

К.Кусаиынов, Н.К.Танашева, А.Ж.Тлеубергенова,
А.В.Рожкова, С.Е.Сулейменова

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова
(E-mail: nazgulya_tans@mail.ru)

Моделирование процесса распыления водоугольного топлива, полученного из шламов шубаркульского угля

Статья посвящена особенностям сжигания водоугольного топлива, полученного электрогидроимпульсной обработкой из шламов шубаркульского угля. Было произведено компьютерное моделирование процесса распыления при сжигании водоугольного топлива с помощью программного пакета ANSYS FLUENT. Получена модель геометрической области установки. Приведена картина поля температур в плоскости форсунки. Показан график изменения температуры угольной частицы и капли ВУТ от различных параметров.

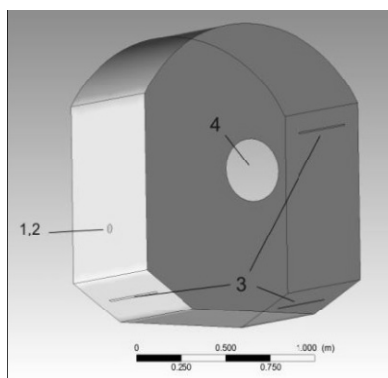
Ключевые слова: водоугольное топливо, ANSYS FLUENT, уголь, компьютерное моделирование.

Процесс сжигания распыленных капель водоугольного топлива представляет собой сочетание горения двух модельных систем: угольных частиц с диаметром $d > 80-100$ мкм и водоугольных капель с диаметром $d > 80-100$ мкм. Для описания движения газа и взвешенных частиц используется метод, совмещающий эйлеров и лагранжевы подходы. На сегодняшний день этот метод активно развивается, в том числе и для двухфазных потоков с высокими концентрациями дисперсной фазы, поскольку позволяет учитывать полидисперсность частиц и детально отслеживать поведение взвешенных реагирующих частиц [1].

Согласно этому методу общие уравнения движения, теплообмена и горения в газовой фазе представляются на основе эйлерова способа описания, т.е. используются стационарные пространственные уравнения баланса массы, концентраций газовых компонентов и энергии для газовой смеси и импульса.

Совместно с российскими учеными проводились теоретические расчеты с помощью программного пакета ANSYS FLUENT, позволяющего моделировать процесс горения водоугольного топлива, полученного электрогидроимпульсной обработкой из шламов шубаркульских углей с учетом турбулентности, теплообмена и химических реакций. Для проектирования расчетной сетки в области камеры использовался пакет GAMBIT, являющийся геометрическим и сеточным препроцессором для FLUENT. Турбулентная вязкость рассчитывается с помощью двухпараметрической «к-ε» модели. Теплофизические свойства воздуха определяются по полиномиальной зависимости от температуры. Параметры инъекции капель водоугольного топлива в камеру задаются с помощью модели «Discrete Phase Model».

На рисунке 1 показана геометрия моделируемой области.



1 — камера котла, 2 — форсунка, 3 — системы дутья, 4 — выходное отверстие

Рисунок 1. Модель геометрической области

Для распыления водоугольного топлива, полученного электрогидроимпульсной обработкой из шламов шубаркульских углей, используется сжатый воздух. Для распыления топлива и создания необходимых условий для воспламенения служит первичный воздух, нагретый до температуры 300–500 °С. Количество воздуха, вводимого в топку, составляет 20 % [2].

Граничные условия:

- на подаче воздуха через сопло: температура — 300 К, ширина отверстия — 4 мм, скорость газов — 50м/с;
- на подаче воздуха через дутьевой канал: скорость газов — 25 м/с, температура — 300 К, турбулентная энергия — 0,1к.

Остальные численные параметры определялись по ближайшим ячейкам.

Для теоретического расчета движения частиц угля и капель водоугольного топлива использовалась модель дискретной фазы, основанная на лагранжевой формулировке взаимодействия дискретной и непрерывной фазы [3].

Выполненные в программном пакете «FLUENT» расчеты позволяют получить распределение скорости и температуры в различных сечениях топки, а также траектории движения частиц топлива в вихревой топке.

На рисунках 2, 3 показано поле температур массовой скорости испарения жидкой фазы в капле ВУТ.

