правильно подобрать систему ресайклинга, т.е. переработки стружки.

Высокого выхода годного металла можно достичь в том случае, когда стружка минимальное время контактирует с горячей поверхностью расплава, т.е. мгновенно поглощается расплавом. Это связано с тем, что в горячей, насыщенной кислородом атмосфере происходит оксидация поверхности стружки. Чем дольше стружка находится на поверхности, тем толще становится оксидный слой, а это, в свою очередь, осложняет отделение оксидов от металла; металл невозможно выплавить из стружки и его выход значительно сокращается. Таким образом, правильно выбранная технология плавки стружки является немаловажным успехом рентабельности переработки стружки.

Другими факторами, влияющими на выход металла, являются сплав, форма и характеристики стружки. Отрицательно сказывается на выходе годного металла как высокий процент мелкой стружки, так и незначительная толщина стружки. Чем критичнее эти характеристики, тем важнее становится выбор технически совершенной системы переплавки стружки.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности оборудования для переплавки вторичного алюминия является создание воронки в загрузочном кармане плавильной печи. Воронка будет обеспечивать погружение вторичного алюминия внутрь расплава плавильной печи.

Физическая модель для демонстрации и исследования явлений взаимодействия электромагнитного поля и жидкого металла (МГД процессов). Загрузочный карман состоит (рис. 1): катушки индуктора 1, жидкий металл 2, канал 4, загрузочный карман 3, емкости печи 5.

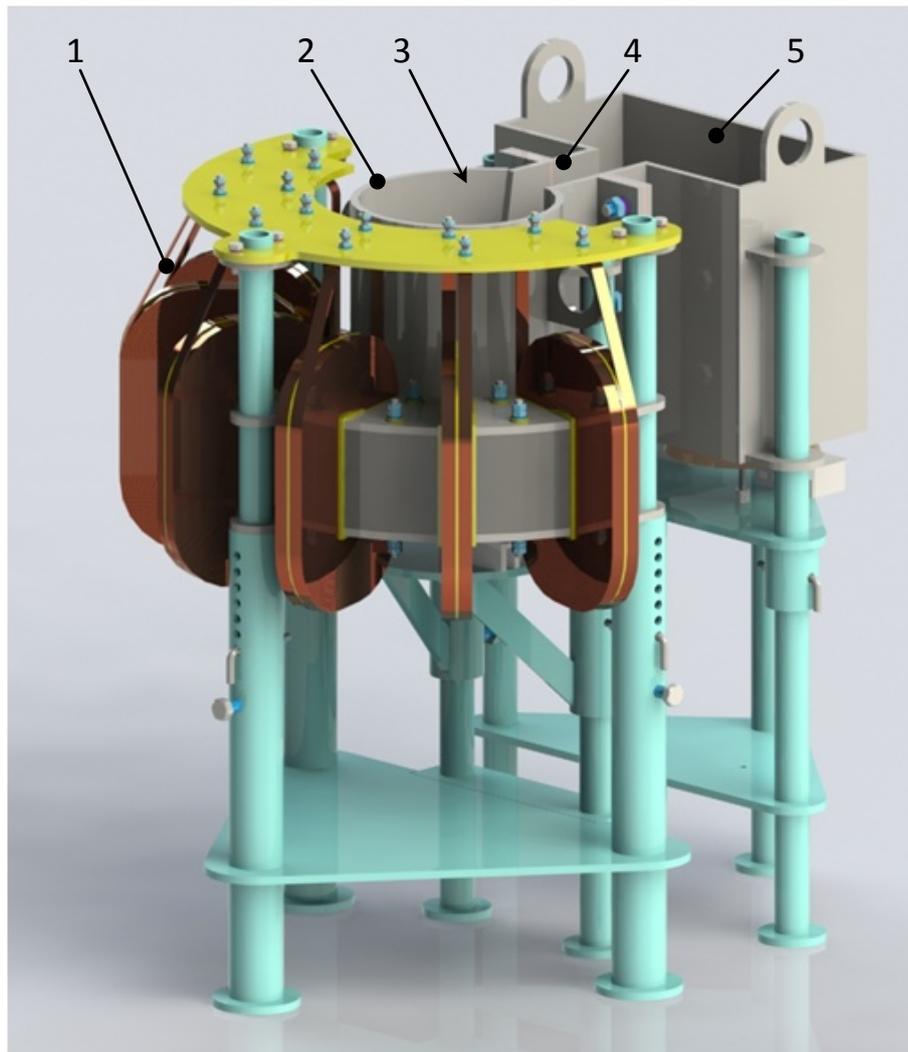


Рис.1-Модель загрузочного кармана

Принцип действия установки заключается в следующем: катушки индуктора подключены к трехфазной сети, протекание переменного тока по катушкам приводит к возникновению бегущего электромагнитного поля. Переменное электромагнитное поле наводит в жидком металле вихревые токи. Взаимодействие вихревых токов с электромагнитным полем приводит к возникновению электромагнитных сил, которые имеют не скомпенсированную тангенциальную составляющую. Электромагнитные силы приводят металл в вихревое движение. За счет действия вращающегося поля дугового индуктора расплав в загрузочном кармане приходит в движение по винтовой траектории. Массообмен с объемом печи происходит через перемычку в ее верхней и нижней части с затягиванием и выбросом расплава соответственно. Для поддержания металла в жидком состоянии используются электронагреватели.

Основной сложностью в исследовании данных процессов является агрессивность среды (химическая активность и высокая температура), в связи с чем, основным инструментом исследований становится математическое и физическое моделирование.

Опция для замешивания стружки представляет собой систему «цилиндрический загрузочный карман – дуговой индуктор». Эскиз и размеры системы представлены на

рис. 2. Параметры индуктора и форма загрузочного кармана и перемычки выбраны исходя из требуемого характера течений.

