

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗМЕНШЕННЯ НАДХОДЖЕННЯ ПИЛУ В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ПРИ СПІКАННІ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

У даній роботі проведений аналіз процесів грудкування аглошихти та механізму злипання сипучих матеріалів. Був розроблений лабораторний стенд для визначення сили адгезії на розрив сипучого матеріалу та проведено дослідження запиленості аглогазів, які викидались в атмосферне повітря при спіканні аглошихти. Було виявлено зменшення концентрації пилу в результаті обробки аглошихти розчинами ПАР і встановлені їх оптимальні витрати.

Ключові слова: аглошихта, поверхнево-активні речовини, адгезія, запиленість

Одним із потужних джерел забруднення атмосферного повітря пилом в промислових регіонах України є виробництво агломерату на металургійних підприємствах [1]. Виконані числені дослідження, в тому числі і авторами цієї роботи, показали, що надходження пилу в аглогази відбувається в основному, в процесі спікання аглошихти на стрічках аглофабрик [2, 3, 4].

Дослідження динаміки надходження пилу в аглогази впродовж стрічки спікання показує, що інтенсивність виносу пилу із аглошихти в значній мірі залежить від ступеню її грудкування в барабанах-грудковачах [5]. Наявність неогрудкованих дрібних фракцій аглошихти викликає інтенсивний їх винос із шару аглошихти на початку аглострічки та погіршення процесів спікання в її кінці, що супроводжується збільшенням аеродинамічного опору шару агломерату та підвищенням виносом пилу. Зменшити надходження пилу в аглогази та покращити технологічні показники агломераційних процесів можливо на основі підвищення якості грудкування аглошихти перед її спіканням.

Аналіз процесів грудкування аглошихти показує, що в його основі знаходяться механізми агрегації окремих частинок шихти, за якими в техніці оцінки стану сипучих матеріалів закріпився термін «злипання» [6]. Механізм злипання сипучих матеріалів досить складний. На ступінь злипання, в першу чергу, впливає вологість сипучих матеріалів. Вкриті плівкою води окремі частки сипучого матеріалу в більшій мірі утворюють агрегати, злипаються, чим недостатньо вологі. Абсолютно сухі сипучі матеріали взагалі не агрегуються. З метою інтенсифікації процесів грудкування аглошихти її вологість за допомогою зрошення доводять приблизно до 8...10 %.

Як показала практика грудкування обробленою водою аглошихти в «барабанах-грудковачах», значна доля дрібних фракцій матеріалу шихти не приймає участі в грудкуванні, надходить на стрічку спікання агломашин, звідки в вигляді пилу поступає в аглогази. Це обумовлено як недостатньою рівномірністю зволоження матеріалу аглошихти водою, так і недоліками, які знаходяться в самому механізмі фізико-хімічних процесів, що протікають при застосуванні води для зволоження сипучих матеріалів та їх грудкування.

В основі злипання зволжених сипучих матеріалів знаходяться процеси адгезії. Підвищити якість злипання (в нашому випадку грудкування) сипучих матеріалів можна шляхом зменшення роботи адгезії. Для зменшення роботи адгезії при обробці сипучих матеріалів рідиною нами запропоновано застосовувати водні розчини поверхнево-активних речовин (ПАР). Застосування ПАР для зменшення роботи адгезії в процесах грудкування аглошихти засновано на наступних їх фізико-хімічних властивостях: зниження поверхневого натягу їх розчинів на межі розподілу фаз та зменшення крайового кута змочення твердих поверхонь цими розчинами.

Робота адгезії тим більша, чим є більшим поверхневий натяг вихідних компонентів. З іншого боку, робота адгезії залежить від крайового кута змочування відповідного твердого тіла рідиною. В цілому робота адгезії записується рівнянням [7]:

$$W_a = \sigma_{p,r} \cdot (1 + \cos \theta), \quad (1)$$

де $\sigma_{p,r}$ – поверхневий натяг рідини на межі рідина–газ, Дж/м²,

θ – крайовий кут змочування рідиною поверхні твердого тіла, град.

