

Висновки: 1. Отримані результати підтверджують перспективність застосування фібробетону на поліпропіленових волокнах у стиках бетонних і залізобетонних елементів. 2. Міцність фібробетону на стиск виявилася більшою на 9 %, а на розтяг – на 20 %, порівняно із важким бетоном відповідного класу. 3. Зі збільшенням ширини шва від 25 мм до 200 мм міцність зменшується на 28 %. 4. При відсотку армування $\mu_{sw} = 0,67$ на момент руйнування арматура дослідних зразків досягає межі текучості.

Література:

1. Железобетонные стены сейсмостойких зданий. Исследование и основы проектирования. Совм. Изд. СССР – Греция / Г.И.Ашкинадзе, М.Е.Соколов, Л.Д.Мартынова и др., Под ред. Г.И.Ашкинадзе и М.Е.Соколова. – М.: Стройиздат, 1988. – 504 с.
2. Коровин Н.Н., Еськов В.С. Экспериментальное исследование шпоночных сопряжений ригелей с колонной // Бетон и железобетон. – 1965. – №3. – С. 40-43.
3. Погрібний В.В. Експериментальні дослідження багатошпонкових стиків / В.В. Погрібний, О.О. Довженко, В.Н. Рожко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2005. – Вип. 12. – С. 271-275.
4. Рожко В.Н. Міцність шпонкових з'єднань

бетонних і залізобетонних елементів[Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Рожко Валерій Нарцизович; ПолтНТУ. – Полтава, – 2008. – 180 с.

5. Дербенцев И.С. Результаты испытаний натуральных образцов шпоночных соединений крупнопанельных зданий с жесткими петлевыми связями / И.С. Дербенцев, А.А. Карякин и др. // Вестник ЮУрГУ, 2011. – Вип. 35. – С. 16-20.

6. Прочность и жесткость стыковых соединений панельных конструкций: опыт СССР и ЧССР / [Е. Горачек, В. И. Лишак, Д. Пуме и др.]; под ред. В.И. Лишака. – М.: Стройиздат, 1980. – 192 с.

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты экспериментальных исследований прочности одношпоночных стыков прямоугольной формы с фибробетона на полипропиленовых волокнах.

Ключевые слова: прочность, экспериментальные исследования, фибробетон, шпоночное соединение.

ANNOTATION

The article presents results of experimental investigations of strength one-keyed joints of the fiber-reinforced concrete on the polypropylene fibers.

Keywords: strength, experimental results, fiber-reinforced concrete, keyed joint.

УДК 697.32

О.В.Шайхед, к.т.н.

Донбаська національна академія будівництва та архітектури

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ЧАСТИЦЫ ВЫСОКОЗОЛЬНОГО ТОПЛИВА В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Определено уравнение для расчета температуры частиц при сжигании высокозольного топлива в низкотемпературном кипящем слое.

Ключевые слова: кипящий слой, инертная масса, частица топлива.

В настоящее время расходы газообразного и жидкого топлива значительно сократились, поэтому использование высокозольных углей для энергетических целей становится все более актуальным.

Технология сжигания в низкотемпературном кипящем слое (НТКС) вызывает нарастающий интерес из-за возможного использования высокозольных видов топлива с высокой долей негорючих веществ, большим содержанием влаги и низкой теплотворной способностью. Данная технология позволяет существенно сократить вредные выбросы оксидов углерода и азота в окружающую среду.

Расчет кипящего слоя можно разделить на следующие составляющие:

- расчет горения частицы топлива;
- тепловой баланс топki кипящего слоя;

расчет теплообмена в топке НТКС.

Анализ данных расчетов позволяет получить целостную картину работы топki кипящего слоя.

Возможность сжигания высокозольного топлива в НТКС обусловлена устойчивостью тепловых режимов горения при малых концентрациях горючих веществ в слое.

Топочное устройство кипящего слоя (КС) имеет две предельные области тепловых режимов устойчивой бесшлаковой работы - режим авто-термической газификации угля в слое (повышенная концентрация горючих веществ) и режим сжигания угля при повышенных избытках воздуха (пониженная концентрация горючих веществ).

Гарантия высокой полноты сгорания высокозольного топлива при температурах 1123-1273 К обеспечивается увеличением времени

пребывания частиц в реакционной зоне. Нижний предел температур ограничен возможным образованием оксида углерода.

Закономерности выхода и горения летучих веществ, после поступления топлива в КС инертного материала, важны не только для расчетных оценок, но имеют и практическое значение, поскольку от динамики этих процессов зависят избыток окислителя, температурные режимы розжига слоя и подогрева вторичного дутья, образование из азотистых соединений (входящих в состав летучих) оксидов азота, и выброс их и оксидов углерода в надслоевое пространство топочного устройства.

По иному развивается эта стадия процесса горения частицы высокозольного топлива в КС инертной массы.

