

УДК 669.18

## Плавка мідних відходів

*О.Е. Скачок, М.І. Прилуцький, В.О. Шаповалов*

*Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”*

*Представлена плазмово-індукційна технологія та її особливості для плавки мідних відходів. Показано зміну вмісту водню в латуні ЛЦ40С при різних значеннях струму дуги, довжини дуги і витрат плазмоутворюючого газу.*

*Представлена плазменно-индукционная технология и ее особенности для плавки медных отходов. Показано изменение содержания водорода в латуни ЛЦ40С при различных значениях тока дуги, длины дуги и расходов плазмообразующего газа.*

*Submitted by plasma-induction technology and its features for copper smelting waste. The changes of hydrogen content in brass LTS40S at different values of the current arc, arc length and cost gas.*

Підвищення рівня споживання кольорових металів і сплавів на їх основі тягне за собою зростання ресурсів вторинної металургійної сировини. Найбільш ефективний шлях у використанні вторинної сировини – переробка відходів в місцях їх утворення, що дозволяє зберегти всі елементи сплавів, виключити витрати на перевезення, суттєво розширити сировинну базу підприємств, значно знизити собівартість готової продукції і поліпшити екологічну обстановку.

Останнім часом для плавки металів і сплавів починають широко використовувати плазмово-індукційні печі. Поєднання низькотемпературної плазми з індукційним нагрівом дозволяє скоротити період розплавлення шихти, знизити енергоємність процесу, вести плавку в контрольованій атмосфері і значно розширити металургійні можливості індукційних печей. Продуктивність плазмово-індукційних печей на 25-30% вище в порівнянні з індукційною.

Існує ряд схем (рис. 1), що дозволяють створити плавильний агрегат з комбінованим плазмово-дуговим нагрівом [1].

Найбільший інтерес представляє плазмово-індукційна піч, оснащена трифазною групою плазмотронів змінного струму (рис. 1, д). Така схема має ряд переваг у порівнянні з іншими схемами: дозволяє відмовитися від

застосування подового електрода, розосередити плазмовий нагрів по дзеркалу металевій ванни і повною мірою використовувати переваги індукційного та плазмового нагріву. При використанні трифазної групи плазмотронів спрощується електрообладнання печі, так як відпадає необхідність застосовувати випрямляч для живлення плазмотронів. Така схема найбільш припустима при переплавленні сипучої легковагової шихти, особливо латуньовміщуючих шлаків і стружки, де потребується невисокий питомий тепловий потік енергії в рідкий метал, щоб запобігти великі втрати на угар цинку та інших елементів з високою пружністю пари.

При переплаві латунної стружки з високим вмістом цинку, наприклад, ЛЦ40С, безповоротні втрати внаслідок вигару металу можуть досягати 12% і більше з огляду на інтенсивне випаровування цинку. Введення стружки в шихту у великих кількостях призводить до надмірного окиснення її під час плавки і утворення великої кількості шлаку, що тягне за собою заростання горловини тигля і каналів. Крім того, безповоротно губляться легуючі елементи (Zn, Pb, Mn та інші). Тому загальна кількість стружки обмежена 15% від маси шихти.

