

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. С. Голубкова, Н. И. Захарова, М. А. Ларичева,
И. Л. Мостинский, Р. С. Нехорошев, Переход K_2CO_3 в
 $KHSO_3$, в низкотемпературной зоне газового тракта
МГД-генератора, *TBT*, 1970, том 8, выпуск 2, 459–460

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.84

7 декабря 2024 г., 21:47:42



ПЕРЕХОД K_2CO_3 В $KHCO_3$ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗОНЕ ГАЗОВОГО ТРАКТА МГД-ГЕНЕРАТОРА

А. С. Голубкова, Н. И. Захарова, М. А. Ларичева,
И. Л. Мостинский, Р. С. Нехорошее

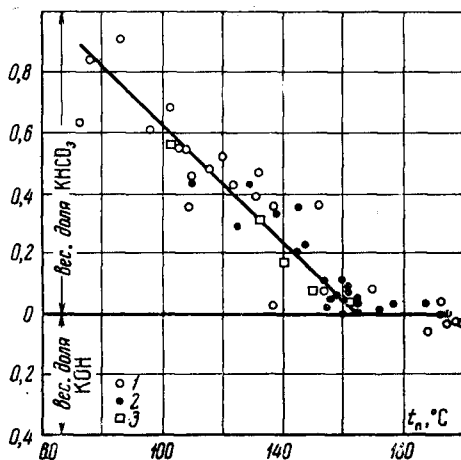
Предъявляемые к электростанциям с МГД-генераторами (МГДГ) требования высокой экономичности ставят задачу обеспечения полного (не менее 99%) улавливания ионизирующей присадки и возвращения ее в цикл. При этом регенерация ее должна быть недорогой, а технология — относительно простой и надежной. Все это приходится учитывать при выборе присадочного вещества. Для энергетических МГДГ, работающих на продуктах сгорания природного газа, такое вещество — карбонат калия (K_2CO_3).

Теоретические и экспериментальные данные показывают, что при температурах порядка $2000^\circ C$ и выше калий находится в виде паров собственно калия и его гидроксида KOH [1, 2], а карбонат калия образуется в продуктах сгорания в результате взаимодействия KOH с CO_2 при температурах ниже $1200^\circ C$ и остается наиболее устойчивым химическим соединением калия вплоть до комнатных температур. Однако имеющиеся в литературе [3, 4] сведения о переходе карбоната калия в бикарбонат в водном растворе при барботаже через него газов, содержащих CO_2 , говорят о возможности протекания аналогичной реакции в газовом тракте МГД-установок, где карбонат контактирует с продуктами сгорания, содержащими и CO_2 , и H_2O , правда, в паровой фазе.

Данное исследование имело целью выявить наличие такого процесса и в случае положительного ответа определить степень перехода карбоната калия в бикарбонат при различных температурах газового потока. Опыты проводились на экспериментальной установке с МГДГ У-02 [5] в низкотемпературной части газового тракта между теплообменником и системой вывода ионизирующей присадки. Посекционное включение и выключение охлаждающей воды в теплообменнике позволяло регулировать температуру продуктов сгорания в диапазоне от 70 до $250^\circ C$ и поддерживать ее с точностью $\pm 5^\circ$. Абсолютное давление составляло 5,5–7,5 н/м². Содержание CO_2 в продуктах сгорания колебалось в пределах 8–9,5%, что отвечало коэффициентам избытка воздуха 1,0–1,2. Карбонат калия в потоке несется в виде мелкодисперсной конденсационной пыли. Отбор проб его для химического анализа производился двумя методами: методом осаждения на зондах и методом улавливания в алонжах.

Первый метод заключался в использовании специального зонда, рабочей частью которого была труба из нержавеющей стали диаметром 10 мм. Она вводилась в поток, и на ее поверхности отлагалась мелкодисперсная пыль. Смонтированная внутри нее хромель-алюмелевая термопара позволяла определить температуру стенки трубы, которая уже через 2–3 мин после введения трубы в поток достигала температуры последнего. Измерения температуры в различных участках по длине трубы показали, что продольный градиент температур не выходит за пределы точности измерения ($\pm 1^\circ C$), и им можно пренебречь. Существенный вакуум в исследуемой зоне затруднял извлечение уловленной пыли: при извлечении зонда возникал интенсивный поток воздуха, который сдувал отложившуюся пыль с трубы. Поэтому была сделана защитная труба, в которую сначала через сальник убиралась рабочая часть зонда, а затем обе трубы извлекались из газотока. Этот метод обеспечил сохранность отложений, которые затем смывались с зонда прокипяченным (без CO_2) дистиллятом для последующего химического анализа.

