

Исследование Влияния Акустических Полей Высокой Интенсивности на Углеродсодержащие Среды

О.В. Лавриненко, А.Л. Верецагин, Г.В. Леонов

Бийский технологический институт (филиал) ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Аннотация - Статья посвящена изучению влияния акустических волн высокой интенсивности на состав углеродсодержащих сред, на реакционную способность детонационных наноалмазов. В статье рассматривается возможность получения нанодисперсной углеродной фазы в акустических кавитационных полях.

Ключевые слова – Ультразвук, кавитация, углеродная фаза, детонационные наноалмазы.

I. ВВЕДЕНИЕ
В ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ интенсивно развивается научное направление, связанное с использованием наноструктурных материалов и развитием нанотехнологий. Это связано с возможностью получения новых материалов с уникальными физико-механическими и физико-химическими свойствами.

Ультрадисперсный алмаз является одним из перспективных наноматериалов. Он может быть использован в инструментальной и химической промышленности, в машиностроении, а также в качестве добавки к биологически активным средам. Существует достаточно большой спектр технологических методов производства наноалмазов (НА), и все они требуют создания высоких давлений. Так наноалмаз может синтезироваться при детонации углеродсодержащих взрывчатых веществ [1], в процессе гидродинамической и акустической кавитации [2,3].

В настоящее время все более широкое распространение получают технологические процессы, использующие ультразвуковые колебания. Воздействие колебаний высокой интенсивности вызывает необратимые физико-химические процессы в обрабатываемой среде. Это обусловлено тем, что при излучении в жидкость интенсивной ультразвуковой волны в

жидкой среде возникает явление кавитации – образование в жидкости полостей, заполненных газом, паром или их смесью. Акустическая кавитация расходуется на излучение ударных волн, на локальную электризацию пузырьков, на возбуждение сонолюминесценции, образование свободных радикалов, т.е. она является основным инициатором физико-химических процессов, возникающих в жидкости под действием ультразвука [4].

Целью данной работы является изучение влияния акустических волн высокой интенсивности на состав углеродсодержащих сред, на реакционную способность детонационных наноалмазов (ДНА), а также экспериментальное подтверждение возможности получения нанодисперсной углеродной фазы в акустических кавитационных полях.

II. ДЕТОНАЦИОННЫЕ НАНОАЛМАЗЫ

На первом этапе объектом исследований явились детонационные наноалмазы, полученные в ФГУП «Алтай» из сплава ТГ 60/40. Исследовалось влияние ультразвуковой обработки в жидкой среде на реакционную способность детонационных наноалмазов. Ультразвуковая обработка проводилась в воде и 96% этиловом спирте. Условия и режимы подготовки образцов представлены в таблице 1.

Обработка ДНА осуществлялась ультразвуковым технологическим аппаратом «Надежда» конструкции Бийского технологического института, основными элементами которого являются ультразвуковой излучатель и генератор электрических колебаний.

Таблица 1. Условия подготовки образцов

№ п/п	Образец	Режим	Мощность, Вт/см ² / Время обработки, мин.
1	ДНА+ этанол	кавитационный	6/90
2	ДНА+ вода	Безкавитационный	2/60
3	ДНА+ вода	кавитационный	4,3/90
4	ДНА исходный	без обработки	-

Была изучена морфология образцов 1-4 методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе JSM-840. Не было обнаружено изменений по морфологии у обработанных образцов по сравнению с исходным ДНА.

Реакционная способность образцов определялась по началу их окисления на воздухе и разбросу показателей параметров эффекта окисления ДНА методами дифференциального термического анализа и термогравиметрии. Повторность опытов - четырехкратная. Данные обрабатывались статистически с $p < 0,05$.

Условия проведения опытов:

- атмосфера – воздух;
- масса образца составляла от 1,376 - 1,710 мг;
- температурный интервал нагревания - от 20 до 700 °С;
- температурный интервал расчета кинетических параметров от 20 до 700 °С.

