

*Т. Б. Гонтар, д-р техн. наук О. Б. Скородумова,
канд. техн. наук Я. Н. Гончаренко
(Украинская инженерно-педагогическая академия,
г. Харьков, Украина)*

Разработка технологии получения экзотермических смесей для горячего ремонта тепловых агрегатов методом СВС

Введение

Длительность и эффективность работы высокотемпературных промышленных агрегатов непосредственно зависит от качества проведения профилактических и промежуточных ремонтов футеровки.

К огнеупорным защитным покрытиям предъявляется требование обеспечения высокой стойкости футеровок высокотемпературных промышленных агрегатов (плавильные печи, конверторы, миксеры, желоба, разливочные ковши и др.) и элементов их конструкций, подверженных интенсивным температурным и химическим воздействиям со стороны расплавов металлов, шлаков и других химически агрессивных продуктов, участвующих в производственном цикле [1].

Ремонты огнеупорной кладки осуществляются либо с полной остановкой производственного цикла и последующим прекращением работы высокотемпературных промышленных агрегатов (холодный метод ремонта), либо в процессе производства в период эксплуатационных перерывов (горячий метод ремонта) [2].

К недостатку холодного метода ремонта можно отнести высокую трудоемкость и материалоемкость процесса, а также большую длительность ремонта с учетом необходимого времени на охлаждение и разогрев тепловых агрегатов.

Горячий ремонт осуществляют методами торкретирования или наплавки [3], поэтому усовершенствование старых или поиск новых методов горячего ремонта тепловых агрегатов является актуальной темой исследований.

В последние годы активно развивается способ горячего ремонта по технологии СВС (самораспространяющегося высокотемпературного синтеза) [4]. Достоинство технологии СВС заложено в самом принципе — использовании быстро выделяю-

щегося тепла химических реакций вместо нагрева вещества от внешнего источника, поэтому СВС-процессы успешно конкурируют с традиционными энергоемкими технологиями [5].

Характерной особенностью процесса СВС является то, что в его ходе практически отсутствует газовыделение и образуются полностью конденсированные продукты. При этом в конденсированной фазе может развиваться очень высокая температура (до 4000 °С), однако время действия этой температуры очень мало и определяется скоростью распространения фронта горения [6]. Высокие температуры в конденсированной фазе, большие теплоемкости продуктов сгорания, низкие значения констант массопереноса, своеобразные кинетические закономерности химического взаимодействия, высокотемпературные фазовые переходы — все это характеризует специфическую картину горения [7].

В качестве горючего компонента в СВС-смесях обычно используют тонкодисперсные металлические порошки магния, алюминия или кремния.

Разработка состава экзотермической смеси предполагает решение задачи обеспечения однородности смеси по объему и предотвращения ее расслоения. Учитывая, что компоненты смеси значительно различаются по удельному весу и дисперсности, наиболее логично использовать метод гранулирования. В этом случае становится необходимым использование связующего компонента, способного удерживать частицы алюминиевой пудры на поверхности зерен огнеупорного наполнителя.

Целью работы являлось исследование влияния плотности раствора жидкого стекла и его количества на качество гранулирования и температуру зажигания экзотермической смеси.

Экспериментальная часть

Для исследований использовали огнеупорный компонент (бой периклазохромитового кирпича (ГОСТ 10888—93) и алюминиевую пудру (ГОСТ 5494—95) в соотношении 70/30 соответственно. Для закрепления металлического порошка на поверхности периклазохромитовых зерен применяли раствор жидкого стекла с силикатным модулем 3,0 (ГОСТ 13078—81).

Гранулирование осуществляли следующим образом: периклазохромитовый порошок смешивали с раствором жидкого стекла до равномерного увлажнения по всему объему смеси, а затем при постоянном перемешивании порциями вводили алюминиевую пудру. Готовые гранулы подсушивали в сушильном

шкафу при 70—100 °С. Дисперсность периклазохромитового порошка составляла 2—0,1 мм, размер частиц алюминиевой пудры — не более 20 мкм.

Считали, что в готовой гранулированной экзотермической смеси изменение гранулометрического состава связано, в основном, с качеством закрепления тонкодисперсной алюминиевой пудры на поверхности гранул. Поэтому количество несвязанной пудры оценивали с помощью ситового анализа гранул смеси по величине прохода через сетку с размером ячейки 63 мкм.