В отдельных опытах отбор присадки из потока продуктов сгорания производился с помощью стеклянных аэрозольей, которые вводились в поток аэрозоля. Алонжи набивались стекловолокном, обеспечивающим улавливание пыли при просасывании через них газа. Алонж с пылью (индикатором наполнения служило изменение гидравлического сопротивления) извлекался из потока и убирался в эксикатор, где медленно охлаждался. Из охлажденного алонжа извле-



Зависимость степени перехода K_2CO_3 в $KHCO_3$ от температуры продуктов сгорания:

1 — проба с зонда, титрование с переменным индикатором; 2 — проба из алонжа, титрование с переменным индикатором; 3 — проба из алонжа, титрование с определением CO_2 по методу Фрезениуса

калось стекловолокно вместе с пылью, промывалось прокипяченным дистиллятом, и полученный раствор анализировался на содержание в нем K_2CO_3 и $KHCO_3$.

Основным методом химического анализа отобранной присадки было титрование 0,1*n* раствором HCl по фенолфталеину и метилоранжу. Для контрольных анализов использовался метод титрования по метилоранжу с определением связанной углекислоты по Фрезениусу. Погрешность первого метода оценивалась в $\pm 4\%$, второго $\pm 1,5\%$.

Полученные данные приведены на рисунке. По оси абсцисс отложена температура продуктов сгорания, а по оси ординат — весовая доля $KHCO_3$ или KOH (нулевая линия соответствует чистому карбонату калия). Как видно, расхождение между данными, для которых химический состав определялся последовательным титрованием (2), удовлетворительно согласуется с результатами анализа по Фрезениусу (3).

Верхняя граница образования бикарбоната лежит вблизи $160^\circ C$. При более высокой температуре вся присадка находится в виде K_2CO_3 (некоторый разброс точек вблизи нулевой линии определяется погрешностью анализа). С понижением температуры доля $KHCO_3$ возрастает, и при $t = 120^\circ C$ превышает 40 вес. %.

При температуре ниже $100-120^\circ C$ наблюдалось увлажнение уловленной присадки и дальнейший переход K_2CO_3 в $KHCO_3$. В области температур $70-90^\circ C$ содержание $KHCO_3$ превысило 80%, т. е. произошла карбонизация почти всего K_2CO_3 .

Зависимость степени перехода K_2CO_3 в $KHCO_3$, выраженной в виде весовой доли $KHCO_3$, от температуры в исследованном диапазоне параметров удовлетворительно (особенно если учесть полупромышленный характер эксперимента) аппроксимируется прямой линией, исходящей из $165^\circ C$.

Заметим, что время контакта присадки с продуктами сгорания изменялось от нескольких минут при отборе с помощью алонжей до нескольких часов при использовании зондов. Отсутствие какой-либо разницы между химическим составом присадки этими методами свидетельствует о том, что времени в несколько минут вполне достаточно для достижения термодинамического равновесия.

Данное исследование, к сожалению, не позволяет определить, достигается ли термодинамическое равновесие частиц K_2CO_3 , несущихся в потоке продуктов сгорания, температура которых на установке У-02 падает со скоростью $\sim 1000^\circ / \text{сек}$.

Институт высоких температур
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
8 VII 1969

ЛИТЕРАТУРА

1. Вей, Янг, Туба, Чэмберс. Энергетические машины и установки, 87, № 2, 1, 1965.
2. В. С. Юнгман, Л. В. Гурвич, Н. П. Ртищева. Теплофизика высоких температур, 4, № 4, 1966.
3. В. М. Рамм. Абсорбционные процессы в химической промышленности. Госхимиздат, 1951.
4. Т. К. Sherwood, R. L. Pigford. Absorption and Extraction. N. Y., 1952.
5. Сб. Магнитогидродинамический метод получения электроэнергии (под ред. В. А. Кириллина и А. Е. Шейндлина). «Энергия», 1968.