

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ СЖИГАНИЯ

Литвиненко Ю.М.

Институт проблем материаловедения НАН Украины,
ул. Кржижановского 3, Киев, 03142 Украина

Введение

Углеродные наноструктурные материалы привлекают внимание ученых к исследованию их свойств и применению во многих отраслях промышленности. Этим объясняется систематическое исследование процессов синтеза наноматериалов с целью их совершенствования и внедрения в производство для обеспечения промышленности и научных учреждений.

Различные методы, такие как дуговой разряд, лазерная абляция, солнечный нагрев, пиролиз, термохимическое паровое осаждение успешно используются для синтеза фуллеренов и углеродных нанотрубок (УНТ).

Диффузионный пламенный синтез фуллеренов и УНТ является новым методом, который использует разбавленный азотом ацетилен, этилен, метан или этанол [1,2] в качестве топлива. По сравнению с другими методами метод сжигания имеет несколько существенных преимуществ: пламя может обеспечивать повышенные температуры для осуществления синтеза УНТ и фуллеренов при атмосферном давлении; пламенный синтез оказался экономически выгодным методом для масштабирования процесса либо за счет увеличения мощности источника пламени, либо за счет увеличения количества пламен; позволяет контролировать время пребывания внутри выбранного участка пламени и т.д. Вместе с тем метод сжигания требует использования достаточно сложных горелок и другой аппаратуры.

Результаты и обсуждение

Известные устройства для получения наноструктурных материалов включают камеру сгорания, каналы ввода топлива и окислителя, горелку и пробоотборник [3,4]. В качестве топлива используют углеводороды, в том числе производные нефти, угля и биомассы, а окислителем служит кислород. Утилизация большого количества конденсатов может производиться непрерывно с помощью таких устройств, например, как электростатический сепаратор или циклон. При этом влиять на количество и качество получаемых нанотрубок не представляется возможным.

Характер образования фуллереновых наноструктурных материалов, в частности нанотрубок на поверхности пробоотборника в значительной степени зависит от природы материала его поверхности. Увеличение содержания нанотрубок в продуктах сгорания достигают за счет улучшения условий синтеза нанотрубок на постоянно обновляемой поверхности движущейся ленты, а также за счет каталитического влияния материала ленты.

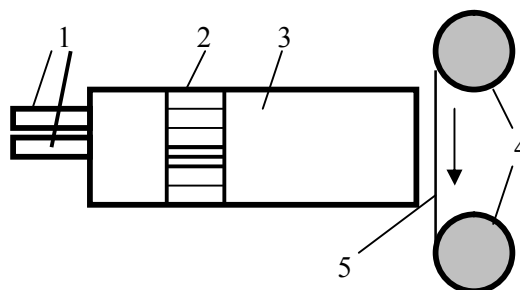


Рис.1.

1 – каналы для подачи горючего и окислителя; 2 – горелка; 3 – камера сгорания; 4 – лентопротяжный механизм; 5 – лента.

На рис.1 показана принципиальная схема устройства [5]. Горючее и окислитель подают по каналам в горелку, где эта смесь поджигается. В пламени образуются углеродные кластеры – наноструктурные составляющие фуллеренов и нанотрубок, которые вместе с горячим газом покидают камеру сгорания через отверстие, где они осаждаются на поверхности ленты, протягиваемой в перпендикулярной к камере сгорания плоскости. Опытным путем определяют необходимую скорость протягивания ленты для протекания процесса синтеза нанотрубок в оптимальном режиме. Скорость протягивания ленты в значительной степени зависит от каталитических свойств материала ленты. В качестве материала ленты используют никель, кобальт, железо, медь, молибден и их сплавы, а также металлоаморфные материалы на их основе. Выбирая определенные материалы и конфигурации самой ленты или наносимых на нее каталитических покрытий [6], можно создавать

необходимые элементы электронных схем и приборов или заготовки для них.

Вариант устройства с пробоотборником непрерывного действия показан на рис.2 [7].

Конструктивно это выражено в том, что пробоотборник выполнен в виде диска, вращающегося вокруг оси, расположенной за пределами камеры сгорания параллельно ей.