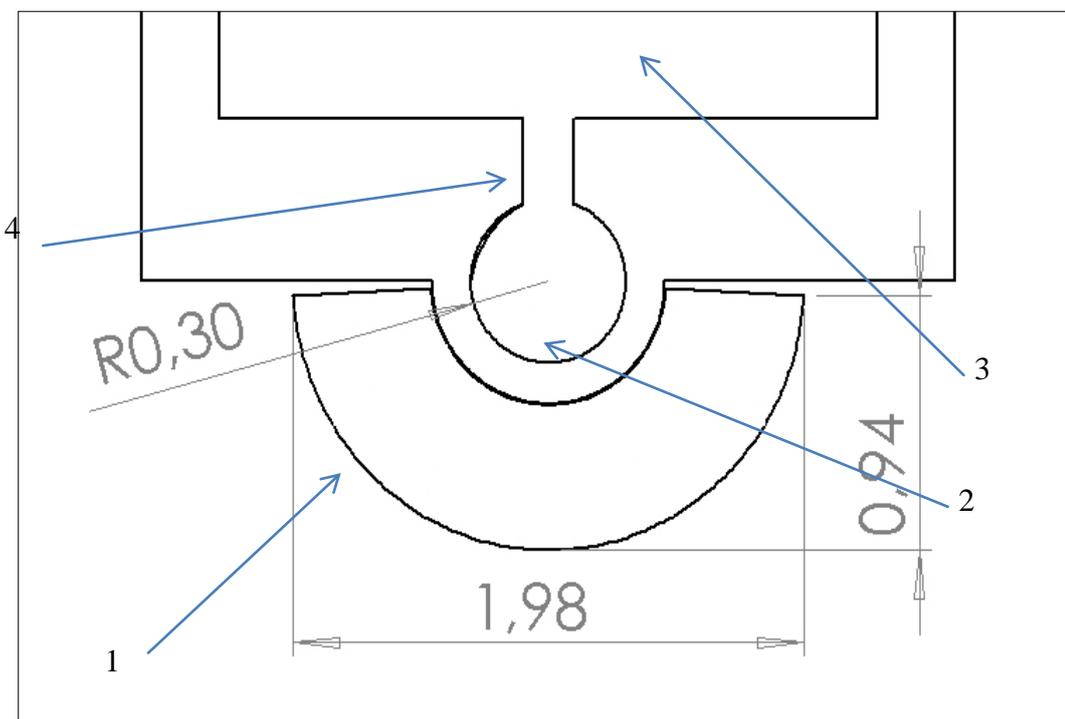


Рис.2-Эскиз системы: индуктор 1, загрузочный карман с расплавом 2, основной объем печи 3, перемычка 4

Для проведения математического моделирования проведено внутреннее сопряжение программных продуктов ANSYS и FLUENT. В основе математической модели лежит решение уравнений на векторный магнитный потенциал в комплексной постановке методом конечных элементов (на стороне ANSYS), уравнений гидродинамики (Навье-Стокса) методом конечных объемов и уравнений распределения фаз методом volumeofluid (на стороне Fluent). Для сопряжения программных продуктов разработан и реализован алгоритм двухстороннего обмена данными с интерполяцией на разных сетках на языке C++ с использованием библиотеки UDF во Fluent.

Список литературы

1. Хацаюк, М. Ю. Индукционная установка с МГД воздействием в процессе приготовления и разлива высоколегированных алюминиевых сплавов: Диссертация / М. Ю. Хацаюк - 2013. - 154 с.
2. Бычков, А. В. Индукционное устройство в МГД технологиях / А. В. Бычков, Б. А. Сокунов, С. Ф. Сарапулов и др. // Вопросы совершенствования электро-технологического оборудования и электротехнологий: сборник статей. - Екатеринбург, УГТУ-УПИ. - 2000. - № 8. - С. 4-17.
3. Смирнов, Е. М. Метод конечных объемов в приложении к задачам гидрогазодинамики и теплообмена в областях сложной геометрии / Е. М. Смирнов, Д. К. Зайцев // - Научно-технические ведомости. - 2004. - № 2. С. 70-81.
4. Вольдек, А. И. Об электромагнитных явлениях в индукционных насосах с разомкнутым магнитопроводом / А. И. Вольдек // Электромеханика. - 1962. - № 8. - С. 82-96.

КОНДУКЦИОННЫЙ МГД-НАСОС ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА

Снитков Д.В.

научный руководитель канд. техн. наук Михайлов Д.А.

Сибирский федеральный университет

В процессе плавильно-литейного производства сплавов возникает потребность транспортирования и регулирования подачи расплавов из печей и миксеров. Кондукционные МГД-насосы позволяют получить относительно большие электромагнитные давления в небольших рабочих зонах. Такие устройства могут работать в режимах двигатель и тормоз. Работая в режиме двигатель МГД-насос преобразует электрическую энергию в механическую энергию движения расплава, преодолевая гидравлическое сопротивление металлопровода и поддерживает заданный расход. При работе в режиме тормоз (противовключение) создаваемое электромагнитное давление направлено против движения расплава, при этом происходит уменьшение расхода или металлопровод полностью запирается. Электромагнитные характеристики кондукционных МГД-насосов позволяют полностью автоматизировать процесс транспортирования и дозирования расплавов металлов.

Конструкция МГДН кондукционного типа показана на рисунке 1. Кольцевой трубопровод 4 охватывает центральный стержень магнитопровода 3 с расположенной на нем обмоткой 2. Место соединения отводящего канала 8 с кольцевым трубопроводом расположено в зазоре магнитопровода электромагнита 6, обмотка которого выполнена в виде двух катушек 7, размещенных по обе стороны от рабочей зоны 1.

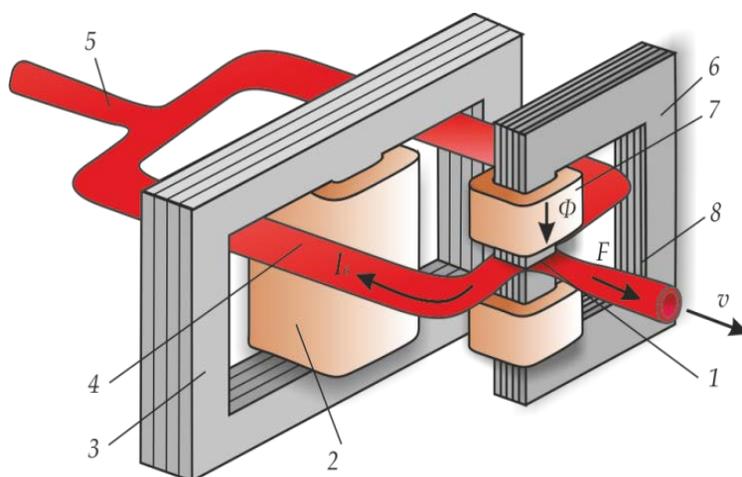


Рис.1 – Модель МГДН кондукционного типа: 1 – рабочая зона насоса; 2 – основная катушка; 3 – магнитопровод индуктора; 4 – канал; 5 – подводящий канал; 6 – магнитопровод электромагнита; 7 – катушка электромагнита; 8 – отводящий канал.

По принципу действия кондукционный МГД-насос аналогичен однофазному трансформатору, работающему в режиме короткого замыкания [1]. Одновитковой вторичной обмоткой является каналная часть, заполненная жидким металлом. Схема

замещения трансформатора (Рисунок 2.а) представляет собой сочетание двух схем замещения – первичной и вторичной обмоток.

