

В.І. Гоц¹, В.Д. Макаренко¹, О.Ю. Бердник¹, Н.О. Амеліна¹, А.А. Майстренко¹.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ МІДІ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВУ

¹Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Анотація. Технологію електрошлакового переплаву витратних електродів, виготовлених з обмоток електродвигунів і моторів, можна ефективно використовувати для отримання заготовок електротехнічної міді, які придатні для переробки в шинку і дроти. Потужність виробництва процесу переплаву до 200 км/год. для економічної ефективності і у разі відсутності мідної руди на підприємствах утилізація відходів, один з найкращих альтернативних методів.

Ключові слова: мідь, відходи, утилізація відходів, електрошлаковий переплав.

Постановка проблеми

В силу виробничої і економічної ефективності, а також через відсутність мідної руди на підприємствах кольорових металів в якості використовуються мідні напівфабрикати, а також відходи міді у вигляді дроту або шинки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Згідно результатів аналізу літературних даних [2,3] і власних спостережень показали, що найбільш доцільно для такої утилізації використовувати електрошлаковий процес (ЕШП), в ході якого вихідна шихта переплавляється під шаром рафінованого шлаку і із розплаву формується заготовка заданих розмірів. ЕШП дозволяє рафінувати рідкий метал від кисню і сірки в процесі плавлення. Крім того, розплавлений шлак може бути ефективним акумулюючим середовищем, в якому розчиняються різні покриття проводів і шинки, емалі, лаки і склотканини.

На сьогоднішній день гостро стоїть питання забезпечення підприємств мідної руди. В такому випадку доцільно використовувати відходи виробництва, які є не менш ефективними [1, 2].

Мета роботи

Дослідження і розробка принципово нової технології утилізації мідних відходів для отримання заготовок міді М1 і М0, придатних для подальшої переробки в шинку і емальовані проводи.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- вивчити особливості плавлення в шлаковій ванні при ЕШП витратних електродів, виготовлених із пресованих мідних відходів у вигляді шинки і проводів з покриттям різних типів;
- дослідити вплив різних методів розкислення на якість переплавленої міді;

Визначення можливості отримання із 100% шихти мідних заготовок, які відповідають маркам М1 і М0.

Виклад основного матеріалу

Для утилізації мідного лома у вигляді проводів і шинки обрали технологію електрошлакового переплаву витратного електрода, зібраного з тих же відходів.

Витратні електроди, призначені для переплаву, були виготовлені методом пресування з мідних відходів. В експериментах використовували електроди наступних типорозмірів:

- два квадратних електроди з поперечним перерізом 200x200 мм і довжиною 1950 мм, які складаються з пресованих проводів діаметром 1,0-1,5 мм;
- два квадратних електроди перерізом 200x200 мм і довжиною 1950 мм, які складаються з пресованої шинки перерізом 1,5x6,0 і 1,5x8,0 мм;
- чотири квадратні електроди перерізом 150x150 мм і довжиною 900 мм з пресованої шинки;

Для проведення досліджень була виготовлена спеціальне технологічне оснащення, яка включає плавильний тигель і тримач витратних електродів, який служить для приєднання їх до плавильної установки. Плавильний тигель – не охолоджувальний з графітовим футеруванням (діаметр плавильного простору 320 мм). Досліди проводили на електрошлаковій установці У-560.

В процесі досліджень підбирали електричний режим плавлення, проводили спостереження за особливостями процесу плавлення витратних електродів, виготовлених з відходів різних типів, оцінювали вплив різних методів розкислення на якість переплавленої міді.

Отримані зливки, відповідні по своєму «хімічному» складу маркам М1 і М0, механічно обробляли і робили ковку в потрібні заготовки.

Вибір і плавлення флюсу.

Для електрошлакового переплаву відходів міді був обраний флюс АНФ-23М, який має найбільш прийнятну температуру плавлення (початок кристалізації), наближену до температури плавлення (початку кристалізації) міді. Застосування вказаного флюсу не призводить до перегрівання металу при ЕШП, і як наслідок, насиченню металу киснем через шлакову ванну.

