

Фазово-структурний стан та технологічні властивості синтезованих порошків сульфідів заліза та міді

О. К. Радченко, О. М. Сидорчук, Г. Г. Орел, С. М. Волощенко,
А. А. Мамонова

Досліджено фазово-структурний стан та технологічні властивості отриманих при низькотемпературному синтезі порошків сульфідів заліза та міді. Встановлено, що вибором вихідних порошків металів з наперед заданими технологічними властивостями та застосуванням низькотемпературного синтезу (з температурою, суттєво нижчою за температуру плавлення синтезованої сполуки) можна регулювати технологічні властивості порошків, зокрема їх формувальність.

Ключові слова: формувальність, порошки сульфідів металів, форма частинок, низькотемпературний синтез.

Сульфіди металів знаходять широке застосування у порошковій металургії як функціональні добавки у антифрикційні матеріали, для покращення механічної обробки спечених порошкових заготовок та як домішки — активатори спікання. Незважаючи на те, що сульфіди металів детально вивчені, в тому числі безпосередня взаємодія металів з сіркою [1], промислові технології одержання порошків сульфідів металів відсутні. На сьогодні застосування інтенсивних методів помелу при одержанні порошків сульфідів з продуктів їх синтезу призводить до погіршення формувальності самих порошків та обмежує можливість їх використання. Тому задача створення порошків сульфідів з високою формувальністю є актуальною.

В основі одержання таких порошків є застосування низькотемпературного синтезу, який дозволяє зберегти вихідну форму частинок. Такий синтез вже був успішно використаний для отримання порошків фосфідів міді з високою формувальністю [2]. Синтез сульфідів проводили з вихідних порошків при нагріванні на повітрі, у потоці водню та у спеціально створеному герметичному реакторі (рис. 1). У табл. 1 наведено відносну насипну густину (ВНГ) та бал формувальності (БФ) порошків, що застосовували у дослідженні.

У результаті проведеного низькотемпературного синтезу були одержані два порошки сульфідів заліза (з різними технологічними властивостями) та один сульфід міді (табл. 2). Ці порошки не потребували розмелу та мали високу формувальність (4—7 бал за 10-бальною шкалою [3]). Рентгенограми сумішей вихідних порошків та синтезованих продуктів (рис. 2) підтвердили повне проходження реакцій та наявність утворених хімічних сполук. Це моносольфід заліза (36,4% (мас.) S) та сульфід міді Cu_2S (20,15% (мас.) S).

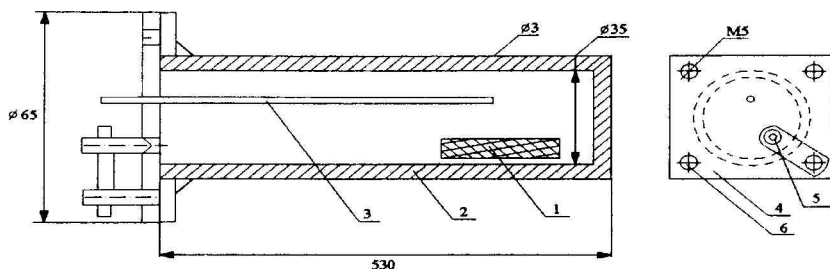


Рис. 1. Схема реактора: 1 — суміш порошоків; 2 — муфель — реактор; 3 — термопара; 4 — кришка муфеля; 5 — клапан запобіжний; 6 — гвинти кріплення кришки до муфеля.

Т а б л и ц я 1. Деякі властивості вихідних порошоків

Порошок	Марка	ВНГ	БФ
Fe	ПДЖ-2	0,332	5
Fe	Карбонільне	0,271	6
Cu	ПМС-1	0,177	8
S	Сірка колоїдна	0,094	9

Т а б л и ц я 2. Властивості синтезованих порошоків

Система	Вміст S, % (мас.)	Хімічна сполука	ΔH , кДж/моль	Кристалографічна сполука	Температура плавлення, К	ВНГ	Бал формувальності
Fe—S	34,7—39,7	FeS (тріоліт)	100 [4]	Гексагональна	1466 [5]	0,422	4
Fe—S	34,7—39,7	FeS (тріоліт)	100 [4]	Гексагональна	1466 [5]	0,359	5
Cu—S	18,3—21,0	Cu ₂ S (халькозін)	79 [4]	Ромбічна (а)	1402 [5]	0,221	7

Порівнюючи дифрактограми синтезованих продуктів з порошоків заліза карбонільного (розмір частинок 1—5 мкм) та марки ПДЖ-2 (розмір частинок 100—200 мкм), маємо можливість оцінити вплив розміру частинок на структурний стан синтезованого продукту. Рефлексії від площин {112} та {110} синтезованого продукту з карбонільного порошку суттєво більші, ніж продукту, одержаного з порошку ПДЖ-2.