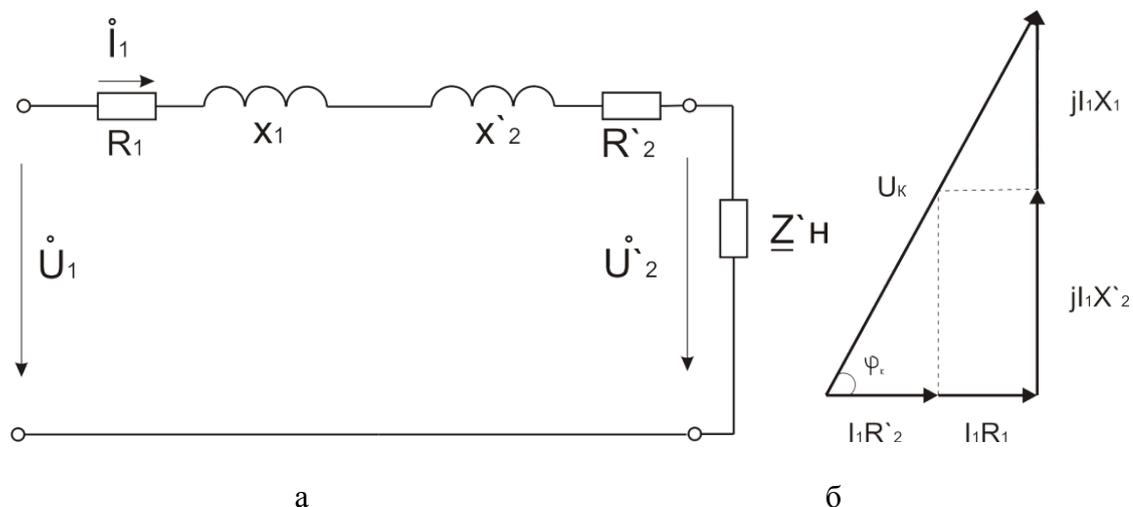


Рис.2. а – эквивалентная схема замещения трансформатора; б – векторная диаграмма напряжений

В цепи первичной обмотки включены активное и индуктивное сопротивления R_1 и X_1 , аналогично во вторичной обмотке – сопротивления R'_2 и X'_2 . По треугольнику векторной диаграммы напряжений (рисунок 2.б) видно, что напряжение короткого замыкания U_k зависит от активной и индуктивной составляющих падения напряжения [2].

$$\operatorname{tg} \varphi_k = \frac{X_k}{R_k}$$

где $X_k = X_1 + X'_2$, $R_k = R_1 + R'_2$

Так как основная катушка находится на замкнутом магнитопроводе, сопротивление почти полностью будет активным, в отличие от катушки электромагнита находящейся на магнитопроводе с зазором.

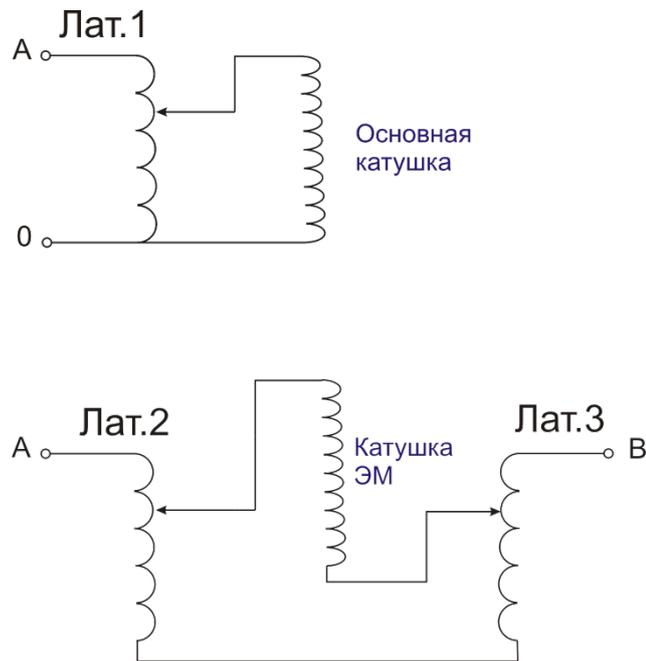
При питании электромагнита и основной катушки от одной фазы напряжения, индуктивное сопротивление катушек будет разное, вследствие чего, фаза потока ψ_2^Φ и тока ψ_2^I будут отличаться.

$$\psi = \psi_2^I - \psi_2^\Phi$$

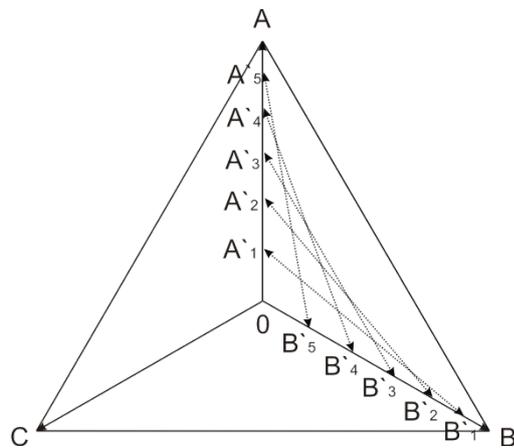
Для получения максимального КПД МГД – насоса нужно обеспечить минимально возможный сдвиг фаз ψ между током наведенном в канале и магнитным потоком создаваемым электромагнитом ($\psi \rightarrow 0$), смещенных в пространстве относительно друг друга на 90 градусов.

Для компенсации сдвига фаз была предложена схема включения основной катушки и электромагнита с помощью ЛАТРов, показанная на рисунке 3.а. Исходя из относительно небольших габаритов и цены ЛАТРов, применение данной схемы в некоторых случаях может оказаться рациональней чем использование батареи конденсаторов. Как видно на рисунке 3.б, с помощью регулирования можно добиться

нужной фазы и величины напряжения путем съема линейного напряжения от двух ЛАТРов, задавая нужную величину напряжения основной и добавочной фазы.



a



б

Рис.3. а – схема компенсации сдвига фаз; б-треугольник напряжений

Список литературы

1. Полищук, В.П. Магнитогидродинамические насосы для жидких металлов / В.П. Полищук, Цин М.Р., Горн Р.К. и др. Киев: Наук. думка, 1989. – 256с.
2. Пиотровский, Л.М. Электрические машины, Ленинград, 1950 – 521 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В МГД КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ

Усманами К. А.

научный руководитель д-р техн. наук, проф. Первухин М. В.

