

Винахід відноситься до металургії і може бути використаний при спіканні агломерату й утилізації дрібнодисперсних шламів в агломераційному виробництві.

Найбільш розповсюджений спосіб агломерації руд і концентратів з використанням дрібнодисперсних шламів включає попереднє огрудкування агломераційної шихти з додавкою шламу без попередньої його підготовки з наступним спіканням (Вторинні матеріальні ресурси чорної металургії: довідник у 2-х т. — Т.2: Шлаки, шлами, відходи збагачення, залізних і марганцевих руд, відходи коксохімічної промисловості, залізний купорос/ В.П. Барішников, О.М. Горелов, Г.І. Попков та ін. — М.: Економіка, 1986. — 344 с.)

Звичайний спосіб агломерації руд і концентратів не дозволяє вирішити задачу, що стоїть перед винаходом, тому що через винятково високу дисперсність шламів їхнє введення в агломераційну шихту без попередньої підготовки приводить до істотного скорочення продуктивності агломераційних установок за рахунок зниження газопроникності шихти і погіршенню якості агломерату за рахунок збільшення кількості неспечених включень. Для ослаблення негативного впливу шламу на агломераційний процес його витрату в агломераційну шихту звичайно обмежують 120 - 190кг/т агломерату.

Відомий спосіб агломерації руд і концентратів, що включає введення в агломераційну шихту 15 - 35% опечених залізрудних окатишів, огрудкування шихти з наступним спіканням (А.С. СРСР № 1659504, кл. 3 21В1/16, 1991, БВ № 24).

Відомий спосіб агломерації збільшує продуктивність агломераційних машин за рахунок підвищення газопроникності агломераційної шихти, але не дозволяє цілком вирішити задачу, що стоїть перед винаходом, тому що не усуває негативного впливу дрібнодисперсного шламу на продуктивність агломераційних машин і якість агломерату. Витрата шламів в агломераційну шихту у відомому способі також обмежена. Крім того, збільшується вартість агломерату через застосування дорогих окатишів, готових до використання у доменному виробництві.

Найбільш близьким до винаходу відомим способом агломерації руд і концентратів, прототипом, є спосіб, що передбачає брикетування частини концентрату у валкових пресах, попереднє огрудкування агломераційної шихти з наступним спіканням (Вегман Е.Ф. Теорія і технологія агломерації. — М.: Металургія, 1974. — 288с.).

Відомий спосіб агломерації також підвищує продуктивність агломераційних машин за рахунок підвищення газопроникності агломераційної шихти, але не дозволяє цілком вирішити задачу, що стоїть перед винаходом, тому що не усуває негативний вплив на продуктивність аглоустановок і якість агломерату найбільш дрібнодисперсного компоненту агломераційної шихти, шламу. Щоб уникнути зниження продуктивності агломашин витрату шламу необхідно обмежувати.

В основу винаходу поставлена задача створення способу агломерації руд і концентратів з використанням дрібнодисперсних шламів, у якому зміна порядку підготовки шламів до спікання дозволить підвищити газопроникність агломераційної шихти і за рахунок цього збільшити продуктивність агломераційних машин і якість агломерату, а також необмежено збільшити витрату шламів в агломераційну шихту.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі агломерації руд і концентратів з використанням дрібнодисперсних шламів, який включає попереднє огрудкування агломераційної шихти, що містить дрібнодисперсний шлам, з наступним спіканням, відповідно до винаходу шлам перед введенням в агломераційну шихту брикетують. Поставлена задача вирішується також тим, що шламові брикети дроблять до крупності 1,6 - 8,0мм.

До складу агломераційної шихти входять наступні залізрудні компоненти: агломераційна залізна руда крупністю до 10мм; залізрудний концентрат з розміром часток до 0,074мм; повернення крупністю до 10мм, відсів готового агломерату недостатньої крупності для завантаження в доменну піч і повернутий до складу агломераційної шихти; колошниковий пил до 2мм; залізовмісний шлам з розміром часток до 0,05мм; інші залізовмісні добавки.