Теоретично визначити роботу адгезії під час досить складно. Це, по-перше, викликано наявністю шорсткості поверхневого шару твердої фази та її полідисперсністю, по-друге, дисперсна тверда фаза під час складається із різноманітних матеріалів, для кожного із яких крайовий кут змочування буде різним. На наш погляд, роботу адгезії і адгезійну міцність можливо визначити при безпосередньому розриві (руйнуванні) відповідного з'єднання. На можливість визначення роботи адгезії непрямыми методами вказується в ряді наукових робіт [6, 8].

З метою визначення роботи адгезії нами розроблений лабораторний стенд, на якому робота адгезії оцінювалась на основі визначення роботи, яка витрачалась на розрив зліпленого сипучого матеріалу. При розробці лабораторного стенду нами використані ідеї, які покладені в основу при створенні приладу Є.І. Андріанова [9], в якому зусилля розриву зліпленого пилю фіксувалось за допомогою ступеню розтягування каліброваної пружини. Цей метод має декілька недоліків. По-перше, визначення модуля пружності при калібровці пружин в широкому діапазоні зусиль їх розтягування викликає деякі складності. По-друге, прилад на основі використання пружин має недостатню точність, для чого авторами розробки пропонується використання декількох каліброваних пружин з різними модулями пружності. Для визначення зусиль розриву зліпленого матеріалу нами запропоновано використання електронних ваг з точністю вимірів 0,1 г. Схема лабораторного стенду наведена на рис. 1.

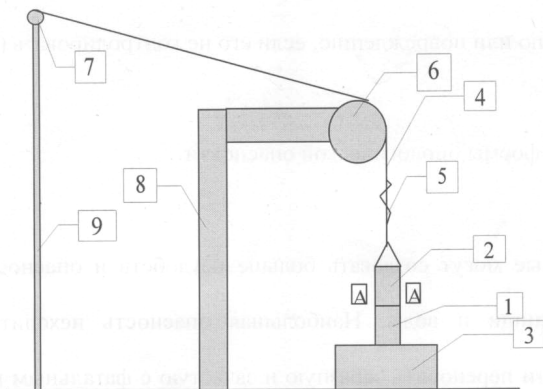


Рис. 1. Лабораторний стенд для визначення роботи адгезії: 1 – нерухомий стакан, 2 – рухомий стакан, 3 – електронні ваги, 4 – канат, 5 – демфуюча пружина, 6 – центруючий шків, 7 – шків намотування канату, 8, 9 – стійки, А-А – лінія контакту стаканів.

Принцип визначення роботи адгезії на лабораторному стенді наступний. Основна частина стенду – це нерухомий стакан 1 і рухомий стакан 2. Внутрішній діаметр кожного становив 25

мм, а висота 30 мм. Нерухомий стакан мав дно, рухомий стакан являв собою циліндр. Нерухомий і рухомий стакани склалися в одно ціле так, що вісі їх співпадали, з цією метою на нерухомому стакані знаходились центральні виступи. Контакт матеріалу стаканів був мінімальний, для чого на рухомому стакані в місці контакту іззовні циліндру була знята фаска.

В складені стакани засипався оброблений відповідною рідиною сипучий матеріал. Зверху на матеріал розміщався вантаж, який створював стиснення із зусиллям 75 г/см². Матеріал під вантажем витримувався протягом 5 хв., після чого вантаж видалявся.

Стакани із стиснутим матеріалом розміщувалися на електронні ваги 3, які дозволяли визначити вагу розміщених на них предметів з точністю до 0,1 г. За допомогою канату 4 через шків 6 і 7 здійснювалось повільне підіймання верхнього стакану до моменту розриву нижнього і верхнього стаканів. За допомогою електронних ваг визначалася сила (Н), затрачена на розривання сипучого матеріалу:

$$F = (m_p - m_0)g, \quad (2)$$

де m_p – показання електронних ваг в момент розриву матеріалу, г;

m_0 – вага верхнього стакану із «відірваним» матеріалом, г.

Визначалась сила роботи адгезії:

$$F_a = \frac{F}{S}, \quad (3)$$

де S – площа розриву сипучого матеріалу по поперечному перетину «А-А», м².

Слід відзначити, що для зручності вимірів нами після встановлення стаканів на електронні ваги їх показання «обнулялися» і фіксація значень m_p і m_0 здійснювалась по показникам «втрати» ваги матеріалу під час його підіймання. Швидкість підіймання верхнього стакану за допомогою канату складала 1 мм/с. Для зменшення впливу можливих динамічних значень швидкості на канаті 4 встановлювалась демфуюча пружина 5.

