

ВПЛИВ ДІАМЕТРА КУСКОВОГО МАТЕРІАЛУ НА ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ВАПНЯКОВО-ВИПАЛЮВАЛЬНИХ ПЕЧЕЙ.

Розглянуті питання зменшення шкідливих викидів при роботі вапняково- випалювальних печей.

Ключові слова: вапняк, вапно, шахтна піч, діаметр кусків, моделювання, екологічні проблеми.

Рассмотрены вопросы уменьшения количества вредных выбросов при работе известково- обжигательных печей.

Ключевые слова: известняк, известь, шахтная печь, диаметр кусков, моделирование, экологические проблемы.

The questions of diminishing of amount of harmful extrass are considered at the working of shaft furnaces for carbonate materials.

Keywords: limestone, lime, shaft furnaces, diameter of stone, design, ecological problems.

Актуальність проблеми. Сучасні виробництва (металургійні, содові, цукрові, будівельних матеріалів) потребують високоякісне вапно, що відповідає жорским умовам по вмісту оксидів кальцію та магнію, а також по часу гідратації.[4-6, 12, 15]. Вапно не може транспортуватися на великі відстані і тому будівництво вапновипалювальних ділянок здійснюється у безпосередній близькості до користувача. На сьогоднішній день найбільші об'єми виробництва вапна належать шахтним печам. В нашій країні більшість з них були спроектовані для роботи на твердому паливі. Основними перевагами шахтних печей є низька питома витрата палива та низька вартість. В Україні переважно експлуатуються шахтні печі зразка 1960-1970 років. Ці печі не дають можливості отримувати високоякісне вапно, тобто вміст оксидів кальцію та магнію в продукті менший ніж 80%, ступінь дисоціації карбонатної сировини менше 90%, час гідратації вапна перевищує 5 хв. З технологічного циклу виводяться: газові потоки, що містять CO, NO_x, SO₂, пил; рідкі промстоки і тверді шлами.

Обсяг відходів оброблюваної сировини може служити показником досконалості технології виробництва: чим вона досконаліше, тим менше відходів. У зв'язку із цим основним завданням екологічного забезпечення виробництва вапна є розробка й створення нових способів виробництва, що виключають викиди відходів. Другим завданням є вдосконалення існуючої технології й апаратури з метою різкого зниження відходів (збільшення ступеня використання сировини). Третє завдання - розробка нових, більше ефективних, способів очищення викидів, а також технологій по переробці відходів на цільові продукти.

Відзначимо відразу, що розробки в області створення принципово нових технологій з використанням низькотемпературної плазми, лазерних джерел енергії, діафрагмених способів, каталізаторів, у тому числі каталізаторів, близьких за структурою й механізмом дії до ферментів і ензимам, і т.п., не ведуться, незважаючи на те, що є певні успіхи по кожному з перерахованих методів. Це обумовлено декількома причинами, а саме: апаратурне оформлення технологічного процесу та технологічні прийоми відносно прості й універсальні, дозволяють досить легко спроектувати й організувати великотонажне виробництво; доступність і відносна простота видобутку вихідної сировини; відносно м'які закони

по захисту навколишнього середовища[14]. Розробка можливих шляхів зменшення відходів одночасно повинна приводити до інтенсифікації процесу і до збільшення його ефективності. Так, зі збільшенням повноти протікання процесу (шляхом підбору оптимальних умов) збільшиться ефективність виробництва і зменшиться кількість відходів. Тому створення маловідходних технологій дозволяє вирішити проблему охорони природи не тільки технічно, але й економічно розумним шляхом, і цей шлях варто вважати головним.

Подібна ситуація вимагає суттєвої реконструкції шахтних печей, яка повинна здійснюватися на основі досліджень по розробці ефективного обладнання та оптимальних умов його роботи. Сучасні дослідження направлені на створення математичних моделей, в яких враховується аеродинаміка пористого середовища, механізми руху матеріалу та газу, кінетика дисоціації кускового вапняку і подальше впровадження моделі на конкретних виробництвах.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. До теперішнього часу визначилися наступні основні напрямки в створенні екологічно раціональних технологічних процесів при виробництві вапна :

- розробка технологічних систем і водооборотних циклів для підвищення ефективності виробництва та виводом рідких відходів і викидом шкідливих газів у межах, що допускаються, для даного регіону [1, 2, 4-6, 7, 9, 10,14].

- переробка вторинних матеріальних ресурсів у корисні продукти; зниження втрат тепла в навколишнє середовище за рахунок утилізації вторинних енергоресурсів[12, 13].

Проте існує багато резервів для підвищення екологічності даного виробництва.

Мета досліджень. На основі багатьох досліджень динаміки руху сипучих матеріалів в циліндричних каналах [6, 11], обґрунтувати можливість зменшення шкідливих викидів при роботі вапняково- випалювальної печі за рахунок диференційованої загрузки вапняку по діаметру печі.Для вирішення цього завдання необхідно дослідити процеси руху матеріалу по діаметру печі шляхом розроблення та вивчення моделей механіки рухусипучих середовищ.