Кинетику процесса горения топлива в псевдооживленном слое обычно представляют в виде уравнения Аррениуса, однако при этом необходимо знать температуру горящих частиц. В упрощенной форме представляют, что температура кипящего слоя и температура частиц имеют одинаковое значение и процесс горения является изотермическим. Это упрощение может привести к ошибочным выводам в определении скорости процесса.

В работе [1] определено, что температура частиц кокса, горящих при температуре 930°C, превышает температуру окружающего псевдооживленного слоя на 130-160°C.

Это подтверждается визуальными наблюдениями, показывающими, что на поверхности слоя существуют более яркие (горящие) частицы. И температура частиц не является определяющей для всего слоя. В работе [2] принято, что частицы топлива горят при температуре слоя, на температуру горящих частиц влияет природа частиц, их размер и концентрация кислорода в реакторе.

По результатам экспериментов [3], при горении угольных частиц теплообмен между горящими частицами и газовой средой происходит более интенсивно, чем при традиционном конвективном теплообмене. В связи с этим предложено вводить в математическую модель горения коэффициент "K", учитывающий влияние процесса горения на конвективный теплообмен:

$$\alpha_{гор} = \alpha_{конв} \cdot K \quad (1)$$

где $\alpha_{гор}$, $\alpha_{конв}$ – соответственно эффективный коэффициент теплоотдачи между горящими частицами и газом и конвективный коэффициент теплоотдачи при отсутствии горения.

Согласно работе [4], "K" в широком диапазоне температур подчиняется экспоненциальному закону:

$$K = K_0 \exp\left(\frac{-W}{RT}\right) \quad (2)$$

где $K_0 = 145$; $\frac{W}{R} = 5000$.

Таким образом, влияние температуры горения при 850 - 900°C (1123 - 1173 К) весьма существенно, "K" изменяется в этом диапазоне температур от 1,69 до 2,04.

Перенос тепла от оживающего агента к частицам топлива и наоборот происходит за счет теплопроводности через пленку газа, окружающую частицу, конвекции и радиационной составляющей. При этом баланс энергии на поверхности частиц выражается уравнениями:

$$m_q \cdot \Delta i + Q_{qc} + Q_{pad} = 0 \quad (3)$$

где m_q – скорость реакции горения топлива, кг/с;

Δi – изменение энтальпии продуктов горения топлива по реакции $C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO$, Дж/кг;

Q_{qc} – скорость переноса тепла к поверхности частицы, Дж/с;

Q_{pad} – скорость переноса радиационного тепла в окружающий слой, Дж/с.

Уравнение (3) в развернутом виде, с учетом того, что при горении частиц топлива их размер уменьшается с $\frac{d}{2}$ до 0, имеет вид:

$$m_q \cdot \Delta i - k_{mn} \pi d^2 \frac{dT}{dr} \Big|_{\frac{d}{2}} + \varepsilon_q \pi d^2 \sigma (T_q^4 - T_c^4) = 0 \quad (4)$$

где T_q , T_c – соответственно, температура частицы топлива и среды, °C;

d – диаметр частиц топлива, м;

k_{mn} – теплопроводность среды, окружающей частицу, Вт/(мК);

r – радиус частицы топлива, м;

σ – константа Стефана-Больцмана;

ε_q – коэффициент излучающей способности частиц топлива ($\varepsilon_q = 0,85$).

Составляющую «теплопроводность» в уравнении (4) можно представить в виде уравнения в сферических координатах. Получаем радиационный температурный профиль и его производную при d/r ;

$$\rho_q C V_q \frac{dT}{dr} = k_{mn} \left[\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dT}{dr} \right) \right] \quad (5)$$

принимая во внимание, что:

$$m_q = \rho_q \cdot V_q \cdot 4\pi r^2, \quad (6)$$

Таким образом, поток уменьшения массы за счет горения частиц и удаления газовой фазы:

$$\frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dT}{dr} \right) = \frac{\rho_q m_q C}{4\pi k_{mn}} \frac{dT}{dr} \quad (7)$$

где ρ_q – плотность частиц топлива, кг/м³;

V_p – радиальная скорость газа, м/с;

C – удельная теплоемкость газа, окружающего частицу.

Принимая $\frac{C}{4\pi k_{mn}} = \beta$ и интегрируя (7) при граничных условиях:

$$r = \frac{d}{2} \quad \text{при} \quad T = T_c \quad (8)$$

$$r \rightarrow 0 \quad \text{при} \quad T = T_c$$

получаем уравнение для радиального профиля температур частицы:

$$T_p = \frac{(T_c - T_q) \exp\left(-\frac{\beta \cdot m_q}{r}\right) - T_c \left(-\frac{\beta \cdot m_q}{r}\right) + T_q}{1 - \exp\left(-\frac{\beta \cdot m_q}{r}\right)} \quad (9)$$

