

А.И. НИЖЕГОРОДОВ, канд. техн. наук,
Иркутский национальный исследовательский государственный технический университет

Особенности обжига вермикулитового сырья с высоким содержанием инертного материала в электрических модульно-спусковых печах

При обогащении вермикулитовых руд плоские частицы слюды легко отделяются от частиц песка, имеющих кубоподобную форму, за счет отличия их коэффициентов формы и аэродинамического сопротивления [1]. Но в общем потоке обогащаемого сырья присутствуют и толстые слюдяные частицы. При равной плотности с песком их невозможно выделить из общего массива. Так образуются отходы обогащения с массовым содержанием вермикулита 27–52% (остальное песок), переработка которых является актуальной задачей ресурсосбережения [2, 3]. Это сырье относится к вермикулитовым конгломератам, а из-за высокого содержания вермикулита оно является ценным промышленным ресурсом, подлежащим дальнейшей переработке.

Разделение сырьевых ресурсов на концентраты и конгломераты имеет принципиальное значение, так как от массовой доли инертных компонентов (песка, каменного гранулята) зависит выбор конструктивно-режимных параметров электрических модульно-спусковых печей.

Результаты анализа процесса теплоусвоения вермикулита («чистого» вермикулитового концентрата) приведены в работе [4]: суммарная энергия теплоусвоения Θ_{Σ} идет на дегидратацию химически связанной воды Θ_x , нагрев сухой части минерала Θ_c , фазовый переход воды Θ_v , перегрев водяных паров Θ_n и нагрев адсорбированных газов Θ_{ag} :

$$\Theta_{\Sigma} = \Theta_x + \Theta_c + \Theta_v + \Theta_n + \Theta_{ag} \quad (1)$$

и для 1 кг ковдорского сырья энергия теплоусвоения равна 1201,9 КДж.

Задачей исследования является нахождение рациональных конструктивно-режимных параметров электрической модульно-спусковой печи, в которой обжиг конгломератов становится энергетически выгодным и целесообразным.

При обжиге вермикулитовых конгломератов модель процесса остается прежней, но распределение усвоенной энергии изменяется:

$$\Theta_{\Sigma}^{nk} = k_k(\Theta_x + \Theta_c + \Theta_v + \Theta_n + \Theta_{ag}) + (1 - k_k) \cdot (\Theta_u + \Theta_{vu}). \quad (2)$$

Здесь Θ_{Σ}^{nk} – суммарная энергия теплоусвоения инертного материала (песка) и вермикулитового концентрата; k_k – коэффициент, учитывающий весовую долю концентрата в 1 кг конгломерата; Θ_u – теплота нагрева инертного материала; Θ_{vu} – теплота испарения физической воды, адсорбированной материалом:

$$\Theta_u = 0,955 c_u \cdot m \cdot \Delta T; \quad (3)$$

$$\Theta_{vu} = 0,045 c_{no} \cdot m, \quad (4)$$

где 0,955 и 0,045 – весовые доли сухой части и влаги в 1 кг инертного материала; c_u – средняя удельная теплоемкость инертного материала: для песка в диапазоне температур 20–800°C она изменяется в пределах 880–1005 Дж/(кг·°C), при среднем значении 943 Дж/(кг·°C) [5], m – масса песка (1 кг).

Количество теплоты, полученное сухим песком при обжиге конгломерата, равно: $\Theta_u = 0,955 \cdot 943 \cdot 1 \cdot 650 = 585,4$ КДж.

Тепловая энергия фазового перехода адсорбированной песком воды при 100°C равна: $\Theta_{vu} = 0,045 \cdot 2250 \cdot 103 \cdot 1 = 101,3$ КДж.

С учетом полученных данных и суммарной энергии теплоусвоения вермикулита выражение (2) примет вид:

$$\Theta_{\Sigma}^{nk} = 1201,9 \cdot k_k + 686,7 \cdot (1 - k_k). \quad (5)$$

Так как коэффициент k_k изменяется дискретно в пределах 1–0,94 и 0,27–0,52, график 1, построенный по выражению (5), будет иметь разрыв, рис. 1.

Как видно из графика 1, энергия теплоусвоения 1 кг вермикулитового конгломерата снижается с увеличением весовой доли песка, что указывает на понижение энергоемкости процесса. Однако с учетом уменьшения выхода полезного продукта – вспученного вермикулита, удельная энергоемкость должна возрастать, а КПД его механической трансформации (структурообразования) снижаться.

Энергия механической трансформации вермикулита для конгломератов определяется выражением:

$$E_{mm} = k_k (\Theta_x + \Theta_v + \Theta_n + \Theta_{ag}). \quad (6)$$

Значения E_{mm} для ковдорских конгломератов (КВП-1, КВП-2) при содержании вермикулита 94, 52 и 27%, определенные по формуле (6), соответственно равны: 617,8; 341,7 и 177,4, КДж/кг.

По формуле:

$$\eta_{mm} = \frac{E_{mm}}{\Theta_{\Sigma}} \quad (7)$$

находим соответствующие значения КПД процесса механической трансформации (структурообразования): $\eta_{mm} = 0,53; 0,36$ и $0,22$.

