

– К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. – 29 с.

9. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 44 с.

10. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. К.: Мінрегіонбуд України, 2017 р. – 80 с.

УДК 669.162.16

Є.В. ЧУПРИНОВ, Ф.М. ЖУРАВЛЬОВ, кандидати техн. наук, доценти,

Д.О. КАССИМ, д-р техн. наук, проф.

Державний університет економіки і технологій

А.К. ТАРАКАНОВ, д-р техн. наук, проф.

Український державний університет науки і технологій

Ю.В. РЕКОВ, канд. техн. наук, доц.

Технічний університет «Метінвест політехніка»

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ДВОШАРОВОГО СПІКАННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ

Мета. Розробка удосконаленої технології спікання агломерату, що дозволяє підвищити питому продуктивність аглопроцесу, знизити питому витрату вуглецю твердого палива, зменшити вміст залишкового вуглецю та дріб'язку в агломераті, а також покращити характеристики міцності агломерату.

Методи дослідження. Для дослідження режимів агломераційного спікання двошарових шихт використовувалися лабораторні напівпромислові установки агломераційного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та Навчально-наукового технологічного інституту Державного університету економіки і технологій. Відпрацювання технологій отримання лабораторних шихт здійснювалося на лабораторному барабанному огрудкувачі. Визначення металургійних характеристик палива та огрудкованих матеріалів проводилося за методами Державних стандартів України: ДСТУ 4703:2006, ДСТУ 3206-95, ДСТУ 3200-95, ДСТУ 3202-95, ДСТУ 3205-95.

Наукова новизна. В статті вперше науково обґрунтовані оптимальні співвідношення кількості твердого палива, його крупності та реакційної здатності у верхньому та нижньому шарах аглошихти при її двошаровому спіканні.

Практична значимість. Розроблено вдосконалену технологію виробництва агломерату з оптимізацією витрати, гранулометричного складу та реакційної здатності твердого палива в шарах агломераційної шихти.

Результати. Проведені дослідження з вивчення режимів спікання двошарових шихт з різною кількістю та реакційною здатністю твердого палива у верхньому та нижньому шарах шихти, що спікається. У базову шихту вводили всю задану кількість палива з однаковою середньою реакційною здатністю ($CRI = 36,7 \%$). У дослідну шихту попередньо вводили до 30 % необхідної питомої витрати вуглецю, що вноситься високореакційним ($CRI > 37 \%$) твердим паливом, а решту необхідного вуглецю розподіляли нерівномірно по шарах шихти. У верхній шар вводили вуглецю на 5-15 % більше необхідної витрати на шар у вигляді високореакційного палива, а в нижній – на 2 % менше від необхідного у вигляді низькореакційного палива, моделюючи процес двошарового спікання шихти. Показано, що запропонована та відпрацьована технологія дозволяє підвищити продуктивність процесу виробництва агломерату, знизити питому витрату вуглецю твердого палива, зменшити вміст залишкового вуглецю та дріб'язку в агломераті, а також покращити характеристики міцності агломерату.

Ключові слова: агломерат, тверде паливо, реакційна здатність, питома продуктивність, міцність

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-127-131

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Верхньому горизонту агломераційного шару, що спікається, не вистачає для набуття агломератом необхідної міцності 40-50 % від необхідної кількості теплоти, у той же час нижній горизонт шару отримує за рахунок регенованої у верхніх горизонтах шару теплоти газами, що просмокуються, до 70 % надлишку. Це призводить як до погіршення середніх значень металургійних характеристик всього шару агломерату, так і до перевитрати твердого палива. Це вимагає вдосконалення технології спікання агломерату.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженнями авторів [1-3] уперше було показано, що при шаровому спіканні аглошихти на конвеєрних агломераційних машинах верхній і нижній горизонти шару отримують різну кількість теплоти від згоряння в шарі твердого палива. Запро-

