

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАГРЕВА НА ДЕФОРМАЦИЮ ОБРАЗЦОВ ИЗ ЗОЛЫ УГЛЕЙ*

Ж.З. Афлятунов, В.Е. Гладков, В.В. Викторов

Представлены результаты по влиянию скорости нагрева в интервале 0,17–1,8 °С на деформацию золы энергетических углей. Установлено, что температурно-деформационные характеристики образцов золы, получаемые при скоростях нагрева $\geq 1,3$ °/с, позволяют определить температуру начала шлакования с высокой точностью без данных о валовом химическом составе золы.

Решение практических задач по обеспечению бесшлаковых режимов сжигания углей в пылевидном состоянии в основном базируется на температурных характеристиках золы, уносов, золашляковых отложений. В качестве показателей (характеристик) золы принимают температуры, соответствующие резким изменениям различных физико-механических свойств образцов (усадка, деформация под нагрузкой, электросопротивление и т.д.). Последние, как правило, связывают с изменением фазового состава и агрегатного состояния. Анализ различных методов по определению температурных характеристик золо-шлаковых материалов, утвердившихся в отечественной практике [1], а также новых методов, разработанных в различных фирмах за рубежом [2–5], позволяет отметить следующее.

Температурные показатели, характеризующие физико-механические свойства и агрегатное состояние, получают при скоростях нагрева 0,1–0,17 °/с, следовательно, они не соответствуют реальным процессам взаимодействия и фазообразования в минеральной части углей в условиях пылевидного сжигания.

Задачу настоящей работы составляло исследование влияния скорости нагрева на температурные характеристики образцов золы различных углей.

При изготовлении лабораторной установки для решения поставленной задачи в основу был положен метод Бунте–Баума [1], широко распространенный за рубежом (особенно в Германии), но отличающийся по следующим признакам.

Использовали высокотемпературную вертикальную печь с рабочим объемом $d \times h = 75 \times 120$ мм с карбидокремниевыми (SiC) нагревателями, обеспечивающими максимальную температуру 1300–1350 °С. Образец, спрессованный из золы в виде цилиндра размером $d \times h = 10 \times 10$ мм, вводили и фиксировали в рабочем объеме печи при температуре 800 °С с помощью нижнего алундового штока. После нагрева образца до $t \sim 800$ °С и кратковременной выдержки он нагружался верхним алундовым штоком, имеющим температуру $t = 800$ °С и при необходимости дополнительным грузом (до 300 г), размещаемым на полке штока. Одновременно с нагружением образца включалась система автоматического регулирования теплового режима печи, обеспечивающая постоянную скорость подъема температуры в пределах 0,17–1,8 °/с, в интервале 800–1300 °С. Постоянство скорости нагрева контролировали по ходу зависимостей температура печи – время, фиксируемых с помощью двухкоординатного потенциометра. Перемещение верхнего штока, связанное с деформацией образца в интервале температуры 800–1300 °С, фиксировали с помощью тензометрического моста на диаграмме двухкоординатного потенциометра в виде зависимостей «относительная деформация в процентах – температура» (рис. 1–5). Сопоставление этих данных с изменением температуры печи во времени позволило, при анализе результатов с помощью дифференцирования, получить вид зависимостей скорости деформации от температуры.

* Работа выполнена при поддержке гранта губернатора Челябинской области (Гр. Ур. Чел. № 04-03-96072).

вает на отсутствие взаимодействия между образцом и подложкой в период эксперимента.

Образцы из золы кузнецкого и экибастузского углей, испытанные при скоростях нагрева 1,3–1,4 °/с, имели коричневый цвет, существенную объемную пористость и по макро- и микроструктуре соответствовали вспененным образцам силикатных шлаков. Особенностью поведения образцов при высоких ($\geq 1,3$ °/с) скоростях нагрева является тот факт, что они очень сильно «приваривались» как к платиновой фольге, так и к корундовым подложкам. При механическом отделении на поверхности корундовой подложки остается темно-коричневое пятно. Удаление пятна требует снятия слоя определенной толщины абразивом. Из наблюдений и анализа возможных коэффициентов диффузного взаимодействия за время эксперимента ($\leq 5-6$ мин) можно отметить, что появление пятна связано с эвакуацией жидкой фазы из состава образца при температуре $t > 920-940$ °С. При этом экспериментально наблюдаемый факт сильного «приваривания» образцов к платиновой фольге и корундовым пластинкам, используемым в роли подложек, позволяет считать, что склеивающая жидкая фаза, выделяющаяся из образца перед его вспучиванием (при прохождении через максимум) характеризуется уникальными реологическими свойствами. При рентгенофазовом анализе поверхности корундовых подложек в области пятна новых фаз не обнаруживали. При рентгеноспектральном элементном анализе обнаружено сильное обогащение железом и серой, это позволяет считать, что выделяющаяся жидкая фаза отвечала составу сульфида FeS либо эвтектике FeS–FeO.

Образцы из золы березовского угля в процессе экспериментов не взаимодействовали с подложками. Пятен от жидкой фазы не наблюдали, а, следовательно, выделения сульфидного расплава из образцов данного состава не происходило при скоростях нагрева 0,17–1,8 °/с.

Исходя из данных о химическом составе образцов (см. таблицу), отмеченные различия в ходе зависимостей «деформация – температура» и их взаимодействие с подложкой могут быть обусловлены различным концентрационным соотношением кислых (ΣK) и основных (ΣO) оксидов и их противоположным влиянием на активность FeS–FeO в жидкой фазе (расплаве), образующейся в составе образцов при их нагревании.

