

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ РЕАКТОРА СИНТЕЗА МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

А.Г. Ткачев, Э.А. Вилищук, Н.Р. Меметов

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор Е.Н. Туголуков

Ключевые слова и фразы: многослойные углеродные нанотрубки; реактор синтеза.

Аннотация: Проведен анализ существующей конструкции реактора для синтеза многослойных углеродных нанотрубок. Выявлены ее недостатки и предложены пути их устранения. Разработана новая конструкция реактора для синтеза многослойных углеродных нанотрубок увеличенной производительности.

Чрезмерно раздутый различными масс-медиа интерес к нанотехнологиям постепенно снижается. Одними из самых перспективных объектов на волне «популярности» называли углеродные нанотрубки (УНТ). Участвуя во всех выставках и форумах, проводимых корпорацией «РОСНАНО» мы ощутили это, как говорится, на себе. Если в 2008 году люди восторгались увиденным и делились радостными перспективами, то в 2011 году форум был больше похож на мероприятие, собравшее специалистов довольно узкой области. Вместе с тем следует отметить, что интерес к нанотехнологиям представителей различных отраслей стал более предметным и квалифицированным.

В частности, что касается многослойных углеродных нанотрубок, это просматривалось очень хорошо. Этими материалами стали интересоваться как ученые, так и представители инновационных компаний, четко понимающих, что это за материал, какие преимущества сулит его использование и какие трудности при этом могут возникнуть.

Анализ динамики продаж УНТ, производимых ООО «НаноТех-Центр», за последние четыре года однозначно свидетельствует о том, что интерес к этим продуктам растет, хотя и не так быстро как хотелось бы.

Ткачев Алексей Григорьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техника и технологии производства нанопродуктов», e-mail: postmaster@kma.tstu.ru; Вилищук Эдуард Александрович – аспирант кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов»; Меметов Нариман Рустемович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов», ТамбГТУ, г. Тамбов.

Поэтому уже сегодня нужно задумываться о том, как сделать оборудование для синтеза УНТ более эффективным, а также продолжать искать новые области применения УНТ.

В 2012 году специалистами ООО «НаноТехЦентр» совместно с учеными ФГБОУ ВПО «ТГТУ» была разработана новая конструкция реактора для синтеза многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) увеличенной производительности. Анализируя недостатки существующей конструкции, представленной на рис. 1, можно выделить следующее:

- процесс напыления катализатора на диск-подложку 2 нагревательный элемент требует точных аэродинамических режимов подачи газа, чтобы исключить неравномерность распределения материала и осаждение его вне диска;

- реактор работает в полунепрерывном режиме, что означает периодическую загрузку катализатора и выгрузку готового продукта без разгерметизации реактора. Эти две операции с учетом времени на осаждение катализатора достаточно длительны и составляют в общей сложности порядка 40...45 мин, что сопоставимо со временем самого синтеза;

- значительный объем реактора занимают нагревательные элементы 3, а процесс синтеза проходит на тонком слое катализатора, что приводит к нерациональному соотношению энергозатрат по сравнению с производительностью;

- для увеличения мощности производства необходимо увеличивать количество циклов синтеза, что приводит к повышенной нагрузке на конструкцию реактора и снижает долговечность эксплуатации.

В новой конструкции авторы постарались устранить указанные недостатки, а в процессе проектирования потребовалось устранить ряд противоречий, главное из которых заключалось в следующем.

Как известно, одной из основных характеристик катализатора является его удельная геометрическая поверхность. Чем она выше, тем больше активных центров доступно для контактирования с газом, поэтому в исходной конструкции катализатор располагался тонким слоем (до 0,8 мм) на диске-подложке. Однако для повышения производительности реактора без увеличения его габаритов внутрь реакционной зоны придется помещать гораздо большее количество катализатора, что приведет к снижению эффективности его работы.

Было предложено помещать катализатор не в виде порошка, а виде компактированных брикетов, состав которых подобран таким образом, чтобы работала их поверхностная часть. После того как масса выращенных на поверхности брикета УНТ достигает некоторого критического зна-

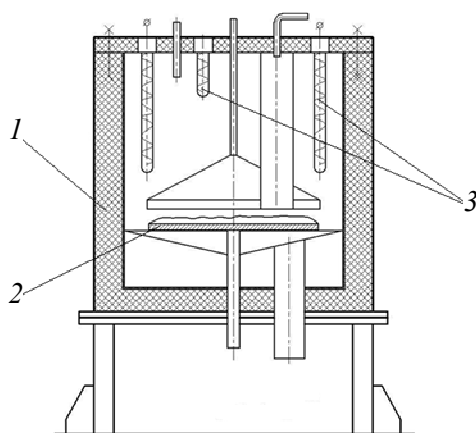


Рис. 1. Конструкция реактора синтеза УНТ с катализатором на диске-подложке:

1 – корпус; 2 – диск-подложка;
3 – нагревательный элемент

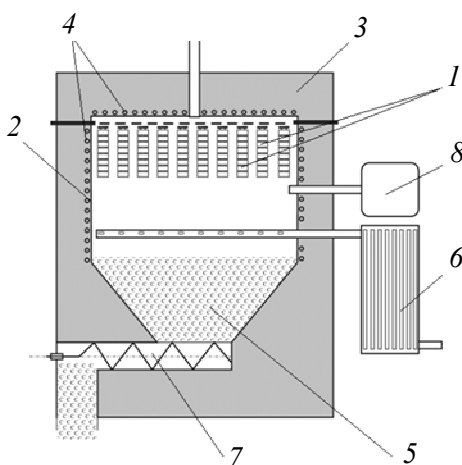


Рис. 2. Реактор синтеза МУНТ с компактированным катализатором

Для первоначальной загрузки компактированный катализатор на специальных подвесках 1 помещается внутрь корпуса реактора 2. Реактор герметизируется, из него удаляется воздух, включаются нагреватели 4. По достижении температуры синтеза в реактор подается предварительно подогретая в теплообменнике 6 реакционная газовая смесь. Выращенный слой материала под действием акустического активатора 8 опускается в нижнюю часть реактора 5, где некоторое время продолжается рост МУНТ. Полученный продукт выгружается из реактора с помощью шнека 7 без разгерметизации реактора.

Такая конструкция позволила устранить указанные выше недостатки и сохранить принципы, заложенные в предыдущей конструкции. В частности, рост МУНТ происходит на неподвижном слое, что позволяет получать материал, легко очищаемый и диспергируемый в дальнейшем в различных жидкостях до состояния практически отдельных нанотрубок.

Сравнивая показатели, приведенные в таблице, легко видеть, что при увеличении потребляемой мощности на 30–40 % удалось повысить производительность единицы оборудования на два порядка.

Сравнительные технические характеристики конструкций реакторов

Характеристика	С порошковым катализатором	С компактированным катализатором
Производительность, т/год	1,5...2,0	250...300 и более
Материал	«Таунит»	«Таунит», «Таунит-М», «Таунит-МД» и др.
Принцип действия	Полунепрерывный	Полунепрерывный
Режим управления	Полуавтоматический	Автоматический
Принцип подачи сырья	Проточный	Замкнутый цикл
Количество циклов	5...7	Неограничено
Мощность, кВт	35	45...50
Степень превращения C_xH_y , %	1,5...2,0	1,5...2,0

В заключение следует отметить, что опытная конструкция реактора уже изготовлена и в настоящее время успешно завершает опытную эксплуатацию на производственной площадке ООО «НаноТехЦентр».

Список литературы

1. Углеродные наноматериалы «Таунит»: исследование, производство, применение / А.Г. Ткачев [и др.] // Нанотехника. – 2006. – № 2. – С. 17–21.
2. Пат. 69869 Российская Федерация, МПК⁸ D 01 F 9/10. Реактор для получения волокнистых углеродных структур каталитическим пиролизом / Ткачев А.Г., Блинов С.В., Пасько А.А., Баранов А.А., Шубин И.Н., Меметов Н.Р. ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет». – № 2007115111/22 ; заявл. 20.04.07 ; опубл. 10.01.08, Бюл. № 1. – 2 с.
3. Заявка 2010140087 Российская Федерация, МПК⁸ B 00 J 19/00, B 82 B 3/00. Реактор для получения углеродных наноматериалов / Ткачев А.Г., Ткачев М.А. ; заявитель и патентообладатель ООО «НаноТехЦентр». – № 2010140087/05 ; заявл. 29.09.10 ; опубл. 10.04.2012, Бюл. № 10. – 1 с.

New Design of Synthesis Reactor of Multi-Walled Carbon Nanotubes

A.G. Tkachev, E.A. Vilishchuk, N.R. Memetov

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: multi-walled carbon nanotubes; production; synthesis reactor.

Abstract: This paper analyzes the existing reactor design for the synthesis of multi-walled carbon nanotubes. Its weaknesses have been detected. The ways to address them have been proposed. The new design of the reactor for the synthesis of multi-walled carbon nanotubes with increased performance has been described.

© А.Г. Ткачев, Э.А. Вилищук, Н.Р. Меметов, 2012