

*к.т.н. Мурга В.В.,
Ессельбах Р.В.
(ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)*

ВИБІР РЕЖИМУ РОБОТИ ПЛАЗМОТРОНА ДЛЯ ДУГОВОГО ГЛИБИННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Наведені результати теоретичних досліджень та розрахунок електричних параметрів плазмотрона для дугового глибинного відновлення при його реалізації з піддувом аргону.

***Ключові слова:** дугове глибинне відновлення, відновлювальний блок, тепловий ККД, енергія струменя дуги, ентальпія нагрітого аргону.*

Приведены результаты теоретических исследований и расчет электрических параметров плазмотрона для дугового глубинного восстановления при его реализации с поддувом аргона.

***Ключевые слова:** дуговое глубинное восстановление, восстановительный блок, тепловой КПД, энергия дуги, энтальпия нагретого аргона.*

Використання плазмової технології для глибинного відновлення матеріалів показало високу ефективність при ковшовому рафінуванні залізо – вуглецевих розплавів. Вперше ідея дугового глибинного відновлення (ДГВ) висловлена і запатентована на кафедрі “Металургії чорних металів” Донбаського гірничо-металургійного інституту, а також кафедрі “Металургії сталі” НМетАУ [1,2].

В даному разі плазмовий блок використовується для обробки розплаву парами лужноземельних металів. Пароподібний магній утворюється в глибині розплаву. Він відновлюється в зоні заглибленого дугового розряду з самого матеріалу блоку – магнезиту. Вірогідні схеми створення дугового глибинного розряду для обробки розплаву методом ДГВ показані на рисунку 1.

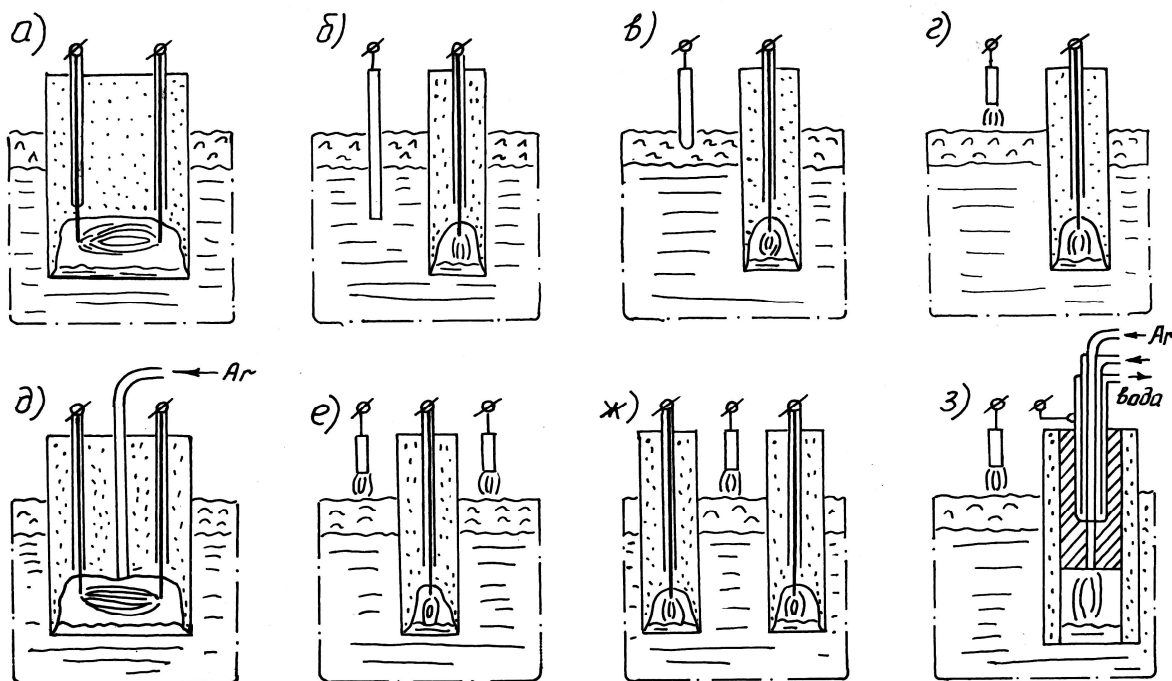
Дуговий блок повинен виконувати наступні функції:

- підведення електроенергії для створення глибинного дугового розряду і відновлення ЛЗМ в розплав;

- безперервна в перебігу часу обробки доставка відновлюваного матеріалу в зону дугового розряду;

- електрична ізоляція зони дуги і струмопідводу від оброблюваного розплаву і підтримка газового тиску усередині порожнини, де горить дуга;

- забезпечення надходження відновленої в зоні дуги пари ЛЗМ в розплав, а не вихід їх через пори ДБ в атмосферу.



а, д – два електродні ДБ (без піддування і з піддуванням аргону);
 б, в, г, е, ж, з – одноелектродні ДБ із замиканням дуги на метал;
 б – підведення другої фази струму в розплав;
 в – підведення другої фази струму в шлак;
 г – підведення другої фази струму через відкриту дугу на шлак;
 е, ж – варіанти використання трифазного струму;
 з – варіант з піддуванням Ar і охолоджуваним утримувачем електроду.

Рисунок 1 - Технологічні і конструктивні варіанти ДГВ

Останнє, як видно з рисунка 1, може бути забезпечено як з піддуванням аргону в зону дугового розряду, так і без піддування.

При зануренні дугового блока в розплав з температурою до 1650°C він випробовує тепловий удар від термічної напруги, що виникає при цьому. Отже, перша вимога – це витримати термічну напругу від такого теплового удару і зберігати при цьому свою конфігурацію, будівельну міцність, і щоб усередині не утворилися тріщини. Останні можуть якщо не привести до руйнування ДБ під час його роботи, то пору-

шити його газощільність і викликати додатково втрату реагентів. Вони можуть по тріщинах виходити в атмосферу, минувши розплав.

Наступною є вимога зберігати цілісність конфігурації і достатню будівельну міцність під час роботи. У зоні дуги температура складає тисячі градусів і мимоволі регулюється тими фізико-хімічними процесами, які там проходять. На зовнішній поверхні ДБ температура така, як у навколишнього розплаву або декілька вище. Отже, ДБ повинен зберігати будівельну міцність при температурах близько 1800 – 1900°C.

Важливою є вимога, щоб з матеріалу ДБ, що витрачається, в процесі відновлення виділялася в розплав достатня кількість ЛЗМ.

Як видно з рисунку 1, варіанти реалізації є окремими випадками одно- і двоелектродного варіантів виконання дугового блоку, тобто із залежним і незалежним горінням дуги. Кожен з варіантів має переваги і недоліки. Двоелектродний варіант при недостатній міцності формування блоку може привести до запалення дуги в будь-якому місці по висоті блоку, виключається безпосередній вплив газодинамічного тиску дуги на дзеркало металу, що є одним з чинників, що дозволяють отримати заглиблення дугового розряду. Згідно роботі [3] теоретично можливе заглиблення анода в рідку сталь може досягати 0,59 м. У одноелектродному варіанті більше вірогідність короткого замикання на метал.

Одним з найбільш важливих чинників, що впливають на успіх рафінування, є швидкість витрачання відновного блоку. Ця швидкість має бути прогнозованою і регульованою. Швидкість залежатиме від кількості тепла, що поступає в зону реакції, яке забезпечується дуговим розрядом і підлягає регулюванню.

Основними статтями витрати вуглецевого електроду є його окислення і хімічна взаємодія з елементами, розчиненими в розплаві і елементами шихти. Блок дугового глибинного відновлення призначений для спалювання під рівнем металу, тому основні статті витрати електроду в дуговому вузлі будуть обумовлені випаровуванням і хімічною взаємодією вуглецю з елементами розплаву і рудної частини. Присутність в іонізованій газовій хмарі монооксиду алюмінію збільшує ступінь витрачання електроду, а присутність глинозему в структурі електроду знижує прочностні характеристики матеріалу, що пов'язує [3].