Сибирский федеральный университет

Введение

Алюминий и его сплавы занимают весомое место в современной промышленности. Благодаря своим уникальным технико — эксплуатационным характеристикам, такими как высокая электропроводность, небольшой вес, хорошая коррозионная стойкость, алюминий нашел широкое применение в машиностроении, электроэнергетике, транспорте и других отраслях.

Свойства алюминиевых сплавов во многом определяются условиями их приготовления и кристаллизации. Особенно это касается специальных сплавов содержащих большое количество легирующих добавок и тугоплавких, малорастворимых компонентов [1]. На сегодняшний день создать приемлемые условия кристаллизации таких сплавов, обеспечить высокую скорость охлаждения и электромагнитное перемешивание позволяет электромагнитный кристаллизатор (ЭМК) [2,3] (рис. 1, а).

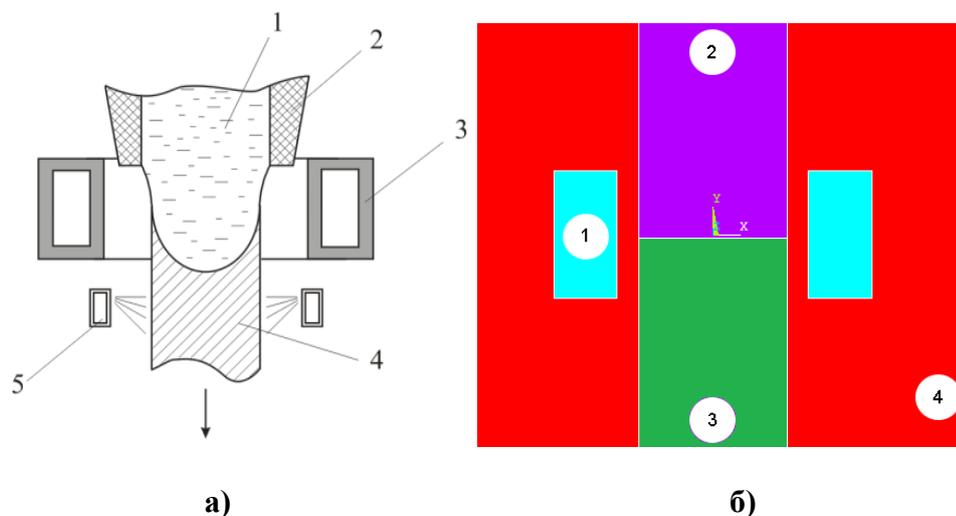


Рис.1 - Конструкция электромагнитного кристаллизатора:
а) Эскиз электромагнитного кристаллизатора; б) Расчетная модель ЭМК:
1 - индуктор; 2 - жидкий алюминий; 3 - алюминиевый слиток;
4 - воздушное пространство

Принцип действия ЭМК (рис. 1, а) состоит в следующем: жидкий металл 1, посредством литейной оснастки 2 подается в индуктор 3 ЭМК. Под действием электромагнитного поля, создаваемого индуктором, в жидком металле наводятся вихревые токи, которые при взаимодействии с пульсирующим магнитным полем индуктора приводят к возникновению объемных электродинамических сил $f_{эд}$, и удерживающих металл в индукторе от растекания.

$$f_{эд} = \bar{\delta} \times \bar{B}, \quad (1)$$

где $\bar{\delta}$ — вектор плотности полного тока, \bar{B} — вектор магнитной индукции.

Формируемый магнитным полем столб жидкого металла в начальный момент литья опирается на токоподводящее основание, переходящее в процессе литья в кристаллизующийся слиток 4. Для охлаждения слитка используют кольцевой охладитель 5. Под действием охлаждающей воды, поступающей на боковую поверхность слитка, жидкометаллическая масса непрерывно затвердевает и отводится вниз.

Основным условием для устойчивого формирования слитка является равенство электромагнитного и гидростатического давления, действующих на жидкую фазу слитка:

$$P_{эм} = g\gamma h, \quad (2)$$

где g — ускорение свободного падения, γ — плотность алюминия, h — высота жидкой фазы слитка.

Постановка задачи

Целью исследования является расчет электромагнитных процессов в системе индуктор — слиток МГД кристаллизатора, выявление распределения электромагнитных сил в жидкой фазе и их зависимость от частоты питающего напряжения.

Построение математической модели

На рисунке 1, б представлена модель системы «индуктор — слиток», построенная в программе ANSYS. В модели выделены следующие подобласти с физическими свойствами: 1 — индуктор ($\rho = 1,7e-8 \Omega \cdot m$); 2, 3 — алюминий ($\rho = 9,5e-8 \Omega \cdot m$); 4 — воздушное пространство ($\rho = 1e-32 \Omega \cdot m$). Магнитная проницаемость всех элементов имеют постоянное значение ($\mu=1$). Значение силы тока подбираем из условия (2).

При построении расчетной модели принято, что система «индуктор — слиток» имеет осевую симметрию, а следовательно задача может быть решена в двухмерной ассиметричной постановке. Исследование проводим для диапазона частот 10 — 100 кГц.

Система уравнений, описывающих электромагнитное поле, состоит из уравнения векторного потенциала и уравнения непрерывности [4].

$$\nabla^2 = -\mu_a \bar{\delta}, \quad (3)$$

где μ_a — абсолютная магнитная проницаемость, $\bar{\delta}$ — вектор плотности электрического тока.

$$\nabla \bar{\delta} = 0 \quad . \quad (4)$$

Чтобы электромагнитное поле в расчетной области определялось однозначно, дополним систему уравнений (3 — 4) граничными условиями. Считая, что область окружает среда с идеальными магнитными свойствами ($\mu = \infty$), на границах расчетной области для касательной и нормальной составляющих векторного магнитного потенциала будут выполняться условия:

$$\frac{\partial A_{\tau}}{\partial n} = 0; \quad (5)$$

$$A_n = 0, \quad (6)$$

где A_{τ} и A_n — тангенциальная и нормальная составляющие векторного магнитного потенциала, n — нормаль к поверхности.

Для решения задачи в работе применяется метод конечных элементов, реализованный в программе ANSYS. На рисунке 2, а представлена сетка конечных элементов. Для электромагнитного расчета использовался элемент Solid 53, предназначенный для расчета двухмерного поля (рис. 2, а). На рисунке 2, б показана картина распределения магнитной индукции.