поновані та випробувані тоді у промислових умовах варіанти зміни технології та завантажувального пристрою шихти на агломашину для збільшення кількості твердого палива у верхньому горизонті шару та, відповідно, збільшення приходу в цей шар теплоти, а також імпульсна подача та спалювання у шарі газу не дали очікуваних результатів [4-6]. Одночасно було вивчено вплив крупності та реакційної здатності твердого палива в аглошихті на агломераційний процес та властивості агломерату, визначено оптимальну (0-3 мм) крупність палива та межі раціональних змін його кількості у сумішах з різною реакційною здатністю [7-10]. Було розроблено та вивчено технологію двошарового спікання аглошихти з різною кількістю твердого палива в кожному шарі [11-14]. При певному ускладненні технологічної схеми підготовки та укладання двох шихт на агломашину, така технологія дозволяє, за рахунок перерозподілу кількості твердого палива у верхньому та нижньому шарах, підвищити характеристики міцності агломерату. Однак, при цьому дещо збільшується газодинамічний опір шару, що спікається, і підвищується вміст залишкового вуглецю у його верхній частині. Отже, не всі можливості цієї технології вичерпані і потрібне її вдосконалення. Розроблені способи [15-17] показали, що оптимізація кількості, крупності та реакційної здатності твердого палива у верхньому та нижньому шарах аглошихти сприяє суттєвому поліпшенню металургійних характеристик сировини та підвищенню питомої продуктивності агломашини.

Постановка задачі: дослідити і відпрацювати режими спікання двошарових шихт, що забезпечують зниження питомої витрати палива та поліпшення металургійних характеристик агломерату.

Викладення матеріалу та результати. Для відпрацювання оптимальної технології спікання агломерату проведені дослідження з вивчення режимів спікання двошарових шихт з різними кількостями і реакційною здатністю твердого палива в верхньому і нижньому шарах шихти, що спікається. Дослідження проводилися на напівпромислових лабораторних установках типу «аглочаша», що дозволяють адекватно моделювати промисловий процес: лабораторній напівпромисловій установці агломераційного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» з внутрішнім розміром чаші 300 × 300 мм, висотою шару, що спікається, 300-500 мм (рис. 1); лабораторній напівпромисловій установці Навчально-наукового технологічного інституту Державного університету економіки і технологій з внутрішнім діаметром чаші 100 мм, висотою шару, що спікається 300 мм (рис. 2).



Рис. 1. Лабораторна напівпромислова установка агломераційного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»



Рис. 2. Лабораторна напівпромислова установка ННТИ Державного університету економіки і технологій

Методикою проведення роботи передбачалося, що кількість і фізико-хімічні характеристики залізорудної і флюсової складової в верхньому і нижньому шарах аглошихти у всіх випробуваннях були постійними. Хімічний склад і теплотехнічні характеристики твердого палива, що використовувалось в шарах аглошихти також не змінювалися. Змінювалися лише кількість і реакційна здатність твердого палива у верхньому і нижньому шарах завантажуваної в аглочашу шихти. Газодинамічні та температурні параметри спікання аглошихти у всіх випробуваннях також витримувалися незмінними. В якості палива з низькою реакційною здатністю використовували антрацит, а з високою реакційною здатністю – коксовий дріб'язок.

У першу чергу було здійснено спікання базової шихти, в яку вводилася вся задана кількість твердого палива з однаковою середньою ($\text{CRI} = 36,7 \%$) реакційною здатністю і крупністю (0-3 мм). Режим спікання базової шихти відповідав прийнятим режимам на діючих аглофабри-

ках. У всіх дослідах для перевірки достовірності проводили по три спікання, при цьому отримані результати практично не відрізнялися між собою. У таблиці представлені середні арифметичні характеристики агломерату, отриманого з базової шихти. Якість агломерату, отриманого за розробленими технологіями, порівнювалася з агломератом з базової шихти.

В дослідну вихідну шихту попередньо вводили 10-30 % від усього розрахованого необхідного загального значення питомої витрати вуглецю, яке вносилося високореакційним ($CRI > 37\%$) твердим паливом. Після цього решту необхідного палива додавали роздільно: у верхню половину шару шихти вводили додатково вуглець твердого палива також з високою ($CRI > 37\%$) реакційною здатністю в кількості на 5-15 % більше середнього розрахункового значення вуглецю в усьому шарі, а в нижню половину шару вводили вуглець твердого палива з низькою ($CRI < 37\%$) реакційною здатністю в кількості на 10-20 % менше середнього розрахункового значення потрібного вуглецю у всьому шарі.

