DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2025.01.021

# ВИКОРИСТАННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ МАРГАНЦЕВИХ КОНЦЕНТРАТІВ В МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСАХ

Ольшанський О.В., Панов О.О., Анкудінов Р.В., Мяновська Я.В.

**Анотація.** *Аналіз фізико-хімічних властивостей концентратів 2-го сорту показує, що характерна для них зернисто-піщана структура не забезпечує достатньої комкуємості аглошихти і не дозволяє при проведенні її грануляції отримати необхідний гранулометричний склад і міцнісні показники гранулюємого матеріалу. Одним із шляхів підвищення ступеня використання хвостів є попередня підготовка з введенням в'яжучих речовин «Реагент торфгідрооксидний». У лабораторних умовах НМетАУ реагент торфгідроксидний випробуваний при отриманні агломерату з шихти, що містить хвости збагачення марганцевої руди. Якість отриманого агломерату: вихід придатного - 81,3%; міцність на удар - 3,0%; міцність на стирання - 1,5%; хімічний склад готового агломерату: Мпзаг. - 28,72%, S - 0,211, C - 0,91%. Згідно з результатами фрактографічного аналізу виявлена тонка структура зламу спеченого зразка. Структура поверхні руйнування характеризується ямковою мікробудовою. Характерним є рельєф, утворений сукупністю окремих фасеток. Така будова пояснюється тим, що при досягненні граничних станів в локальних обсягах на ділянках, що представляють собою перешкоди для безперервності деформації, зароджуються мікропорожнечі.*

**Ключові слова:** *марганцева руда, концентрати, огрудкування, реагент торфгідрооксидний, агломерація, мікроструктура, екологія.*

Металургійна промисловість, а тим більш якісна металургія, в умовах ринку не може успішно функціонувати без використання легуючих металів, в тому числі без марганцю, хрому, ванадію, титану і інших металів. Серед цих металів провідне місце займає марганець, близько 90% його оксидів, з'єднань і сплавів використовується в чорній металургії. Однією із пріоритетних задач гірничо-металургійного комплексу України щодо раціонального використовування марганцю родовища Нікопольського марганцеворудного басейну є розробка і впровадження на усіх стадіях наскрізної технологічної схеми ефективних технологій видобутку і збагачення руди, агломерації концентратів і виплавки марганцевих феросплавів широкого сортаменту, які забезпечують підвищення коефіцієнта корисного вилучення марганцю із руди і виплавки конкурентоспроможних марганцевих сплавів.

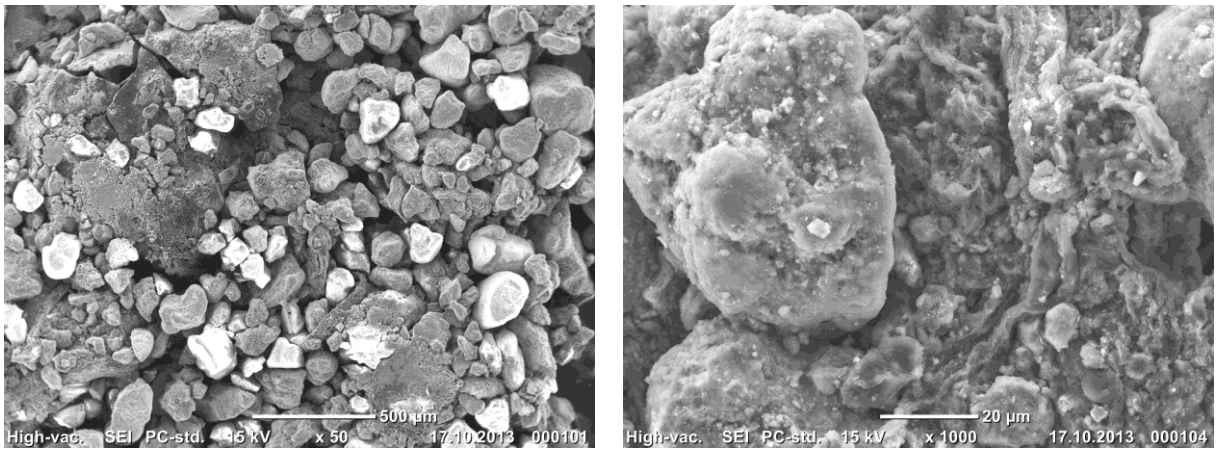
Найбільш відомим освоєним промисловим способом окускування вітчизняної марганцеворудної сировини, який має розвиток в останнє десятиліття, є агломерація [1-4]. При розробці Нікопольського родовища марганцевих руд в шламосховищах Покровського гірничо-збагачувального комбінату намито шламів з середнім вмістом марганцю 10-12%. Аналіз фізико-хімічних властивостей концентратів 2-го сорту показує, що характерна для них зернисто-піщана структура не забезпечує достатньої комкуємості аглошихти і не дозволяє при проведенні її грануляції отримати необхідний гранулометричний склад і міцнісні показники гранулюємого матеріалу. Надалі це призводить до зниження продуктивності агломашини. Однак, труднощі їх використання полягають в поганому злипанні при оґрудкуванні та брикетуванні, що потребує розробки технології огрудкування зі встановленням ефективного зв'язуючого.

