

ПОСТРОЕНИЕ МОМЕНТАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ БАЛАНСОВ РЕАКТОРОВ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ

Дробот С.Г. (ПТТ-11м)*

Донецкий национальный технический университет

В наше время одной из наиболее бурно развивающихся областей науки и техники являются нанотехнологии. Известно множество методов производства углеродных наноматериалов (электродуговое осаждение, CVD-синтез, каталитический пиролиз на поверхности подложек с катализатором и т.д.), однако для выбора наиболее оптимальных условий работы каждого реактора, необходимо проводить исследования влияния различных технологических параметров на интенсивность протекания базовых реакций.

В работе предложена экспертная система для углубленного исследования тепловой работы реакторов пиролитического синтеза углеродных наноматериалов на подложках с катализатором. Применение данной системы дает возможность «доисследования» процесса в плане определения важных параметров процесса на основании сигналов от стандартного набора датчиков без газоанализаторов, что важно для оптимизации работы реакторов.

Моментальный тепловой баланс работы реактора составляется на основании сигналов датчиков при помощи следующего набора зависимостей.

Приходная часть

1. Теплота с исходным углеводородом $Q_{\text{пр}}^{\text{исх угл}}$, Вт.

2. Теплота от нагревателя:

$Q_{\text{пр}}^{\text{эл нагр}}$ – моментальная мощность источника тепла, Вт.

Расходная часть

1. Теплота с уходящими газообразными продуктами, Вт.

2. Тепловые потери реактора:

$Q_{\text{расх}}^{\text{пот реак}}$ – моментальные тепловые потери реактора, Вт.

3. Покрытие эндотермического эффекта реакций:

$Q_{\text{расх}}^{\text{энд}}$ – тепловой поток, расходуемый на покрытие эндотермического теплового эффекта реакций пиролиза углеводородов, Вт.

Уравновешивание моментального теплового баланса производится путем определения величины $Q_{\text{расх}}^{\text{энд}}$:

$$Q_{\text{расх}}^{\text{энд}} = Q_{\text{пр}}^{\text{исх угл}} + Q_{\text{пр}}^{\text{эл нагр}} - Q_{\text{расх}}^{\text{газ прод}} - Q_{\text{расх}}^{\text{пот реак}}$$

Изменение величины расхода тепла на покрытие эндотермического эффекта реакций во времени $Q_{\text{расх}}^{\text{энд}}(\tau)$ позволяет судить об истощении

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ТТ Бирюков А.Б.

реакционной способности катализатора.

Основным компонентом газовой смеси, покидающей реактор, является водород, остальные компоненты представлены недоразложенными углеводородами, в случае добавления в исходную газовую смесь инертных газов последние полностью уходят с газовым потоком, покидающим реактор. В данной работе создан алгоритм, позволяющий определять величину теплового потока для реакторов, не имеющих в составе КИП стационарного газоанализатора, в которых пиролитическое разложение исходного углеводорода протекает по следующей схеме:



Сущность алгоритма заключается в сопоставлении расходов исходного и покидающего реактор газов.

В общем случае, полагая, что каталитическому разложению подвергается только часть углеводорода, а остальная в своем начальном состоянии переходит в конечный состав газов, покидающих установку, имеем:

– для случая подачи чистого углеводорода конечный газ характеризуется наличием двух компонентов (исходного углеводорода и водорода) и имеет следующий процентный состав:

$$\% C_m H_{2n} = \frac{1 - \chi}{1 + \chi \cdot (n - 1)} \cdot 100; \quad \% H_2 = \frac{\chi \cdot n}{1 + \chi \cdot (n - 1)} \cdot 100,$$

где χ – доля прореагировавшего углеводорода.

– для случая использования в качестве начального сырья смеси исходного углеводорода и инертного газа в составе конечного газа имеем исходный углеводород, инертный газ и водород при следующем процентном соотношении:

$$\% C_m H_{2n} = \frac{(1 - \chi) \cdot (1 - \gamma)}{(1 + \chi \cdot (n - 1)) \cdot (1 - \gamma) + \gamma} \cdot 100;$$
$$\% H_2 = \frac{\chi \cdot n \cdot (1 - \gamma)}{(1 + \chi \cdot (n - 1)) \cdot (1 - \gamma) + \gamma} \cdot 100; \quad \% \Gamma = \frac{\gamma}{(1 + \chi \cdot (n - 1)) \cdot (1 - \gamma) + \gamma} \cdot 100,$$

где γ – доля инертного газа в составе исходной смеси газов.

Доля прореагировавшего углеводорода определяется как:

$$\chi = \frac{V_k - V_n}{(n - 1) \cdot V_n},$$

где V_n, V_k – расход газового потока на входе и на выходе из реактора.

Получение информации о составе газов, покидающих реактор, позволяет определять значение теплоемкости уходящих газов.

Применение предложенной системы диагностики позволяет исследовать влияние различных технологических параметров на интенсивность протекания процесса образования углеродных наноматериалов в реакторах пиролитического синтеза.