На рисунке показан график 2 зависимости КПД структурообразования вермикулита при обжиге конгло-



Зависимости энергии теплоусвоения вермикулитовых конгломератов и КПД механической трансформации вермикулита от весовой доли песка

мератов с различным содержанием инертного материала. Для чистого вермикулита значение $\eta_{\text{мт}}$ равно 0,544. По мере «засорения» концентрата песком КПД снижается до 0,53 при содержании песка 6%.

При обжиге отходов обогащения с содержанием песка 48–73% КПД структурообразования снижается до 0,36–0,22 (при среднем – 0,29) из-за бесполезного расхода энергии на нагрев песка.

В работе [4] показано, что наиболее эффективным для обжига вермикулитовых концентратов в электрической печи с последовательно-параллельным сопряжением модулей (ППС-печь) является режим с температурой, примерно равной 723 °С, и продолжительностью обжига около 2,52 с. В этом случае КПД печи достигает максимума.

Присутствие инертного материала в потоке вермикулито-песочного конгломерата увеличивает механическое трение всплывающихся частиц, время их движения в печи и продолжительность обжига. Кроме того, изменяется и энергия теплоусвоения (рис. 1).

Расчет значений КПД ППС-печи и удельной энергоёмкости обжига с учетом увеличения времени обжига и нового значения энергии теплоусвоения 893 кДж/кг (среднее в интервале содержания песка 48–73%, рисунке) показывает, что эффективность обжига конгломератов при таком режиме (при среднем значении КПД структурообразования $\eta_{\text{мт}} = 0,29$) существенно ухудшается: $\eta_n = 0,18$; $e_y = 431$ МДж/м³. Поэтому обжиг вермикулитовых конгломератов с высоким содержанием инертного материала (48–73%) проводить в ППС-печи, оптимизированной под обжиг чистых концентратов [4], нецелесообразно.

Необходима специальная конструкция ППС-печи со следующими режимными параметрами: постоянной времени $T_{\text{на}} = 2,4$ с (при этом фактическое время при обжиге конгломерата $t_{\text{об}} = 2,88$ с); температурой обжига 680 °С (с возможностью увеличения до 10%).

Основные конструктивные параметры специальной печи должны быть следующими: рабочая длина модуля $l_p = 0,298$ м; полная длина модуля $l = 0,338$ м; суммарная полная длина модулей $l_p = 1,69$ м;

Энергетические параметры такой модульно-спусковой печи при среднем значении КПД структурообразования $\eta_{\text{мт}} = 0,29$ равны: КПД печи $\eta_n = 0,28$; удельная энергоёмкость процесса $e_y = 282$ МДж/м³.

Вермикулитовые конгломераты Ковдорского месторождения марок КВП-1 и КВП-2 доступны потребителю и значительно дешевле соответствующих концентратов КВК-1 и КВК-2, а их переработка в электрических модульно-спусковых печах энергетически эффективна.

Список литературы

1. Байбородин Б.А., Борискина З.М., Малинович Г.И. Обогащение слюдяных руд. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1983. 246 с.
2. Гершенков А.Ш., Хохуля М.С. Эффективное использование сырья Ковдорского вермикулитового месторождения // Север промышленный. 2008. № 6. С. 4–9.
3. Нижегородов А.И. Печь для обжига и переработки хвостов ковдорских вермикулитов // Материалы научно-технической конференции «Обогащение и переработка минерального и техногенного сырья». Екатеринбург, 14–16 октября 2009 г. С. 153–154.
4. Нижегородов А.И. Совершенствование технологии обжига вермикулита в электрических модульно-спусковых печах // Строительные материалы. 2011. № 5 / Technology. С. 62–64.
5. Тымчак В.М., Гусовский В.Л. Расчет нагревательных и термических печей: Справочное издание. М.: Металлургия, 1983. 480 с.

ТОРГОВЫЙ ДОМ



ИНТА-СТРОЙ

000 «ТД «ИНТА-СТРОЙ», 644113, Омск, ул. 1-я Путевая, 100
Тел.: (3812) 35 65 44, 35 65 45. E-mail: info@inta.ru. Http: www.inta.ru

Реклама

ОБОРУДОВАНИЕ «ИНТА-СТРОЙ» ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ПИТАТЕЛЬ-РЫХЛИТЕЛЬ ШЛ 511



Основные характеристики:

- производительность, т/ч – 1–12;
- установленная мощность, кВт – 7,5;
- габариты (дл., шир., выс.), мм – 3500, 2800, 4500;
- масса, кг – 4500.

Назначение

- Предварительное рыхление и измельчение сырья.
- Дозированная подача материала в технологическую линию.

Преимущества:

- одновременное рыхление, измельчение и подача сырья;
- независимое от столба материала равномерное дозирование сырья;
- привод от одного мотор-редуктора;
- широкий спектр регулирования производительности;
- фторопластовая футеровка (нет налипания);
- компактность и удобство обслуживания.

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