Агломераційний процес заснований на фільтрації повітря через шар шихти. Високі продуктивність агломераційних машин і якість агломерату забезпечуються за рахунок високої газопроникності шару шихти, що спікається. Наявність в агломераційному шарі дрібних часток шламу, концентрату і колошникового пилу перешкоджає проходу газів. Для підвищення газопроникності агломераційної шихти перед спіканням роблять її зволоження до 7 - 8% й огрудкування в обертовому барабані - огрудкувачі. У ході процесу огрудкування дрібні частки накочуються на поверхню великих та утворюють гранули діаметром 1 - 10мм.

Відповідно до механізму огрудкування у складі агломераційної шихти виділяють центри огрудкування, частки крупніше 1,6мм, на які накочуються дрібні частки, фракцію менш 0,4мм, що огрудковується, накочуються на поверхню гранул, і проміжну фракцію з розміром часток 0,4 - 1,6мм, що приймає незначну участь у процесі огрудкування (В.І. Коротич. Основи теорії і технології підготовки сировини до доменної плавки. — М.: Металургія, 1978. — 208 с.). До центрів огрудкування відносяться залізна руда і повернення. Фракцію, що огрудковується, представляють шлам, концентрат, дрібні частки колошникового пилу. Зі збільшенням кількості центрів огрудкування у шихті якість огрудкування і газопроникність огрудкованої шихти зростає. Відповідно підвищується продуктивність агломераційних машин і якість агломерату. Фракція, що огрудковується, входить до складу гранул тільки частково. Збільшення змісту часток, що огрудковуються, у складі шихти супроводжується підвищенням кількості неогрудкованого дріб'язку. Неогрудковані дрібні частки знижують газопроникність шару. Відповідно знижується продуктивність агломераційної машини. Через великий опір потік повітря рухається через шар, що спікається, з підвищеним змістом дрібних часток по окремих каналах. Області, де потік повітря недостатній, містять неспечені включення. Якість агломерату знижується. Найбільший опір проходу газів робить шлам, що містить самі дрібні частки. Щоб уникнути значного зниження продуктивності агломашин і якості агломерату витрату шламу в агломераційну шихту звичайно обмежують 120 - 190кг/т агломерату. Це скорочує можливість утилізації шламів, приводить до їхнього нагромадження в шламовідстійниках і вимагає додаткових площ для нових шламонакопичувачів.

Щоб виключити негативний вплив дрібнодисперсного шламу на показники агломераційного процесу можна перед огрудкуванням піддавати шлам холодному брикетуванню. У якості сполучного при виробництві

брикетів доцільно використовувати вапно або вапняний пил, дрібнодисперсний продукт очистки газу вапняно-випалювальних печей. Це дозволить виключити зниження змісту заліза в офлюсованному агломераті через добавки сполучного, тому що вапно та вапняний пил є флюсом, уведення якого до складу агломераційної шихти необхідно для досягнення заданого хімічного складу агломерату. Брикетувати шлам доцільно на найбільш продуктивних вальцових пресах. Однак можливе використання пресів інших конструкцій. Механічна міцність шламових брикетів для агломерації, достатня для їхнього транспортування до барабана огрудкувача і виконання функції центрів огрудкування, легко досягається вже при невеликих зусиллях пресування до 10 - 15 МПа (100 - 150 кг/см<sup>2</sup>). Брикетований шлам не тільки не знижує газопроникності шару, що спікається, але і виконує функцію додаткових центрів огрудкування, поліпшуючи якість огрудкування і підвищуючи газопроникність шару, що спікається. Збільшення кількості брикетованого шламу в агломераційній шихті буде сприяти підвищенню продуктивності агломераційних машин і якості агломерату. Це дозволить збільшити витрату шламу в аглошихту понад 120 - 190 кг/т агломерат. Можливе спікання агломерату з високою продуктивністю із шихти, що на 100% складається із брикетованого шламу. Таким чином, брикетування шламу перед огрудкуванням вирішує задачу, що стоїть перед винаходом.

Звичайно на вальцових пресах одержують відносно великі брикети, 12 - 40 мм. У той же час дуже великі частки з розміром більш 8 мм формують надмірно великі гранули, що не прогриваються і не спікаються при агломерації. Це приводить до зниження якості агломерату і збільшенню кількості повернення з частками дрібніше 10 мм. Виробництво придатного агломерату з крупністю шматків більш 10 мм, призначеного для завантаження в доменну піч, зменшується. У таблиці 1 описаний вплив уведення часток шламового кришива на розвиток процесу спікання агломерату.