Агломерат повинен мати високу міцність, кускуватість, пористість і значну відновлювальність при заданому хімічному складі. Однак використання марганецьвмісних шламів в агломераційному процесі обмежується їх фізичними, фізико-хімічними властивостями і вмістом шкідливих домішок. Збільшення частки шламів в агломераційній шихті вимагає вирішення наступних завдань: пошук способів підготовки, що дозволяють підвищити допустиму для утилізації в агломераційній суміші межу вологості шламів; поліпшення усереднення шламів в агломераційній шихті, забезпечення газопроникності шару, що спікається на агломераційній стрічці і скорочення виносу пилу. Для залучення у виробництво феросплавів марганцевих шламів їх необхідно окусковувати з метою поліпшення газопроникності їх насипної маси і отримання окатишів необхідної форми і розміру.

Одним із шляхів підвищення ступеня використання хвостів є попередня підготовка з введенням в'яжучих речовин «Реагент торфгідрооксидний». У лабораторних умовах НМетАУ реагент торфгідроксидний випробуваний при отриманні агломерату з шихти, що містить хвости збагачення марганцевої руди. Шихта для агломерації складалася: хвости збагачення руди - 73,53%; коксик - 7,35%; РТГ (реагент торфгідроксидний) - 4,41%; зворот - 14,71%.

Спікання здійснювали за таких умов: висота шару шихти – 300 мм; розрядження - 1000 мм вод.ст.; час запалювання - 1,5 хв.; температура запалювання - 1220$^0$С; час спікання - 14,5 хв.; максимальна температура спікання - 1360$^0$С; усадка - 80 мм. Якість отриманого агломерату: вихід придатного - 81,3%; міцність на удар - 3,0%; міцність на стирання - 1,5%; хімічний склад готового агломерату: $Mn_{заг.}$ - 28,72%, S - 0,211, C - 0,91%.

Морфологічний аналіз спеченої суміші і вихідних компонентів проводили за допомогою растрового електронного мікроскопа NeoScope II (фірми Jeol, Японія) в режимі високого вакууму при прискорюючій напрузі 15 кВ. Режим спостереження - secondary electron image (вторинні електрони). Характерний вид структур суміші до спікання і після спікання показаний на рис. 1 і 2.



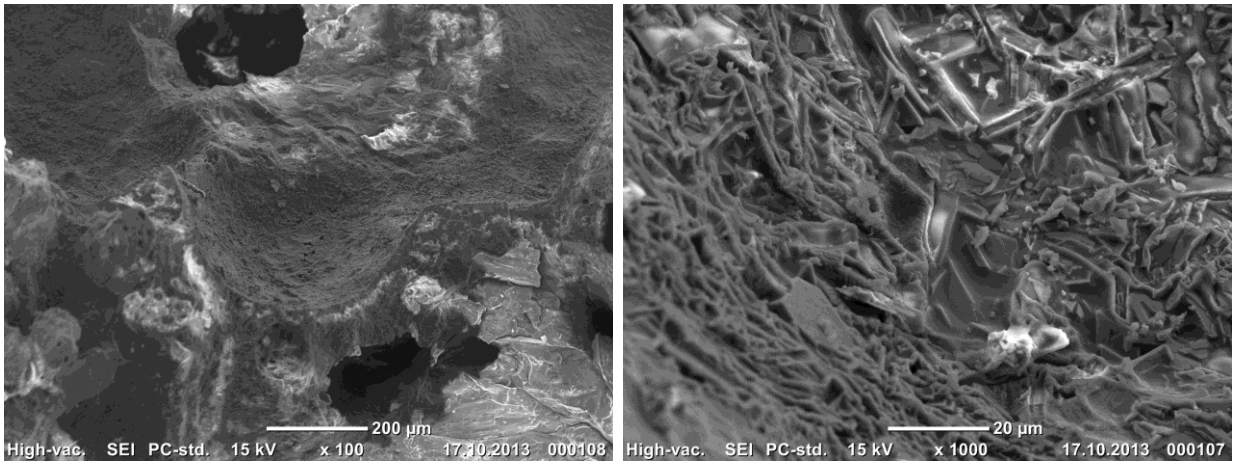

а б

а – ×50; б – ×1000;