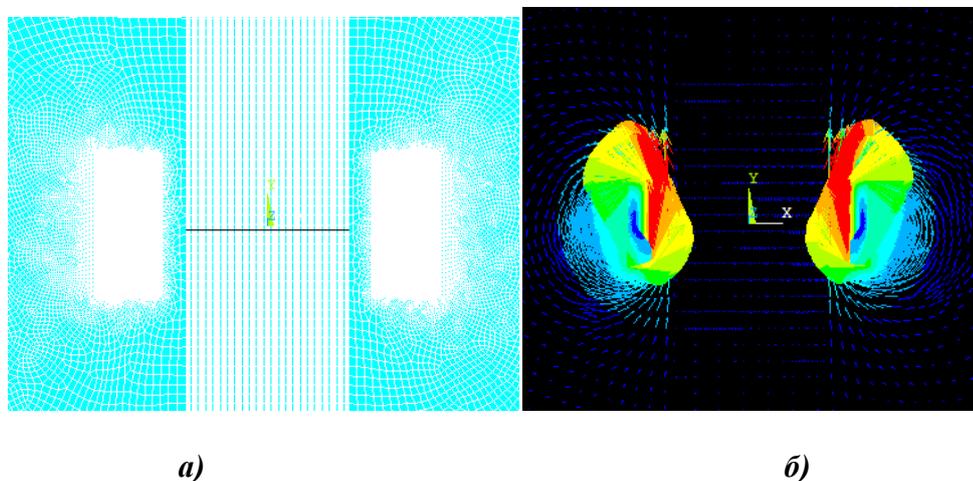


Рис.2 - Сетка конечных элементов (а) и распределение магнитной индукции (б)

Результаты математического моделирования

На рисунке 3 представлен график распределение электродинамической силы на поверхности слитка при разных частотах тока. На частоте 10 Гц различные внешние возмущения, такие как, ослабление магнитного поля по периметру слитка и повышение высоты жидкой зоны могут приводить к временной потере устойчивого состояния жидкой зоны. С увеличением частоты тока от 10 до 100 кГц электродинамическая сила на поверхности слитка возрастает с 5 до 14 H / m^3 .

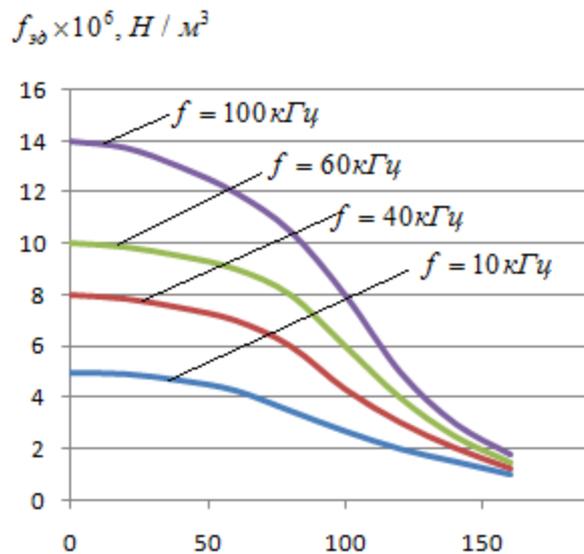


Рис.3 — Распределение электродинамической силы на поверхности слитка при разных частотах питающего напряжения.

Вывод:

В результате численного эксперимента выявлены закономерности протекания электромагнитных процессов в кристаллизующемся слитке, а именно: с последовательным увеличением частоты тока концентрация электродинамической силы увеличивается на поверхности слитка посредством уменьшения глубины проникновения тока. Визуальные наблюдения при формировании слитка на частотах 10 — 100 кГц позволили качественно оценить влияния частоты на состояние жидкой зоны.

Формирование цилиндрического слитка диаметром 70 мм обеспечивается в диапазоне частот питающего напряжения 40 — 100 кГц.

Список литературы

1. Добаткин В. И. Быстрокристаллизованные алюминиевые сплавы / В. И. Добаткин, В. И. Елагин, В. М. Федоров. — М. :ВИЛС, 1995. — 341 с.
2. Непрерывное литье в электромагнитный кристаллизатор / З. Н. Гецелев [др.]. — М. : Металлургия, 1983. — 152 с.
3. МГД технологии в металлургии. Интенсивный курс Специализация IV / Э.Бааке, Д.Барглик, С.Луци, А.Никаноров, Е.Павлов, С.Павлов, М.Первухин, В.Тимофеев, С.Тимофеев, М.Хацаюк, А.Якович.-Спб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013-196-199 с.
4. М. В. Первухин, Электротехнология и оборудование для получения непрерывнолитых слитков в электромагнитном кристаллизаторе. Теория и практика : дис. ... д. т. н. профессор : 05.09.10 / Первухин Михаил Викторович. — Красноярск, 2012. — 167

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЙ-ЛИТИЕВЫХ СПЛАВОВ

Фрейман И.А.

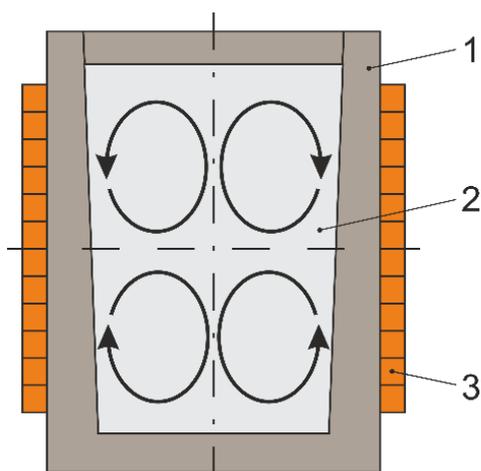
научный руководитель проф. Тимофеев В.Н.

Сибирский федеральный университет

Алюминий-литиевые сплавы являются новым классом широко известных алюминиевых систем и характеризуются прекрасным сочетанием механических свойств: малой плотностью, повышенным модулем упругости и достаточно высокой прочностью. Алюминиевые сплавы, легированные литием, относятся к стареющим системам и отличаются сложностью фазовых и структурных превращений в процессе их термообработки. Эти изменения оказывают сильное влияние на характеристики трещиностойкости, вязкости разрушения, коррозионной стойкости и сопротивления циклическим нагрузкам.

Увеличение содержания лития уменьшает плотность алюминия, а модуль упругости при этом возрастает. Добавление до 2% лития прочность сплава возрастает без снижения пластичности, но при увеличении содержания лития пластичность резко снижается. При концентрации лития до 0.8% алюминиевый сплав получает повышенную стойкость к коррозии. Благодаря этим свойства алюминий-литиевые сплавы очень широко применяются в авиации и аэрокосмической промышленности. Применение данных сплавов позволяет создавать технику с меньшей массой, за счет чего снижается расход топлива, увеличивается грузоподъемность.

При приготовлении алюминий-литиевых сплавов приходится сталкиваться с некоторыми трудностями, а именно, смешивание этих двух металлов. Так как плотность лития почти в 5,5 раз меньше плотности алюминия. К тому же, литий нужно держать в защитной атмосфере, потому что он быстро окисляется на воздухе. Защитной атмосферой может служить аргон. Для быстрого и качественного перемешивания нужно увеличить интенсивность течений в расплаве^[1].