Маса сипучого матеріалу в стакані становила 25 г. Висота шару сипучого матеріалу в верхньому стакані після стиснення становила 10 мм.

Відбір проб аглошихти для дослідження здійснювався безпосередньо зі штабелю рудного двору аглоцеху ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Розрахунковий склад штабелю, згідно

даним аглодоменної лабораторії даного підприємства, наведений в табл. 1.

Таблиця 1

Розрахунковий склад штабелю аглошихти

№ пор.	Вид сировини	Вологість компонентів сировини, %	Витрати комп. аглошихти, кг/т
1	аглоруда	4,7	114,14
2	концентрат	8,93	351,93
3	шлак	17,8	85,32
4	відсів	4,96	226,55
5	пил колошн.	11,3	26,15
6	окалина	2,5	56,02
7	ОТС	15,0	14,20
8	Мп-шлак	10,5	7,59
9	вапно	0	18,77
10	шлак сталепл.	3,4	29,26
11	вапн. пил	0	5,54
12	вапняк	2,1	40,19
13	торф	25,0	11,30
14	паливо	6,5	28,17

Для дослідження роботи адгезії при обробці сипучих матеріалів розчинами ПАР нами використовувався піноутворювач ТЕАС. Концентрація цієї ПАР в розчинах для обробки становила 0,02; 0,05; 0,06; 0,08; 0,1 та 0,15 %, що відповідало питомим витратам ПАР 20; 50; 60; 80; 100 та 150 г/т, загальна вологість шихти складала 10 %. Визначення сили адгезії для кожної із вибраних концентрацій ПАР в розчинах здійснювалось не менше 10 раз. Розбіжність між отриманими даними зусиль розриву при кожній концентрації складала не більше 3...5 %.

Отримані нами результати вимірювання сили адгезії наведено на рис. 2.

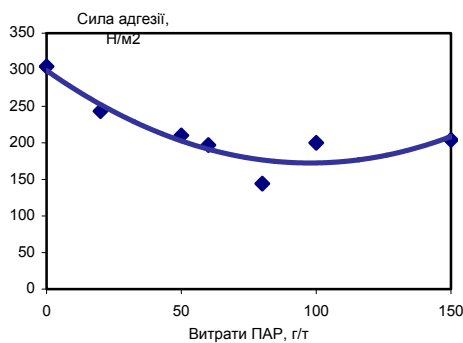


Рис. 2. Залежність сили адгезії від витрат ПАР

Як видно із рис. 2, найменші значення сил адгезії спостерігаються при обробці аглошихти розчинами ПАР з питомими витратами 70...80 г/т, що є передумовою вважати ці витрати ПАР

як оптимальні з точки зору інтенсифікації процесів грудкування аглошихти в барабанах-грудкувачах аглофабрик.

Виконані нами дослідження грудкування аглошихти на лабораторному стенді ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» показали наявність впливу питомих витрат ПАР на процеси грудкування аглошихти та інтенсивність надходження пилу із аглогазами при її спіканні [2]. Причому, оптимальний з точки зору процесів агломерації гранулометричний склад фракцій огрудкованої аглошихти спостерігався при значеннях питомих витрат ПАР близьких до значень, які відповідають одержаним при наших дослідженнях найменшим силам адгезії.

Як вказувалось вище, однією із важливих проблем в процесі агломерації є інтенсивний винос пилу із аглогазами в навколишнє середовище. Виконаними дослідженнями запылення аглогазів, які видалялись від лабораторного стенду при спіканні обробленої розчинами ПАР аглошихти, встановлено, що інтенсивність викидів пилу в атмосферу в значній мірі залежить від питомих витрат ПАР.

На рис. 3 наведена залежність концентрації пилу в аглогазах, які видаляються від лабораторного стенду, від питомих витрат ПАР на обробку аглошихти.

