

УДК 621.365.2

Ю.Г. Качан, докт. техн. наук, проф., В.Ю. Міщенко
Запорізька державна інженерна академія, Україна

ЩОДО РОЗТІКАННЯ СТРУМУ В ОБ'ЄМІ ВАННИ РУДНОТЕРМІЧНОЇ ПЕЧІ

Yu.G. Kachan, Dr., Prof., V.Yu. Mishchenko

ABOUT CURRENT SPREADING AT THE LABORATORY OF ORE-THERMAL FURNACE

Майже всі руднотермічні печі (РТП) відносяться до об'єктів прямого нагріву. Теплова енергія виділяється безпосередньо в її ванні у результаті активного опору шихти електричному струму, який підводиться за допомогою вугільних або графітових електродів. Вони мають деяку додаткову потужність, яка незначна у порівнянні з електричною, що вводиться у процесі, і не грає ролі в енергетичному балансі плавки.

Сучасні руднотермічні печі є досить складними установками з різноманітним електромеханічним обладнанням. Вони складаються з джерела живлення (пічного трансформатора), власне печі (ванни з електродами) і короткої мережі, що з'єднує їх між собою. На відміну від дугових печей, в руднотермічних печах перетворення електричної енергії в теплоту відбувається не тільки в дузі, але і безпосередньо в тих матеріалах, які розплавляються [1]. В останнє десятиліття в системах автоматизованого управління технологічними процесами набули широкого поширення методи, засновані на аналізі явищ, які супроводжують проходження електричного струму через струмопровідне середовище [2], а шихта для виплавки феросплавів є саме такою.

В багатьох наукових працях розподіл електричної енергії розглядається тільки в піделектродному просторі, однак відомо що близько половини тепла виділяється безпосередньо у шихті за рахунок її електричного опору [3]. Тому кількість введеної електричної енергії в будь якій частині ванни печі може бути розрахована внаслідок визначення існуючого там струму.

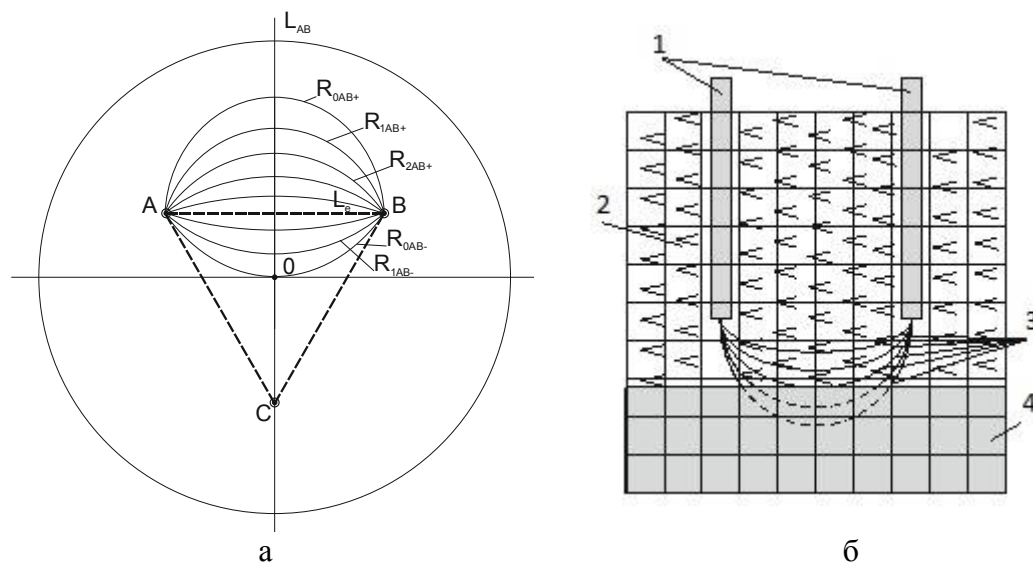
На відміну від сталеплавильних печей, струм електрода в РТП проходить не тільки через дугу, а й через шихту, щільність і електричний опір якої змінюється внаслідок нагрівання [4]. Цим обумовлена складність отримання даних про параметри дуги. Тому в створених раніше математичних моделях саме при моделюванні дуги прийняті суттєві спрощення.