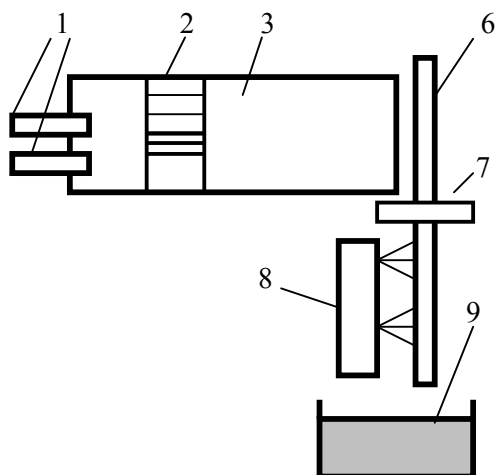


Рис.2.

6 – пробоотборник; 7 – ось вращения;
8 – щетки; 9 – емкость.

На поверхности диска, обращенной к камере сгорания, оседают и конденсируются наноструктурные материалы. При вращении диска его зоны с конденсатами перемещаются к щеткам, очищающим поверхность диска от продуктов сгорания; последние затем падают в емкость. Таким образом обеспечивается непрерывность процесса утилизации при улучшении условий образования нанотрубок.

Учитывая то обстоятельство, что диск перекрывает всю камеру сгорания или ее значительную часть, для беспрепятственного прохождения потока газа тело диска перфорировано.

Для того, чтобы варьировать условиями структурообразования наноматериалов, пробоотборник выполняют из керамики, его поверхность покрывают пластинами металла, керамики или кварца, поверхность пробоотборника напыляют металлом или керамикой, при этом для одновременной реализации различных условий структурообразования покрытия или напыления выполняют секторами, где каждый сектор имеет отличный от соседей материал поверхности.

С целью увеличения содержания нанотрубок в продуктах сгорания углеводородов горелку

устройства снабжают дополнительным соплом с краном и смесителем для подачи смеси газа и порошка в камеру сгорания [8]. В процессе сгорания углеводородов присутствие катализатора в виде дисперсного порошка, присутствующего в потоке летящих углеродных кластеров, содействует образованию и росту нанотрубок. В качестве катализаторов применяют дисперсные порошки никеля, кобальта, железа, меди, молибдена, платины, родия, палладия, их смесей и сплавов.

Выводы

Получение наноструктурных материалов методом сжигания развивается и имеет хорошую перспективу в плане усовершенствования технологических возможностей и увеличения производственных мощностей. Наряду с простотой и экономичностью, привлекательными являются возможности влияния на вид и качество получаемых наноматериалов.

Литература

1. Pan C., Xu X. Synthesis of carbon nanotubes from ethanol flame. Journal of materials science letters, 2002, 21, 1207-1209.
2. Pan C., Bao Q. Well-aligned carbon nanotubes from ethanol flame. Ibid., 1927-1929.
3. Pat. 5273729 US, C01B031/00. Combustion method for producing fullerenes / Howard J.B., McKinnon J.T. – Publ. May 24, 1991.
4. Pat. 6162411 US, C01B31/02. Production of fullerene soot in flames / Vander Sande J.B., Howard J.B., Chowdhury K.D. - Publ. December 12, 2000.
5. Pat. 67925 UA, C01 B31/02. Устройство для получения углеродных нанотрубок методом сжигания углеводородов / Литвиненко Ю.М. – Публ. 15.07.2004.
6. Редькин А.Н., Маляревич Л.Д. Получение углеродных нановолокон и нанотрубок методом сверхбыстрого нагрева паров этанола. Неорганические материалы, 2003, 39, 4, 433-437.
7. Pat. 66463 UA, C01 B31/02. Устройство для получения фуллереновых наноструктурных материалов / Литвиненко Ю.М. – Публ. 17.05.2004.
8. Pat. 66477 UA, C01 B31/02. Устройство для получения углеродных нанотрубок сжиганием углеводородов / Литвиненко Ю.М. – Публ. 17.05.2004.