

**Кривенко В.В., Грищенко С.Г., Ольшанский В.И., Філіппов І.Ю., Замкової О.В.,
Шепляков І.А., Овчарук А.Н.**

Металургійна оцінка марганцеворудної сировини електротермії феросплавів

**Kryvenko V.V., Gryshenko S.G., Olshanskyi V.Y., Filippov I.Yu., Zamkova O.V.,
Shepliakov I.A., Ovcharuk A.N.**

Metallurgical assessment of manganese ore raw materials for the electrothermy of ferroalloys

Виконано комплексне дослідження фізико-хімічних властивостей і металургійної цінності марганцевої сировини різних родовищ, що використовуються для виробництва феросплавів у рудовідновлювальних печах підвищеної потужності.

Розглянуто питання повернення у виробництво продуктів збагачення сировини й відходів феросплавного виробництва, використання яких у металургійній переробці без підготовки й згрудкування неможливе.

Keywords: марганцевий концентрат, збагачення відвальних шлаків, параметри агломерації, виробництво феросплавів, охорона навколишнього середовища.

A comprehensive study of the physico-chemical properties and metallurgical value of manganese raw materials from various deposits, which are used for the production of ferroalloys in ore reduction furnaces of increased capacity, was performed.

The question of returning to production the products of enrichment of raw materials and wastes of ferroalloy production, the use of which in metallurgical processing without preparation and agglomeration is impossible, was considered.

Keywords: manganese concentrate, waste sludge enrichment, agglomeration parameters, production of ferroalloys, environmental protection.

Проаналізовано сучасні технологічні схеми **кускування/обкускування** марганцевмісних матеріалів методом агломерації. У лабораторних, напівпромислових і промислових умовах проведено комплекс досліджень, на підставі яких розроблено нові технології й технічні рішення, спрямовані на підвищення металургійних властивостей агломерату. Основні рішення полягають у спіканні марганцевого агломерату у високому (600 мм) шарі, попередньому **грудкуванню** тонкодисперсних марганцевих концентратів перед спіканням методом обкочування або брикетування, розробці і впровадженні технологічних схем комплексного використання вторинних ресурсів феросплавного виробництва.

INTRODUCTION

Відмінною рисою марганцевих руд вітчизняних родовищ є відносно невисокий вміст марганцю і підвищена концентрація фосфору і кремнезему [1], що не дозволяє, на відміну від більшості закордонних руд, використовувати сировину без попереднього збагачення і грудкування.

Для виваженої оцінки сировини необхідно зіставити показники якості марганцевих концентратів вироблених в Україні і закордоном (табл. 1)

Таблиця 1. Технічні вимоги до якості марганцевих руд і концентратів для виплавлення феросплавів

Компонент	Масова частка, %							
	Для феромарганцю				Для силікомарганцю			
	Україна Ic	Західна Європа		США «А»с	Україна IIc	Західна Європа		США «Б»с
Ic		IIc	Ic			IIc		
Mn, не менше	43,0	48,0	46,0	46,0	34,0	44,0	40,0	40,0
Fe не більше	-	-	7,5	8,0	-	9,0	12,0	16,0
SiO ₂ , не більше	-	7,0	9,0	12,0	-	10,0	12,0	15,0
P, не більше	-	0,12	0,15	0,18	-	0,15	0,15	0,30

Примітка: Вимоги зазначені до нікопольських окисних концентратів, та концентратів і руд закордонних виробників.

Кривенко В.В.,
Грищенко С.Г.,
Ольшанский В.И.,
Філіппов І.Ю.,
Замкової О.В.,
Шепляков І.А.,
Овчарук А.Н

V.V. Kryvenko,
Hryshenko S.G.,
V.I. Olshansky,
Filippov I.Yu.,
Zamkova O.V.,
Shepliakov I.A.,
Ovcharuk A.N

Труднощі з виробництвом конкурентоспроможних марганцевих сплавів з вітчизняної сировини особливо загострилися останніми роками, коли підприємства почали нарощувати випуск низькофосфористих марок силікомарганцю і феромарганцю.

У зв'язку з цим досліджено проби марганцевих руд різного хімічного і фракційного складів (табл. 2,3), які зараз широко використовуються для виробництва марганцевих феросплавів на вітчизняних підприємствах. До них відносять проби марганцевих руд з родовищ Грузії, Бразилії і Гани [2].

