

УДК 621.762

М.В. Білошицький, Г.О. Татарченко, Н.І. Білошицька, П.Є. Уваров
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ПОРОШКУ МІДІ З ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ

Представлено технологічний процес отримання порошку міді з відходів промисловості із застосуванням операцій окислення, диспергування та відновлювального відпалу. Визначено параметри операцій окислювання, диспергування та відновлювального відпалу. Отриманий з відходів промисловості порошок не поступається за фізико-хімічними та технологічними властивостями електролітичному порошку марки ПМС-1.

Ключові слова: відпал, диспергування, окислення, відновлювання, гранулометричний склад, насипна щільність, аеросепарація, ущільнюваність.

Н.В. Белошицкий, Г.О. Татарченко, Н.И. Белошицкая, П.Е. Уваров
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКА МЕДИ ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Представлен технологический процесс получения порошка меди из отходов промышленности с применением операций окисления, диспергирования и восстановительного отжига. Определены параметры операций окисления, диспергирования и восстановительного отжига. Полученный из отходов промышленности порошок не уступает по физико-химическим и технологическим свойствам электролитическому порошку марки ПМС-1.

Ключевые слова: отжиг, диспергирование, окисление, восстановление, гранулометрический состав, насыпная плотность, аеросепарация, уплотняемость.

N. Beloshitskiy, H. Tatarchenko, N. Beloshitska, P. Uvarov
TECHNOLOGY OF OBTAINING COPPER POWDER FROM WASTE INDUSTRY

The technological process of obtaining copper powder from waste electrical current conductors, for the metalworking industry is presented. Pre-oxidation operations were carried out in a chamber electric furnace, followed by dispersing the copper oxide in a centrifugal type knife mill and reducing the annealing of copper oxide powder in a protective-regenerative environment of the generator gas. The influence of different current conductor diameters, as well as the influence of chip thickness on the speed and degree of oxidation, is considered. The parameters of the operations of dispersion and reduction annealing are determined. It was revealed that the copper powder obtained from industrial wastes is not inferior in terms of physical, chemical and technological properties to industrial electrolytic powder PCS-1.

Keywords: annealing, dispersion, oxidation, reduction, granulometric composition, bulk density, aero separation, compaction.

Постановка проблеми. Останніми роками розвиваються технологічні процеси рециклінгу (від англійського *recycling*, рецикловання та утилізація відходів – процес повернення відходів у процеси техногенезу) технологічних промислових відходів, які дозволяють підвищити економічність і ефективність виробництва, зменшити витрати природних ресурсів, а також вирішити техногенні та екологічні проблеми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Обрізки кабельного виробництва, телефонних проводів, обмотки, електродвигунів і трансформаторів, що вийшли з ладу, стружки є одним з матеріалів вторинної сировини, які зазвичай йдуть на переплавку чорної міді [1]. Недоліком такого методу рециклінгу є велика втрата міді до 35% [2] і трудомісткий у подальшому технологічний процес для отримання порошкової міді і використання в галузі порошкової металургії. Традиційно порошок міді отримують методом електролізу з водних розчинів солей міді, що обумовлює його дорожнечу. Існує спосіб отримання порошку міді з брухту провідників струму, заснований на водневій крихкості і подальшому диспергуванні в молотковому млині [3, 4]. Недоліком такого способу є застосування лише вихідного брухту з великим вмістом кисню, в той час як мідь, що містить менше 0,05% O₂ практично не схильна до «водневої хвороби». Це призводить до скочування неокрихченої міді в грудки в наслідок недостатнього вмісту кисню в провідниках струму марки М0 та істотного збільшення часу диспергування.

Метою роботи є розробка технології отримання високоякісного порошку міді за фізичними і технологічними властивостями, що не поступається промислового електролітичному порошку марки ПМС-1 за ГОСТ 4960-75.