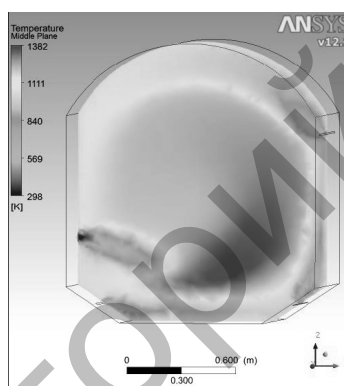


Рисунок 2. Картина поля температур в плоскости форсунки

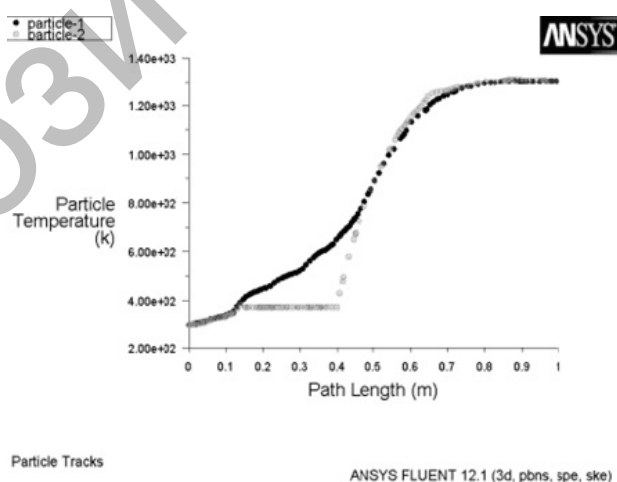


Рисунок 3. Изменения температуры угольной частицы (particle 1) и капли ВУТ (particle 2) в зависимости от длины пути частицы и капли

Графические зависимости, представленные на рисунке 3, показывают, что в отличие от монотонного увеличения температуры угольной частицы (particle 1) при ее движении температура

капли водоугольного топлива (particle 2) после возрастания до температуры испарения жидкой фазы остается неизменной на период всего процесса испарения.

Далее происходят процессы горения твердой фазы капли водоугольного топлива с выделением теплоты, также наблюдается мгновенное увеличение температуры.

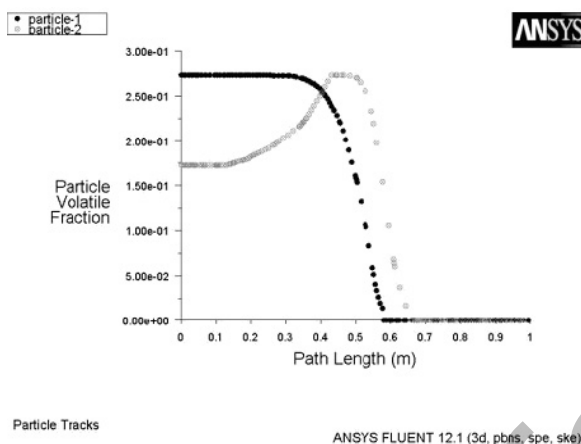


Рисунок 4. Изменения содержания летучих веществ в угольной частице (particle 1) и капле ВУТ (particle 2) в зависимости от длины пути частицы и капли

На рисунке 4 показано, что содержание летучих веществ для угольной частицы (particle 1) в начале процесса остается постоянным и уменьшается только при нагреве частицы до температуры выделения летучих веществ. Для капель водоугольного топлива, полученных электрогидроимпульсной обработкой из шламов шубаркульских углей (particle 2), наблюдается повышение количества летучих веществ за счет испарения воды. Затем, в процессе испарения, температура твердой фазы капли водоугольного топлива увеличивается, а численность летучих веществ доходит до значения для твердой угольной частицы.

В течение значительно длительного промежутка времени стабильность процесса испарения сохраняется за счет повышения температуры твердой фазы капли водоугольного топлива.

Следовательно, компьютерное моделирование процесса горения топлива позволяет определить оптимальные режимы процесса горения и сжигания водоугольного топлива, полученного электрогидроимпульсной обработкой из шламов шубаркульских углей. Полученные данные также могут быть полезны при разработке конструкции горелочных устройств с повышенным КПД.

Список литературы

- 1 Кусаинов К., Сатыбалдин А.Ж., Танашева Н.К., Альслова Г.К., Тлеубергенова А.Ж. Экспериментальный стенд для сжигания водоугольного топлива, полученного из шламов шубаркульских углей // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Физика. — 2014. — № 3 (75). — С. 57–62.
- 2 Танашева Н.К. Способ сжигания водоугольного топлива, полученного из шламов шубаркульского угля // Физико-химия и технология неорганических материалов: XI Российская ежегодная конференция молодых научных сотрудников и аспирантов: Сб. тр. (16–19 окт. 2014 г.). — М.: Изд-во «Интерконтакт Наука», 2014. — С. 477–479.
- 3 Кусаинов К., Alyssova G.K., Tanasheva N.K. The research of burning technology of water coal fuel got from shubarkul coal. Eurasian physical technical journal. — 2014. — № 1 (21). — С. 7–11.