Таблиця 1

Вплив часток різної крупності в складі агломераційної шихти на показники процесу спікання агломерату

Крупність часток, мм		
менш 1,6 мм (не брикетований шлам)	1,6 - 8,0 мм (шламове брикетне кришиво)	більш 8,0 мм (великі недроблені брикети)
Частки не є центрами огрудкування. Значна їхня частина не огрудковується і залишається в агломераційній шихті, знижуючи її газопроникність. Повітря та інші гази проходять по окремих каналах. Продуктивність агломераційної машини і якість агломерату знижуються.	Частки є центрами огрудкування. Дрібні частки накочуються на їхню поверхню, утворюючи гранули. Газопроникність шару, що спікається збільшується. Якість агломерату і продуктивність агломераційних машин зростають.	Є центрами огрудкування надмірно великих гранул, що не прогриваються і не спікаються під час агломерації. Сприяють зниженню якості агломерату, збільшенню виходу повернення і зниженню виходу придатного агломерату.

Таким чином, застосування шламових брикетів крупніше 8 мм і дрібніше 1,6 мм не дозволяє цілком вирішити задачу, що стоїть перед винаходом. Тому великі брикети розміром 12 - 40 мм необхідно дробити перед введенням в агломераційну шихту до 1,6 - 8 мм. Уведення до складу агломераційної шихти брикетного кришива крупністю 1,6 - 8,0 мм дозволяє цілком вирішити задачу, що стоїть перед винаходом.

Одержати брикетне кришиво з розміром часток 1,6 - 8,0 мм можна без застосування дроблення при виробництві брикетів необхідного розміру, їх можна робити шляхом пресування зі шламу дрібних таблеток, наприклад 6-6,2 мм. Однак зі зменшенням розмірів брикетів скорочується продуктивність вальцового пресу. Можливо також протискування шламової суміші через фільтри з діаметром отворів 3 - 5 мм. При цьому одержують брикети у виді тонкої соломки, після підсушування легко ламкої поперек при перевантаженнях, змішуванні й огрудкуванні.

Спосіб агломерації руд і концентратів з використанням брикетованих дрібнодисперсних шламів був реалізований у лабораторних умовах в агломераційній чаші ємністю 5 кг аглошихти. До складу шихти в кожному експерименті вводили 5,58% палива (дрібного коксу крупністю менш 3 мм), 14,96% флюсу (сирого вапняку), 22,32% повернення, 12,05% агломераційної руди, 28,57 - 37,05% концентрату, 8,04 - 16,52% шламу. У розрахунку на 1 т агломерату витрата шламу складала 89 - 185 кг. Шихтові матеріали в заданих пропорціях ретельно перемішували совком, воложили (витрата води 6,7% від маси шихти) і огрудковували у лабораторному огрудкувачі. Огрудковану шихту завантажували в агломераційну чашу. Висота шару складала 250 мм. Розрідження у вакуум-камері 10 кПа. Умови спікання були близькими до промислових. Шлам до складу агломераційної шихти в різних експериментах вводили без попередньої підготовки, у виді брикетного кришива крупністю менш 8 мм і у виді соломки діаметром 4 мм. Брикетування шламу здійснювали у циліндричній прес-формі з плоскими штемпелями на ручному гвинтовому пресі з зусиллям 35 - 40 МПа (350 - 400 кг/см<sup>2</sup>). У якості сполучного використовували гидратований вапняний пил у кількості 17 - 20% від маси брикету. У суміш шламу з вапняним пилом перед пресуванням додавали 16% води для поліпшення умов брикетування. Брикети циліндричної форми висотою і діаметром 30 мм сушили при температурі 300°C протягом 30 хв. у сушильній шафі. Брикети дробилися до крупності менш 8 мм у шоківій дробарці. Виготовлення соломки робили протискуванням тієї ж шихтової суміші через фільтр з діаметром отворів 4 мм із наступним сушінням протягом 20 хв. у сушильній шафі при температурі 300°C. Результати спікань приведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати спікання агломерату в агломераційній чаші при різних способах підготовки шламу, що