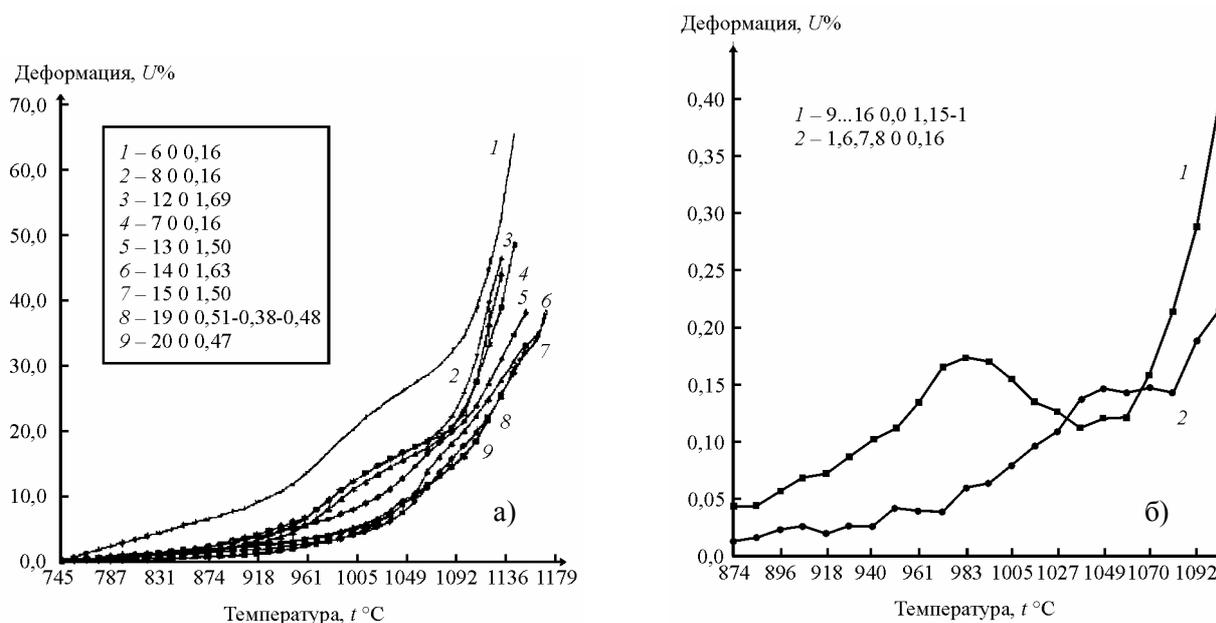


Рис. 5. Влияние скорости нагрева на деформацию образцов золы березовского угля без дополнительной нагрузки (а) и (б) влияние скорости нагрева на среднюю скорость деформации без нагрузки

На основании вышеизложенных особенностей о влиянии скорости нагрева на деформацию образцов золы кислого и основного состава и их взаимодействия с подложкой можно сделать следующие выводы по использованию получаемых температурных характеристик золы углей.

Температуры экстремальных точек, а также соответствующие резким изменениям в ходе зависимостей «деформация – температура» в интервале 800–1300 °С, получаемых при скоростях нагрева 0,27–1,8 °/с, не соответствуют температурам начала шлакования, установленным в про-

мышленных экспериментах. Наблюдаемые температуры при низких скоростях нагрева ($<0,45$ °/с), могут быть связаны с последовательностью плавления эвтектик в многокомплектной системе, а при высоких скоростях нагрева ($\geq 1,1$ °/с) – с особенностями взаимодействия сульфидного и силикатного расплавов.

Температуры максимумов на зависимостях «температура – скорость деформации», получаемых при скоростях нагрева $1,1$ – $1,8$ °/с в интервале 800 – 1300 °С, хорошо согласуются с температурой начала шлакования (см. таблицу). Этот факт позволяет наметить новые подходы к прогнозированию температуры начала шлакования, выбора температуры газов на выходе из топки и физико-химического анализа условий шлакования.

Литература

1. Залкинд И.Я., Троянkin Ю.В. Огнеупоры и шлаки в металлургии. – М. Металлургия, 1964. – 287 с.
2. Sanyal A., Mehta A.K. Development of electrical resistance based ash fusion test/ The impact of ash deposition on coal fired plants. – Proceedings of the Engineering Foundation Conference, Solihull. – England. – June 20–25. – 1993. – P. 445–460.
3. Coal Ash Fusion Temperatures: New Characterization Techniques and Association with Phase Equilibrium / T.F. Wall, R.A. Creelman, R.P. Cupra, C. Coin, A. Hoowe// Application of advanced Technology to Ash- Related Problems in Boilers. – Proceedings of the Engineering Foundation Conference, USA, Waterville Valley, July 16–22. 1995. – Plenum Press, New-York. – 1966. – P.541–556.
4. Barnhart D.H., Williams P.C. The sintering test, an index to ash fouling tendency // Trans. of ASME. – 1956. – V.78. – №5–6. – P.1229–1236.
5. Coin Ch.D.A., Kahraman H., Reifenstein. An improved Ash Fusion Test Applications of Advanced Technology to Ash- Related Problems in Boilers. – Proceeding of the Engineering Foundation Conference, USA, Waterville Valley, July 16–22. 1995. – Plenum Press, New-York. – 1966. – P.187–200.
6. Алехнович А.Н., Богомолов В.В. Температурные условия начала шлакования при сжигании углей с кислым составом золы // Теплоэнергетика. – 1988. – №1. – С. 34–38.

Поступила в редакцию 15 сентября 2005 г.