Уведення 10-30 % від розрахованого необхідного загального значення питомої витрати вуглецю, яке вноситься високореакційним ($CRI \geq 37\%$) твердим паливом у вихідну шихту для верхньої половини шару і рівномірний його розподіл в огрунтованій шихті по висоті всієї верхньої половини агломераційного шару за рахунок його займання при менших температурах дозволяє раніше створювати джерело теплоти та сприяти повному вигорянню в цій частині шару низькореакційного палива. Збільшена кількість високореакційного палива у верхній половині шару дозволяє отримати необхідну температуру і необхідну кількість теплоти для якісного спікання шихти в цій частині шару до моменту різкого охолодження агломерату холодним повітрям.

Результати випробувань, наведені в таблиці, показують, що оптимальні показники відповідають дослідним періодам 2 і 3 із зазначеними співвідношеннями вмісту вуглецю в шихті, а також у верхній і нижній половинах агломераційного шару шихти, що містять тверде паливо з високою ($CRI \geq 37\%$) і низькою ($CRI < 37\%$) реакційною здатністю. Отримані результати дозволяють підвищити питому продуктивність з 1,41 до 1,45-1,46 т/м²·год; питому витрату вуглецю твердого палива знизити з 52,3 до 50,6-51,1 (кг С)/т, вміст залишкового вуглецю в агломераті зменшити з 1,6 до 0-0,1 %, вміст дріб'язку в агломераті знизити з 8,5 до 6,7-7,2 %, а також покращити характеристики міцності агломерату.

Таблиця

Вплив кількості, крупності та реакційної здатності твердого палива у верхньому та нижньому шарах аглошихти на технологію спікання та якість агломерату

Періоди досліджень	Питома продуктивність аглочаші, т/м ² ·ч	Загальна питома витрата вуглецю, кг/т агломерату	Вміст вуглецю, %		Вміст залишкового вуглецю в агломераті, %
			розрахований у всьому шарі аглошихти	у шарах шихти в аглочаші	
Базовий: верх шару ($CRI=36,7\%$) низ шару ($CRI = 36,7\%$)	1,41	52,3	4,36		1,6
				4,36	2,8
				4,36	0,7
Дослідний 1: верх шару ($CRI > 37\%$) низ шару ($CRI < 37\%$)	1,30	51,9	4,29		0,6
				4,52	0,7
				4,06	0,4
Дослідний 2: верх шару ($CRI > 37\%$) низ шару ($CRI < 37\%$)	1,45	50,6	4,25		0,1
				4,58	0,1
				3,92	0
Дослідний 3: верх шару ($CRI > 37\%$) низ шару ($CRI < 37\%$)	1,46	51,1	4,31		0,1
				5,01	0
				3,39	0,1
Дослідний 4: верх шару ($CRI > 37\%$) низ шару ($CRI < 37\%$)	1,38	52,1	4,49		0,5
				5,23	0,7
				3,34	0,2

Періоди досліджень	Вміст дріб'язку 0-5 мм в агломераті, %	Барабанна проба, %		Вміст в агломераті, %		
		міцність на удар (+5 мм)	показник стираності (0-0,5 мм)	Fe _{аг}	FeO	основність, д.од.
Базовий: верх шару (CRI=36,7 %) низ шару (CRI = 36,7 %)	8,5	63,1	7,3	53,6	11,7	1,28
Дослідний 1: верх шару (CRI >37 %) низ шару (CRI <37 %)	8,3	63,2	7,1	53,5	11,9	1,30
Дослідний 2: верх шару (CRI >37 %) низ шару (CRI <37 %)	7,2	65,1	6,4	53,7	11,2	1,27
Дослідний 3: верх шару (CRI >37 %) низ шару (CRI <37 %)	6,7	66,3	5,7	53,9	11,3	1,29
Дослідний 4: верх шару (CRI >37 %) низ шару (CRI <37 %)	7,9	63,6	7,2	53,4	11,5	1,25

Висновки та напрямок подальших досліджень. У ході проведених досліджень було визначено оптимальні режими спікання із зазначеним співвідношенням вмісту вуглецю у двошаровій шихті. Показано, що використання палива з високою (CRI ≥ 37 %) та низькою (CRI < 37 %) реакційною здатністю за розробленою технологією дозволяє поліпшити середні значення металургійних характеристик всього шару агломерату та знизити питому витрату твердого палива. Запропонований спосіб агломерації дозволяє підвищити питому продуктивність агломераційного процесу, знизити питому витрату вуглецю твердого палива, зменшити вміст залишкового вуглецю в агломераті і поліпшити характеристики міцності агломерату. Напрямок подальших досліджень повинні стати промислові відпрацювання розробленої технології.

