

УДК 621.1

Научные основы организации процессов горения комбинированного многофазного органического топлива в турбулентных потоках

Ярмольчик Н. М.

Научный руководитель Есьман Р. И., д. т. н., профессор

Введение

В результате интенсивного включения в глобальную экономику стран, в недавнем прошлом имевших автономные рынки как производства, так и потребления, - все более возрастает интерес не только бытовых потребителей, но и крупных промышленных предприятий и целых отраслей в использовании альтернативных видов топлива. Однако сжигание таких видов топлива ограничено рядом технических, технологических, экологических и структурно-социальных факторов. По этим причинам промышленность заинтересована в развитии технологий и разработке эффективных технических устройств для комбинированного сжигания различных видов альтернативного топлива, позволяющих придерживаться высоких требований к современным технологическим процессам – с одной стороны, и к возрастающим экологическим стандартам – с другой стороны.

1. Характеристики турбулентных потоков при комбинированном сжигании многофазного топлива

В течениях с горением влияние тангенциальных потоков подаваемого воздуха и топлива направлено на стабилизацию высокоинтенсивных процессов эффективного чистого сгорания.

Экспериментальные исследования показывают, что спиральное движение оказывает существенное влияние на поле течения: на расширение струи, процессы перемешивания и затухания скорости в струе, на размеры, форму и устойчивость факела пламени и, собственно, на интенсивность горения (в случае реагирующих потоков). На все эти характеристики влияет интенсивность окружной компоненты скорости.

$$S = \frac{G_d}{G_x} \left(\frac{d}{2} \right), \quad (1)$$

где величина

$$G_\theta = \int_0^\infty (\rho u \omega + \rho u' \omega') r^2 dr, \quad (2)$$

является потоком момента количества движения в осевом направлении и учитывает вклад $x - \theta$ -компоненты турбулентного сдвигового напряжения.

2. Методология конструкции комбинированного горелочного устройства для сжигания многофазного топлива в турбулентных потоках

2.1 Принципиальная общая схема

Каналы подачи топлива располагаются внутри осевых и тангенциальных каналов подачи воздуха и вокруг стабилизатора (при использовании распыленного топлива, газа и т.п.) или в центре стабилизатора (при использовании жидких видов топлива, альтернативного твердого топлива и газа при подаче с помощью распылителя). Такая схема обеспечивает:

- образование рециклических завихрений у корня факела пламени, которые обеспечивают его абсолютную стабильность даже в холодной топке;

- управление формой факела пламени;
- насыщение факела пламени топливом (за счет аэродинамического захвата);
- создание в центральной части факела пламени условий, способствующих значительному сокращению образования окисей азота.

2.2 Принцип подачи первичного воздуха

Наиболее эффективным представляется использование двух независимых каналов подачи первичного воздуха с регулировкой сечения выходного отверстия.

- Через осевой канал подачи первичного воздуха воздух эффективно подавать на высокой скорости, что обеспечивает узкую направленность потока.
- Через тангенциальный (генерирующий вихревые потоки) канал подачи первичного воздуха воздух эффективно подавать на высокой скорости с завихрением потока.

При этом принцип работы этих двух каналов должен соответствовать следующим условиям:

- Высокая скорость движения воздуха в осевом канале
- Завихрение воздушного потока

2.3 Принципиальная схема сжигания топлива

Горелочное устройство, удовлетворяющее современным условиям, должно работать на следующих видах топлива:

- Твердое топливо - подается дутьевым способом через кольцевой канал, расположенный вокруг центрального стабилизатора;
- Газообразное топливо - впрыскивается через кольцевой газовый канал или газовую форсунку;
- Жидкое топливо - распыляется через форсунки, размещенные по центру горелки;
- Жидкое и/или твердое альтернативное топливо, вводимое через центральную часть горелки;
- Смешанное топливо в любых пропорциях.

2.4 Осевой и тангенциальный потоки воздуха

Воздух, поступающий через осевой канал, создает сильный факел (за счет высокой скорости потока). Канавки улучшают поглощение факелом вторичного воздуха, в то же время кольцевой зазор, ограничивая факел по диаметру (не допуская его отклонения), делает его узким. Воздух, поступающий через тангенциальный канал, обеспечивает изменение вращательного движения потока (завихрение). При усилении завихрения факел становится немного больше по диаметру и смешение топлива с воздухом происходит быстрее.

2.5 Осевые каналы

Газовый канал

Газ подается через вихревую форсунку со скоростью приблизительно 300 м/сек.

Изменение сечения выходного отверстия изменяет скорость истечения газа, что позволяет управлять струей газа.

Канал подачи измельченного твердого топлива (угля или нефтяного кокса)
Измельченный уголь подается узким факелом при помощи соответствующего количества транспортирующего воздуха со скоростью подачи до 35 м/сек, которая оптимизируется в зависимости от характеристик используемого топлива. Эффективнее всего скорость подачи регулировать путем изменения поперечного сечения выходного отверстия.

Центральный канал / Стабилизатор

Обычно центральный канал частично закрыт стабилизатором факела, через который проходит незначительное количество воздуха.

Используют разные конструкции стабилизаторов, например, тугоплавкий стальной или керамический диск с многочисленными отверстиями, которые выполняют функцию удержания пламени у поверхности диска.

Гильза / гильзы для форсунок

Гильзы позволяют установить форсунки для подачи жидкого топлива или газа для использования при запуске горелки (если основное топливо – трудновоспламеняемое) или в основном процессе (если являются основным топливом).

Гильзы также следует предусмотреть для установки электрода розжига и/или розжиговой горелки, а также топливных инжекционных трубок для распыления альтернативных видов топлива.

3. Принципиальная схема регулирования процессов горения многофазного топлива

3.1 Осевой канал

Наиболее эффективным представляется регулировка по оси путем продольного смещения (вперед или назад) осевой внутренней инжекционной трубки на незначительное расстояние (как правило, не более 20 мм). Изменение положения этой трубки изменяет температурный профиль факела.

В положении, когда поперечное сечение кольцевого канала на конце горелки минимально, поток первичного воздуха слегка уменьшен, а поток нагретого вторичного воздуха в факел увеличен, что повышает температуру в корне факела.

В положении, когда поперечное сечение кольцевого канала на конце горелки максимально, максимально увеличен и поток первичного воздуха, который уменьшает диаметр факела.

Слишком низкое давление воздуха в осевом канале даст длинный, ленивый факел, который обычно не пригоден для обеспечения хорошей работы печи или топки.

Слишком высокая температура корня пламени, естественно, сократит срок службы наконечника горелки.

3.2 Тангенциальный канал

Поступление воздуха через тангенциальный канал управляется силой завихрения воздушного потока. Она может регулироваться:

- воздействием на давление тангенциального потока воздуха. Давление тангенциального потока воздуха может быть снижено до 80 мбар манометрического давления с помощью клапана радиального канала подачи воздуха;
- за счет изменения поперечного сечения тангенциального канала путем продольного смещения внутренней завихряющей трубки.

Выводы

Для случая турбулентных диффузионных факелов пламени процесс сгорания комбинированного многофазного топлива определяется структурой потока и условиями смешения различных видов топлива и распределенных потоков окислителя. Соотношение подводимого на горение воздуха по осевому и тангенциальному каналам определяет форму факела пламени, его размеры и интенсивность процессов, что позволяет эффективно оптимизировать технологические параметры.

Таким образом, можно утверждать, что многоканальная схема подачи разных видов топлива и организация двух независимых потоков воздуха (осевого и тангенциального) представляется наиболее оптимальной при комбинированном сжигании различных видов органического топлива.