Полученные смеси сжигали в муфельной печи в струе кислорода.

Результаты и их обсуждение

Исследовали влияние величины плотности раствора жидкого стекла в интервале 1,1—1,25 г/см³ на качество гранулирования экзотермической смеси. Содержание связующего оставалось постоянным и составляло 25 мас. % сверх 100 % смеси огнеупорный наполнитель — алюминиевая пудра.

С увеличением плотности раствора жидкого стекла наблюдается снижение количества несвязанной алюминиевой пудры, что, в свою очередь, приводит к некоторому повышению температуры загорания смеси (рис. 1). При низких значениях плот-

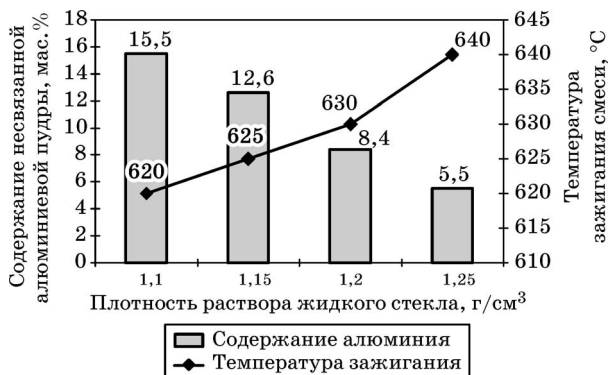


Рис. 1. Влияние плотности раствора жидкого стекла на содержание несвязанного алюминиевого порошка и температуру загорания смеси. Содержание связующего — 25 мас. % сверх 100 % смеси

ности жидкого стекла порошок алюминия плохо закреплялся на зернах огнеупорного наполнителя. При использовании раствора жидкого стекла с плотностью выше 1,2 г/см³ смесь необходимо было готовить быстро, без задержек,

Учитывая, что огнеупорный наполнитель имеет полидисперсный состав, а его зерна различного размера характеризуются различными показателями открытой пористости, для обеспечения равномерного смачивания порошка связующим была введена дополнительная стадия предварительного увлажнения порошка водой. На рис. 2 приведены результаты исследования влияния количества связующего плотностью $1,2 \text{ г/см}^3$ на качество гранулирования.

Как видно из рисунка, использование предварительного увлажнения огнеупорного порошка приводит к значительному снижению содержания несвязанной алюминиевой пудры: при использовании 25 % связующего наблюдается снижение количества свободной алюминиевой пудры с 8,4 % (рис. 1) до 2,7 % (рис. 2). Увеличение содержания связующего приводит к значительному снижению количества свободной алюминиевой пудры.

Исследовали степень влияния несвязанной части алюминиевой пудры на температуру зажигания экзотермической смеси. Готовые гранулированные смеси с различным содержанием связующего делили на две части, одну из которых подвергали просеиванию через сетку № 0063. Результаты определения температуры зажигания приведены на рис. 3. Как видно из рисунка, наличие свободного алюминиевого порошка снижает температуру зажигания до $620\text{—}630^\circ\text{C}$. Температура зажигания смесей после отсеивания тонкой фракции повышается на $10\text{—}20^\circ\text{C}$, что дает основание считать, что дополнительная стадия

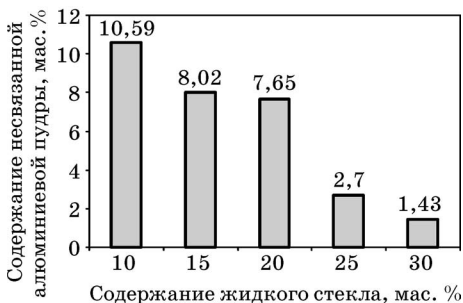


Рис. 2. Влияние количества связующего на содержание несвязанной алюминиевой пудры в экзотермической смеси. Плотность раствора жидкого стекла — $1,2 \text{ г/см}^3$

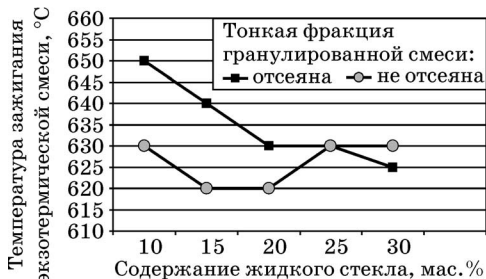


Рис. 3. Зависимость температуры зажигания экзотермической смеси от количества связующего компонента. Плотность раствора жидкого стекла — $1,2 \text{ г/см}^3$

просеивания при получении гранулированной смеси не является необходимой.