ВВОДИТЬСЯ В ШИХТУ

Показник	№ експерименту				
	1	2	3	4	5
Витрата шламу, кг/т агломерату: невідготовленого	89	185	89	-	51
кришва - 8мм	-	-	96	185	-
соломки діаметром 4мм	-	-	-	-	134
Зміст гранул діаметром менш 1мм в огрудкованій шихті, %	3,35	6,14	0,59	0,38	1,17
Тривалість спікання, хв.	9,0	12,5	7,5	6,5	7,0
Вихід придатного агломерату, + 10мм, %	68,75	61,25	80,28	82,50	75,52
Барабанна проба + 5мм, %	57,58	51,52	69,29	72,72	70,43
Продуктивність агломераційної установки:					
питома, т/(м <sup>2</sup> ·ч)	1,094	0,693	1,668	1,796	1,720
відносна, %	100	63,4	152,5	164,2	157,2
	(157,8)	(100)	(240,7)	(259,0)	(248,1)

Збільшення витрати невідготовленого шламу (експеримент № 2) у 2 рази в порівнянні з базовим спіканням (експеримент № 1) супроводжується зниженням продуктивності агломераційної установки на 36,6% і механічної міцності агломерату. Про зниження міцності агломерату свідчить зменшення виходу придатного агломерату і показника барабанної проби, виходу фракції агломерату + 5мм після руйнування у барабані. Уведення шламу в агломераційну шихту у виді кришва (експеримент № 3 і 4) та у виді соломки (експеримент № 5) навпроти супроводжується збільшенням продуктивності агломераційної установки на 52,5 - 64,2%. При рівній витраті невідготовленого і брикетованого шламу, 185кг/т агломерату, (порівняння експериментів № 3 - 5 з експериментом № 2) продуктивність агломераційної установки збільшується в 2,5 рази. Також збільшується механічна міцність агломерату. Зменшення змісту фракції менш 1мм в огрудкованій перед спіканням агломераційній шихті з 3,35 - 6,14% до 0,35 - 1,17% після введення в її склад шламового кришва або шламової соломки свідчить про збільшення якості огрудкування і підвищення газопроникності агломераційної шихти. Зі збільшенням витрати брикетованого шламу продуктивність агломераційної установки і міцність агломерату зростають. Таким чином, можливо будь-яке збільшення витрати брикетованого шламу в агломераційну шихту без зниження продуктивності аглофабрики.

Виробництво агломерату з введенням в агломераційну шихту брикетованого шламу у виробничих умовах ілюструється схемою (фіг.1 - усереднювальний склад; 2 - відділення випалу вапняку; 3 - дозування шламу і вапна або вапняного пилу; 4 - змішувач шламу і вапна або вапняного пилу; 5 - брикетний прес для пресування шламових брикетів; 6 - сушіння брикетів; 7 - шокова дробарка шламових брикетів; 8 - сито; 9 - чотирьохвалкова дробарка палива; 10 - молоткова дробарка вапняку; 11 - дозувальне відділення; 12 - барабан змішувач; 13 - барабан огрудкувач; 14 - агломераційна конвеєрна машина; 15 - валкова дробарка агломерату.