Низька варіативність вмісту сірки у синтезованому у різних газових середовищах продукті (2-й стовбець, табл. 2) свідчить про те, що головним чинником у одержанні порошоків сульфідів є висока реакційна здатність сірки та знаходження її під час синтезу у газоподібному стані. Температури плавлення та кипіння сірки відповідно дорівнюють 119,5 та 444,6 °С. Величина теплоти утворення сульфідів (FeS — 22,9 та Cu₂S — 19,0 ккал/моль) у нашому випадку напевне грала другорядну роль.

Незважаючи на те, що після синтезу частинки вихідного порошку практично не змінюються за формою (рис. 3, а, б), а лише змінюється їх хімічний склад за рахунок реакційної дифузії сірки у метал, бал формувальності сульфідів у порівнянні з вихідним порошком металу знижується, як правило, на одну одиницю, що можливо зумовлено зниженням пластичності матеріалу частинок.

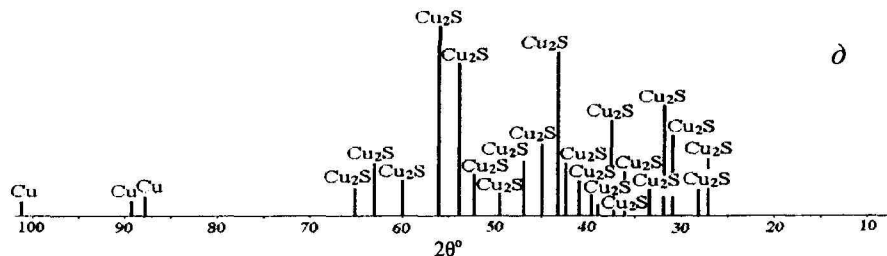
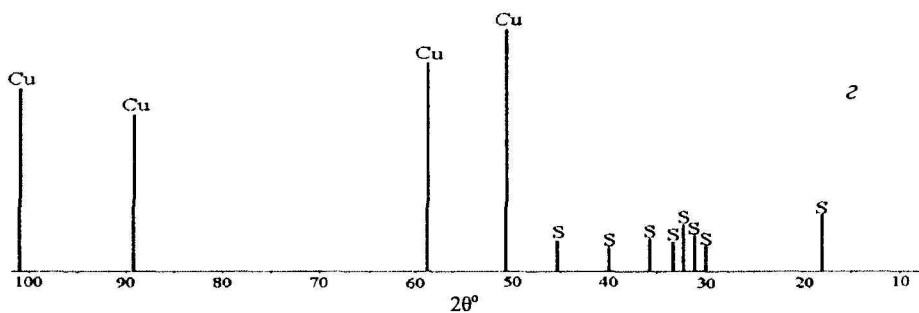
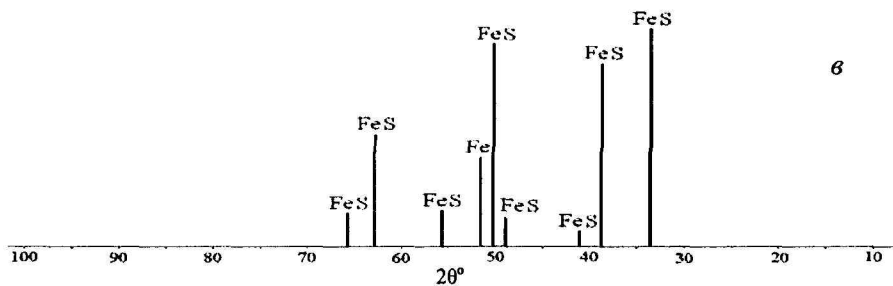
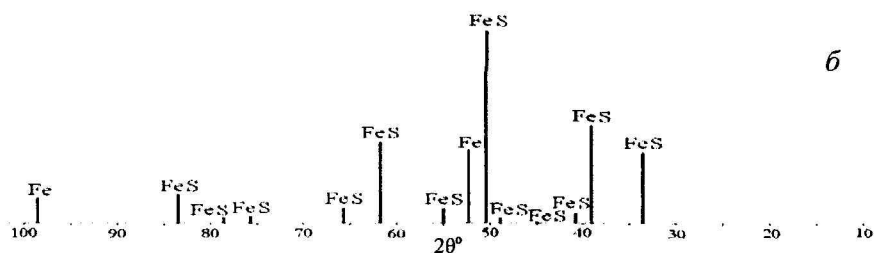
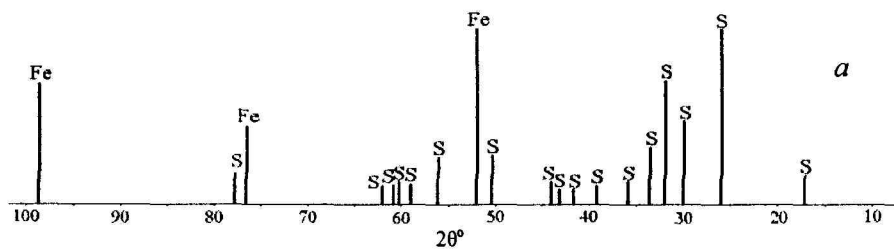