Таблиця 2. Результати досліджень загальних фізичних властивостей марганцевих руд

№ п/п	Країна виробник	Масова частка вологи, %	Щільність, кг/м ³			Поруватість загальна, %	Міцність (ДСТУ 3200-95) на удар по фракції більше 5 мм, %
			насипна	Позірн/уявна	Дійсна		
1	Грузія	4,0	1740	2400	3880	38,14	31,0
2	Бразилія	8,4	2940	4210	4270	10,92	58,0
3	Австралія	2,8	2110	3850	4020	4,23	75,6
4	Гана-I*	1,6	2300	3240	3270	1,4	71,0
5	Гана-II	7,2	2090	-	3670	-	-
6	Гана-III	1,6	2120	3190	3370	5,3	72,0

*Марганцева руда Гана I і III - карбонатна, II - окисна.

Таблиця 3. Хімічний склад марганцевих руд.

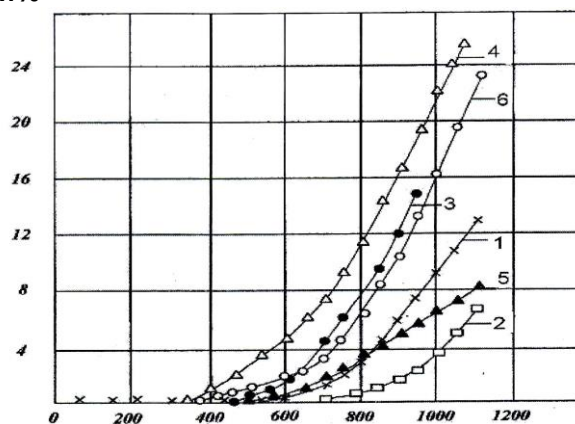
№ п/п	Країна виробник	Масова частка компонентів, %									
		Mn	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п
1	Грузія	47,20	12,09	1,88	1,92	0,75	1,86	0,47	0,21	0,59	3,29
2	Бразилія	47,60	9,30	1,20	1,03	1,34	9,30	0,14	0,23	1,15	2,29
3	Австралія	47,00	13,05	1,63	2,67	0,98	8,94	0,07	0,12	0,03	3,88
4	Гана-I*	30,00	14,05	2,65	4,65	5,08	1,72	0,16	0,28	0,24	31,6
5	Гана-II	39,79	19,30	4,20	0,40	0,12	7,10	0,32	0,19	0,63	5,02
6	Гана-III	30,50	13,52	2,20	4,81	4,85	1,05	0,25	0,24	0,21	32,60

Дослідження з визначення відновлюваності і температури початку розм'якшення марганцевих руд проводили за стандартними методиками (ДСТУ-3202-95; ДСТУ-3203-95) в атмосфері генераторного газу. Відновлюваність визначали за втратою зразком маси ваговим способом і контролювали через хімічний аналіз.

Вивченню відновлення марганцевих мінералів, руд і концентратів присвячено велику кількість робіт [3,4], хоча дані, що є в наукових працях, неоднозначні. Відомо, що MnO₂ і MnCO₃ дисоціюють за порівняно низьких температур -510 і 176 °C відповідно.

Відновлення оксидів і карбонатів марганцю в рудах, що досліджуються, відбувається за нижчих температур, ніж їх дисоціація. На фіг. 1 зображено залежність зміни маси проби від температури, що підтверджує цей висновок. На швидкість і ступінь відновлення марганцевої сировини істотно впливає температура, вид і концентрація відновника, крупність, пористість, фазовий і мінеральний склад. Проби марганцевої сировини, що досліджуються за однієї і тієї ж температури та інших однакових умов, втрачають масу через дегідратацію, декарбонізацію та дисоціацію марганцевих мінералів з різною швидкістю.