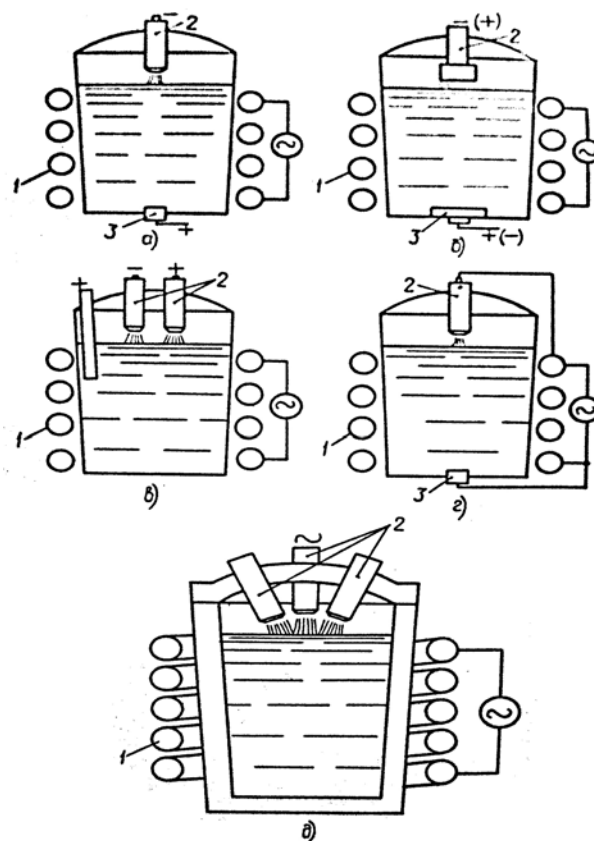


Рисунок 1 Схеми плазмово-індукційних печей  
1 – індуктор, 2 – плазмотрон, 3 – подовий електрод

Утилізація шлакометалічних відходів (шлаків) пов'язана з великими технічними труднощами із-за того, що в процесі переплаву їх в індукційних печах також відбувається заростання тиглів і каналів тугоплавкими шлаками. При цьому безповоротно втрачається 0,8-1,5% Cu, 15% Zn, 15-20% Pb.

В Інституті електрозварювання ім. Є.О.Патона АН України розроблені та передані в промислову експлуатацію плазово-дугові трифазні пристрої для індукційних тигельних печей ємністю 1т. Схема плазово-індукційної печі показана на рис. 2.

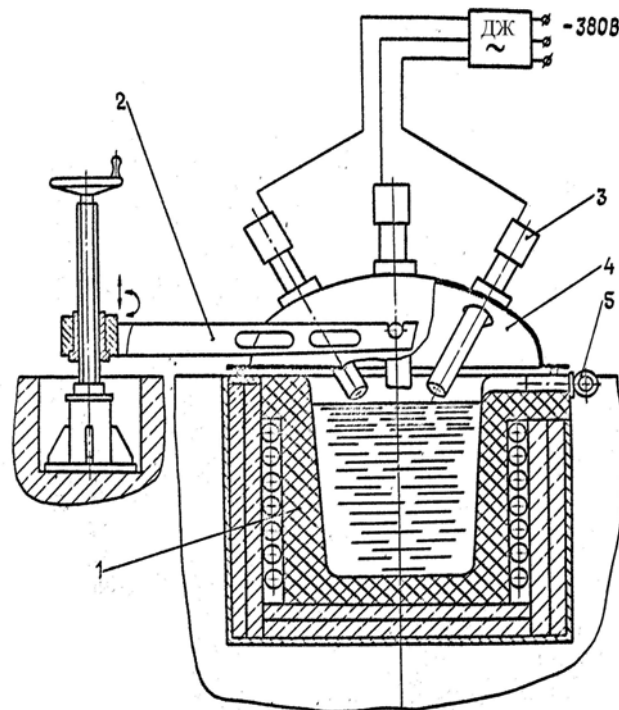


Рисунок 2 Схема плазово-індукційної печі:

1-тигель, 2-поворотна балка піднімаючого механізму, 3- плазмотрони, 4-футерована водоохолоджувальна кришка, 5-ущільнюючий клапан.

Кольорові метали і сплави з вторинної сировини грають важливу роль в загальному балансі виробництва та споживання кольорових металів. Їх частка в загальному обсязі виробництва кольорових металів становить близько 30%.

Лом і відходи мідних сплавів є цінною поліметалічною сировиною, в якій, крім міді, містяться такі метали, як цинк, олово, свинець і ін.

При відкритій індукційній плавці сплавів на основі міді вміст кускових відходів у шихті обмежується і в практиці складає 40...50% від

маси шихти. Подальше збільшення кількості відходів підвищує вміст шкідливих домішок у виливках.

Плазмово-індукційна плавка дозволяє отримувати якісне лиття з 100% відходів. Додатковий плазмовий нагрів не тільки прискорює процес плавлення шихти, але і дозволяє ефективно очищати метал від неметалевих і газових включень.

Плазмово-індукційна плавка мідних сплавів має свої особливості, що зумовлено високою теплопровідністю і порівняно невисокою температурою плавлення бронз і латуней. Так, діаметри колодязів, які проплавляються дугами в шихті, в 2-2,5 рази більше, ніж при плавці сталей, тому з самого початку в шихті формується один спільний для трьох плазмотронів колодязь, діаметр якого біля дзеркала металеві ванни близький до діаметру плавильного тигля.

