

Л и т е р а т у р а

1. Осипенко Ю.И. Некоторые вопросы гидродинамики и теплообмена в вихревой трубе с винтовой вставкой. - Труды II Всесоюзной научно-технической конференции "Вихревой эффект и его применение в технике". - Куйбышев: КуАИ, 1976, с. 213-216.

2. Алимов Р.З., Осипенко Ю.И. Экспериментальное исследование тепло- и массообмена в трубах при местной комбинированной закрутке потока. - Труды КАИ, Казань, 1974, вып. 173, с. 25-32.

3. МигаЙ В.К. Интенсификация теплообмена в трубах и каналах теплообменного оборудования. Автореферат докторской диссертации. - ЦКТИ, 1974.

УДК 66.092.9+532.527+546.65

А.И.Карелин, А.С.Крепак, А.Я.Сваровский

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ВИХРЕВОМ ПОТОКЕ

В данной работе сделана количественная оценка влияния отдельных факторов, способствующих увеличению времени пребывания капель раствора в объеме реактора и тем самым влияющих на возможность протекания процесса термического разложения нитратных соединений РЗЭ в высокотемпературном закрученном потоке и на сепарационную способность этого потока в реакционной зоне, представляющей собой цилиндрический канал постоянного сечения. Величина диаметра канала принимается величиной постоянной и равной $D_0 = 0,12$ м.

Математическая модель строится на основании численного исследования стационарных процессов движения в закрученном потоке теплоносителя [1], нагрева, испарения капель раствора [2] и термического разложения соли РЗЭ. При этом приняты следующие допущения: капли раствора являются сферами одного и того же радиуса; градиент температуры по сечению капли равен нулю; движение газовой среды и капель рассматривается отдельно; взаимодействие капель между собой не учитывается, что позволяет исследовать процесс термического разложения для одиночной капли [1].

Для описания движения газового потока рассматривается лишь тангенциальная составляющая скорости, при этом аксиальная считается величиной постоянной, а радиальная равной нулю [1].

Кроме того, считается, что изменение тангенциальной составляющей может быть описано одним из следующих способов: а) законом потенциального вращения; б) законом вращения твердого тела; в) у стенки реакци-

онной зоны законом потенциального вращения, а у оси - законом вращения твердого тела.

Испарение капель нитратных соединений РЗЭ на стадии нагрева и испарения описывается как испарение капли чистого растворителя, считается при этом, что разложение РЗЭ не имеет места. После полного испарения растворителя начинается разогрев нитрата РЗЭ, который сопровождается увеличением скорости реакции термического разложения.

Рассматриваются две схемы ввода раствора в реакционную зону: радиальный ввод распыленного раствора (задаются начальные значения тангенциальной и радиальной составляющих скорости капли, аксиальная равна нулю) и параллельно оси канала (задается начальное значение аксиальной составляющей, тангенциальная и радиальная считаются равными нулю).

В рамках указанных допущений весь процесс термического разложения можно представить в виде трех самостоятельных процессов, каждый из которых имеет свое характерное время: время движения капли в объеме реактора t_{gb} , время полного испарения растворителя t_{ucn} и время термического разложения t_p . Проведенные расчеты показали, что стадия термического разложения по времени занимает весьма незначительную часть относительно времени испарения (2%), тогда как t_{gb} и t_{ucn} являются величинами одного порядка. Следовательно, одним из важнейших параметров для принятой модели становится время пребывания капли в объеме реактора (до момента попадания на стенку t_{cen}), поскольку непосредственно процесс разложения начинается только после полного испарения растворителя, поэтому особое значение приобретает соотношение времен испарения и сепарации. Если расчетные величины этих времен равны или время сепарации больше времени испарения, то можно считать, что процесс протекает в оптимальных условиях, в противном случае капли попадают на стенки реакционной зоны и на стенках образуются "настыли".

Рассмотрим влияние режимных и конструктивных параметров на соотношение времени испарения и сепарации.

Капля диаметром $d_k = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м в реакционной зоне с относительным диаметром условной окружности ввода раствора $d_o = 0,66 \cdot D_p$, с нулевой начальной скоростью и с параметром интенсивности закрутки газового потока $\Phi = 0,95$ успевает испариться только в потоке, движение которого описано законом вращения твердого тела. В этом случае время испарения растворителя в капле ($t_{ucn} = 0,01575$ с) меньше времени сепарации и, следовательно, можно полагать, что капля при этих условиях не будет образовывать "настылей" на стенке канала.

Для потока, тангенциальная составляющая скорости которого описывается законом потенциального вращения, сепарация капли происходит уже через время $t_c = 0,001$ с, за которое успевает испариться только 8% растворителя, и путь, пройденный каплей вдоль оси канала, равен

$\Delta Z = 0,018$ м, т.е. "настыли" могут образовываться практически в начале реакционной зоны.

Поток, имеющий более сложный профиль тангенциальной составляющей скорости – третий рассматриваемый нами случай – увеличивает время пребывания капли в канале до $t_c = 0,013$ с, способствует испарению растворителя до 40%, а капля улетает на расстояние $\Delta Z = 0,66$ м.