Зменшення розміру проби%



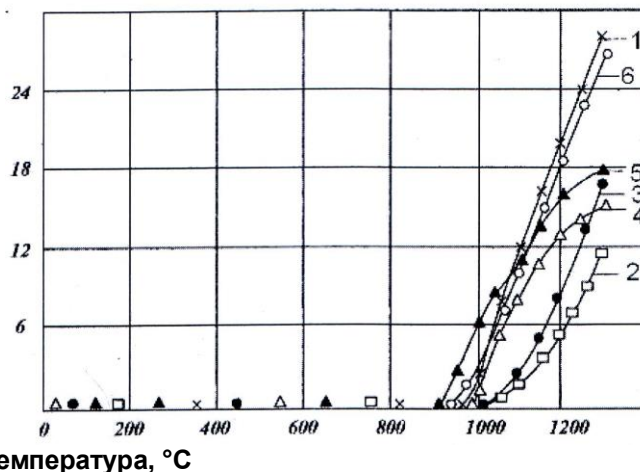
Температура, °C

Фіг.1 Кінетика зміни маси проби в реакційній зоні під час нагрівання у відновлювальному середовищі (цифри у кривих - номер проби з табл. 3)

На фіг. 2 зображено результати досліджень з визначення температури початку розм'якшення марганцевих руд, під час нагрівання у відновному середовищі. Температурою початку розм'якшення вважається та, за якою зменшення лінійних розмі-

рів досліджуваних проб складає більше 10% під час впливу на них постійного механічного навантаження. Характерною особливістю відновлення марганцевих руд є поява рідкої фази за порівняно низької температури 750 – 800 °С.

Зменшення розміру проби%



Фіг. 2 Зміна висоти проби в реакційній зоні під час нагрівання у відновному середовищі (цифри у кривих- номер проби з табл. 3)

Спочатку рідка фаза спостерігається в окремих мікрооб'ємних частках по периферії мінералів особливо на зернах польового шпату (K, Na) $[Al-SiO_3O_8]$ і кварцу (SiO_2), що межують з манганозитом (MnO). З підвищенням температури більш ніж 800°C кількість рідкого розплаву збільшується, і силікатний розплав може просочувати значну частину маси руди. Низька температура появи рідкої фази пояснюється вмістом різної кількості у вихідному марганцевмісному матеріалі оксидів калію, натрію, кальцію, кремнію та інших елементів, які разом з високоактивним манганозитом утворюють складну за хімічним складом легкоплавку систему. Локальний рентгено-спектральний аналіз ділянки оплавлення фіксує підвищений вміст K, Na, Ca і Si.

Для технологічних процесів виробництва марганцевих феросплавів сприятливими є марганцеві руди і концентрати, що характеризуються підвищеною температурою розм'якшення, яка сприяє глибшому відновленню марганцю на початковому етапі процесу відновлення, коли шихта знаходиться у твердофазному стані. Проте, деякі з цих руд вимагають більше енергетичних затрат і відносяться до важковідновних через практично повне зв'язування оксиду марганцю в тефроїті ($MnSiO_4$), родоніті ($MnSiO_3$), яacobсиді ($MnFe_3O_4$) та інших термодинамічностійких сполуках. Деякі з них, особливо яacobсид має знижений електроопір.

Складність залучення карбонатної марганцевої руди в металургійну переробку визначається високим теплоспоживанням карбонатної сировини для розкладання карбонатів з необхідною витратою електроенергії у кількості близько 240 кВт год/т матеріалу. У процесі розкладання вуглекислих солей кальцію та марганцю виділяється

значна кількість вуглекислого газу, що призводить до підвищення витрати вуглецевого відновника та електроенергії на реалізацію реакції $CO_2 + C = 2CO$ - 42,45 кВт год; у процесі високошвидкісного нагрівання шматків карбонатної руди відбувається їх руйнування з утворенням дрібної фракції (менше ніж 5 мм) 20 – 30%, що призводить до зменшення газопроникності шихти і в результаті до порушення технологічного режиму плавлення [3].

Відомо: карбонатна сировина має природню основність 0,6 – 0,7, це частково виключає додавання до шихти вапняку, а температура плавлення карбонатних руд і концентратів приблизно на 100—200°C вища, за оксидні, що покращує термодинамічні та кінетичні умови протікання процесів відновлення [6].

В результаті виплавка сплаву з фосфором 0,35%, за прийнятою у ПАТ «НЗФ» схемою з використанням шлаку малофосфористої переробки (ШМП) безфлюсного плавлення феромарганцю, добре поєднується з кількісною оцінкою впливу шлаку на основні показники виробництва. Таким чином, витрата електроенергії склала 4054 кВт год/т, а вилучення марганцю 82,2% (з урахуванням відходів виробництва). Використання в шихті імпортової руди для отримання аналогічного за якістю сплаву не дозволило досягти помітних переваг з вилучення марганцю, а витрата електроенергії навіть збільшилася. Імовірно, це пов'язано не стільки з якістю сировини, скільки зі зміною електричних параметрів плавки, спричинених підвищеною витратою відновника. Якщо врахувати витрати електроенергії під час агломерації (≈ 150 кВт год/т) і виплавці ШМП (850 – 900 кВт год/т), то сумарна витрата перевищує 5000 кВт год/т.

