

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ОБРАЗОВАНИЕ ОКИСИ АЗОТА
НА СТАДИИ ГОРЕНИЯ ЛЕТУЧИХ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Е. В. Самуйлов, И. П. Кучерук
(Москва)

В настоящее время большое внимание уделяется проблемам, связанным с загрязнением окружающей среды выбросами промышленных предприятий, и, в частности, вопросу уменьшения выброса окислов азота из топочных устройств при сжигании углей. Для успешного решения этой проблемы необходима достаточно точная оценка количества окиси азота, образующейся на различных стадиях горения топлива. Азот, участвующий в образовании NO, присутствует как в воздухе, подаваемом в топку, так и в составе углей. Для расчета количества NO, образующегося из азота воздуха, обычно используется теория Я. Б. Зельдовича [1].

В работе [2] решена нестационарная неизотермическая задача о горении пылеугольной смеси с учетом динамики выхода и горения летучих. На рисунке представлены распределение температуры внутри и вне частицы, а также поле концентраций O_2 , полученные в [2]. Интересным результатом этой работы является повышение температуры во время выхода и горения летучих на несколько сот градусов в прилегающем к частице слое.

В настоящей работе рассматривается влияние таких локальных изменений температуры вблизи частицы на образование окиси азота. Конкретные расчеты проведены для диффузионного режима горения частиц бурого угля размером $R_0 = 250$ мкм, среднее расстояние между частицами $R = 2500$ мкм, температура среды 1500 К, максимальная температура при горении летучих 1850 К.

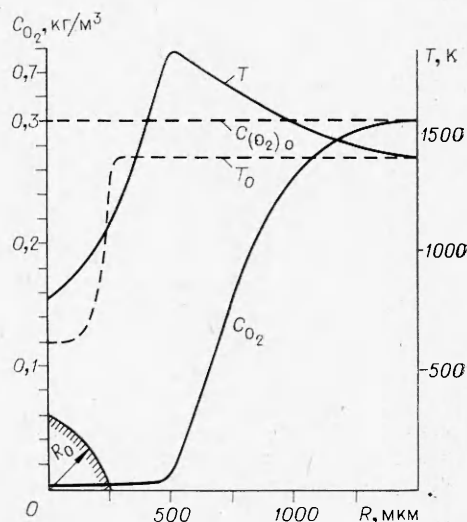
Сначала рассчитывалось время выхода и горения летучих по эмпирической формуле, полученной в результате экспериментальных исследований [3]: $\tau_{\text{л}} = 0,45 \cdot 10^6 \cdot \delta^2$, где δ — диаметр частицы, м. Количество окиси азота, образующейся за этот промежуток времени, можно вычислить решением дифференциального уравнения образования NO, которое в соответствии с теорией Я. Б. Зельдовича [1] имеет вид

$$\frac{dNO}{d\tau} = \frac{5 \cdot 10^{11}}{\sqrt{O_2}} e^{-\frac{86000}{RT}} \times \left[O_2 N_2 \frac{64}{3} e^{-\frac{43000}{RT}} - (NO)^2 \right], \quad (1)$$

где NO, O_2 , N_2 — концентрации соответствующих газовых компонентов, г·моль/л; энергия активации взята в калориях на моль; T — температура, К.

При температурах, характерных для топочных камер, наличие обратной реакции маловероятно, поэтому членом $(NO)^2$ можно пренебречь.

Если выразить концентрации в килограммах на метр в кубе при 0°C и 760 мм рт. ст., то уравнение (1) запишется в виде



Результаты решения нестационарной задачи для частиц бурого угля радиусом $R_0 = 250$ мкм для момента времени $\tau = 0,02$ с.

— — — — — начальные распределения температуры внутри и вне частицы и начальная концентрация O_2 .

$$\frac{dC_{NO}}{R\tau} = 3,34 \cdot 10^{13} \sqrt{\frac{C_{O_2}}{T}} C_{N_2} e^{-\frac{129000}{RT}} \quad (2)$$

При интегрировании уравнения (2) расстояние $R_0 - R$ разбивалось на отдельные участки, на каждом из которых концентрация O_2 и температура считались постоянными величинами. Расчет количества NO , образовавшегося при горении коксового остатка, также проводился в соответствии с уравнением (2), при этом время горения определялось по формуле (см., например, [4])

$$\tau_k = \frac{\rho R_0}{\beta C_{O_2} \alpha} + \frac{\rho R_0^2}{2D\beta C_{O_2}}, \quad (3)$$

где ρ — плотность угля; $кг/м^3$; R_0 — начальный радиус частицы, $м$; β — стехиометрический коэффициент реакции окисления углерода; α — суммарная константа скорости, $м/с$; D — коэффициент диффузии, $м^2/с$. Согласно приведенным (1) — (3), время выхода летучих в рассматриваемом случае $\tau = 0,1$ с, а время горения коксового остатка $\tau_k = 2$ с.

Распределение концентрации и температур на рисунке дано для момента времени $0,02$ с с начала процесса выхода летучих. Проведенные оценочные расчеты показали, что кратковременное локальное повышение температуры при горении летучих не дает существенного вклада в количество образующихся окислов NO_x в высокотемпературных топках. Однако для топок с низкой температурой горения, например для топок с кипящим слоем, где температура около 1500 К, и во время выхода и горения летучих локальное повышение температуры достигает $300-400^\circ$, количество образующихся при этом окислов превосходит количество NO , образующихся в объеме при горении коксового остатка.

Выход NO за время горения коксового остатка 2 с в объеме при средней температуре в топке 1500 К, рассчитанный по формуле (2) составляет $0,2$ г/норм $\cdot м^3$. При горении летучих при средней температуре в топке около 1500 К образуется $0,018$ г/норм $\cdot м^3$ NO .

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наряду с известными механизмами образования NO (в объеме и за счет азота топлива) в низкотемпературных топках необходимо учитывать образование окиси азота при горении летучих.

Поступила в редакцию
10/1 1980

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. Б. Зельдович, П. Я. Садовников, Л. А. Франк-Каменецкий. Окисление азота при горении. М., Изд-во АН СССР, 1947.
2. Т. В. Виленский, Д. М. Хзмоляи. Динамика горения пылевидного топлива. М., Энергия, 1978.
3. В. И. Бабий, А. Г. Серебрякова и др. Теплоэнергетика, 1977, 1.
4. Л. Н. Хитрин. Физика горения и взрыва. М., Изд-во МГУ, 1957.

РАСЧЕТ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОГАЗОВЫХ ГОРЕЛОК

Б. Г. Дьячков, Е. А. Пацков, И. Я. Полонский
(Москва)

При промышленном использовании электрогазовых горелок, сочетающих процесс сжигания топлива с электрическим усилением пламени, массовый расход теплоносителя, его температура и состав определяются требованиями технологического процесса. Для выбора электрогазовой горелки, обеспечивающей требуемые параметры продуктов сгорания, необходимо проведение предварительного расчета по приведенной ниже методике, в основе которой лежит определение вольтамперной характеристики электрического разряда в зависимости от ряда определяющих параметров.

Расчетная схема простейшей однофазной электрогазовой горелки представлена на рис. 1. Предполагается мгновенное сгорание топлива на входе в разрядный промежуток при стехиометрическом соотношении реагентов, однородность профиля температуры по сечению и длине камеры сгорания и равномерность распределения лег-