

УДК 669.041.533

Теплообмін у плавильному середовищі плазмово-дугової гарнісажної печі

В.І Білошистова, Г. О Ремізов

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

В даній роботі описується теплообмін у плавильному середовищі плазмово-дугової гарнісажної печі. Енергетичні параметри процесу плазмово-дугової гарнісажної плавки і теплової роботи печі, загальний вигляд енергетичного балансу. В роботі представлені схеми і формули процесу.

В данной работе описывается теплообмен в плавильной среде плазменно-дуговой гарнисажной печи. Энергетические параметры процесса плазменно-дуговой гарнисажной плавки и тепловой работы печи, общий вид энергетического баланса. В работе представлены схемы и формулы процесса.

This paper describes a heat transfer medium in the melting of plasma-arc skull furnace. Energy parameters of the plasma-arc skull melting and heat of the furnace, the general form of energy balance. The paper presents the scheme and the formula process.

Вступ

Інтенсивність нагрівання металу в плазмових печах значно вища порівняно із звичайним та індукційним нагріванням. Тому розробка нових, удосконалення сучасних печей та їх широке впровадження у виробництво потребують всебічного аналізу процесів теплообміну в робочому середовищі, щоб обґрунтувати вибір електричних, технологічних параметрів і геометричних розмірів плавильної ванни.

Енергетичні параметри процесу плазмово-дугової гарнісажної плавки і теплової роботи печі оцінюють на основі теплового балансу. Дані про структуру теплового балансу дозволяють у першому наближенні

визначити основні затрати енергії в плазмових печах, вибрати необхідну потужність, яка забезпечує високу продуктивність, і найбільше значення ефективного ККД печі.

На розподіл підведеної потужності між елементами установки впливають особливості її конструкції: геометричні розміри, технологічні параметри плавки, теплофізичні властивості металу, який переплавляють, та ряд інших факторів.

На основі даних про розподілення теплової енергії в печі розраховують тепло напружені елементи й систему її охолодження, вибирають матеріали для виготовлення тигля і плавильної камери, розробляють заходи щодо теплового захисту теплонапружених вузлів, рекомендації щодо оптимального розташування плазмотронів у плавильному середовищі, тощо.

В загальному вигляді енергетичний баланс для багатоплазмотронної печі виглядатиме наступним чином:

$$W_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n I_{ді} U_{ді} = \sum_{i=1}^n W_{пл} + W_T + W_{кам}, \text{ кВт} \quad (1)$$

де $I_{ді}$ та $U_{ді}$ - струм (А) та напруга (В) окремого плазмотрона;

n - кількість плазмотронів, встановлених на печі;

$W_{пл}$ – потужність, яка розсіюється в одному плазмотроні, кВт;

W_T – енергія вкладена в гарнісажний тигель і яка передається воді, що витрачається на охолодження, кВт;

$W_{кам}$ – потужність, яка розсіюється на стінках камери, кВт.

Розподілення теплової енергії за статями її витрат в певних вузлах печі визначається шляхом вимірювання електричної потужності, яка споживається установкою і калориметрируванням окремих елементів печі (плазмотронів, гарнісажного тигля, стінок та склепіння робочої камери), шляхом безперервного вимірювання теплових потоків по кількості енергії, яка убуває разом з охолоджувальною водою.

Технологічний процес ПДГП складається з таких основних операцій: підготовка і завантаження шихтових матеріалів у тигель, герметизація і відкачування плавильного простору за залишкового тиску 13,3 Па, заповнювання середовища печі плазмоутворюючим газом, вмикання плазмотронів, регулювання сили струму дуг, розплавлення шихти й перегрівання металевого

розплаву, злив металу у виливницю шляхом нахилу тигля, зменшення сили струму дуг і вимкнення плазмотронів.

Установка для дослідження енергетичних і технологічних параметрів ПДГП (рис. 1) складається з внутрішньої камери 1 з розташованим усередині гарнісажним тиглем 2. Установку оснащено плазмовим нагрівальним комплексом, який складається з трьох плазмотронів 3 змінного струму. Плазмотрони встановлюють радіально похило під кутом $40...50^\circ$ до горизонту і розміщують рівномірно по колу.

Гарнісажний тигель встановлено на поворотній напівосі 4, усередині якої змонтовано систему охолодження тигля й відведення плазмоутворюючого газу. Поворотну вісь вводять у плавильну камеру через ущільнення. Це забезпечує зміну кута нахилу тигля й злив розплавленого металу в ливарну форму 5 через водоохолоджувальний носик 6 без розгерметизації робочого середовища.

За процесом плавки і розливу металу спостерігають через оглядову систему 7. Тиск газів протягом плавки регулюють в межах $(1,33...1,2) \cdot 10^5$ Па.

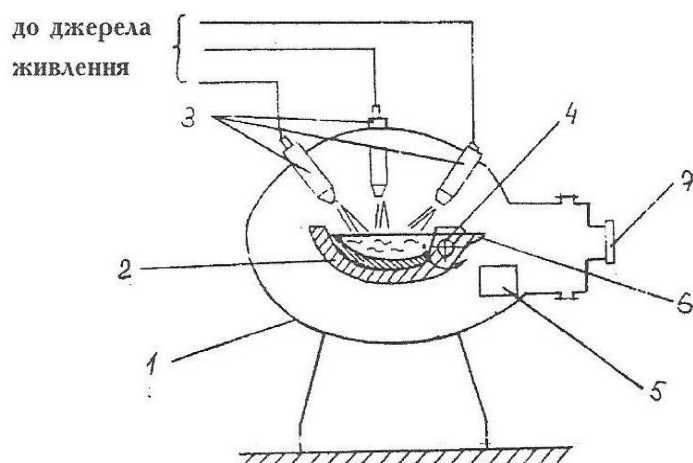


Рис. 1 Схема плазово-дугової гарнісажної печі.