Виявлені три характерні періоди процесу виплавки мідних сплавів:

I період - нагрівання і розплавлення шихтових матеріалів і рафінуючого шлаку. При цьому при плавці кускової шихти завантажують повний тигель, при плавці сипучої шихти - шлаків і стружки - порцію шихти, яка складає 30% обсягу металозавалки.

II - період - плавлення шихти при безперервній (при сипучій шихті) або порційній (при кусковій шихті) її дозавантаження під шаром рафінуючого шлаку.

III період - рафінування та легування розплаву, коректування хімічного складу і температури.

У мідних сплавах активність водню відрізняється від його активності у чистій міді, що істотно позначається на вмісті газових домішок в сплавах. Ця різниця зумовлена головним чином наявністю тих чи інших легуючих елементів і домішок, що входять до складу сплаву, та їх спорідненістю до водню [4-6].

Газова пористість виливків з мідних сплавів обумовлена, головним чином, наявністю водню [1-3], основним джерелом потрапляння якого в метал є волога, що міститься в шихті та пічній атмосфері. При взаємодії металу з парами води останні дисоціюють і утворений водень легко розчиняється в металі [4, 6, 7].

Однак мідні сплави з досить високим вмістом цинку не схильні до поглинання водню завдяки високій пружності парів цинку над розплавом, що оберігають його від науглецювання. Легування міді марганцем, хромом і залізом сприяє збільшенню розчинності, а кремнієм, цинком, свинцем і оловом - зменшенню розчинності водню в міді [5, 6].

При вивченні поведінки водню в мідних сплавах у процесі плазмової плавки об'єктами досліджень служила свинцювата латунь ЛЦ40С, хімічний склад якої (за ГОСТ 859-66) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 Хімічний склад сплаву ЛЦ40С

| Сплав | Масова доля компонентів, % |         |       |
|-------|----------------------------|---------|-------|
|       | Cu                         | Pb      | Zn    |
| ЛЦ40С | 57-61                      | 0.8-1.9 | решта |

В процесі дегазації вміст водню в розплавах експоненціально наближається до постійної величини, чисельно рівній рівноважній розчинності водню в металі при температурах дослідів, обумовлених струмовим навантаженням на дузі, і парціальним тиском водню і пари води в плавильній камері.

Якщо початковий вміст водню в сплаві невеликий ( $1-2\text{см}^3/100\text{г}$  металу), поведінка його при плавлі характеризується більш складною залежністю, а процес плавки ділиться на два періоди: I період – адсорбція водню сплавом з вологи пічної атмосфери і плазмоутворюючого газу, II період – десорбція водню до рівня рівноважної розчинності в металі. Два різні періоди плавки добре видно на кінетичних кривих (рис. 3), що утворюють злам (перегин) приблизно через 25-30с, після початку плавки. Такий характер взаємодії водню з розплавом пояснюється тим, що після запалювання плазмової дуги відбувається випаровування вологи зі стінок камери та інших охолоджуваних елементів. У газовій фазі над рідким металом підвищується концентрація водяної пари, внаслідок чого в розплаві різко зростає вміст водню. Після закінчення цього часу вологість в плавильній камері поступово знижується, зменшується тому і концентрація водню в сплаві. Динамічна рівновага водню в розплаві досягається приблизно через 120с.

Надалі вміст вологи в атмосфері плавильної камери знижується через те, що через плазмотрон щохвилини надходить 10...12л аргону. У цих умовах досягнута в розплаві концентрація водню істотно перевищує рівень динамічної рівноваги і тому у газообмінних процесах починає переважати швидкість десорбції водню і утримання його в розплаві знижується.

Аналіз отриманих кінетичних кривих дозволяє зробити висновок про те, що кінцевий вміст водню практично не залежить від його початкової концентрації в металі і визначається вологістю пічної атмосфери [4].

Використання більш чистого аргону для плавки, а також попереднє його сушіння з метою зниження концентрації водяних парів не принесла очікуваного результату і практично не змінила рівень залишкового вмісту водню в міді і сплавах.