*Рис.1 - Циркуляция расплава в тигельной печи,
1 - тигель, 2 - расплав, 3 – индуктор*

Чаще приготовление сплава происходит в индукционных тигельных печах. Как известно, в этих печах так называемая двухконтурная циркуляция, которая практически

не позволяет перемешать друг с другом верхний и нижний слои. Схема двухконтурной циркуляции расплава представлена на рисунке 1.

Для решения проблемы перемешивания была предложена тигельная печь с магнитогидродинамическим (МГД) вращателем. В конструкцию обычной печи добавляется второй индуктор, который состоит из двух катушек (секций). Эти секции между собой соединены встречно, для того, чтобы магнитные потоки, создаваемые ими, были направлены в одну сторону.

На рисунке 2 представлен эскиз тигельной печи с МГД-вращателем. Тигель 4 с металлом 1 помещён в основной цилиндрический индуктор 2, выполненный в виде соленооида. На основном индукторе расположен дополнительный индуктор 3, в виде двух катушек. Запитав основной индуктор 2 синусоидальным током, образуется магнитный поток Φ_1 , направленный параллельно оси симметрии. При питании дополнительных катушек 3 синусоидальным током, сдвинутым по фазе относительно тока основного индуктора, возникает магнитный поток Φ_2 , направленный перпендикулярно оси симметрии.

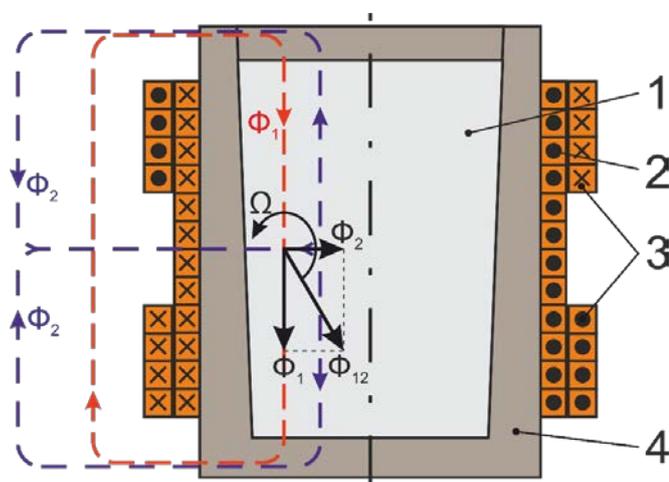


Рис.2 - Эскиз тигельной печи с МГД-вращателем

В результате наложения сдвинутых относительно друг друга на 90° в пространстве и по фазе магнитных потоков Φ_1 и Φ_2 образуется результирующий магнитный поток Φ_{12} , который будет вращаться в области металла с угловой скоростью Ω , приводя жидкий металл в движение^[2].

По принципу, представленному на рисунке 2 были разработаны чертежи реальной установки для перемешивания алюминия. Так как температура плавления алюминия 660°C , то была заложена теплоизоляция между тиглем и каркасом, на который крепятся индукторы. Тигель был изготовлен из жаропрочного бетона. Для намотки основного индуктора была использована изолированная медная шина 1.5×8 мм. Сечение шины равно 12 мм^2 позволяет пропускать ток до 60 А, при плотности тока 5 А/мм^2 . Для дополнительного индуктора применялась изолированная медная проволока диаметром 2.12 мм. Сечение проволоки 3.53 мм^2 , позволяет пропускать 17.65 А, при плотности тока 5 А/мм^2 . Каркас печи был изготовлен из стеклотекстолита толщиной 1 мм. В качестве теплоизоляции при проведении экспериментов использовалась каолиновая вата.

С целью улучшения охлаждения, было принято решение разделить индуктор на несколько секций. Дополнительный индуктор так же изготовлен в виде секций. В основном индукторе получилось восемь секций по сорок витков каждая, всего 320

витков. Дополнительный индуктор состоит из шести секций, секция содержит 113 витков, а всего получилось 678 витков. На рисунке 3 представлены готовые секции основного и дополнительного индукторов.



Рис.3 - Секции индукторов, слева - основной, справа – дополнительный



Рис.4 - Индукционная тигельная печь с МГД-вращателем

На рисунке 4 представлена индукционная тигельная печь с электромагнитным вращателем в собранном виде. Источник питания установки должен обеспечить двухфазное питание со сдвигом фаз напряжений между основным и дополнительным индукторами равным 90° . Было принято решение, использовать трехфазную сеть. Если на обмотку основного индуктора подать фазное напряжение, то на дополнительные катушки подается линейное напряжение. На рисунке 5 изображён треугольник напряжений трехфазной сети. Красным цветом показано напряжение основного индуктора, а синим цветом дополнительного.

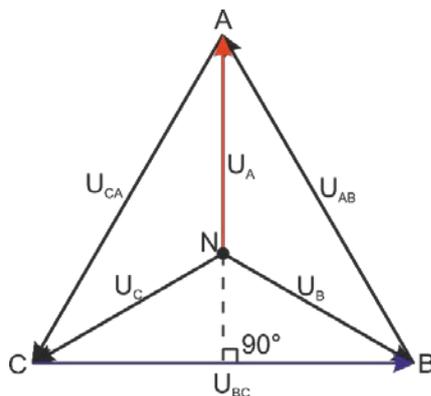


Рис.5 - Треугольник напряжений трехфазной сети

Перед заливкой алюминия для проверки работы МГД-вращателя были проведены испытания на пробой между индукторами, также были проведены тепловые испытания и проверка гидродинамики со сплавом галлия. Эксперимент проведен с расплавленным алюминием. Алюминий предварительно расплавили в другой печи, после чего он был залит в тигельную печь с МГД-вращателем. На рисунке 6 представлены результаты эксперимента с разными направлениями вращения магнитного поля в области расплава.



Рис.6 - Форма мениска под действием МГД-вращателя, слева прямая фазировка, справа реверс

Эксперимент показал, что МГД-вращатель работает эффективно и может быть использован для замешивания лития в алюминии. Схема управления индукционной тигельной печи с МГД-вращателем позволяет регулировать скорость циркуляции расплава, а также осуществлять её реверсирование.