Таким образом, можно считать наиболее оптимальным для термического разложения нитрата РЗД (при вводе распыленного раствора параллельно оси канала реакционной зоны) поток с профилем тангенциальной составляющей, описываемым законом вращения твердого тела. К аналогичному выводу приводят расчеты для каналов с радиальным вводом распыленного раствора.

Другим фактором, оказывающим влияние на время пребывания капли в объеме реакционной зоны, является параметр интенсивности закрутки потока Φ , представляющий отношение момента количества движения потока относительно его оси к осевому количеству движения в масштабе радиуса трубы. При радиальном вводе распыленного раствора в поток с тангенциальной составляющей, изменяющейся по закону твердого тела, увеличение параметра интенсивности закрутки от $\Phi = 0,95$ до $\Phi = 4,44$ приводит к увеличению времени испарения растворителя в капле с $t_{исп} = 0,01575$ с до $t_{исп} = 0,0175$ с (на 10%), а при вводе параллельно оси канала ($d_0 = 0,5$) оно изменяется с $t_{исп} = 0,01575$ с до $t_{исп} = 0,01825$ с, т.е. на 16%. Но с другой стороны, при $\Phi = 0,95$ путь, пройденный каплей вдоль оси канала, равен $\Delta Z = 0,94$ м, тогда как при $\Phi = 4,44$ он всего лишь $\Delta Z = 0,19$ м, т.е. расчетная длина реакционной зоны для больших значений Φ значительно меньше.

Полученные из расчета значения времени испарения показывают, что степень испарения каплей в объеме реакционной зоны зависит также от начального диаметра капель. Например, при температуре газового потока $T_r = 3273$ К капля диаметром $d_k = 0,4 \cdot 10^{-4}$ м испаряется за время $t_{исп} = 0,00057$ с, диаметром $d_k = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м – за $t_{исп} = 0,00344$ с, а для капли диаметром $d_k = 0,2 \cdot 10^{-3}$ м необходимое время для испарения $t_{исп} = 0,01303$ с. Эти данные получены для варианта движения газового потока по закону вращения твердого тела с вводом распыленного раствора параллельно оси реактора $d_0 = 0,5$ Др. Аналогичные результаты получаются и при радиальном вводе. Так, при движении газового потока тангенциальной составляющей которого описывается у стенки реактора законом потенциального вращения, а у оси – законом вращения твердого тела, время сепарации капли с начальным диаметром $d_k = 0,2 \cdot 10^{-3}$ м равно $t_c = 0,0195$ с (температура газового потока $T_r = 1773$ К), при этом успевает испариться только 29% растворителя, тогда как при $d_k = 0,4 \cdot 10^{-4}$ м время сепарации всего лишь $t_c = 0,00275$ с, а степень испарения равна

95%. Таким образом, можно сделать вывод, что применение форсунок тонкого распыла более целесообразно.

Л и т е р а т у р а

1. Резняков А.Б., Басина И.П., Бухман С.В. и др. Горение натурального твердого топлива. - Алма-Ата: Наука, 1968. - 410 с.

2. Баретейн С., Хаммер С., Агоста В. Дегонация и двухфазное течение. - М.: Мир, 1966, - 374 с.

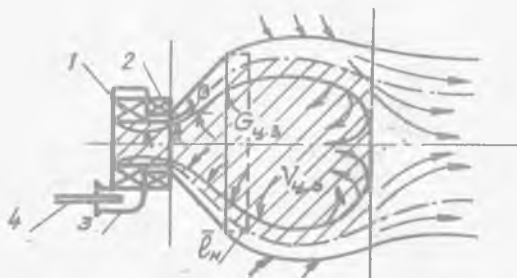
УДК 629.7.026.3:621.043.056

С.Н.Вахнеев, И.И.Онищук

К РАСЧЕТУ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ЗОНЫ ЗА ВИХРЕВОЙ ГОРЕЛКОЙ

В данной работе исследовалось влияние основных параметров вихревой горелки специальной схемы на аэродинамические характеристики циркуляционной зоны, определяющие устойчивость горения предварительно подготовленной смеси.

Исследуемая горелка (рис. 1) состоит из двух соосных завихрителей 1 и



Р и с. 1. Схема вихревой горелки

2, один из которых (топливовоздушный) 1 окружен "улиткой" с входным патрубком 3, куда совместно с воздухом струйной форсункой 4 подавалось жидкое топливо при низком давлении. Закрутка потоков в завихрителях горелки осуществляется в противоположные стороны. Топливоздушная смесь образуется при взаимодействии топлива с высокоскоростными потоками воздуха в проточной части горелки.

В модели процесса [1, 2] предполагалось, что расход через циркуляционную зону ($G_{ч,з}$) равен расходу газа, отводимому от струи в обратный ток и эжектируемому внутренней поверхностью струи. Состав газа в циркуляционной зоне такой, как и в среднем по струе в сечении, где заканчивается циркуляционная зона. Эжекция массы в струю определялась с использованием зависимостей для спутных турбулентных струй с учетом