Дослідженнями було встановлено оптимальний режим плавлення флюсу в тиглі: напруга 50В, струм 5-6 кА. Час плавлення 30 кг флюсу 15 хв. Після розплавлення всього флюсу електрод, який не плавиться замінювали на витратний і починали виплакувати злитка.

Оптимізація режимів ЕШП відходів міді.

Режими переплаву відходів міді обирали виходячи з умови не допуску перегріву металу в тиглі і забезпечення придатного для якості металу заглиблення витратного електрода в шлакову ванну. В результаті досліджень був підібраний оптимальний режим плавки прямокутних електродів, виготовлених з відходів міді, в графітовому тиглі з робочою поверхнею діаметром 320мм: напруга холостого ходу 45 В (в шлаковій ванні – 30-33В); струм 7,0-7,5 кА; висота шлакової ванни (флюс АНФ-25М) 100-120 мм; продуктивність плавки біля 200 кг/год.

Крім того, встановлено, що для отримання якісного злитку додатковою умовою до підбраного режиму плавки тонких ($\delta = 1 \div 2$ мм) мідних відходів є наявність на поверхні шлакової ванни графітової крупки діаметром 1-3 мм з товщиною шару 10-15 мм (в перекладі на масу це складає 1,0-1,5 кг).

Розкислення переплавленого металу.

Не дивлячись на прийняті технологічні міри – захисту розплавленого металу шаром шлаку і занурення в шлак всього торця переплавленого електрода – в металі злитку виявляли кисень, вміст якого перевищувало допустимі норми і межі. Поглинання кисню мідними відходами відбувається в процесі попереднього обжигу в газовій печі. Іноді отримується шихта, яка має ознаки «червонозламності», що свідчить про перенасичення її воднем і киснем. Наявність великої кількості кисню у вихідному металі в поєднанні навіть з низькою концентрацією розчиненого водню сприяє підвищенню пористості або утворенню флокенів в отриманих злитках. Тому розкислення мідних злитків має важливе значення для електротехнічної промисловості [4].

При ЕШП мідних відходів по запропонованій схемі створені всі необхідні технологічні умови для ефективного видалення кисню з розплавленого металу: високотемпературне попереднє прокалювання флюсу; «гарячий старт»; ведення плавки під шаром шлаку в тиглі з графіту;

електрошлакова підтримка злитку, яка забезпечує високий градієнт температури при кристалізації металу. Все це сприяє високому ступеню дегазації металу, зокрема вміст кисню складає 0,00011-0,00015% і, як правило, не викликає пористості і утворенню флокенів в злитках із міді.

Результати переплавки міді, не очищеної від ізоляції і інших покриттів з склотканини, емалі, лаку і деяких інших органічних покриттів, показали наступне. В результаті згорання покриттів органічного походження відбувається саморозкислення металу вуглецем вигораючих вуглецевміщуючих покриттів (вміст кисню не перевищує 0,023%). Враховуюче це, можна за допомогою ЕШП суттєво здешевити технологію утилізації мідних відходів, відмовившись від енерговитратної і довготривалої операції випалення шихти в печі і відділення залишків покриттів від шихти.

Слід особливо звернути увагу на те, що виключивши випалювання мідної шихти, можна вирішити проблему неконтрольованого перенасичення вихідного металу киснем і воднем, тим самим полегшивши задачу отримання якісного мідного злитка.

В процесі досліджень встановлено, що в зоні переплаву електрода створювалась відновлювальна атмосфера від згорання вуглецевміщуючих покриттів проводів і шинки, що підтверджується результатами хімічного аналізу міді: [O]~0,0023%; [H]~0,0016%.

Особливості електрошлакового переплаву витратного електрода, спресованого з відходів у вигляді тонких шинок і проволки.

Дослідження особливостей переплаву витратних електродів проводили на електродах, зібраних з тонких ($\delta = 1 \div 2$ мм) шинок і проволки. Як встановлено по огаркам витратних електродів (рис.1), переплаву відходів міді різного типу суттєво відрізняється в кожному конкретному випадку.

Головною особливістю плавки електрода, спресованого з тонкої проволки, є те, що він плавиться як цільний моноліт (рис.2). Для електрода характерний конус з гладкою поверхнею, що свідчить про розвинену плівкову стадію рафінування на торці електрода.