Список літератури

1. Сигов В.А. Агломерационный процесс / Сигов В.А., Шурхал В.А. – К.: Техника, 1969. – 232 с.
2. Структура и физические свойства агломерата из руд КМА, полученного на агломашине с площадью спекания 252 м² при двухслойной загрузке шихты / [Г.В. Коршиков, С.И. Шаров, Е.В. Невмержицкий и др.]. // Сталь. – 1971. – №1. – С. 3–8.
3. Снижение расхода твердого топлива на процесс спекания путем рационального перераспределения его по высоте загружаемого слоя / Ю.С. Кравец, В.Е. Шешегов, В.П. Маймур, В.Д. Кучук // Сталь. – 1984. – №7. – С. 7–9.
4. Изучение распределения гранул окомкованной агломерационной шихты при загрузке на спекательные тележки / [А.А. Вовк, П.М. Челгий, В.Е. Шешегов и др.]. // Металлургия и коксохимия. – Вып. 75. – 1982. – С. 8–11.
5. Новая технология загрузки шихты на агломашину / [Ю.С. Кравец, В.Е. Шешегов, П.М. Челгий и др.]. // Металлург. – 1982. – №9. – С. 15–17.
6. Оптимизация режима сжигания газообразного и твердого топлива при агломерации / [В.В. Дябин, А.Г. Михалевич, Б.Н. Серебренников и др.]. // Сталь. – 1984. – №7. – С. 8–11.
7. Карабасов Ю.С. Использование топлива в агломерации / Карабасов Ю.С., Валавин В.С. – М.: Металлургия, 1976. – 263 с.
8. Ефимов С.П. Влияние крупности топлива на процесс агломерации и качество агломерата / С.П. Ефимов, Г.Г. Ефименко // Известия вузов Черная металлургия. – 1970. – №9. – С. 21–24.
9. О механизме влияния крупности коксовой мелочи на агломерационный процесс / [Ю.С. Карабасов, А.Н. Похвиснев, Е.Ф. Шкурко и др.]. // Известия вузов Черная металлургия. – 1975. – №11. – С. 22–26.
10. Об эффективной реакционной способности агломерационного топлива и оптимальной высоте спекаемого слоя / [Ю.С. Карабасов, В.С. Валавин, В.Л. Севрюгин и др.]. // Известия вузов Черная металлургия. – 1975. – №3. – С. 36–40.
11. Хлапонин Н.С. О двухслойном спекании аглошихты / Н.С. Хлапонин, В.Н. Кривошеев, В.В. Андронов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1967. – №4. – С. 8–10.
12. Анализ газодинамической работы агломерационных машин АКМ-312 Новолипецкого металлургического комбината / [Ю.А. Фролов, Б.С. Расин, С.Л. Зевин и др.]. // Сталь. – 1993. – №2. – С. 5–10.
13. Ефименко Г.М. Подача топлива в агломерационную шихту на аглофабрике ЗСМК по двухслойной схеме / Г.М. Ефименко, В.В. Дябин, Б.И. Колокольников // Сталь. – 1974. – №10. – С. 876–878.
14. Михалевич А.Г. Степень использования топлива при различных режимах спекания / А.Г. Михалевич, А.И. Кузнецов, В.Е. Тихомиров // Известия вузов Черная металлургия. – 1979. – №9. – С. 149–151.