Рисунок 1 - Структура суміші до спікання

Структура вихідної суміші представлена двома структурними складовими, які розрізняються за способом відображати вторинні електрони, розміром, формою і за способом розподілу часток в суміші. Відповідно до класифікації за способом відображати вторинні електрони, в структурі розрізняються світла структурна складова, що має в своїй основі вуглець (торф) і темно-сіра структурна складова, що має в своїй основі оксиди металу. У структурі вихідної суміші, згідно розмірного фактора, торф представлений частками дисперсністю від 0,6-170 мкм, в той же час, частинки, що містять оксиди металу мають дисперсність від 5,6-500 мкм, що істотно перевищує розмір торф'яних частинок. Дрібнодисперсні частки торфу (до 1,5 мкм)

рівномірно розподіляється на поверхні великих частинок, сформованих в процесі огрудкування. Згідно форми, темно-сіра структурна складова представлена частками граної форми і частки, що утворилися в процесі огрудкування (частки близько 20 мкм, які злиплися під впливом підвищеної вологості і руйнуються під дією незначного навантаження (рис. 2.9, а). У той же час, торф'яна складова не має такої різкої відмінності за формою.




а б

а – ×100; б – ×1000

Рисунок 2 - Структура спеченої суміші

Згідно з результатами фрактографічного аналізу виявлена тонка структура зламу спеченого зразка. Структура поверхні руйнування характеризується ямковою мікробудовою. Характерним є рельєф, утворений сукупністю окремих фасеток. Така будова пояснюється тим, що при досягненні граничних станів в локальних обсягах на ділянках, що представляють собою перешкоди для безперервності деформації, зароджуються мікропорожнечі. Зі збільшенням напруги мікропорожнечі ростуть, зливаються, що призводить до повного руйнування з утворенням на зламі заглиблень у вигляді ямок, з'єднаних між собою перемичками. Різний розмір ямок свідчить про разнозернистість структури, яка пов'язана з різною дисперсністю вихідних матеріалів суміші.

На "стінках" чашкового зламу спостерігаються сильно витягнуті лунки (рис. 2.10 г). Вони є результатом руйнування матеріалу уздовж поверхні локалізованого інтенсивного зсуву. Світла структурна складова суміші (торф) розташовується по межах зерен (лунок) і виконує сполучну функцію між більшими темно-сірими структурними складовими. У структурі поверхні зламу

виявлена макро- і мікропористість, яка також розташовується по межах зерен (лунок). За результатами кількісної металографії мінімальний розмір пір складає 20 мкм. Пори даного розміру складають 57% від всіх пір.

Відомо, що органічна речовина торфу складається з рослинних залишків, що зазнали різну ступінь розкладу. Походження торфу пов'язано з накопиченням залишків відмерлої рослинності, надземні органи якої гуміфікуються і мінералізуються в поверхневому шарі болота, що аерується, званому торфогенним горизонтом, грунтовими безхребетними тваринами, бактеріями і грибами. Підземні органи, що знаходяться в анаеробному середовищі, консервуються і утворюють структурну (волокнисту) частину торфу. Елементарний склад торфу: 50-60% вуглецю, 5,0-6,5% водню, 30-40% кисню, 1-3% азоту, 0,1-1,5% сірки на горючу масу. У компонентному складі органічної маси торфу вміст водорозчинних речовин становить 1-5%, бітумів 2-10%, легкогідролізуємих з'єднань 20-40%, целюлози 4-10%, гумінових кислот 15-20%, лігніну 5-20%.

В останні роки відзначається інтенсивне зростання числа досліджень в області хімії гумінових кислот. Це пояснюється їх винятковою роллю у багатьох геохімічних, біологічних і біохімічних процесах. Вони є високо реакційно-здатними і активними іонообмінними речовинами, які утворюють міцні зв'язки з багатьма іонами і молекулами, елементами, що знаходяться в розчині, а також включених в кристалічну структуру мінералів. Ці речовини вступають в реакцію взаємодії з катіонами металів з утворенням різного роду з'єднань. В основі цих взаємодій лежать процеси іонного обміну. Гумінові кислоти стабілізують розчинні форми кремнезему. Критичний час гелеутворення кремнезему зменшується через спільну коагуляцію золю кремнезему і гумінових кислот. Коагуляція відбувається як внаслідок підвищення вмісту гумінових кислот в розчині, так і через збільшення концентрації в ньому кремнезему і формуються малорозчинні продукти взаємної поліконденсації, що спостерігається при використанні реагенту торфгідроксидний в якості в’яжучого при підготовці до спікання концентратів 2-го сорту фракції 0-1мм, які одержують при збагаченні марганцевої руди.