Викладення основного матеріалу. Для досліджень в якості вихідного матеріалу використані мідна стружка, що взята з-під металорізальних станків, товщиною 0,5...2,5 мм, покрита масляними забрудненнями, а також провідники струму (відходи кабельного виробництва, обмотки трансформаторів і електродвигунів, що вийшли з ладу) діаметром 0,05...0,8 мм, 0,9...1,5

мм, 1,8...2,5 мм. Технологічний процес підготовки і переробки відходів міді представлений на рис. 1.

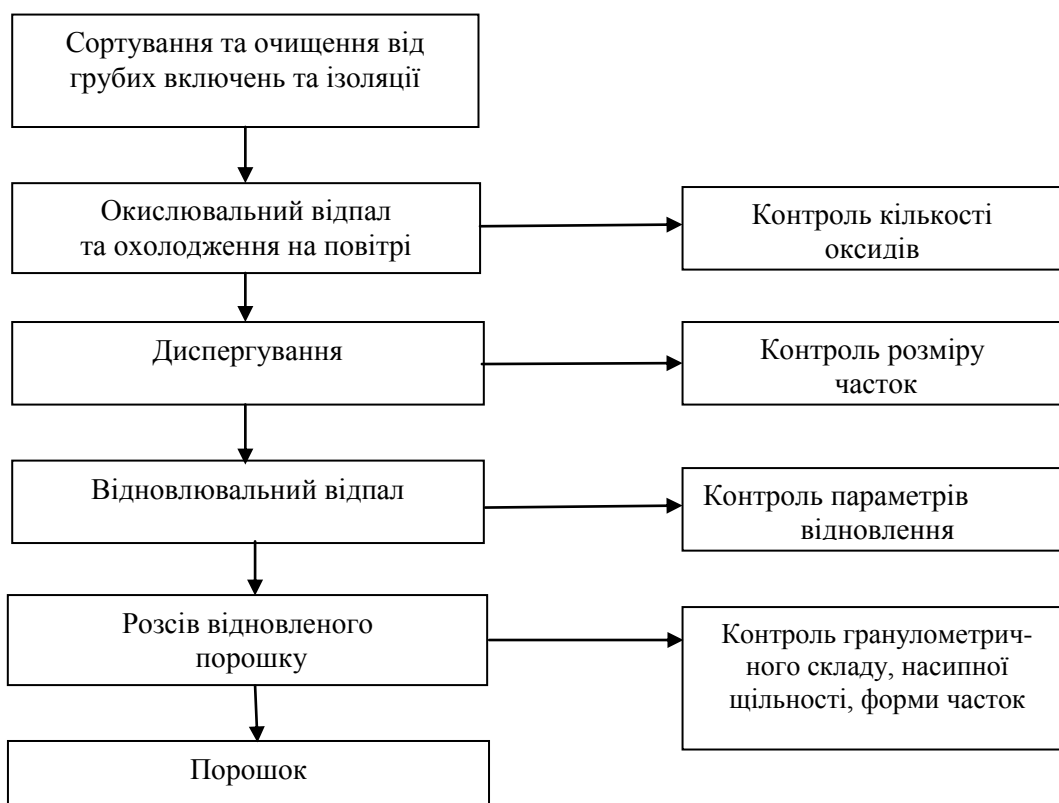


Рис. 1.- Схема технологічного процесу отримання порошку міді з відходів промисловості

Відмінною особливістю запропонованої технології є відсутність на підготовчому етапі операції очищення відходів міді від масляних забруднень і лакофарбових покриттів. Лом відходів електротехнічної промисловості сортували, видаляли паяні ділянки. Обрізки кабелів очищали від гумової і склоізоляції, обгорілі ділянки лакової ізоляції видаляли аеросепарацією.

Після очищення для визначення оптимального часу повного окислення стружки і електротехнічних відходів різного перерізу їх відпалювали на повітрі в камерній електропечі з різною витримкою.