Предварительно было изучено поведение этилового спирта и гексана при ультразвуковой обработке. Длительность воздействия по 90 минут при мощности ультразвукового аппарата «Надежда 2»-6,3 Вт. Количество вещества - 15 мл. Кратность опытов - 15. После обработки образцы жидкости испарялись, а сухой остаток анализировался.

Методом электронной микроскопии у образцов гексана и этанола в сухом остатке были обнаружены частицы аморфного углерода. Их выход был менее 1% от массы исходной органической жидкости.

Результаты термогравиметрического исследования окисления образцов ДНА представлены в таблице 2.

В таблице 3 приведены данные по потере массы образцов

Из этих данных следует, во-первых, что ультразвуковая обработка в этаноле приводит к

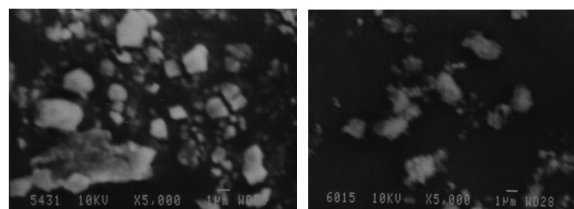
осаждению наночуглерода на поверхность детонационных нанодиазидов. Это приводит к повышению однородности поверхности, что можно связать с избирательной адсорбцией наночуглерода на поверхности ДНА (см. рисунок 1).

Таблица 2. Окисления образцов ДНА

Образец	Температура начала окисления, °С	Тепловой эффект окисления, кДж/г
ДНА - этанол -к	536,9±1,5	27,9±1,5
ДНА -вода - б/к	534,1±1,5	26,0±1,5
ДНА - вода - к	534,1±1,5	26,8±1,5
ДНА исходный	536,1±1,5	27,5±1,5

Таблица 3. Потеря массы образцов ДНА

Образец	Потеря массы на участке 20-700 °С, %	Потеря массы на стадии окисления, %
ДНА - этанол - к	77,3	76
ДНА -вода - б/к	73,2	70,4
ДНА - вода - к	85	82,5
ДНА исходный	71	68,9

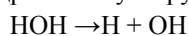


(а)

(б)

Рисунок 1. Фото ДНА, увеличение 5000 крат: а) ДНА исходный; б) ДНА после обработки в этиловом спирте.

Во-вторых, можно полагать, что обработка ДНА водой в кавитационном режиме приводит к росту степени окисления углерода алмазной фазы. Вероятнее всего, это связано с реакцией расщепления молекул воды на атом водорода и гидроксильную группу



внутри кавитационного пузырька [5] и последующих реакций образования пероксида водорода. Пероксид водорода и атомарный

кислород, образующийся при его распаде, возможно окисляют поверхностные атомы углерода частиц ДНА.

III. НАНОДИСПЕРСНАЯ УГЛЕРОДНАЯ ФАЗА

В работе рассматривается возможность создания наноалмазов в результате акустической кавитации, которая представляет собой эффективный механизм концентрации энергии. Во время кавитации относительно низкая средняя плотность энергии звукового поля трансформируется в высокую плотность энергии внутри и вблизи захлопывающегося пузырька. При схлопывании кавитационных пузырьков в жидкой среде инициированных ультразвуком развиваются давления порядка нескольких МПа и температура 10^4 К [4].

Была проведена поисковая серия экспериментов с использованием различных жидких углеродсодержащих сред (гексан, этанол) и конструкционных материалов удерживающих емкостей (стекло, нержавеющая сталь).

При применении сосудов из стекла наблюдалось диспергирование материала сосуда и загрязнение конденсированных продуктов, поэтому в дальнейшем удерживающие сосуды из стекла не использовались.

На исследуемую жидкость воздействовали акустическими колебаниями высокой интенсивности с использованием ультразвукового технологического аппарата «Надежда 2», что привело к появлению процесса ультразвуковой кавитации. После полуторачасового воздействия при мощности ультразвукового технологического аппарата 40 Вт емкости с жидкими средами были помещены в сушильную камеру до получения остатка в виде твердой фазы.