Список литературы

1. Алюминий-литиевые сплавы [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.markmet.ru/referat_po_metallurgii/alyuminii-litievye-splavy-referat
2. Бааке Э., Бергоик Д., Никаноров А., Павлов Е., Павлов С., Первухин М., Тимофеев В., Тимофеев С., Хацаюк М., МГД технологии в металлургии. Интенсивный курс Специализация IV. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 250 с.
3. Слухоцкий Е.А., Немков В.С., Павлов Н.А., Установки индукционного нагрева, Л.: «Энергоиздат», 1981. 325 с.

УСТРОЙСТВО ПИТАНИЯ И ПОДЗАРЯДКИ ПОРТАТИВНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Хорольский Д. С., Однолько Д. И., Антонюк С. И., Покарева М. А.
научный руководитель Бобров А. В.
Сибирский федеральный университет

Ресурсы для добычи электричества на планете довольно быстро заканчиваются, а именно газ и нефть. Строительство ГЭС ведёт к затоплению огромных площадей земли, также ГЭС может быть построена далеко не везде. Атомные электростанции же являются очень дорогостоящими в возведении и демонтаже, к тому же отработанное ядерное топливо представляет собой серьёзную экологическую угрозу. В связи с вышеизложенным атомная и гидроэнергетика являются ограниченными. В ряде стран в том числе и в России развиваются альтернативные источники электроэнергии.

В данной работе мы предлагаем создать переносной источник питания для питания переносных гаджетов: ноутбуков, планшетов, телефонов, фотоаппаратов.

Обоснование актуальности устройства и его технического исполнения.

Современная жизнь большинства деловых людей почти невозможна без ноутбуков, планшетов, смартфонов, так как зачастую необходимо поддерживать непрерывное общение с другими людьми или работать с важными документами, инструкциями или проектами в электронном виде.

Перелёты, поездки в автобусе или в поезде занимают довольно большое время, которого деловым людям почти всегда не хватает. За день в самолёте или автобусе можно успеть сделать много работы на ноутбуке или планшете, созвониться с коллегами по работе по важным вопросам, но без источников электроэнергии, которых нет в автобусах и самолётах, эти гаджеты в активном пользовании проработают недолго и после исчерпания энергии станут бесполезны. Чтобы не терять время зря, пока ваш гаджет разряжен можно воспользоваться энергией, получаемой из солнца.

Чтобы зарядить ноутбук или телефон можно придумать большое количество источников электроэнергии, но одним из самых удобных является получение энергии с помощью солнца. В данной установке для получения необходимой мощности для зарядки ноутбука необходимо четыре солнечных батареи суммарной мощностью 70 Вт, изображённые на рисунке 1.

Солнечные батареи преобразуют энергию света в электрическую. Мощность такой установки зависит от интенсивности солнечного света и при ясной погоде энергии хватит не только для ноутбука, но и для планшета или телефона одновременно.

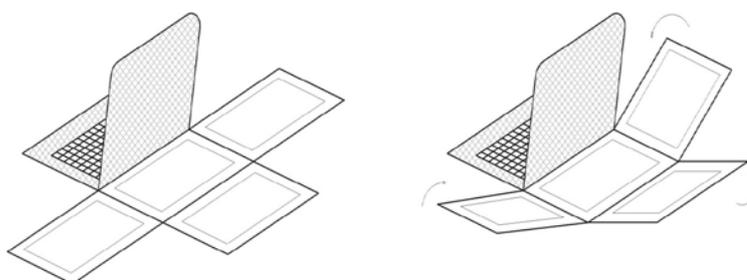


Рис.1 - Эскиз установки

Небольшая дополнительная аккумуляторная батарея в данной установке компенсирует скачки напряжения и недолгое время может снабжать энергией.

DC-DC конвертеры преобразовывают напряжение 12 В, получаемое от солнечной батареи в напряжение 5 В, необходимое для зарядки телефона, либо в 19 В для зарядки ноутбука.

Данный автономный генератор электроэнергии на выходе сможет выдавать максимальную мощность около 60 Вт и ток 3 А

Технические аспекты

Все составляющие принципиальной схемы выбраны из соображений цены-качества товара.

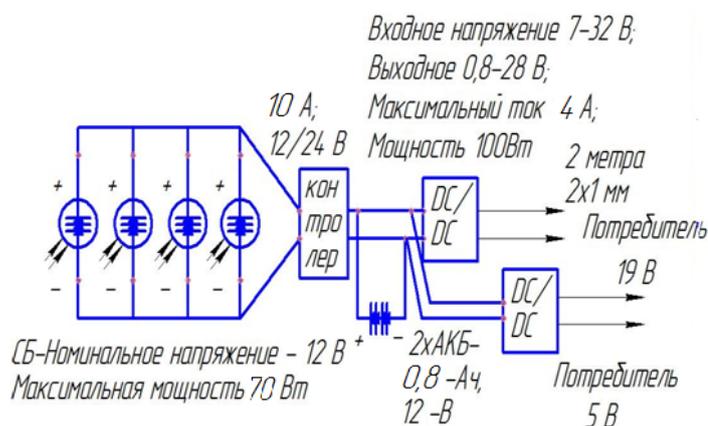


Рис.2 - Электрическая схема

-Контролер. Необходим для контроля заряда батареи и защиты от коротких замыканий, перенапряжений. Контроллер будет использоваться с напряжением 12В.

-DC/DC конвертеры. Необходимы для получения постоянного напряжения на выходе схемы. Один конвертер настроен на 5 В для питания телефонов или планшетов, второй на напряжение 19 В для питания ноутбуков.

-Солнечная батарея. 4 мощные солнечные батареи суммарной мощностью 70 Вт.

-Аккумулятор. Для стабилизации напряжения на 12 В.

-Кабель. Цена кабелей варьируется незначительно в сравнении с ценой всей установки.

-Ткань. Ткань водостойкая, чтобы солнечные батареи, которые боятся воды не вышли из строя.

- Прищепки необходимы для фиксации солнечных панелей к экрану ноутбука.

Итог: Примерная стоимость данного устройства 12000 рублей.

Список литературы

1. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года. Москва, 2003
2. Альтернативные энергоносители. Голицын М.В., 2004 г., издательство «Наука», 157 стр.
3. О.С. Попель, С.Е. Фрид, С.В. Киселева, Ю.Г. Коломиец, Н.В. Лисицкая. Климатические данные для возобновляемой энергетики России (база климатических данных): Уч. пособие. – М.: Изд-во МФТИ, 2010. – 56 с. [Электронный ресурс]..
4. Безруких, П.П. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии / П.П. Безруких [и др.]. – СПб.: Наука, 2002. –314 с.
5. Лукутин Б. В., Суржикова Б. В., Шандарова Е.Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении: монография – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Юхнова В.К.

научный руководитель Степанов А.Г.