При повышении количества жидкого стекла в смеси наблюдается незначительное снижение температуры зажигания. По-видимому, определяющую роль в этом процессе играет теплопроводность огнеупорного наполнителя и покрытия по зернам: чем выше теплопроводность, тем больше тепла отбирается на прогрев гранул, а значит, тем выше температура зажигания смеси. Так как теплопроводность периклазохромита выше теплопроводности покрытия на основе жидкого стекла, при уменьшении толщины слоя покрытия наблюдается более активный прогрев гранул, а зажигание смеси сдвигается в область более высоких температур.

Принимая во внимание полученные результаты, исследовали влияние количества алюминиевой пудры на температуру зажигания гранулированной экзотермической смеси (рис. 4).

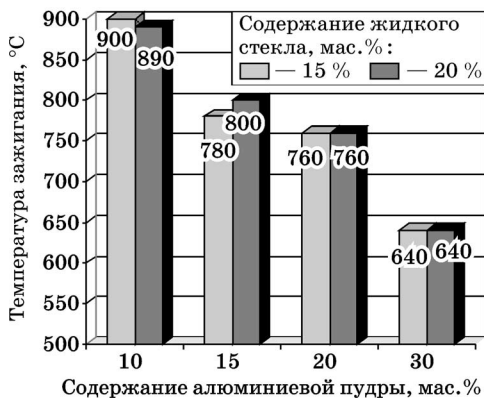


Рис. 4. Зависимость температуры зажигания смеси от содержания алюминиевой пудры

Установлено, что повышение содержания алюминиевой пудры в интервале 10—30 мас. % приводит к снижению температуры зажигания от 900 до 640 °С. Полученные результаты позволяют изготавливать экзотермические смеси с заданной температурой зажигания: если необходимо отремонтировать промежуточный котел с температурой футеровки 500—700 °С, предпочтительно использовать экзотермические смеси, содержащие 30 мас. % алюминиевой пудры. Если температура нагрева футеровки находится в интервале 700—800 °С, необходимо снизить содержание алюминиевой пудры в экзотермической смеси до 15—20 мас. %.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований разработана технология гранулированных экзотермических смесей

для горячего ремонта тепловых агрегатов. Установлено, что количество алюминиевой пудры в составе экзотермической смеси определяется температурой нагрева футеровки. Показано, что температура зажигания смеси зависит не только от количества и плотности раствора жидкого стекла, но также связана с теплопроводностью огнеупорного наполнителя.

Библиографический список

1. *Parry A. V. Invisible Coated Repair at Surface Temperatures / A. V. Parry // Iron and Steel. — 1984. — Vol. 56, No 6. — P. 183—184.*
2. *Jevon A. Coke-oven Wall Repair / A. Jevon, A. Z. Fisher // Iron and Steel Eng. — 1984. — Vol. 61, No 5. — P. 28—34.*
3. *Ярмаль А. А. Факельное торкретирование футеровки кислородных ковертеров / А. А. Ярмаль. — К. : Техника, 1984. — 143 с.*
4. *Швецов В. И. Об эффективности горячих ремонтов огнеупорной кладки коксовых батарей / В. И. Швецов, М. А. Чемарда // Кокс и химия. — 1989. — № 4. — С. 57—59.*
5. *Мамян С. С. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез неорганических материалов со стадией магний-термического восстановления / С. С. Мамян // СВС : теория и практика : сб. науч. тр. — Черноголовка : Территория, 2001. — С. 276—294.*
6. *Щепетьева Н. П. Ремонт подов коксовых печей по технологии «Горизонт» / Н. П. Щепетьева, А. М. Бубра, А. Х. Узунов // Кокс и химия. — 1999. — № 11. — С. 16—18.*
7. *Владимиров В. С. Использование для металлургических и литейных производств новых огнеупорных СВС-материалов и покрытий с повышенными эксплуатационными свойствами / В. С. Владимиров, А. П. Галаган, И. А. Карпухин // Автоматизированные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии : тез. докл. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. — М. : МИСиС, 2002. — С. 570—574.*

Рецензент к. т. н. Мишнева Ю. Е.