Взяв производную из выражения (9) $\frac{dT}{dr}$, и

подставляя её значение в уравнение (4), получим уравнение для расчета температуры частиц T_q :

$$m_q \Delta i + m_q C (T_q - T_c) \left[\frac{\exp\left(-\frac{m_q C}{2\pi d k_{mn}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{m_q C}{2\pi d k_{mn}}\right)} \right] + \varepsilon_q \pi d^2 \sigma (T_q^4 - T_c^4) = 0,$$

или

$$m_q \Delta i + m_q C (T_q - T_c) \left[\frac{\exp\left(-\frac{2m_q \beta}{d}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{2m_q \beta}{d}\right)} \right] + \varepsilon_q \pi d^2 \sigma (T_q^4 - T_c^4) = 0 \quad (10)$$

В работе [5] исследовано сжигание в НТКС частиц угля при скорости оживающего потока воздуха в 1,5 раза выше скорости начала псевдооживления. В качестве инертного материала использовался песок фракцией 250-315 мкм, при статической высоте слоя 0,15 м. Температура слоя измерялась термопарой диаметром 3 мм, а температура частиц термопарой диаметром 0,5 мм.

Сжигание осуществлялось при температуре слоя 750, 820 и 900°C. Изменения температуры частиц во времени показано на рис. 1. При соприкосновении тонкой термопары к горячей частице происходило очень быстрое снижение температуры частицы.

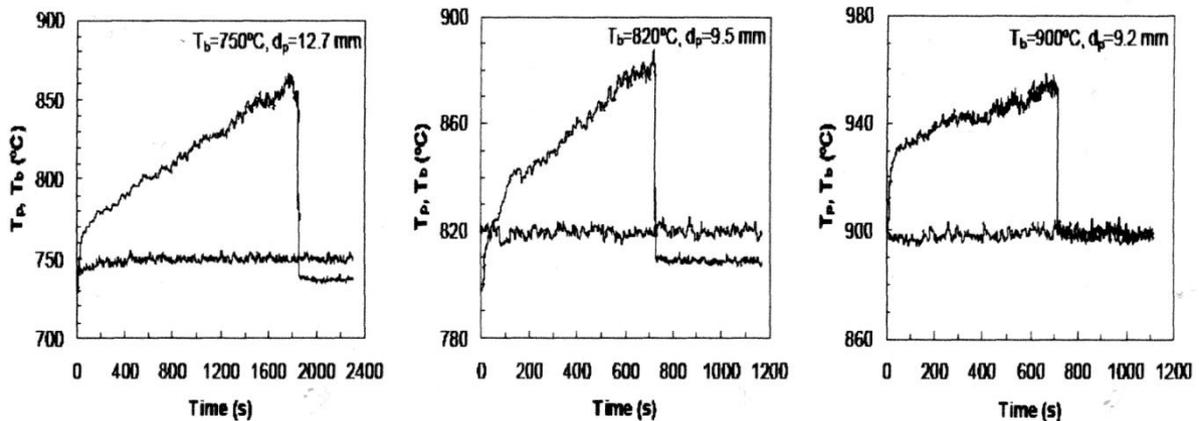


Рис.1. Изменение во времени температуры « T_p » частиц топлива и псевдооживленного слоя « T_b » при разной температуре слоя.

Полученное уравнение для расчета температуры частиц T_q (10) подтверждается экспериментальными данными, проведенными в работе [5].

Выводы. 1. Обосновано влияние частиц инертного материала (песка) на процесс теплопереноса в кипящем слое.

2. Выведены зависимости для определения температуры частиц топлива в кипящем слое.

3. Определено уравнение для расчета температуры частиц при сжигании высокозольного топлива в НТКС.

Литература:

1. Roscoe I. C., Kwiatkowski A. R. The Temperature of Coke Particles in Fluidized Combustor, Trans. Inst. Chem. Eng., 1980, № 58, p.p. 69-72.
2. Khraisha Y. H. Batch combustion of OSE Shail Particles in Fluidized Bed Reactor, Fuel Process. Technol, 2005, № 86, p.p.691-706.
3. Кузнецов Г.Ф. Исследование свойств кипящего слоя угольной дробленки, VI Minsk International Heat and Mass Transver Forum, May 2008.

4. Бабий В. И., Куваев Ю.Ф. Горение угольной пыли и расчет пылеугольного факела, М.: Энергоатомиздат, 1986, 208с.

5. Tome N., Rangel N., Pinho C. Temperature of Wood Chair Particles Burning in Fluidized Bed Reactor, International conference on Renewable Energies and Power Quality (ICRE PQ 12), Santiago de Comepstela, Spain, 28 th to 30 th March 2012.

АНОТАЦІЯ

Визначено рівняння для розрахунку температури часток при спалюванні високозольного палива в низькотемпературному киплячому шарі.

Ключові слова: киплячий шар, інертна маса, частка палива.

АННОТАЦИЯ

There has been defined the equation for calculating the temperature of particles at burning high-ash fuel in low-temperature fluidized bed.

Keywords: fluid bed, inertial mass, fuel particle.