Шихта для виплавки феросплавів являє собою середовище, де за певними траєкторіями між електродами протікають струми. Припустимо що вони матимуть форму дуги і будуть направлені як до країв ванни так і до її центру у горизонтальній площині, як представлено на рисунку 1а. У вертикальній площині вони будуть проходити між кінцями електродів у напрямку до подини ванни (рисунок 1б). Дане припущення зроблене на основі наукових праць [5,6] в яких траєкторії протікання струмів в піделектродному просторі зображені як лінії, що направлені від електрода до подини ванни РТП та мають дуговий характер.

Отже, коли траєкторії протікання струму відомі, можна розрахувати кількість введеної електричної енергії у деякий елементарний об'єм ванни за певний проміжок часу:

$$Q_{e(R,\varphi,z)} = I_i^2 \cdot R_{R,\varphi,z} \cdot \Delta\tau, \quad (1)$$

де I_i – сила струму за i -тим шляхом розтікання, що проходить через елементарний об'єм, що розглядається; $R_{R,\varphi,z}$ – усереднене значення електричного опору елемента з координатами центру (R,φ,z) ; $\Delta\tau$ – проміжок часу.



1 – електроди; 2 – шихта в твердому стані; 3 – шляхи протікання струму; 4 – рідкий розплав.

Рисунок 1. Шляхи розтікання струму між електродами фаз А та В в горизонтальній (а) та вертикальній площинах (б)

Якщо ж через один і той самий елементарний об'єм проходить декілька різних траєкторій розтікання струму, то результуюче значення останнього визначається як сума складових за кожною з них. Тоді формула (2) прийме вигляд:

$$Q_{e(R,\varphi,z)} = (\sum I_i)^2 \cdot R_{R,\varphi,z} \cdot \Delta\tau, \quad (2)$$

де $\sum I_i$ - сума струмів за і-тими шляхами розтікання, що проходять через елементарний об'єм, що розглядається.

Висновки. Маючи шляхи розтікання струму можна розрахувати кількість веденої енергії як в будь який окремий об'єм так і загалом у весь робочий простір печі за певний проміжок часу. Повторюючи ці розрахунки щодо наступних інтервалів Δt отримаємо динамічну 3D модель розподілення електричної енергії в об'ємі ванни руднотермічної печі. В подальшому вона перетворюється в теплову і витрачається на нагрівання та розплавлення шихтових матеріалів для одержання феросплавів.

Література

1. Данцис Я. Б. Методы электрических расчетов мощных электропечей. / Я.Б. Данцис. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат, Ленингр. Отд-ние, 1982. – 232 с.
2. Педро А.А. Использование гармонического анализа тока для управления процессами в руднотермической печи / А.А. Педро – Докл. науч.-техн. совещ. "Электротермия-94" - СПб.:СПбГТИ, 1994. - с. 54-67.
3. Гасик М.И. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов. / М.И. Гасик, Н.П. Лякишев/ М.: СП Интернет Инжиниринг, 1999. – 764 с.
4. Качан Ю. Г. Щодо змінювання питомого електричного опору шихти під час виплавки високо вуглецевого феромарганцю [Текст] / Ю. Г. Качан, В. Ю. Міщенко // *Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії.* – Запоріжжя : РВВ ЗДІА, 2017. – Вип. 2 (38). – С. 131-133.
5. Ершов В.А. Теоретические основы химической электротермии / В.А. Ершов, Я.Б. Данцис, Г.М. Жилов // - Л.: Химия, 1974. - 184 с.
6. Данцис Я.Б. Электрические характеристики дугового разряда печей химической электротермии и способы их контроля / Я.Б. Данцис, Г.М. Жилов, З.А. Валькова // - Л.: ЛНГХ, 1991. - 54 с.