**Висновки.** Для використання у виробництві феросплавів дрібнодисперсних марганцевих вторинних матеріалів необхідно окусковувати з метою поліпшення газопроникності їх насипної маси і отримання гранул необхідної форми і розміру. Одним із шляхів підвищення ступеня використання хвостів є попередня підготовка з введенням в'яжучих речовин «Реагент торфгідрооксидний». Згідно з результатами фрактографічного аналізу виявлена тонка структура зламу спеченого зразка. Характерним є рельєф, утворений сукупністю окремих фасеток. Така будова пояснюється тим, що при досягненні граничних станів в локальних обсягах на ділянках, що представляють собою перешкоди для безперервності деформації, зароджуються мікропорожнечі. У лабораторних умовах НМетАУ реагент торфгідроксидний випробуваний при отриманні агломерату з шихти, що містить хвости збагачення марганцевої руди. Шихта для агломерації складалася: хвости збагачення руди - 73,53%; коксик - 7,35%; РТГ (реагент торфгідроксидний) - 4,41%; зворот - 14,71%. Якість отриманого агломерату: вихід придатного - 81,3%; міцність на удар - 3,0%; міцність на стирання - 1,5%; хімічний склад готового агломерату: $Mn_{заг.}$ - 28,72%, S - 0,211, C - 0,91%.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Марганец. Гасик М.И. – М.: Металлургия, 1992. – 608 с.
2. Развитие производства марганцевых ферросплавов в электропечах. / Б.М. Сафонов, В.В. Мураховский // Сталь. – 1983. – №5. – С. 5-7.
3. Металлургия марганца Украины. / Б.Ф. Величко, В.А. Гаврилов, М.И. Гасик, С.Г. Грищенко и др. // – Київ: Техніка, 1996. – 472 с.
4. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов. / Гасик М.И., Лякишев Н.П. // СП Интермет Инжиниринг, 1999. – 764 с.

## USE OF FINELY DISPERSED MANGANESE CONCENTRATES IN METALLURGICAL PROCESSES

Olshansky O.V., Panov O.O., Ankudinov R.V., Myanovska Ya.V.

*Abstract. Analysis of the physicochemical properties of the 2nd grade concentrates shows that the characteristic granular-sandy structure does not provide sufficient compaction of the sinter charge and does not allow to obtain the required granulometric composition and strength indicators of the granulated material during its granulation. One of the ways to increase the degree of utilization of tailings is preliminary preparation with the introduction of binders "Porf hydroxide reagent". In the laboratory conditions of*

*NMetAU, the peat hydroxide reagent was tested when obtaining a sinter from a charge containing tailings from the enrichment of manganese ore. The quality of the obtained sinter: yield of usable - 81.3%; impact strength - 3.0%; abrasion strength - 1.5%; chemical composition of the finished sinter: Mntotal - 28.72%, S - 0.211, C - 0.91%. According to the results of fractographic analysis, a fine fracture structure of the sintered sample was revealed. The structure of the fracture surface is characterized by a pitted microstructure. The relief formed by a set of individual facets is characteristic. Such a structure is explained by the fact that when limit states are reached in local volumes, microvoids are formed in areas that represent obstacles to the continuity of deformation.*

*Keywords: manganese ore, concentrates, agglomeration, peat hydroxide reagent, agglomeration, microstructure, ecology.*

## REFERENCE

1. Marhanets. Hasyk M.Y. – M.: Metallurhyia, 1992. – 608 s.
2. Razvytye proyzvodstva marhantsevыkh ferrosplavov v эlektropechakh. / B.M. Safonov, V.V. Murakhovskyi // Stal. – 1983. – №5. – S. 5-7.
3. Metallurhyia marhantsa Ukraynы. / B.F. Velychko, V.A. Havrylov, M.Y. Hasyk, S.H. Hryshchenko y dr. // – Kyiv: Tekhnika, 1996. – 472 s.
4. Teoryia y tekhnolohyia эlektrometallurhyy ferrosplavov. / Hasyk M.Y., Liakyshev N.P. // SP Yntermet Ynzhynyrynh, 1999. – 764 s.