У промислових умовах виробництво агломерату з введенням в агломераційну шихту брикетованого шламу здійснюють у такий спосіб. У складі аглофабрики будують нову ділянку, що включає дозування 3 і змішувач 4 шламу й сполучного, вальцювий прес 5, прохідне сушило 6 і дробарку 7, шокову чи іншої відомої конструкції. Аглоруду, концентрат і залізовмісні добавки подають на усереднювальний склад 1, де усереднюють у штабелі. З відділення випалу вапняку 2 у штабель залізородних матеріалів подають вапно або вапняний пил. Усереднену залізородну шихту з добавкою вапна з усереднювального складу стрічковим конвеєром передають у дозувальне відділення 11. Паливо, коксик дрібніше 25мм чи антрацитовий штаб, дроблять на чотирьохвалковій дробарці 9 до крупності менш 3 мм. Дроблене паливо подають у дозувальне відділення 11. Флюс, сирий вапняк, дроблять у молотковій дробарці 10 до крупності менш 3мм. Дроблений вапняк розсівають на ситі 8 і частки крупніше 3мм направляють на повторне дроблення. Вапняк менш 3мм подають у дозувальне відділення 11. Шлам і вапняний пил або вапно подають у нове відділення брикетування шламів 3 - 8. Шлам і вапняний пил надходять у бункери дозування 3. У заданих пропорціях їх подають збірним конвеєром у малий барабан змішувач 4. Шламову суміш воложать і подають на прес 5. Шламові брикети сушать у прохідному сушилі 6 при температурі 200 - 300°С і дроблять до крупності менш 8мм у дробарці 7. Після дроблення брикетне кришво розсівають на ситі 8. Фракцію крупніше 8мм подають на повторне дроблення. Частки дрібніше 1мм брикетують повторно. Кришво крупністю 1 - 8мм конвеєром подають у дозувальне відділення 11. Витрата сирого вапняку у дозувальному відділенні знижують з урахуванням введення додаткового флюсу зі шламом. У дозувальному відділенні 11 компоненти агломераційної шихти дозують у заданих пропорціях на збірний конвеєр і подають до барабана змішувача 12. Змішану шихту похилим конвеєром транспортують до барабана огрудкувача 13, де шихту воложать і огрудковують, одержуючи гранули діаметром 1 - 10мм. Шламові кришво у складі агломераційної шихти, що виконує роль центрів огрудкування, поліпшує якість огрудкування і збільшує її газопроникність. Огрудковану шихту подають на агломераційну конвеєрну машину 14 й спікають. За рахунок підвищення газопроникності спікаемого шару продуктивність агломераційних машин значно збільшується. Готовий агломерат вивантажують з агломашини, дроблять на одновалковій дробарці 15 і розсівають на ситі 8. Агломерат крупніше 10мм подають у доменний цех. Повернення крупністю менш 10мм подають у дозувальне відділення для повторного введення в аглошихту. У новому відділенні брикетування шламу замість брикетного преса 5 може бути встановлений стрічково-вакуумний прес, на якому роблять соломку протискуванням через фільтр вапняно-шламової суміші. У цьому випадку зі складу відділення виключають дробарку 7 і сито 8. Шламову соломку направляють у дозувальне відділення 11. У нове відділення брикетування 3 - 8 поряд зі шламом при невеликій його витраті

можуть подавати частину концентрату. Попереднє брикетування частини концентрату також сприяє значному збільшенню продуктивності аглофабрики. При перебоях постачань сировини на металургійний завод аглофабрика з ділянкою брикетування шламу може працювати з високою продуктивністю на шихті, яка на 100% складається зі шламу.

Економічну ефективність запропонованого заходу оцінювали для умов аглофабрики продуктивністю 1,6 млн. т агломерату на рік, що частково забезпечує сировиною доменний цех. Відповідно до табл. 2 прийнято, що за рахунок застосування брикетування витрату шламу збільшили з 89 до 185кг/т агломерату. При визначенні збільшення продуктивності аглофабрики в промислових умовах прийнятий понижуючий коефіцієнт  $K = 0,5$ , у порівнянні з лабораторними даними. Очікуване збільшення продуктивності аглофабрики складе

$$(164,2 - 100) \cdot 0,5 = 32,1\%$$

Річна продуктивність аглофабрики в нових умовах складе

$$[(100 + 32,1)/100] \cdot 1,6 = 2,1 \text{ млн. т}$$

Економія за рахунок умовно постійних витрат

$$5,40 - 5,40 \cdot 100/(100 + 32,1) = 1,31 \text{ грн./т агломерату,}$$

де 5,40 - умовно постійні витрати при виробництві агломерату, грн./т.

Зниження вартості агломерату за рахунок заміни концентрату шламом

$$0,001 \cdot (185 - 89) \cdot [(50/64) \cdot 80 - 6] = 5,42 \text{ грн./т агломерату,}$$

де 50 і 64 - зміст заліза у шламі і концентраті, %;

80 і 6 - вартість 1т концентрату і шламу, грн./т.