Це пов'язано з тим, що тонкі проволки щільно прилягають одна до одної, і які піддатливі при пресуванні. Між ними настільки малі повітряні проміжки, що в них не попадає рідкий шлак, а утворені на кожній проволці каплі зливаються в загальну плівку металу на торці електрода і весь метал поступає у вигляді крапель з вершини конуса електрода в шлакову ванну, а потім – в металеву.

При переплавці електрода, зібраного з пресованих шинок (рис.3), між ними є досить великі повітряні проміжки, в які попадає шлак.



Рис. 1. Зовнішній вигляд оплавлених торців витратних електродів при переплавленні відходів міді з пресованої тонкої проволки (зліва), не очищеної від покриття шинки (в центрі) і очищеної шинки (справа)

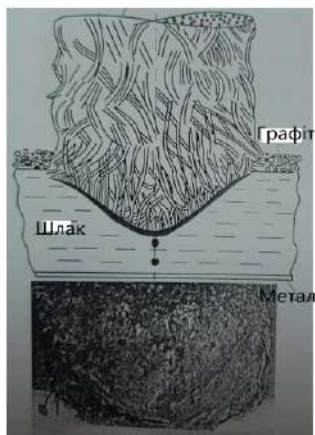


Рис. 2. Схема опалення електроду з пресованої тонкої проволки

Через високу теплопровідність матеріалу шинки вона швидко відбирає теплоту у контактуючого з нею шлаку, в результаті чого останній твердне, утворюючи металокерамічний конус електроду – застиглий шлак, армований мідними шинками. Цей конус зберігається на протязі всієї плавки, при цьому змінюється лише його об'єм.

Як показали спостереження, на конусі електроду кожна шинка плавиться відокремлено, а плівкова стадія рафінування суттєво обмежується надто малим перерізом кожної окремої шинки. Одночасно на торці електроду розплавляється затверділий між шинками шлак.

Встановлено, що особливістю переплаву шинки є свідчення на не характерній для ЕШП плівкової стадії рафінування металу, а також надійний захист кожної шинки перед розплавленням від кисню повітря затверділим шлаком металокерамічного конусу на торці електроду.

Встановлено, що особливістю переплаву шинки є свідчення на не характерній для ЕШП плівкової стадії рафінування металу, а також надійний захист кожної шинки перед розплавленням від кисню повітря затверділим шлаком металокерамічного конусу на торці електроду.

Розглянемо відмінні особливості плавлення електроду, зібраного з неочищеної шинки (рис.4). Під час кожного переплаву поблизу шлакової

ванни на кожній шинці обгорають покриття органічного походження – лаки і фарби – з утворенням відновлювальної поверхні.

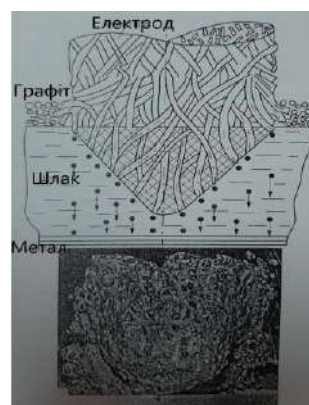


Рис. 3. Схема опалення електроду з пресованої шинки

Однак по мірі потрапляння електроду в шлакову ванну на шинці залишаються покриття з скотканини емалі. Температура їх плавлення може бути трішки вище, ніж флюса і міді, який застосовується. Як показали спостереження, на торці електроду утворюється зона, в якій каркас покриття шинки не руйнується, а метал шинки розплавляється і починає стікати у вигляді крапель по каналам незруйнованого покриття вниз в шлакову ванну. Це підтверджують застиглий відокремленні краплі металу, які заплутались в обугленому покритті шинок торця електроду (рис.4). Все це свідчить про слабкий розвиток плівкової стадії рафінування.