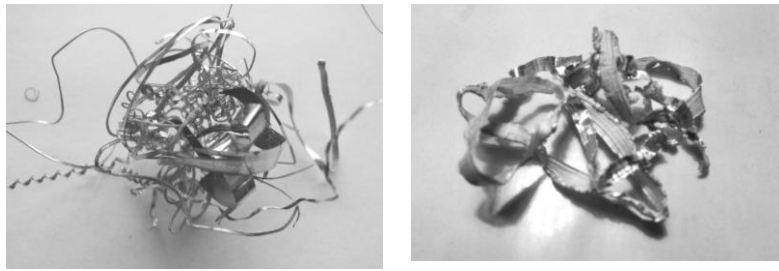
Диспергування окислених відходів міді виконували в лабораторному ножовому млині відцентрового типу. Для отримання порошку оксиду міді необхідної фракції визначали оптимальний час диспергування.

Відновлення порошку оксиду міді здійснювали в середовищі генераторного газу, що містить H_2 – 74%, CO – 25% а також невелику кількість (до CH_4 та CO_2) [5, 6]. На цій стадії технологічного процесу контролювали ступінь відновлення, змінюючи температуру і висоту засипки шару оксиду міді в керамічних контейнерах.

Очищені провідники струму з різним поперечним перерізом (рис. 2, а) і стружку (рис. 2, б) завантажували в керамічні контейнери, накривали кришкою з отворами для вільного доступу атмосферного кисню. Підготовлені контейнери завантажували в камерну електропеч, нагріту до $650^\circ C$ і нагрівали до $900...920^\circ C$. Витримку при цій температурі змінювали від 5 до 30 хв.



а



б

Рис. 2. - Відходи міді: а – провідники струму; б – стружка

Залежність часу витримки відходів міді з різним поперечним перерізом від кількості оксиду міді показала, що більш інтенсивному окислюванню піддаються провідники струму діаметром 0,05...0,8 мм і 0,9...1,5 мм (рис. 3). Це пояснюється найбільшою площею контакту відходів з киснем повітря. Причому кількість оксидів міді, що дорівнює 95%, отримано за 15 хв. Розміри відходів також впливають на кількість окисленої міді. Провідники струму діаметром 0,9...1,5 мм практично окислились до 100% за 25...30 хвилин, в той час як окислення провідників струму діаметром 1,8...2,5 мм протягом 30 хвилин не дозволило отримати і 80% оксидів.

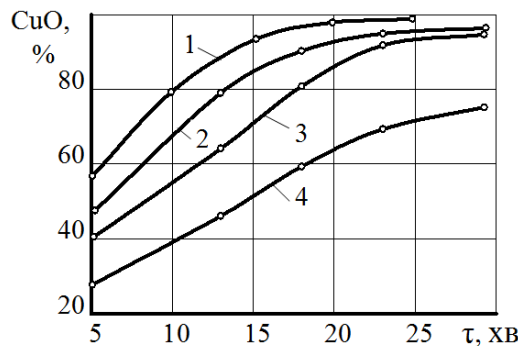


Рис. 3. - Залежність ступеня окислення від часу витримки провідників струму діаметром: 1 – 0,05...0,8 мм; 3 – 0,9...1,5 мм; 4 – 1,8...2,5 мм; стружка: 2 – 0,5...2,5 мм

З метою повного окислення відходів міді та інтенсифікації відшарування оксидних плівок необхідно використовувати або дуття збагаченого киснем повітря, або збільшувати час витримки, що призводить до ускладнення технологічного процесу, витрати додаткових енергоресурсів, а, отже, і до подорожчання кінцевого продукту [7]. Аналіз процесу окислення стружки показав, що незважаючи на те, що поперечний переріз стружки практично дорівнює діаметру дроту (2,5 мм), окислення стружки відбувається набагато ефективніше внаслідок більш розвиненої поверхні при високошвидкісному різанні при малій глибині різання. При окисленні стружки 95% оксидів міді отримано за 30 хв. Очевидно, найбільш доцільно використовувати лом провідників струму діаметром до 1,5 мм, а стружку до – 2,5 мм.