Додаткові витрати на брикетування шламу складають 32 грн./т кришва

$$0,001 \cdot 32 \cdot 185 = 5,92 \text{ грн./т агломерату}$$

Зменшення вартості 1т агломерату

$$1,31 + 5,42 - 5,92 = 0,81 \text{ грн./т агломерату}$$

Річна економія за рахунок зниження вартості агломерату

$$0,81 \cdot 2,1 = 1,7 \text{ млн.}$$

Річна економія за рахунок заміни привізної сировини агломератом свого виробництва

$$(125 - 100) \cdot (2,1 - 1,6) = 12,5 \text{ млн. грн.,}$$

де 125 і 100 - вартість 1т привізної сировини й агломерату свого виробництва, грн./т.

Додаткові капітальні витрати на будівництво ділянки брикетування орієнтовно оцінюються у 9 млн грн.

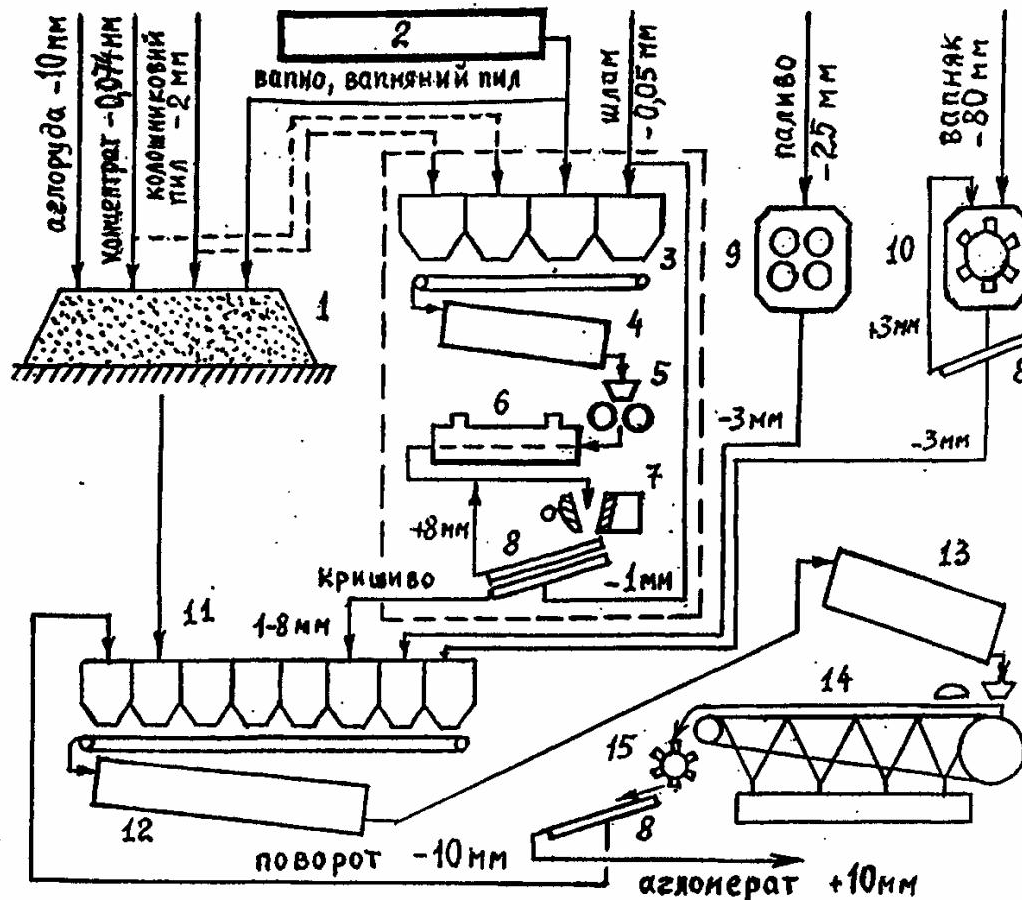
Річний економічний ефект складе

$$1,7 + 12,5 - 0,15 \cdot 9 = 12,85 \text{ млн. грн.,}$$

де 0,15 - нормативний коефіцієнт  $E_n$ .

Термін окупності витрат

$$9/(1,7 + 12,5) = 0,63 \text{ року (8 місяців).}$$



Фіг.