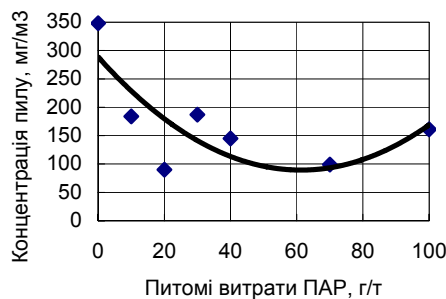


Рис. 3. Розподіл запыленості аглогазів при обробці аглошихти ПАР

Як видно із рис. 3, застосування розчинів ПАР для обробки аглошихти забезпечує зменшення запыленості аглогазів більш як в 3 рази. Причому, найменші значення запыленості спостерігаються при витратах ПАР – 60...70 г/т, що, в основному, співпадає з отриманими даними по дослідженню сил адгезії.

Таким чином, виконані нами дослідження сил адгезії в оброблених рідиною дисперсних матеріалах та їх зіставлення з даними стендових досліджень із грудкування та процесів спікання показали, що запропонований нами метод дослідження сил адгезії дозволяє встанов-

лювати оптимальні параметри обробки сипучих матеріалів розчинами ПАВ з метою зменшення запиленості аглогазів, які викидаються в атмосферне повітря, що забезпечує покращення екологічної ситуації в промисловому регіоні.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Старк, С. Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии [Текст] / С. Б. Старк. – М. : Металургия, 1977. – 328 с.
2. Фомин, С. П. Снижение выбросов пыли при производстве агломерата [Текст] / С. П. Фомин, В. Т. Агапова, А. Г. Шишацкий, О. Г. Петляк, Ю. В. Пицык // Екологічні проблеми гірничо-металургійного комплексу України за умов формування принципів збалансованого розвитку. Матеріали науково-практичної конференції. – К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2008. – С. 215–220.
3. Агапова, В. Т. Снижение запыленности аглогазов методом улучшения окомкования аглошихты [Текст] / В. Т. Агапова, Ю. В. Пицык, А. Г. Шишацкий // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Д., 2010. – Вип. 7–8. – С. 90–92.
4. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов [Текст] / под ред. Г. М. Алиева. – М. : Металургия, 1986. – 544 с.
5. Теверовский, Б. З. Очистка промышленных газов в черной металлургии [Текст] / Б. З. Теверовский. – К. : Техника, 1993. – 152 с.
6. Зимон, А. Д. Адгезия пыли и порошков [Текст] / А. Д. Зимон. – М.: Химия, 1967. – 372с.
7. Ребиндер, П. А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах [Текст] / П. А. Ребиндер // Физико-химическая механика. – М. : Наука, 1979. – 384 с.
8. Зимон, А. Д. Адгезия жидкости и смачивание [Текст] / А. Д. Зимон. – М. : Химия, 1974. – 455 с.
9. Андрианов, Е. И. Методы определения прочности реологических характеристик порошкообразных материалов [Текст] / Е. И. Андрианов. – М. : Химия, 1981. – 256 с.

Надійшла до редколегії 09.04.2012.

Прийнята до друку 12.04.2012.

А. Г. ШИШАЦКИЙ, Ю. В. ПИЦЫК

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УМЕНЬШЕНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ПЫЛИ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПРИ СПЕКАНИИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В этой работе проведен анализ процессов окомкования аглошихты и механизма слипания сыпучих материалов. Был разработан лабораторный стенд для определения силы адгезии на разрыв сыпучего материала и проведено исследование запыленности аглогазов, выбрасываемых в атмосферный воздух при спекании аглошихты. Было выявлено уменьшение концентрации пыли в результате обработки аглошихты растворами ПАВ и установлены их оптимальные расходы.

Ключевые слова: аглошихта, поверхностно-активные вещества, адгезия, запыленность

A. G. SHISHACKIY, J. V. PICYK

THE RESEARCH OF METHODS FOR DECREASING INGRESS OF DUST INTO ATMOSPHERIC AIR DURING BULK MATERIAL SINTERING

The analysis of agglomerate balling process and procedure of bulk materials adhesion was performed in this article. The laboratory bench for definition of adhesive force of bulk material breaking was developed and the research of suspended materials concentration of sintering gas throwing into atmospheric air during agglomerate sintering was performed. The decreasing of dust concentration as a result of agglomerate treatment with solutions of surfactant species was disclosed and its optimal consumption was determined.

Keywords: agglomerate, surfactant species, adherence, suspended materials concentration