Унаочнити порівняння металургійної цінності різних видів сировини можна на прикладі виплавки силікомарганцю з фосфором 0,15 – 0,25%, для виплавки сплаву такої якості може бути використана сировина з фосфорним модулем не вище ніж 0,002. Використовується два варіанти виплавки сплавів: перший – з використанням в шихті більше, ніж 80% малофосфористого шлаку, другий – на високоякісній австралійській руді.

Під час використання зазначеної кількості ШМП виявляється його негативний вплив на виробничі показники: зі зниженням вмісту фосфору у сплаві з 0,25 до 0,15% (відповідне збільшення частки ШМП у шихті з 82 до 93%) видобування марганцю знижується з 73 до 60%, а питома витрата електроенергії зростає на 6 – 7%.

Застосування австралійської руди дозволяє значно підвищити видобування марганцю (до 82%) і знизити витрати електроенергії на 200 – 250 кВт год /т.

Наведені результати доводять: використання вітчизняної сировини для виробництва силікомарганцю з фосфором не більше, ніж 0,35% кількості малофосфористого шлаку в шихті для досягнення відносно прийнятних показників не повинно перевищувати 900 – 950 кг/т сплаву. Збільшення частки ШМП під час виплавки металу з фосфором 0,15 – 0,25% призводить до різкого зниження всіх показників процесу. Враховуючи зазначене вище, можна стверджувати: пріоритетними, безумовно, є високоякісні імпорتنі руди, що мають фосфорний модуль 0,002.

Одним з напрямків підвищення вилучення марганцю під час збагачення марганцевих руд в Україні в умовах постійного зниження якості вихідної руди є впровадження більш глибоких і досконалих схем збагачення з включенням флотації і високоінтенсивної магнітної сепарації (далі – ВМС) [7]. Це продукує збільшення кількості тонких часток і вологи в концентратах.

Спікання марганцевих концентратів підвищеної вологоємності (12,0 – 26,5%) і низької насипної щільності (1350 – 1750кг/м³) призводить до великих втрат під час прожарювання (до 10,5 – 25,5%). У порівнянні із процесом агломерації залізородних матеріалів спостерігається значна усадка шару, а питомий вихід продуктів спікання на 1,5 – 2,0 рази нижче.

Оскільки під час спікання такої сировини потрібна підвищена масова частка в шихті повернення, а також коксовий дріб'язок (в 1,5- 2,0 рази), збільшення в аглошихті частки тонких і вологоємних концентратів ще більше утруднює процес спікання внаслідок зниження газопроникності шихти.

На вітчизняних аглофабриках тонкі марганцеві концентрати в різних кількостях підшихтовують до гравітаційних концентратів. Ці матеріали надходять в агломераційну шихту у непідготовленому вигляді.

В лабораторних і промислових умовах дослідним шляхом встановлено, що введення в аглоши-

хту концентрату ВМС у непідготовленому вигляді у кількості більше 15 % знижує технологічні показники процесу агломерації.

Дослідження процесу агломерації проводили на устаткуванні дослідного виробництва інституту "Механобрчормет". Змішування, зволоження і грудування шихти здійснювали в **чашовому згрудковувачі** діаметром 1,0 м. Підготовлену шихту спікали на напівпромисловому агломераційному устаткуванні із чашею круглого перетину діаметром 280 мм і висотою 400 мм, обладнаною вакуум-камерою, запальним горном і тягодуттьовим пристроєм. Контроль процесу спікання здійснювався контрольно-вимірювальними приладами.

Досліди щодо спікання проводилися відповідно до розробленої матриці планування експерименту. Регульованими параметрами процесу спікання агломерату з використанням концентрату ВМС були: час запалювання, розрідження під час спікання, масова частка гранул, повернення, коксовий дріб'язок. Під час процесу спікання фіксувалися підконтрольні параметри: швидкість фільтрації повітря спікання й охолодження, температура відхідних газів, масова частка марганцю, втрати за умов прожарювання. Як вихідні технологічні параметри процесу агломерації взято: механічну міцність агломерату (ДСТУ-3200-95) і питому продуктивність агломераційного устаткування.