Результати досліджень. Були розраховані кількості відходів виробництва вапна. Результати подано в таблиці 1.

Таблиця 1

Розраховані кількості відходів виробництва вапна

№№	Речовина, що викидається	Технологія отримання	Розрахована к-сть на 1тону 100% СаО за добу
1	Маса фракцій вапняку < 40мм	При підготовці сировини	0,87 т
2	Зола	При спалюванні коксу	5,5кг
3	Окиси азоту NO _x	При спалюванні коксу	0,067 кг
4	Діоксид сірки SO ₂	При спалюванні коксу	3,31кг
5	Монооксид вуглецю CO	При спалюванні коксу	0,06 кг
		При випалюванні вапняку	18,54 м ³
6	Вуглецевий газ CO ₂	При спалюванні коксу	45 кг
		При випалюванні вапняку	640,2 м ³
7	Сухий пил вапна СаО	При випалюванні вапняку	0,772 кг

Основною проблемою аеродинаміки кускового шару циліндричних шахтних печей [8, 12] є переважно кільцевий режим течії гарячих газів, тобто в зоні випалювання найбі-

льші швидкості газового потоку встановлюються поблизу стінок печі, центральна частина печі, в якій швидкості теплоносія в 1,5–2 рази нижча, відчуває недостачу тепла. Це приводить до нерівномірного випалювання карбонатного матеріалу та спіканню кусків поблизу стінок з можливою приваркою їх до футеровки. Поряд з нерівномірністю розподілу газового потоку по перерізу, має місце нерівномірність розподілу швидкості руху матеріалу. Згідно [2], фронт швидкості руху матеріалу в шахтних печах циліндричного типу має еліптичну форму з вершиною в центральній частині печі, при цьому швидкість руху матеріалу в центрі може бути на 20–30% більшою ніж біля стінок. Така ситуація приводить до необхідності підвищувати температуру випалювання до 1100–1200 °С і навіть більше. Зниження температури приводить до недопалу крупних кусків матеріалу в центральній частині, а підвищення температури приводить до перепалу малих кусків та можливому їх спіканню поблизу стінок печі. Все вище згадане знижує якість вапна і накладає жорсткі умови на фракційний склад, по діаметру, кускового матеріалу (40–120 мм.). Всі фракції вапняку діаметром менше ніж 40 мм ідуть у відвали.

Таким чином об'єктивно неможливо вирівняти температуру по діаметру шахтних печей. Всі методи, що направлені для вирішення цієї проблеми, по-перше, не вирішують її до кінця, по-друге, приводять до значних ускладнень конструкції печі, по-третє, накладають жорсткі границі на температурний інтервал роботи печей, а також на діаметри кусків вапняку, що загрузаються у піч. Нами пропонується вирішувати проблеми недопалу, перепалу, або спікання матеріалу, що випалюється, за рахунок диференційованої загрузки вапняку по діаметру печі. Якщо в центральну частину печі, де температура нижче ніж у стінок, а також час перебування кускового матеріалу в зоні випалювання найменший, не загрузати матеріал більше певного діаметра, то це дозволить, по-перше, знизити максимальні температури роботи печей, що відповідно приведе до зменшення витрати палива, по-друге, дасть можливість загрузати в піч матеріал діаметром менше ніж 40 мм, не ризикуючи отримати перепалене вапно, або спікання кускового матеріалу.

Необхідні діаметри матеріалу, що загрузаються у піч, можна отримати з рішення загальної багатомірної математичної моделі руху газів та матеріалу, а також моделі теплогенеру в шарі кускового матеріалу та моделі випалювання окремої гранули. Математична модель включає наступні головні рівняння [15]:

Рівняння неперервності для матеріалу:

$$\frac{\partial}{\partial t} [\rho_m (1 - \varepsilon)] + \text{div}[\rho_m (1 - \varepsilon_m) \vec{v}_m] = Q_m \quad (1)$$

Рівняння руху для матеріалу:

$$\rho_m (1 - \varepsilon) \frac{d}{dt} \left(\frac{1 - \varepsilon_p}{1 - \varepsilon} \vec{v}_m \right) = \rho_m (1 - \varepsilon) \vec{g} + \text{div}[\mathbf{K} - \varepsilon_p \vec{\Sigma}] + \vec{R}, \quad (2)$$

Рівняння процесу дисоціації вапняку:

$$\frac{d\xi}{dt} = \frac{3\lambda}{\rho_m H_L R_k^2} * \frac{(1 - \xi)^{1/3}}{1 - (1 - \xi)^{1/3}} (T_0 - T_i) \quad (3)$$

де ρ_m – густина; ε та ε_p – пористість та проникливість шару; \vec{v} – швидкість; Q – джерела та стоки маси; t – час; \vec{R} – сила опору шару матеріалу руху газу; P – тиск; T – температура; $\vec{\Sigma}$ – тензор напруги; \vec{g} – прискорення сили гравітації; H_L – теплота реакції декарбонізації; ξ – коефіцієнт дисоціації карбонату; T_0 – температура поверхні гранули; T_i – температура фронту реакції; R_k – радіус гранули; m – індекс.