Для забезпечення максимально можливої тепловіддачі від дуги на відновну суміш, що витрачається, область розряду має бути розташована якомога ближче до поверхні суміші. Для цього, синхронно з витрачанням суміші повинні витрачатися і електроди. Якщо електрод зношується швидше, ніж витрачається термітна суміш, то електрод йде в суміш, дуга подовжується і гасне. Якщо знос електроду відстає від витрачання суміші, високотемпературна зона дуги віддаляється від рудної частини, і відновлення припиняється.

Для розрахунку електричних і теплових характеристик використовуватимемо наступну систему рівнянь[4]:

- рівняння для робочої напруги дуги:

$$U = 207 - 4.1 \cdot I + 22.8 \cdot G - 17.9 \cdot d + 14.4 \cdot L + 18.3 \cdot l; \quad (1)$$

- рівняння для теплового ККД:

$$\eta = 85 - 0.48 \cdot G + 0.79 \cdot e - 5.59 \cdot G \cdot d; \quad (2)$$

- рівняння для потужності, що вкладається в дугу:

$$P = 51.7 + 9.1 \cdot I + 5.7 \cdot G - 10.33 \cdot d + 3.5 \cdot L + 4.6 \cdot l + 0.8 \cdot I \cdot G - 1.58 \cdot I \cdot d + 0.85 \cdot I \cdot L + 1.1 \cdot l; \quad (3)$$

$$P = U \cdot I; \quad (4)$$

- рівняння для енергії струменя:

$$U \cdot I \cdot \eta = G(i - i_n); \quad (5)$$

- рівняння для ентальпії нагрітого аргону:

$$i_k = 57.8 + 11.4 \cdot I - 19.2 \cdot G - 7.9 \cdot d + 4.4 \cdot L + 5.8 \cdot l + 6.4 \cdot G^2 - 3.8 \cdot I \cdot G - 1.9 \cdot I \cdot d + 2.6 \cdot G \cdot d - 1.9 \cdot G \cdot l; \quad (6)$$

$$i_k = i + \eta \cdot \frac{P}{d}; \quad (7)$$

- рівняння для питомої щільності потужності:

$$P_{уд} = 4.14 + 0.92 \cdot I + 0.55 \cdot G - 2.89 \cdot d + 0.33 \cdot L + 0.43 \cdot l + 1.24 \cdot d^2 - 0.55 \cdot I \cdot d^2 - 0.31 \cdot G. \quad (8)$$

Таким чином, отримали наступні характеристики: напруга дуги – 200 В, сила струму – 250 А, тепловий ККД – 85%. Розрахункова потужність складає 50 кВт.

Таким чином використання плазмового глибинного відновлення має достатньо високу ефективність, однак існують питання по глибинному зануренню плазмотрона, стабільності електричних режимів на протязі процесу і режиму газопостачання в реакційну зону. Ці питання потребують подальших досліджень.

Бібліографічний список

1. *Перевозчиков А.И. Электродуговое рафинирование и модифицирование чугуна / А.И. Перевозчиков, С.Б. Эссельбах, В.Н. Кравченко // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – №7. – 1990. – С. 104.*
2. *А.с. 1180153 СССР, МКИ В 22 D 27/20. Способ обработки расплава / Ильинкова Л.Т., Контарева И.С. (СССР). – №3587990/22-02; Заявлено 06.05.83; Опубл.23.09.85, Бюл. №35. – 2 с.*
3. *Лесков Г. И. Электрическая сварочная дуга / Лесков Г. И. – М.: Машиностроение, 1970. – 336 с.*
4. *Киселев Ю. Я. Оборудование плазменно-дуговой обработки металлов / Киселев Ю. Я. – Кишинев, 2005. – 56с.*

Рекомендовано до друку д.т.н., проф. Заблодським М.М.