1-камера; 2- тигель; 3- плазмовий комплекс; 4- цапфа тигля; 5- форма; 6- носик тигля; 7- система спостереження

Калориметрування головних водоохолоджуваних елементів у середовищі аргону, що складають плавильний модуль плазово-дугової печі (плазмотрони, гарнісажний тигель та плавильна камера) показало, що загальна потужність, підведена до плазмотронів, розподіляється наступним чином: в трьох плазмотронах втрати енергії складають 28-30%, в гарнісажному тиглі – 45-50% і на стінках плавильної камери – 20...25%.

Схема розподілу тепла у плавильному вузлі плазово-дугової гарнісажної печі наведена на рис. 2.

Загальна електрична потужність плазмотронів $W_{\text{пл.}}^{\text{с}}$ витрачається в гарнісажній печі наступним чином:

частково поглинається в самих плазмотронах: на електроді $Q_{\text{е.}}$, соплі $Q_{\text{с.}}$ та корпусі $Q_{\text{пл. кор.}}$;

від плазового стовпа частина потужності передається стінці плавильної камери $Q_{\text{кам.}}$ та гарнісажному тиглю $Q_{\text{д.т.}}$ через верхній поясок $Q_{\text{п.т.}}$ та корпус $Q_{\text{к.т.}}$;

передається металевій ванні $Q_{\text{м.}}$ шляхом бомбардування металу зарядженими та збудженими частками в опорних плямах плазових дуг, а також конвекцією та випромінюванням від плазових дуг.

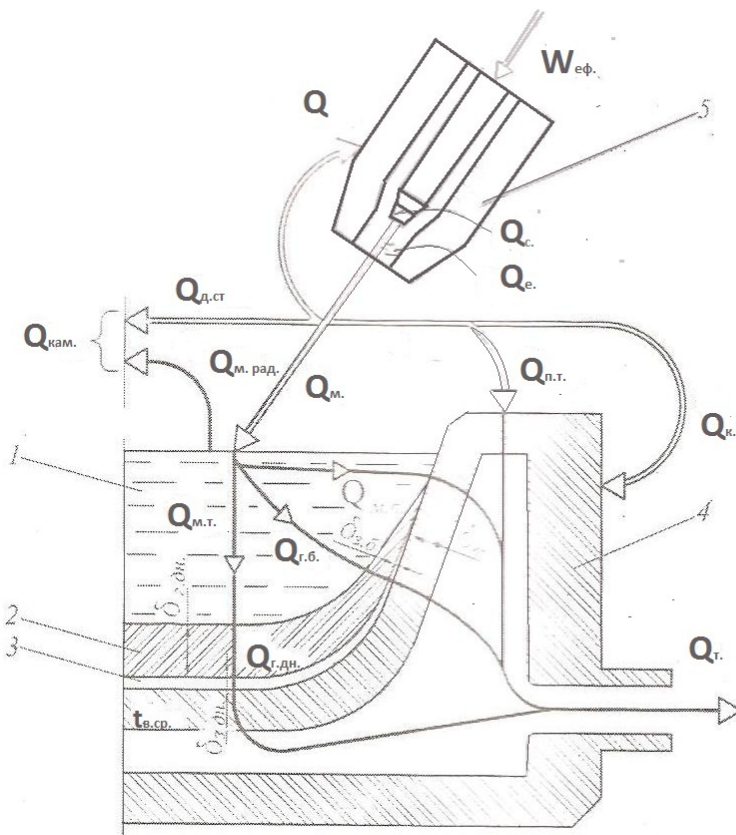


Рис. 2. Схема теплового балансу плазово-дугової гарнісажної плавки

1 – металева ванна; 2 – гарнісаж; 3 – газовий зазор; 4 – тигель; 5 – плазмотрон; $\delta_{\text{т}}$ - товщина стінки тигля; $\delta_{\text{з.б.}}$ – зазор між боковою стінкою тигля та гарнісажем; $\delta_{\text{з.дн.}}$ – зазор між гарнісажем і донною частиною тигля; $t_{\text{в. сп.}}$ – усереднена температура води.

Висновок

Теплова енергія, яка виділилась в металевій ванні Q_m витрачається на нагрівання та плавлення шихти в тиглі, перегрів розплавленого металу $Q_{m.t.}$ і нагрів гарнісажу, що утворився. У зоні контакту пояса розплавленого металу зі стінкою тигля тепло передається до бокової стінки тигля $Q_{m.п.}$ шляхом конвекції та теплопровідності ванни. Але роль теплопровідності в металевій ванні незначна порівняно з конвекцією. Частина тепла від металевої ванни до стінки тигля передається через гарнісаж $Q_{гб.}$ і $Q_{г.дн.}$ (теплопередача через бік та дно гарнісажу, відповідно) та газовий зазор, що утворився між гарнісажем і боковою стінкою тигля $\delta_{з.б}$ та гарнісажем і дном тигля $\delta_{з.дн.}$

Література

1. Неуструев А.А., Вакумные гарнисажные печи./А.А.Неуструев, Г.Л.Ходоровский-М.:Металлургия, 1977-275с.
2. Ключев М.М. Плазменно-дуговой переплав/ М.М. Ключев – М.: Металлургия, 1980.-152с.
3. Чернега Д. Ф. Основи металургійного виробництва металів і сплавів./ Д. Ф. Чернега та ін.- К.: Вища шк., 2006.-503с.
4. Трехфазные плазменные нагревательные устройства, перспективы и применения / Б.Е.Патон, Ю.В.Латаш, О. С. Забарилло и др. /Пробл. спец.електрометаллургии.-1985.-Вып.2-с.53-63.