Щоб порівняти технологічні параметри процесу агломерації дослідження проводили, використовуючи у аглошихті концентрат ВМС у непідготовленому вигляді з його попереднім згрудкуванням. Складовими рудної частини аглошихти були окисний II сорту та карбонатний гравітаційний концентрати. Як тверде паливо використовували коксовий дріб'язок, що застосовувався на Богданівській аглофабриці, крупністю 0,5 – 3,0 мм із масовою часткою вуглецю 80,0% і золи 14,0%.

Збільшення масової частки концентрату ВМС понад 15 – 20% призводить до погіршення фізичних і газодинамічних властивостей аглошихти, що надалі знижує технологічні параметри спікання і якості агломерату. Якщо масова частка концентрату ВМС у непідготовленому вигляді в аглошихті дорівнює 40 – 60%, то процес агломерації важко здійснити. Внаслідок більш низької вологоємності карбонатного гравітаційного концентрату, більшої ніж середній розмір часток і більшої їх шорсткості у порівнянні з окисним гравітаційним концентратом II сорту, вплив домішок концентрату ВМС на шихту меншою мірою позначається на погіршенні технологічних показників. Під час спікання карбонатного концентрату з домішками концентрату ВМС і наявністю високої масової частки летких складових, зменшується вихід придатного агломерату і збільшується швидкість фільтрації відхідних газів. У поєднанні з терморуїнуванням шматкового карбонатного концентрату це призведе до значного збільшення винесення пилу під час спікання.

Використовуючи в аглошихті гранули концентрату ВМС, поліпшуються характеристики шару спі-

кання. Внаслідок підвищення газопроникності шихти можливе проведення процесу спікання у вищому шарі за необмеженої кількості частки гранул у рудній частині аглошихти. З такою технологією усувається момент заочухання твердого палива в гранули, що знижує питому витрату коксового дріб'язку.

З'ясовано, що додавання концентрату ВМС в аглошихту у непідготовленому вигляді у кількості від 15 до 30% і від 30 до 50% знижує відповідно питому продуктивність агломераційної установки на 25 і 50% і міцність агломерату та збільшує втрати вихідного матеріалу.

Досліджували і другий спосіб попереднього обкускування тонкодисперсних концентратів методом брикетування без сполучної складової та підвищенні тиску пресування до 30 МПа. Було отримано партію брикетів для подальшого дослідження спікання агломерату з використанням в аглошихті сирих брикетів розміром 15x15x20 мм.

За результатами дослідів з агломерації встановлено, що за умов вмісту у шихті 30 – 40% брике-

тів, висота шару спікання може бути збільшена до 700 – 900 мм.

У процесі переробки шламів, що утворюються під час збагачення оксидних марганцевих руд, на високоінтенсивних магнітних сепараторах здобували концентрат з високою питомою поверхнею і підвищеною вологоємністю. Концентрат високоінтенсивної магнітної сепарації марганцевих шламів містить: %:33,0 Mn; 24,8 SiO₂; 2,9 Al₂O₃; 6,2 FeO; 0,435 P₂O₅ та інші складові. Дійсна щільність концентрату становить 3420 кг/м³, питома поверхня 250 м²/кг; насипна щільність 1500 кг/м³, кут природного укусу 43,5. град. Концентрат характеризується високою вологоємністю, вміст води в ньому після фільтрації становить 30 – 40%. Концентрат грудкували в чашових згрудковувачах діаметром 1 і 2 м, здобуваючи сирі котуни рівномірного гранулометричного складу (діаметром 14 – 18 мм) без додавання **зміцнювачів**, з подальшою термообробкою. Оптимальні параметри котунів наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Оптимальні параметри термообробки котунів

Технологічні режими	Тривалість термообробки, хв.	Температура теплоносія, °С		Швидкість фільтрації, м3/(м2·с)	Розрідження, x103Па
		На вході	На виході		
Підігрів верху шару	1,5-2,0	200	30-40	0,3-0,5	2,00
Сушіння дуттям знизу	12,0	350	80-90	1,2-1,4	5,00
Сушіння дуттям зверху	3-4	350	80-90	1,1-1,2	5,00
Нагрівання	6-7	700-900	200-350	1,1	5,00
Випал	12-15	1150-1180	400-500	0,9-1,0	5,00
Рекуперація	3,0	1000	500	0,9	5,00
Охолодження	15-16	20-25	800-300	1,3-1,4	5,00