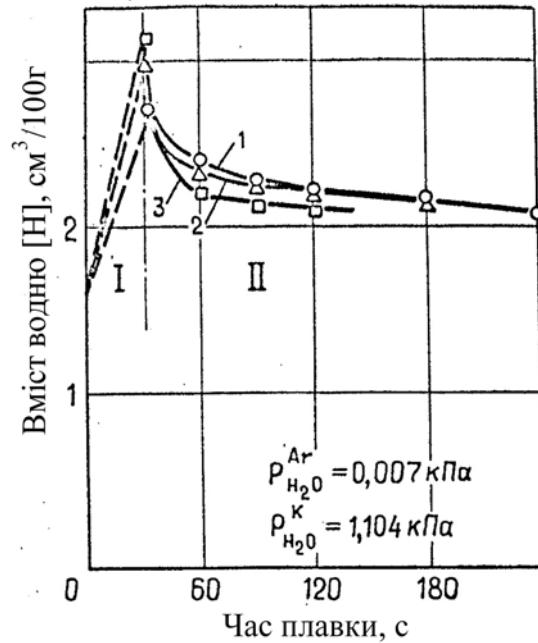


Рисунок 3 Зміна вмісту водню в латуні ЛЦ40С при різних значеннях струму дуги:  
 I – період адсорбції водню; II – період десорбції водню;  
 1 – 200А; 2 – 300А; 3 – 450А

Величина довжини дуги і витрата плазмоутворюючого газу незначно впливають на вміст водню в металі (рис. 4). Дещо посилюється значення цих параметрів при плавці сплавів з низьким вихідним вмістом водню (1-2 см<sup>3</sup>/100г металу). У цьому випадку збільшення довжини дуги і витрати газу дозволяє трохи знизити концентрацію водню, ймовірно, за рахунок зниження тепловкладів дуги в рідку ванну.

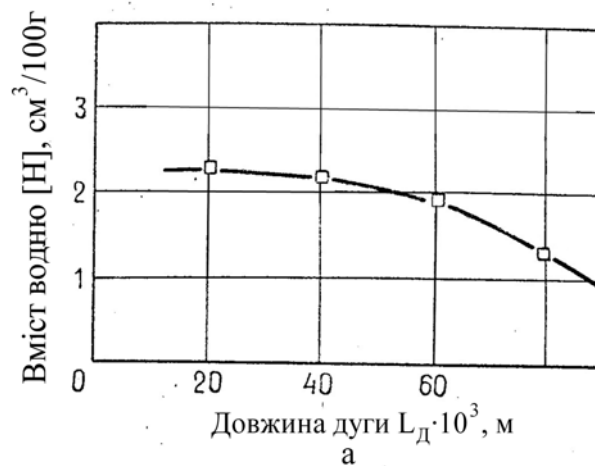


Рисунок 4 Вплив довжини дуги (а) і витрати плазмоутворюючого газу (б) на вміст водню в латуні  
 $P_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{Ar}} = 0,007 \text{ кПа}$ ;  $P_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{к}} = 1,104 \text{ кПа}$ ;  $P_{\Sigma} = 1,01 \cdot 10^2 \text{ кПа}$ ;  $I_d = 250 \text{ А}$

## Література

1. Костяков В.Н. Плазменно-индукционная плавка – К.: Наукова думка, 1991. – 208с.
2. Ерохин А.А. Закономерности плазменно-дугового легирования и рафинирования металлов – М.: Наука, 1984, 185с.
3. Лакомский В.И. Плазменно-дуговой переплав – К.: Техника, 1974. 335с.
4. Исследование поведения кислорода и водорода в меди при плазменной плавке / И. В. Шейко, В. И. Шахрай, Ю. В. Латаш и др. // Пробл. спец. электрометаллургии. — 1988. — № 4. — С. 69—78.
5. Газы в цветных металлах и сплавах / Д. Ф. Чернега, О. М. Бялик, Д.Ф. Иванчук и др. // М.: Metallurgia, 1982. — 176 с.

6. Плавка и литье цветных металлов и сплавов / Под ред. А. Д. Мерфи.— М.: Metallurgizdat, 1959.— 646 с.
7. Линчевский В. В. Термодинамика и кинетика взаимодействия газов с жидкими металлами.— М.: Metallurgiya, 1986.— 221 с.