Сибирский федеральный университет

Тема потерь электроэнергии на протяжении всего периода развития сетевого комплекса не перестает быть актуальной. Для каждой электрической сети существует свой индивидуальный технический, технико-экономический и допустимый уровень потерь электроэнергии, учитывающий различные особенности сети. Как известно, в зависимости от состава оборудования, его загрузки, номинального напряжения электрической сети, ее конфигурации, структуры потребителей и множества других факторов уровень потерь электроэнергии в различных электрических сетях отличается в разы. Задания на снижение потерь электроэнергии должны разрабатываться с учетом комплексной оценки всех показателей, влияющих на уровень потерь, необходимо знать достоверный объем резерва снижения потерь электроэнергии, а также определить предельные значения уровня потерь.

Основной эффект снижения технических потерь в электрических сетях высокого напряжения может быть получен за счёт соответствующих усилий по оптимизации установившихся режимов работы электрической сети по реактивной мощности и уровням напряжения. Второе наиболее реальное и перспективное направление снижения технических потерь электроэнергии в электрических сетях высокого напряжения – это снижение расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций. К числу основных мероприятий относится, например, оптимизация продолжительности работы вентиляторов обдува трансформаторов и автотрансформаторов и режимов работы компрессоров воздушных выключателей, а также внедрение микропроцессорных систем автоматического управления обдувом трансформаторов, автотрансформаторов, реакторов и систем частотного регулирования и плавного пуска электропривода вентиляторов, центробежных насосов и т.п.

Повышение энергоэффективности за счёт снижения потерь электроэнергии в электрических сетях невозможно без реконструкции и внедрения новой техники и технологий, предусматривающих следующие меры:

1. Создание системообразующих и распределительных сетей с использованием современных инновационных технологий, силовой электроники, современных систем диагностики и вычислительных комплексов;
2. Оснащение электрических сетей современными быстродействующими регулируемыми системами компенсации реактивной мощности, средствами повышения пропускной способности, перераспределения потоков мощности по линиям электропередач;
3. Использование новых поколений интеллектуальных систем учёта электроэнергии;
4. Внедрение прогрессивных систем хранения (накопления) электроэнергии для снижения пиковых нагрузок;
5. Разработка и внедрение полностью автоматизированных электрических подстанций, переход от автоматизированного управления сетями к автоматическому.

По сравнению с системообразующими электрическими сетями распределительные в еще большей степени нуждаются в реконструкции в связи с

большим физическим износом. К инновационным мероприятиям повышения энергоэффективности таких сетей можно отнести следующее:

1. Сокращение протяженности электрических сетей 0,4 кВ за счёт приближения к потребителям путем применения столбовых трансформаторных подстанций 6/10-0,4 кВ;
2. Применение новых типов регулируемых компенсирующих и симметрирующих устройств;
3. Применение новых типов высокотехнологичных проводов с повышенной проводимостью и более гладкой поверхностью;
4. Применение энергоэффективного электротехнического оборудования;
5. Внедрение управляемых автоматически секционируемых электрических сетей с применением реклоузеров и т.п.

Наиболее существенной составляющей потерь является нетехническая (так называемая коммерческая) составляющая, образованная главным образом за счет хищений электроэнергии и безучетного электропотребления. Отсутствие мотивации персонала энергосбытовых компаний к снижению потерь электроэнергии влечет за собой повышенный риск появления и длительного сохранения финансовой неустойчивости электросетевого предприятия. Разработка и внедрение организационно-технических мероприятий и экономических методов для решения проблемы снижения коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях представляется наиболее перспективным направлением в связи с существенно меньшим уровнем затрат и сроками их окупаемости по сравнению с любым из вариантов сокращения технических потерь электроэнергии.

В общем случае составляющие коммерческих потерь электроэнергии можно объединить в две большие группы:

1. Коммерческие потери электроэнергии, обусловленные погрешностями измерений отпущенной в сеть и полезно отпущенной электроэнергии потребителям.
2. Коммерческие потери, обусловленные занижением полезного отпуска из-за недостатков энергосбытовой деятельности, включающие в себя потери на выставление счетов, несоответствие дат снятий показаний приборов учёта, наличие бесхозных потребителей, а также потери от хищений электроэнергии
3. Коммерческие потери, обусловленные задолженностью по оплате за электроэнергию - финансовые потери. Данная составляющая обусловлена задержками в оплате позже установленной даты.

Для определения приоритетных направлений и очередности внедрения мероприятий по снижению потерь необходим тщательный анализ энергетических балансов электрических сетей в целом и их отдельных узлов (подстанций); технического состояния, условий применения и погрешностей приборов учета электроэнергии (трансформаторов тока, напряжения и счетчиков); организации работы по внедрению мероприятий по снижению потерь. Другими словами, необходимо достаточно детальное энергетическое обследование электрических сетей, которое должно проводиться в соответствии с Федеральным законом «Об энергосбережении», Постановление Правительства РФ от 02.11.1995 года 1087 «О неотложных мерах по энергосбережению», а также в соответствии с утвержденными Минтопэнерго России 25.03.1998г. Правилами проведения энергетических обследований организаций.

В связи с изложенным представляется актуальной разработка организационно-технических мероприятий и экономических методов выявления коммерческих потерь ЭЭ и решения проблемы их возмещения исключительно в привязке к месту и обстоятельствам их возникновения. Исследование данной работы будет вестись сразу в двух направлениях: возможность сокращения технологических и коммерческих потерь.



Для решения данных проблем необходимо провести анализ факторов, влияющих на изменение технологических потерь, оценить предельные значения технологических потерь в электрических сетях, определить резервы снижения потерь электроэнергии и приоритетные направления реализации мероприятий по снижению потерь электроэнергии, разработать методы выявления хищений электроэнергии в электрических сетях, создать организационно-экономические условия для активизации персонала электроснабжающей организации на ведение работ в области снижения указанных потерь.

Научная новизна исследования заключается в разработке и совершенствовании организационно-технических мероприятий, экономических механизмов и методического обеспечения в области организации управления коммерческими потерями электроэнергии в распределительных электрических сетях.

Таким образом, разработка новых методов и реализация вышеизложенных задач в дальнейшем могут способствовать решению такой проблемы, как повышение энергоэффективности за счет снижения потерь в электроэнергетических сетях, что значительно снизит технико-экономические затраты и ущерб от хищений электроэнергии.

Список литературы

1. Воротницкий, В.Э. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. Динамика, структура, методы анализа и мероприятия/ В.Э. Воротницкий, М.А. Калинкина, Е.В. Комкова// Энергосбережение - Москва: Авок-Пресс, 2005.- №2 – С. 90-94 .

2. Инструкция по снижению технологического расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений. М.: СПО Союзтехэнерго. 1987.