Қ.Құсайынов, Н.Қ.Танашева, А.Ж.Тілеубергенова, А.В.Рожкова, С.Е.Сүлейменова

Шұбаркөл көмірінің қалдықтарынан алынған сулы-көмірлі отынды бүрку үдерісін үлгілеу

Мақала Шұбаркөл көмірінің қалдықтарынан электрогидроимпульстік өңдеумен алынған сулы-көмірлі отынды жағу ерекшелігіне арналған. Ansys fluent бағдарламалық пакеті арқылы сулы-көмірлі отынды жағу кезіндегі бүрку үдерісіне компьютерлік үлгілеу жасалды. Қондырғының геометриялық аймағының моделі алынды. Форсунка жазықтығындағы температура өрісінің суреті келтірілген. Әр түрлі параметрлерден тәуелді СКО тамшылары мен көмір бөлшектерінің температура өзгерісінің графигі көрсетілген.

K.Kussaiynov, N.K.Tanasheva, A.Zh.Tleubergenova, A.V.Rozhkova, S.E.Suleiyменова

Simulation of the process of spraying fuel obtained from coal-water slurry shubarkul coal

Article is devoted to features of burning of water coal fuel of the Shubarkulsky coal received by electrohydropulse processing from slimes. Computer modeling of process of dispersion when burning water coal fuel by means of a software package of Ansys fluent was made. The model of geometrical area of installation is received. The picture of a field of temperatures is given in the nozzle plane. The schedule of change of temperature of a coal particle and drop of VUT from various parameters is shown.

References

- 1 Kussaiynov K., Satybalдин A.A., Tanasheva N.K., Alpysova G.K., Tleubergenova A.Z. *Bulletin of the Karaganda University. Series Physics*, 2014, 3 (75), p. 57–62.
- 2 Tanasheva N.K. *Physical chemistry and technology of inorganic materials*. Russian XI annual conference of young scientists and graduate students Proceedings (October 16–19, 2014.), Moscow: Intercontact of science, 2014, p. 477–479.
- 3 Kussaiynov K., Alpysova G.K., Tanasheva N.K. *Eurasian Physical Technical Journal*, 2014, 1 (21), p. 7–11.

УДК 533.682

К.Кусаиынов, Н.К.Танашева, М.М.Тургунов,
А.К.Кусаиынова, К.К.Саденова

*Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова
(E-mail: nazgulya_tans@mail.ru)*

Моделирование картины обтекания вращающегося цилиндра в потоке воздуха

Авторами статьи осуществлена работа по определению аэродинамических характеристик вращающегося цилиндра. Проведено моделирование картины обтекания исследованного цилиндра. При моделировании сделан расчет аэродинамических характеристик вращающегося цилиндра в программном пакете Ansys Fluent. Сравнение экспериментальных результатов и численных решений для вращающегося цилиндра дало хорошее совпадение, погрешность не превышает 3–5 %.

Ключевые слова: цилиндр, эффект Магнуса, лобовое сопротивление, подъемная сила.

Известно, что при обтекании цилиндра, как, впрочем, и любого другого тела, потенциальным (безвихревым) потоком равнодействующая всех сил, действующих на обтекаемое тело, равна нулю.

При обтекании вращающегося цилиндра реальной жидкостью наличие сил трения и положительных градиентов давления правее точек максимального стеснения потока (концы вертикального диаметра цилиндра) приводит к отрыву пограничного слоя от поверхности цилиндра, образованию вихрей, которые порождают понижение давления в тыльной области. Распределение давлений становится несимметричным, что и ведет к возникновению силы лобового сопротивления и подъемной силы, обусловленной эффектом Магнуса [1–4].

Картина обтекания (положение точки отрыва пограничного слоя, распределение давлений, интенсивность образования вихрей за цилиндром) существенно зависит от скорости (числа Рейнольдса) потока. При этом при очень малых числах Рейнольдса ($Re < 1$) обтекание достаточно близко к идеальному, и наоборот — чем больше число Рейнольдса, тем интенсивнее вихреобразование за телом, тем ближе точка отрыва пограничного слоя к сечению максимального стеснения потока [5–8].

Для моделирования обтекания одиночного вращающегося цилиндра был произведен расчет в программном пакете Ansys Fluent. Пакет предназначен для моделирования сложных течений с широким диапазоном изменения теплофизических свойств посредством обеспечения различных параметров моделирования и использования многосеточных методов с улучшенной сходимостью.