Враховуючи написане вище, можна припустити, що головною особливістю переплаву неочищеної шинки є зведення до мінімуму плівкової стадії рафінування, наявність відновлювальної атмосфери від згорання покриттів кожної шинки перед її розплавленням і під час плавлення, а також розвиток крапельної стадії рафінування металу. Стадія рафінування на межі розділу металу і шлаку у всіх випадках утилізації мідних відходів різного типу приблизно однакова.

Встановлено, що особливості плавлення різних витратних електродів не відображається суттєво на зовнішньому вигляді злитків.

Відомо, що якість кольорових металів суттєво залежить від вмісту в них домішок. Тому велику увагу було приділено дослідженню хімічного складу металу, яке проводили на пробах, відібраних в кінці плавки. Вміст сірки і фосфору контролювали методом хімічного аналізу, а вміст вісмуту, сурми, миш'яку, заліза, нікелю, свинцю і олова – методом спектрального аналізу. Методом газового аналізу визначали вміст кисню, азоту і водню.

Відомо, що якість кольорових металів суттєво залежить від вмісту в них домішок.

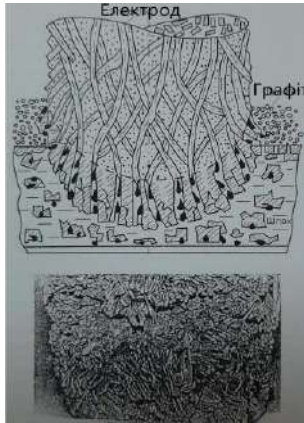


Рис. 4. Схема опалення електрода з неочищеної від покриття шинки

Тому велику увагу було приділено дослідженню хімічного складу металу, яке проводили на пробах, відібраних в кінці плавки. Вміст сірки і фосфору контролювали методом хімічного аналізу, а вміст вісмуту, сурми, миш'яку, заліза, нікелю, свинцю і олова – методом спектрального аналізу. Методом газового аналізу визначали вміст кисню, азоту і водню.

Газовий аналіз показав, що вміст водню в литому металі не перевищує 0,0002%, що є достатньо хорошим результатом, хоча вміст його за нормами не контролюється.

Вміст кисню складає 0,0013-0,0260% і залежить від типу розкислення металу і ретельності підготовки шихти. При використанні неперепеченої і не маючої ознак «червоноломкості» шихти вміст кисню в металі не перевищує 0,0027%, що відповідає міді М0, М1 і М1к, зниження вмісту кисню до потрібного рівня можна досягти збільшення кількості введених розкислювачів, або застосуванням більш сильних розкислювачів типу церія, алюмінію, бора і ін.

Особливе значення в отриманих результатах мають той факт, що низький вміст кисню в металі спостерігається при незначному вмісті фосфору (0,002%), що неможливо досягнути при традиційних методах переплава відходів міді. Це пов'язано з тим, що розкислення міді фосфором не досліджувалась. Вміст фосфору у всіх варіантах плавлення низьке і відповідає міді М0б і М1к.

Вміст сірки також в основному низьке або близьке до міді М0б, М0, М1 і М1к.

Вміст вісмуту, сурми і миш'яку в металі значно нижче вимог нормативних документів. Вміст нікелю, заліза, свинцю і олова в різних плавках розрізняється, що пояснюється попаданням в шихту домішок цих елементів у вигляді чужорідних сталевих предметів (болтів, гайок і інших елементів). Це підтверджується тим, що в не догарках електродів були виявлені чужорідні

сталеві предмети. Підвищений вміст заліза пояснюється тим, що у вихідній сировині з міді М0б вміст заліза складає 0,02% і перевищує вимоги нормативних документів.

Як свідчать результати аналізу хімічного складу металу, заготовка, отримана із мідної шинки М1, не очищеної від покриттів у вигляді скотканини і лаку, відповідає міді тієї ж марки з вмістом кисню на порядок нижче вимог нормативних документів. Це свідчить про можливість виключення відпалу шихти як дуже енергоємної операції при підготовці витратного електрода.