Отриманий оксид міді (рис. 4, а) порціями по 180 г диспергували протягом 0,5, 1,0 і 1,5 хв. і просіювали через сито з осередком 0,16 мм для отримання порошку фракцією не більше, ніж порошку ПМС-1. Розсів порошку показав, що при диспергуванні протягом 0,5 хв. на ситі залишається 20...25% частинок розміром 0,2...0,4 мм, протягом 1,0 хв. – 5...10% розміром 0,16...0,2 мм, протягом 1,5 хв. – порошок просіюється повністю, що вказує на достатній час диспергування (рис. 4, б).

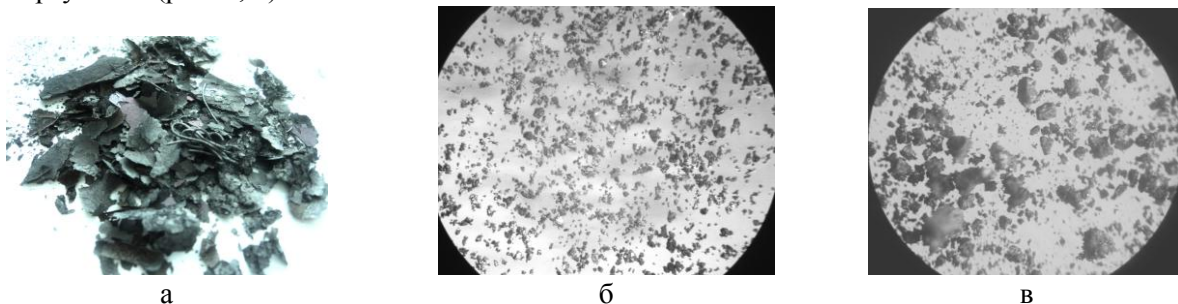


Рис. 4. - Фото отримання порошку за переходами: а – окислена мідь; б – порошок оксиду міді, $\times 90$; в – відновлений порошок міді, $\times 90$

Відновлення порошку оксиду міді здійснювали при температурах 300...320, 350...370, 400...420°C, витримка становила 30 хв., висота засипаного порошку в керамічних контейнерах – 10, 20 і 30 мм. При температурі 300...320°C на дні контейнера спостерігається шар не відновленого порошку бурого кольору навіть при малій засипці висотою 10 мм. При температурі 350...370°C не відновлений шар спостерігається тільки при висоті засипки 30 мм, при цьому порошок практично не спікається і легко розсіюється при ситового аналізі. При температурі 400...420°C порошок повністю відновлюється навіть при висоті засипки 30 мм. Однак при цій температурі порошок спікається в пористу губку, яку можливо розтерти в порошок тільки в агатовій ступці, що неминуче призведе до наклепу частинок внаслідок пластичної деформації в процесі розтирання, а, отже, до погіршення ущільнювання.

Результати визначення хімічного, гранулометричного складів, насипної, пікнометричної щільності і щільності утруски в порівнянні з електролітичним порошком марки ПМС-1 представлені в табл. 1, 2.

Таблиця 1

Хімічний та гранулометричний склади порошоків міді

Марка порошку	Вміст міді, %	Насипна щільність, г/см ³	Гранулометричний склад				
			Вміст часток, % розміром, мм				
			<0,16	<0,14	<0,1	<0,063	<0,045
З відходів	99,4...99,7	2,3...2,6	9,5	-	40,7	35,4	14,4
ПМС-1 ГОСТ 4960-75	99,5	1,25...1,9	1	5-15	35-45	25-35	10...25

Таблиця 2

Фізичні властивості та форма часток порошоків

Марка порошку	Пікнометрична щільність, г/см ³	Форма часток	Щільність утруски, г/см ³
З відходів	8,76	Близька до сферичної та осколкова	3,4
ПМС-1 ГОСТ 4960-75	8,74-8,77	Дендритна	

Аналіз отриманих даних показує, що хімічний і гранулометричний склади порошку, отриманого за запропонованою технологією, практично відповідають порошку міді марки ПМС-1, також як і фізичні властивості.