Спеціальні дослідження показали, що введення до складу шихти 1,0 – 1,2% тонко подрібненого твердого палива інтенсифікує процес випалу, знижує температурний інтервал між горизонтами шару випалу, збільшує питому продуктивність устаткування. Основні усереднені показники якості котунів без твердого палива (чисельник) і з додаванням 1% антрациту (знаменник) такі: міцність на стиснення, кН/котун 1,6/1,27; міцність на удар (фр. +5 мм), % — 90 / 87; питома продуктивність, т/(м² год) — 0, 57 / 0,72.

Для розробки технологічних схем і процесів повторного використання промислового пилу і шламів ПАТ "НЗФ" виконано комплексні дослідження їх хімічного й мінералогічного складу, визначено фізичні властивості, відпрацьовано режими згрудкування та агломерації. Склад суміші шламів і пилу за середньозваженими показниками такий, %: Mn – 25,6; Fe₂O₃ – 3,5; SiO₂ – 21,8; CaO + MgO – 10,8. Вміст марганцю в шламах аглоцеху сягає 30,0%. До особливостей шламів варто віднести їх високу молекулярну вологоємність, що становить 29,7 – 32,1% і свідчить про їх складну здатність до фільтрування. Досліджуючи мінералогічний склад шламів і пилу методами мікроскопічного, рентге-

нівського й термогравіметричного аналізу встановлено, що шлами плавильних цехів представлено приблизно на 40-60% глиноземистими частками й силікатним склом, з підвищеною масовою часткою лужних металів, на 30% дуже тонкою домішкою кальциту й частково родохрозиту, 2 – 5% гаусманіту, брауніту та гідроксидами марганцю і заліза. Уламкові частки представлені кварцом, силікатами, оксидами марганцю. Повна питома поверхня суміші пилу і шламів 381,1 м²/кг; насипна щільність 1200 – 1350 кг/м³; температура розм'якшення 940 – 1000°С.

Досліджувалася можливість видобутку з пилу і шламів поточного виробництва котунів, придатних для виплавки стандартних сплавів, для цього було відпрацьовано режим фільтрування, грудкування і випробування отриманих окотнів. Одержано сирі котуни із середнім діаметром 12 – 20 мм, що витримують роздавлювання силою 22 – 30 Н/котун.

Міцність висушених котунів (t сушіння = 250 – 300°С) на стискання становила 120-160 Н/котун. Слід зазначити, що під час їх транспортування і вивантаження на склад готової продукції значна частина котунів руйнувалася. Насипна щільність сухих котунів становила 1020 – 1025 кг/м³. Під час

випробування сухих котунів за ДСТУ 3200495 міцність їх на удар становила в середньому 64,5% (від 58 до 70%) і стирання – 15,0% (від 9 до 26%).

Більше перспективним видається розроблений нами і викладений вище напрямок використання дрібнодисперсних продуктів для збагачення руд. Це вмотивовано ще і врахуванням фракційного складу пилу і шламів, представленого, в основному, частками – 0,044 мм. Шлами підсушені до масової частки вологи 18 – 20% розпушували у змішувачі (роторний або бігунковий), змішували з пилом і гранулювали. У гранулятор за допомогою форсунок розпилювалася вода в кількості, що забезпечувала масову частку вологи в гранулах на 24 – 33%, враховуючи, що розмір гранул був у межах 2 – 8 мм.

Процес здобування гранул був також випробуваний на промисловому устаткуванні, чашовому згрудковувачі діаметром 5,5 м. Установлено, якщо масова частка вологи у вихідних шламах 22 – 24%, кут нахилу згрудковувача 48 – 50° і швидкість його обертання $0,18 \text{ сек}^{-1}$ (11 об/хв.) утворюються гранули на 90% представлені фракціями в межах 3 – 5 мм. Під час транспортування і перевантаження таких гранул руйнування їх незначне, а випробування на удар показало руйнівність 3 – 5%.