Таким чином, результати досліджень хімічного складу міді, отриманого шляхом переплаву відходів обмоток електродвигунів і моторів з проводів і шинки, показали, що технологію електрошлакового переплаву можна використовувати для виготовлення заготовок, що відповідають міді М1, з яких можна виготовляти шинку для нових обмоток. Для отримання заготовок з міді М0, з яких можна виготовляти емальовані провoda, необхідно організувати прискіпливе сортування відходів перед пресуванням з них витратних електродів. Це дозволить не допустити попадання в шихту сталевих кріплення, лужних кінців проводів і паяних з'єднань.

Важливим фактом, встановленим в процесі експериментальних плавок, є можливість заміни витратного електрода по ходу плавки. Така заміна дозволяє з декількох витратних електродів невеликого розміру виплавляти заготовку будь якої заданої маси. Для формування невеликих по розмірам витратних електродів потрібен прес відносно невеликої потужності, що дозволяє більш ефективно застосовувати обладнання.

Технологічна схема утилізації мідних відходів методом ЕШП.

Отримані результати експериментальних досліджень дозволили запропонувати для реалізації на практиці наступну схему електрошлакового процесу утилізації мідних відходів. Для ЕШП використовується проста установка А-550, на якій можна переплавляти електроди масою до 150 кг. Переплав здійснюють в графітовому кристалізаторі зі зміною витратного електрода в ході плавки.

В склад основного обладнання для утилізації мідних відходів методом ЕШП повинні ввійти піч для електрошлакового переплаву А-550 або У-350; джерело живлення печі А622 потужністю 624 кВА; технологічне оснащення, включаючи графітовий тигель, графітовий електрод, мідний піддон охолоджувач (схема ЕШП без витяжки злитку), рухомий (з приводом), охолоджуючий піддон (схема ЕШП з витяжкою злитка), прилад для зажиму електродів.

До допоміжного обладнання відноситься газоочистка з витяжною вентиляцією, стелажи для складування електродів, піч СНО-3 для прокалювання флюса, розрахована на температуру до 900°C, бункери для зберігання флюса, кран-балка для підйому і транспортування вантажів масою до 1 т, ваги вантажопідйомністю до 200 кг (можна до 500 кг), колектор для подачі води, естакада для обслуговування печі.

Потужність виробництва плавки лімітується енергетичними характеристиками джерела живлення печі. При використанні трансформатора А622 можна отримати потужність 200 кг/год, на більш потужному джерелі – більш 250-300 кг/год

Висновки

Згідно результатів досліджень встановлено:

1. Технологію електрошлакового переплаву витратних електродів, виготовлених з обмоток електродвигунів і моторів, які відслужили свій термін, можна ефективно використовувати для отримання заготовок електротехнічного міді М1, які придатні для переробки в шинку і дроту. Потужність виробництва процесу переплаву до 200 кг/год;

2. Для отримання способом ЕШП заготовок з міді М0, придатних для переробки в емаліровані провoda, необхідно відсортувати відходи обмоток електродвигунів перед пресуванням витратних електродів з ціллю попередження попадання в шихту сталюого кріплення, лужних кінців проводів і паяних з'єднань;

3. Для електрошлакового переплаву можна використовувати обмотки, не очищені від ізоляції у вигляді склострічки, емалі, лаку, тобто в процесі переробки відходів можна відмовитись від відпалу шихти для виготовлення витратних електродів, що знижує загальні витрати енергоносіїв в процесі переробки відходів.

Розроблені можливі схеми електрошлакового процесу на промисловій установці і визначний склад необхідного технологічного обладнання і оснащення для ділянки ЕШП відходів міді потужністю виробництва 200 т в рік при режимі роботи в 1 зміну.

Література

1. Berdnyk O Yu, Lastivka O V, Maystrenko A A, Amelina N O. Processes of structure formation and neof ormation of basalt fiber in an alkaline environment. – *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020)*. Vol. 907. 012036.
2. Gaff M., Kačík F., Gašparík M., Makovická Osvaldová L., Čekovská H. 2019. The effect of synthetic and natural fire-retardants on burning and chemical characteristics of thermally modified teak (*Tectona grandis* L. f.) wood. *Construction and Building Materials*. Vol. 200: 551-558.
3. Khalili P., Tshai K.Y., Hui D., Kong I. Synergistic of ammonium polyphosphate and alumina trihydrate as fire

retardants for natural fiber reinforced epoxy comp. *Composites Part B: Engineering*. 2017. Vol. 114. P. 101-110. DOI: 10.1016/j.compositesb.2017.01.049.