15. Патент України №78006, МПК C22B 1/16. Спосіб агломерації залізовмісних матеріалів / Журавльов Ф.М., Лялюк В.П., Тараканов А.К., Учитель О.Д., Кассім Д.О., Ляхова І.А., Чупринов Є.В. – № заявки 2012 08002. – Заявл. 27.06.2012. – Опубл. 11.03.2013. – Бюл. №5.
16. Патент України №78007, МПК C22B 1/16. Спосіб агломерації залізовмісних матеріалів / Журавльов Ф.М., Лялюк В.П., Тараканов А.К., Учитель О.Д., Кассім Д.О., Ляхова І.А., Чупринов Є.В. – № заявки 2012 08003. – Заявл. 27.06.2012. – Опубл. 11.03.2013. – Бюл. №5.
17. Патент України №76683, МПК C22B 1/16. Спосіб агломерації залізовмісних матеріалів / Журавльов Ф.М., Лялюк В.П., Ляхова І.А., Кассім Д.О., Чупринов Є.В. – № заявки 2012 08164. – Заявл. 03.07.2012. – Опубл. 10.01.2013. – Бюл. №1.

УДК 504.06.628.5

О. Є. ЛАПШИН, О. О. ЛАПШИН, доктори техн. наук, професори,
М. В. ХУДИК, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛЕКТИВНОГО ЗАХИСТУ ВІД ВИРОБНИЧОГО ШУМУ В ГІРНИЦТВІ

Мета. Видобування і переробка корисних копалин потребує використання потужних машин, механізмів та приладів, робота яких супроводжується надходженням у виробниче середовище інтенсивного шуму. Під шумом розуміють поєднання звуків різних інтенсивностей, частот та тиску, які негативно впливають на організм людини. Шум може викликати миттєву глухоту або пошкодження органу слуху. Метою цього дослідження є підвищення ефективності захисту працюючих в гірництві від виробничого шуму.

Методи дослідження. Для досягнення мети застосовувався комплексний метод дослідження, який передбачає аналіз існуючих способів зниження впливу шуму на працюючих, лабораторні дослідження ефективності захисту від виробничого шуму шляхом його поглинання в місцях шумоутворення.

Наукова новизна. Надано характеристику шкідливої дії виробничого шуму в гірництві, визначено ефективність звукоізолюючої здатності різних матеріалів, що покладено в основу рекомендацій з підвищення захисту працюючих від дії широкопasmового шуму.

Практичне значення. Розроблено конструкції абсорбційного глушника для вентиляторів місцевого провітрювання гірничих виробок і шумоізолюючої kabіни для машиністів гірничих машин, в основу яких покладено здатність поглинання широкопasmового шуму в звукопоглинаючих матеріалах.

Результати. Приведено кількісні величини рівнів шуму, які виникають при роботі перфораторів, вентиляторів місцевого провітрювання, станків глибокого буріння, дробильних установок та млинів на збагачувальних фабриках. Установлено ефективність звукопоглинання різних матеріалів, що дозволило розробити конструкції абсорбційного глушника шуму для осьових вентиляторів та шумоізолюючих kabін для машиністів гірничих машин і персоналу збагачувальних фабрик. В роботі запропоновано в якості колективного захисту працюючих в гірництві від виробничого шуму застосування глушників на виході з вентиляторних установок місцевого провітрювання. В якості звукопоглинаючого матеріалу в глушниках рекомендовано застосування мінеральної вати, що дозволяє знизити рівень шуму на 10-15 дБ. При неможливості зниження рівня шуму в місцях його утворення рекомендовано споруджувати звукоізоляційні kabіни з оглядовими вікнами та пультами дистанційного управління. Стіни таких kabін виконують з багатошарового звукопоглинаючого матеріалу, що дозволяє знизити рівень шуму в приміщенні камери нижче допустимих значень.

Ключові слова: виробничий шум, глушник шуму, звукопоглинальний матеріал, шумоізолююча kabіна, звукоізоляція, кожух, екран, навушник.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-131-137

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Розробка родовищ корисних копалин здійснюється за допомогою потужних гірничих машин і механізмів, які працюють з надходженням у виробниче середовище шуму з надмірною інтенсивністю. Щоденна праця обслуговуючого персоналу в умовах надмірного шуму призводить до розвинення у них професійної хвороби – приглухуватості або неврит слухового нерва. Статистичні данні свідчать про відсутність ефективних заходів боротьби з шумом в гірництві, про що свідчать численні випадки захворювань працюючих гірництва на неврит слухового нерва. Таке становище негативно впливає на загальні умови праці в гірництві, а також знижуються економічні показники підприємств через виплати за втрату працездатності працівників, які отримали професійне