

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТОРОМ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Н.В. Алехина, П.А. Гнитиев, А.Б. Бирюков
Донецкий национальный технический университет

Проблема взаимодействия природы и общества приобрела особую остроту на современном этапе, который характеризуется переходом от индустриальной к постиндустриальной фазе развития в общемировом масштабе. Сегодня стало очевидным, что задачи сохранения окружающей среды и экономического развития взаимосвязаны: разрушая и истощая природную среду невозможно обеспечить устойчивое экономическое развитие. Идея экологической безопасности технологий и производств, возникшая в результате осознания человечеством ограниченности природно-ресурсного потенциала для экономического роста, а также надвигающейся опасности необратимых негативных изменений в окружающей среде, нашла широкое признание в мире. Многие исследователи сходятся во мнении, что развитие нанотехнологий позволит в значительной мере решить названные проблемы.

Имеется множество сведений о синтезе углеродных наноматериалов (УНМ), в частности углеродных нанотрубок (УНТ), при помощи различных методов (электродуговое осаждение, CVD-синтез, каталитический пиролиз на поверхности подложек с катализатором и т.д.). При обилии информации о результатах применения каждого из методов в различных модификациях сложно определиться с выбором оптимальных условий работы каждого конкретного реактора.

Применение систем диагностики тепловой работы реактора позволяет не только исследовать влияние различных технологических параметров на интенсивность протекания процесса образования УНМ, но и прогнозировать количество водорода, являющегося побочным продуктом производства УНМ.

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. Пиролитическое разложение исходного углеводорода, с образованием УНМ, протекает по следующей схеме:



и при этом не образуются никакие другие продукты.

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:

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

$$\%G = \frac{\gamma}{(1+\chi \cdot (n-1)) \cdot (1-\gamma) + \gamma} \cdot 100.$$

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

Таким образом, обеспечивается высокая степень конверсии газа на углеродный наноматериал и водород - до 80%.

С использованием современных вычислительных пакетов и систем АСУ ТП появилась возможность реализации экономической и экологической составляющих производства продукции, без какого либо ущерба друг для друга. Прогнозирование количества полученного водорода позволит предприятию не только сократить используемые им природные ресурсы, но и во многих случаях полностью перейти на водородное топливо, а так же обеспечивать им и сторонние предприятия. Всем известны достоинства водородного топлива: легко возобновляемое топливо, полностью сгорает в кислороде, выделяя большое количество энергии и оставляя после себя только водяной пар, легко транспортировать по трубопроводам, не ядовит и не обладает коррозийным действием. Тем не менее, до сегодняшнего дня основным недостатком водородной технологии является проблема производства водорода в промышленных масштабах. Дело в том, что и сейчас водород производился путем сжигания природного газа, а известные более "чистые" методы производства - прежде всего, процесс электролиза, весьма дорогостоящи и требуют затрат большого количества энергии.

К тому же, основной продукт производства - УНТ, является одним из наиболее перспективных экологических материалов. Известно, что компания «Porifera» разработала способ использования УНТ для реально ощутимого улавливания углерода. В основе принципа работы лежит использование нанотрубок с повышенной пористостью и пропускной способностью, которые могут «всасывать» необходимые молекулы, в данном случае, СО, так же известны успешные опыты по созданию нанотрубок с контролируемыми размерами ячеек, позволяющие создавать устройства для улавливания практически любых заданных химических соединений. Большинство экологов стараются сократить до минимума количество углекислого газа в атмосфере, однако той же цели можно достичь при помощи солнечного света и нанотрубок с присадками меди и титана. Эти два элемента позволяют трансформировать углекислый газ в метан. В свою очередь, метан можно использовать в качестве источника энергии.

При попадании солнечный света на окись меди, углекислый газ преобразуется в монооксид углерода или угарный газ, а при реакции с окисью титана, раскалываются молекулы воды. При этой реакции водород освобождается из воды, а углерод выделяется из СО₂ и, объединяясь снова, они образуют горючий метан, при дальнейшем развитии данной технологии можно сохранить текущую инфраструктуру использования метана, превратив ее замкнутый безотходный цикл производства.

Таким образом, использование систем диагностики тепловой работы реактора синтеза углеродных наноматериалов дает возможность перевести производство УНМ на замкнутый цикл, существенно снизить стоимость получения водорода, а соответственно и его стоимость как продукта, что ускорит переход на экологически чистые виды топлива. Так же улучшение качества УНМ и увеличение объемов производства, при использовании систем диагностики работы реактора, способствует созданию новых, экологически безопасных, путей решения проблемы использования природных ископаемых.