4. Krüger S., Gregor J., Gluth G., Watolla M-B., Morys M., Häßler D., Schartel B. *Neue Wege: Reaktive Brandschutzbeschichtungen für Extrembedingungen*. Berlin, Bautechnik, 2016. Vol. 93/8. P. 531-542. DOI: 10.1002/bate.201600032.

5. Janetti M.B., Wagner P. Analytical model for the moisture absorption in capillary active building materials. *Building and Environment*. 2017. Vol. 126. P. 98-106.

6. Wang Y., Zhao J., Chen J. Effect of polydimethylsiloxane viscosity on silica fume-based geopolymer hybrid coating for flame-retarding plywood. *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 239. 117814. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2019.117814.

7. Zhan W., Chen L., Cui F., Gu Z., Jiang J. Effects of carbon materials on fire protection and smoke suppression of waterborne intumescent coating. *Progress in Organic Coatings*. 2020. Vol. 140. 105491. DOI:https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.105491.

8. Shi X.-H., Chen L., Zhao Q., Li Y.-M., Wang Y.-Z. Epoxy resin composites reinforced and fire-retarded by surficially-treated carbon fibers via a tunable and facile process. *Composites Science and Technology*. 2020. Vol. 187. 107945. DOI:10.1016/j.compscitech.2019.107945.

9. P.Chindaprasrt, T.Cao Setting, segregation and bleeding of alkali-activated cement, mortar and concrete binders. *Handbook of Alkali-activated Cements, Mortars and Concretes*, WP, 2015, p.p.113-131.

10. Krivenko P., Petropavlovskii O., Vozniuk H., Lakusta S. The development of alkali-activated cement mixtures for fast rehabilitation and strengthening of concrete structures / *Procedia Engineering* 195 (2017), p.p. 142-146

References

1. Berdnyk O Yu, Lastivka O V, Maystrenko A A, Amelina N O. (2020) Processes of structure formation and neof ormation of basalt fiber in an alkaline environment. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020)*. Vol. 907. 012036.
2. Gaff M., Kačík F., Gašparík M., Makovická Osvaldová L., Čekovská H. (2019). The effect of synthetic and natural fire-retardants on burning and chemical characteristics of thermally modified teak (*Tectona grandis* L. f.) wood. *Construction and Building Materials*. Vol. 200. 551-558.
4. Krüger, S., Gregor, J., Gluth, G., Watolla, M-B., Morys, M., Häßler, D., Schartel, B. (2016). Neue Wege: Reaktive Brandschutzbeschichtungen für Extrembedingungen. *Berlin, Bautechnik*, 93/8, 531-542. DOI: 10.1002/bate.201600032.
5. Janetti, M.B., Wagner, P. (2017). Analytical model for the moisture absorption in capillary active building materials. *Building and Environment*, 126, 98-106.
6. Wang, Y., Zhao, J., Chen, J. (2020). Effect of polydimethylsiloxane viscosity on silica fume-based geopolymer hybrid coating for flame-retarding plywood. *Construction and Building Materials*, 239, 117814. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2019.117814.
7. Zhan, W., Chen, L., Cui, F., Gu, Z., Jiang, J. (2020). Effects of carbon materials on fire protection and smoke suppression of waterborne intumescent coating. *Progress in Organic Coatings*, 140, 105491. DOI:https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.105491.
8. Shi, X.-H., Chen, L., Zhao, Q., Li, Y.-M., Wang, Y.-Z. (2020) Epoxy resin composites reinforced and fire-retarded by surficially-treated carbon fibers via a tunable and facile process. *Composites Science and Technology*, 187, 107945. DOI:10.1016/j.compscitech.2019.107945.

9. P.Chindaprasrt, T.Cao. (2015). Setting, segregation and bleeding of alkali-activated cement, mortar and concrete binders. *Handbook of Alkali-activated Cements, Mortars and Concretes*, WP, 2015, 113-131.