Інтегруючи рівняння (3) для практичних випадків отримуємо час розкладу карбонату [13]:

$$\tau = \frac{Q \rho_m C_0 R_k \lambda}{300 \alpha \lambda_0 (T_0 - T_i)} (1 - \xi) \quad (4)$$

де Q - питома витрата тепла, C_0 – початкова концентрація карбонату, α - коефіцієнт конвективного теплообміну, λ , λ_0 – коефіцієнт теплопровідності відповідно при температурі дисоціації та базовій.

З рівняння (4) бачимо, що τ лінійно залежить від діаметра куска карбонату.

Змінюючи загрузочно- розподільним пристроєм розподіл кусків матеріалу по діаметру печі таким чином, щоб в центральну частину попадали куски діаметром не більше 84 мм, можна отримати рівномірне випалювання карбонатів по периметру печі при температурах не вище 1000 °С.

Це дає можливість:

- по- перше, знизити затрати вугілля на 20-25%;
- по-друге, використовувати куски карбонатів діаметрами від 28 до 40мм.

Зменшення використання палива при виробництві кожної тонни 100% СаО приводить не тільки до економічного ефекту, але і вирішує екологічну проблему – зменшення питомих викидів шкідливих речовин у довкілля на одиницю виробленої продукції.

Висновки: Розрахунки показують, що вдосконалюючи технологічний процес випалювання вапняку, можна знизити виробничі затрати на використання твердого палива приблизно на 20 -25%, зменшити кількості відходів виробництва вапна на одиницю готової продукції, загрузати в вапняково- випалювальну піч куски карбонату діаметром від 28 до 40 мм і тим самим більш ефективно використовувати початкову сировину.

Література

1. Белоглазов И.Н. Математическое моделирование и численный анализ шахтной печи /И.Н.Белоглазов, В.О. Голубев // Цветные металлы.– 2005, – № 7. – С. 31-35.
2. Белоглазов И.Н. Модель технологии обжига известняка в шахтной печи./ Белоглазов И.Н., Голубев В.О., Зиязитдинова О.В.// Записки Горного института – 2006.– Т. 169. – С. 71–73.
3. Глинков М.А. Общая теория тепловой работы печей / М.А. Глинков, Г.М. Глинков // М.: Металлургия, 1990. – 230 с.
4. Голубев В.О. Математическая модель диссоциации одиночной гранулы карбоната кальция / В.О. Голубев, И.Н. Белоглазов // Записки Горного института, 2006. Т. 169. – С. 104-107.
5. Голубев В.О. Исследование процесса обжига металлургического известняка в шахтной печи./ Голубев В.О. // Записки Горного института – 2006.– Т. 169 – С. 101–103.
6. Долгунин В.Н. Быстрые гравитационные течения зернистых материалов: техника измерения закономерности, технологическое применение / В.Н. Долгунин, В.Я. Борщев. – М.: Машиностроение, 2005.-112с.
7. Жигач С.И. Математические модели в практике проектирования и оптимизации известеобжигательных шахтных печей / С.И. Жигач, В.Е. Никольский, И.Н. Белоглазов, В.О. Голубев // Черные металлы, 2006. июль-август. – С. 28-33.
8. Китаев Б.И. Теплообмен в шахтных печах / Б.И.- Китаев. – М: Metallurgizdat, 1999. –152с.
9. Математические модели в практике проектирования и оптимизации известеобжигательных шахтных печей / [Жигач С.И., Никольский В.Е., И.Н. Белоглазов, И.Н., Голубев В.О.] // Черные металлы. – 2006., – июль–август. – С. 28-33.
10. Никольский В.Е. Математические модели в практике разработки высокоэффективных шахтных печей для обжига карбонатных пород / В.Е. Никольский, С.И. Жигач, И.Н. Белоглазов, В.О. Голубев // Сб. тр. конф. «Промышленные печи и высокотемпературные реакторы». СПб: «Руда и металлы», 2006. – С. 73-75.

11. Сэвидж С. Гравитационное течение несвязных гранулированных материалов в лотках и каналах / С. Сэвидж // Механика гранулированных сред: Теория быстрых движений. – М.: Мир, 1985. – С.86-146.
12. Табунщиков Н.П. Производство извести./ Н.П. Табунщиков. – М: Химия, 1974.– 239с.
13. Ткач Г.А. Производство соды по малоотходной технологии./ Г.А. Ткач, В.П. Шаповрев, В.М. Титов. – Харьков: ХГПУ, 1998.– 429с.
14. Gordon Y.M. New Technology and shaft furnace for high quality metallurgical lime production./Gordon Y.M., Blank M.E., Madison V.V., Abovian P.R.// Proceedings of Asia Steel International Conference – 2003., April 9–12, 2003 – Jamshedpur, India, – Volume – 1, p.p. 1.b.1.1–1.b.1.6.
15. MAERZ, The Parallel Flow Regenerative Lime Kiln (PR-Kiln),– Zurich, Switzerland: Zement–Kalk–Gypsum, 1965, – 394,p.p.

Поступила в редакцию 8 травня 2012 р.