Ущільнюваність порошку визначали на універсальній випробувальній машині Р-10 за ГОСТ 25280-90 та порівнювали з електролітичним ГОСТ 4960-75 (рис. 5).

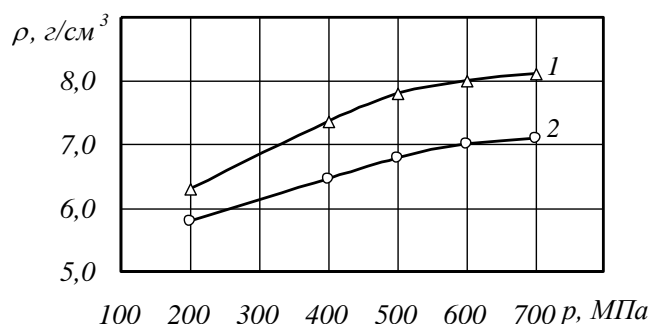


Рис. 5.- Ущільнюваність порошоків: 1 – з відходів; 2 – ПМС-1

Ущільнюваність досліджуваного порошку набагато вище, ніж ПМС-1. Це пояснюється тим, що близькі до сферичної форми та осколкові частки упаковуються набагато легше, ніж дендритні внаслідок менш розвиненої поверхні, як при низьких, так і при високих тисках.

Висновки. Розроблено технологію отримання мідного порошку з відходів електротехнічної промисловості і механічної обробки. Визначено операції і параметри технологічного процесу переробки відходів у порошок. Отримано оптимальні температури і час окислення відходів, час диспергування, температури і час відновлення у захисно-відновлювальному середовищі. Порошок міді, отриманий за запропонованою технологією, має характеристики хімічного і гранулометричного складу, фізичних властивостей та ущільнюваність на рівні значень

електролітичного мідного порошку марки ПМС-1. Запропонована технологія рекомендується до використання в промислових масштабах для отримання порошку міді з матеріалів, що підлягають утилізації.

Список використаних джерел:

1. Вторичные материальные ресурсы цветной металлургии: Лом и отходы (образование и использование): Справочник / Под. ред. Ю.П. Купрякова. - М.: Экономика, 1984 - 152 с.
2. Смирягин А.П., Смирягина Н.А., Белова А.В. Промышленные цветные металлы и сплавы. - М.: Металлургия, 1974. – 488 с.
3. Пат. 64966 А Україна, МПК 7 В22F9/02. Спосіб одержання порошку міді / Раєв С.С., Рябічева Л.О., Циркін А.Т., Никитін Ю.М. № 2003042832 Заявлено 01.04.03; Опубл. 15.03.04, Бюл.№3. 3 с.
4. Рябічева Л.А. Никитин Ю.Н., Цыркин А.Т., Порошок меди из лома проводников тока // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. Наук. пр. В 2-х ч. Ч 2- Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2003. – С. 45-49.
5. Цыркин А.Т. Малогабаритная установка для получения синтез газа / А.Т. Цыркин, Ю.Н. Никитин, Н.В. Белошицкий, А.В. Коваливский // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. Наук. пр. В 2-х ч. Ч 2- Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2004. – С. 115-123.
6. Пат. 11201 А Україна, МПК 7С10J3/18, С10Н1/00. Газогенератор / Циркін А.Т., Никитін Ю.М., Білошицький М.В., Стафеев О.І., Ковалівський О.В. № 2056559832; Заявлено 05.03.03. Опубл. 15.12.05, Бюл.№12. – 2 с.
7. Мажарова Г. Е. Производство изделий из порошков цветных металлов / Г. Е. Мажарова, Г. А. Баглюк, А. В. Довыденкова. – К.: Техника, 1989. – 120 с.

Рецензент:

Бойко Григорій Олексійович, к.т.н., доцент, Вчений секретар Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Стаття надійшла до редакції 24.04.2017