10. Krivenko P., Petropavlovskii O., Vozniuk H., Lakusta S. (2017). The development of alkali-activated cement mixtures for fast rehabilitation and strengthening of concrete structures. *Procedia Engineering*, 195. 142-146

Автор: ГОЦ Володимир Іванович,
доктор технічних наук, професор кафедри
технології будівельних конструкцій і виробів,
Київський національний університет будівництва і
архітектури,

Volodymyr GOTS,
doctor of technical sciences, professor,
Professor of the Department of the department of
technology of construction structures and products
Kyiv National University of Construction and
Architecture.

E-mail: gots_vi@knuba.edu.ua;

IDORCID: <http://orcid.org/0000-0003-7702-1602>

Автор: МАКАРЕНКО Валерій Дмитрович,
доктор технічних наук, професор кафедри
технології будівельних конструкцій і виробів,
Київський національний університет будівництва і
архітектури,

Valeriy MAKARENKO,
doctor of technical sciences, professor,
Professor of the Department of the department of
technology of construction structures and products
Kyiv National University of Construction and
Architecture.

E-mail: makarenko_vd@knuba.edu.ua;

IDORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6668-3957>

Автор: БЕРДНИК Оксана Юріївна,

кандидат технічних наук, доцент кафедри
технології будівельних конструкцій і виробів,
Київський національний університет будівництва і
архітектури,

Oksana BERDNYK,

Candidate of technical sciences, associate professor of
technology of construction structures and products,
Kyiv National University of Construction and
Architecture,

E-mail: kseniareznik87@gmail.com;

IDORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5321-3518>

Автор: АМЕЛІНА Наталія Олексіївна,
кандидат технічних наук, доцент кафедри
технології будівельних конструкцій і виробів,
Київський національний університет будівництва і
архітектури,

Nataliya AMELINA,
Candidate of technical sciences, associate professor of
technology of construction structures and products,
Kyiv National University of Construction and
Architecture,

E-mail: navd1@ukr.net;

IDORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3076-8120>

E-mail: navd1@ukr.net;

IDORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3076-8120>

Автор: МАЙСТРЕНКО Алла Анатоліївна,
кандидат технічних наук, доцент кафедри
технології будівельних конструкцій і виробів,
Київський національний університет будівництва і
архітектури,

Alla MAISTRENKO,
Candidate of technical sciences, associate professor of
technology of construction structures and products,
Kyiv National University of Construction and
Architecture.,

E-mail: al-mais@meta.ua;

IDORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1152-995x>

RESEARCH OF THE PROCESS OF COPPER WASTE USING THE METHOD OF ELECTROSLAG SMELTING

V. Gots, V. Makarenko, O. Berdnyk, N. Amelina, A. Maistrenko

¹Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine

Due to production and economic necessity, as well as due to the lack of copper ore, non-ferrous metal enterprises use copper semi-finished products as raw materials, as well as copper waste in the form of wire or ham. Traditionally, remelting of copper scrap is carried out in induction furnaces or resistance furnaces [1]. At the same time, to obtain electrical copper, for example M1, a larger amount of primary copper is added to the charge. If the initial charge consists entirely of scrap, then during its remelting using the existing technology, the quality of secondary copper decreases compared to the original raw material.

As the observations showed, on the cone of the electrode, each ham melts separately, and the film stage of refining is significantly limited by the too small cross-section of each individual ham. At the same time, the solidified slag between the bars melts on the end of the electrode.

It was established that the feature of the remelting of the ham is evidence of a film stage of metal refining, which is not typical for EHP, as well as reliable protection of each ham before melting from oxygen in the air by the hardened slag of the metal-ceramic cone on the end of the electrode.

Considering the above, it can be assumed that the main feature of crude ham remelting is the minimization of the film stage of refining, the presence of a reducing atmosphere from the combustion of the coatings of each ham before its melting and during melting, as well as the development of the droplet stage of metal refining. The stage of refining at the interface between metal and slag in all cases of utilization of copper waste of various types is approximately the same. It was established that the melting characteristics of various consumable electrodes are not significantly reflected in the appearance of the ingots.

Keywords: copper, waste, waste disposal, electroslag remelting.