Рис. 2. Дифрактограми суміші вихідних порошків Fe (ПЖ-2) та колоїдної S (а), синтезованого порошку FeS з колоїдної сірки та залізного порошку марки ПЖ-2 (б), синтезованого FeS з колоїдної сірки та залізного карбонільного порошку (в), суміші вихідних порошків Cu (ПМС-1) та колоїдної S (г), синтезованого продукту Cu—S (д).



а



б

Рис. 3. Електронографії частинок міді (а) та сульфїду міді (б).

Таким чином, можна зробити висновок, що вибором вихідного порошку металу з наперед заданими технологічними властивостями та застосуванням низькотемпературного синтезу (з температурою, суттєво нижчою за температуру плавлення синтезованої сполуки) можна регулювати формувальність порошків одержаних сульфідів.

1. Самсонов Г. В. Сульфїди / Г. В. Самсонов, С. В. Дроздова. — М. : Металлургия, 1972. — 304 с.
2. Радченко О. К. Дифузійний середньотемпературний синтез фосфідів — екологічночиста, ресурсо- та енергозберігаюча технологія // Ресурсосбереження и экотехнологии. — 2001. — № 6. — С. 30—33.
3. Гогаев К. А. Формование порошковых систем / К. А. Гогаев, А. К. Радченко. — Донецк : Ноулидж, 2011. — 477 с.
4. Свойства неорганических соединений: (Справ.) // А. И. Ефимов и др. — Л. : Химия, 1983. — 393 с.

Фазово-структурное состояние и технологические особенности синтезированных порошков сульфидов железа и меди

А. К. Радченко, О. Н. Сидорчук, Г. Г. Орел, С. М. Волощенко,
А. А. Мамонова

Исследованы фазово-структурное состояние и технологические свойства полученных при низкотемпературном синтезе порошков сульфидов железа и меди. Установлено, что выбором исходных порошков металлов с заданными технологическими свойствами и применением низкотемпературного синтеза (с температурой существенно ниже температуры плавления синтезированной соединения) можно регулировать формуемость полученных порошков.

Ключевые слова: формуемость, порошки сульфидов металлов, форма частиц, низкотемпературный синтез.

Phase-structural state and technological properties synthesized powders sulphides of iron and copper

О. К. Radchenko, O. M. Sidorchuk, G. G. Orel, S. M. Voloschenko,
A. A. Mamonova

The phase-structural state and technological properties of the synthesized powders at low-temperature synthesis of sulphides of iron and copper are investigated. Found that by selecting the initial metal powders with predetermined technological properties and application of low-temperature synthesis (with a temperature significantly lower than the melting point of the synthesized compounds) can be adjusted compactibility obtained powders.

Keywords: compactibility, powder metal sulfides, the form of particles, low-temperature synthesis.