Відпрацьовування процесу агломерації з використанням гранул діаметром 2 – 8 мм здійснювалися зі зміною їхньої масової частки в рудній частині від 10 до 50 %. Спікання шихти здійснювалося в шарі висотою 0,35 м. Масову частку повернення в шихті взяли за постійну – 25%. Аналіз результатів, отриманих під час спікання агломерату, показав, що зі збільшенням масової частки гранул зі шламів і пилу в аглошихті до 15% міцність агломерату на удар і стирання практично не знижується; зі збільшенням частки шламів до 30% міцність знижується на 2 – 3% (абсолютних); за більшого

збільшення на 4-5%. Крім цього, перевищення частки гранул понад 30% призводить до помітного погіршення якості агломерату за вмістом марганцю й питомому вмісту фосфору. У такий спосіб оптимальна частка гранул у шихті встановлена в межах 15 – 30%.

Основною відмінною рисою досліджуваної марганцевої сировини закордонних виробників є низький модуль фосфору $P/Mn < 0,0035$ і кремнезему SiO_2/Mn від 0,5 і нижче, що дозволяє досягати високих техніко-економічних показників виробництва марганцевих феросплавів.

За допомогою порівняльного аналізу металургійної цінності вітчизняної й імпоротної сировини встановлено, що під час виробництва силікомарганцю у зв'язку з низькою температурою плавлення ШМП частка його в шихті не повинна перевищувати 40 – 45 % (сплав з Р до 0,35 %). Для одержання сплаву з фосфором від 0,15 до 0,20 % доцільно використовувати імпорту руду з підшихтовою ШМП.

На підставі виконаних досліджень встановлено, що із введенням в аглошихту 30 – 50% концентрату ВМС продуктивність агломераційної установки знижується на 25 – 50 %, погіршуються показники міцності агломерату, збільшується винесення пилу.

Розроблено технологію переробки дрібнодисперсних марганцевих матеріалів, концентрату збагачення шламів методом високоінтенсивної магнітної сепарації (ВМС) шламів і пилу виробництва феросплавів, що включає їх часткове додрібнення і підсушування, змішування, гранулювання та агломерацію у високому шарі. Визначено оптимальні параметри агломерації, що дозволяють проводити процес без зниження технологічних показників з використанням в аглошихті 30 – 45 % концентрату ВМС.

REFERENCES

1. Гасик М.И., Лякишев Н.П. Физикохимия й технология электроферросплавов: Підручник для вузів. - Дніпропетровськ: ГНПП "Системні технологи", 2005. - 448 с.
2. The comprehensive analysis of physical and chemical properties and metallurgical value of foreign manganese raw materials used during ferroalloy production /S.G. Grishenko., V.V.Krivenko, AN. Ovcharuk, V.I. Olshansky, I.Yu. Filippov // Proceeding of the fourteenth international ferroalloys congress. Infacon XI Energy efficiency and environmental friendliness are the future of the global Ferroalloy industry, Ukraine, Kiev, May 31-June 4, 2015. Volume II - P. 436-446.
3. Кучері А.Г. Дослідження фізико-хімічних перетворень у карбонатних марганцевих концентратах при їхній термічній обробці. - У кн.: Актуальні проблеми й перспективи електromеталургійного виробництва. - Дніпропетровськ: ГНПП "Системні технологи", 1999. - С.48-54.
4. Кривенко В.В., Овчарук А.Н. Дослідження впливу механічного й теплового впливу на марганцеві концентрати й агломерати в окисних і відбудовних умовах // Металургійна й гірничорудна промисловість. 2002. - № 2 - С. 21-23.
5. Грищенко С.Г., Райченко Т.Ф., Москалева Н.М. Про взаємозв'язок хіміко-мінералогічного складу й востановимости марганцеворудних матеріалів різних родовищ. Повідомлення 1. Особливості генезису й стану вихідних марганцеворудних матеріалів // Изв. АН СРСР. Метали. 1991. - №3. - С.13
6. Гасик М.И. Марганець. - М: Металургія, 1992. - 608 с.
7. Грищенко С.Г., Проскурін Т.П., Люборец І.И. Сучасний стан і перспективи розвитку видобутку й переробки марганцевої сировини на Україні // Сталь. - 1992. №10-і С. 39 -41.
8. Трюханов Л.Г., Приходько І.Т., Куценко В. Ф. Напівпромислові випробування по селективній підготовці агломераційної шихти /," Теоретичні основи й технологія підготовки металургійної сировини до доменної плавки: Тези доповідей на Республіканській науково-технічній конференції- Дніпропетровськ. - 1980.