На рисунке 2 приведены фотографии детонационных наноалмазов (ДНА) и углеродных частиц, полученных из гексана и этанола. Для сравнения приведены фотографии из статьи Галимова Э.М.[2]

В центральной части частиц, изображенных на фотографиях, видны бурые включения, которые следует рассматривать как аморфную углеродную массу. Данные частицы с большой долей вероятности можно идентифицировать как наноалмазы.

Полученные результаты позволяют сформировать дальнейшие направления исследований по получению алмазной фазы в кавитирующих органических средах под воздействием высокоинтенсивных акустических колебаний ультразвукового диапазона.

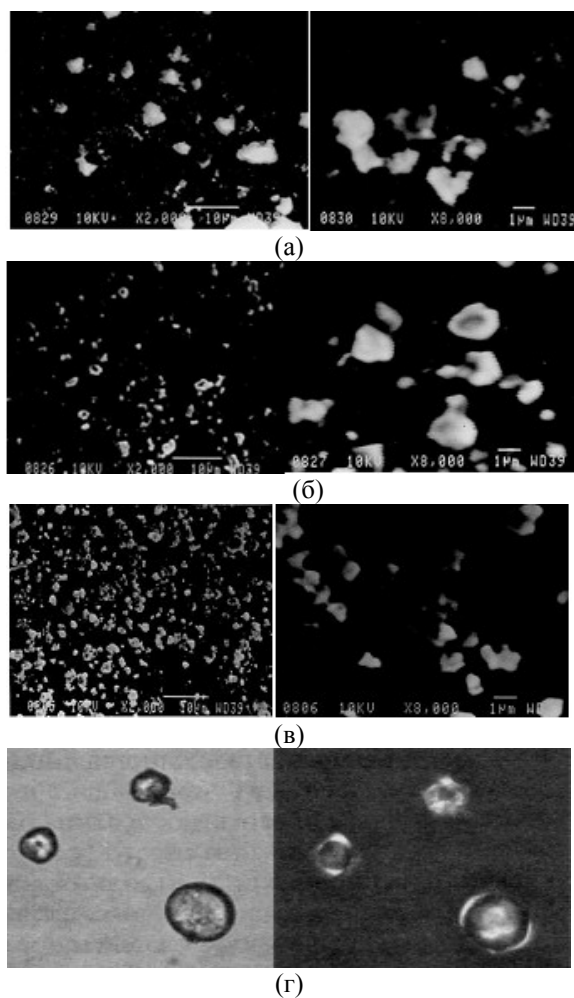


Рисунок 2. Фотографии, полученные на электронном микроскопе при 2000- и 8000-кратном увеличении: ДНА (а); кавитационных наночастиц из этанола (б) и гексана (в); частицы, полученные Э.М. Галимовым (г).

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что среда и режим ультразвуковой обработки могут существенно образом сказываться на состоянии поверхности и реакционной способности частиц ДНА; в акустических кавитационных полях высокой интенсивности образуется нанодисперсная углеродная фаза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] А.М. Ставер, Н.В. Губарева, Е.А. Петров и др. Ультрадисперсные алмазные порошки, полученные с использованием энергии взрыва // Физика горения взрыва. – 1984. - Т. 20. - № 5. - С. 100-104.
- [2] Э.М. Галимов, А.М. Кудин, В.Н. Скоробогатский и др. Экспериментальное подтверждение синтеза алмаза в

- процессе кавитации // Доклады Академии наук. – 2004. - Т. 395. - № 2. - с. 187-191.
- [3] Z. Wang, L.Yu, W. Zhang, Z. Zhu. Carbon spheres synthesized by ultrasonic treatment / Physics Letters A. – 2003. - V. 307. - Issue 4. - p. 249-252.
- [4] М.А. Маргулис. Звукохимические реакции и сонолюминесценция // М.: Химия, 1986. - 288 с.
- [5] Г. Флинн. Физика акустической кавитации в жидкостях / У. Мэзон // Физическая акустика. – 1967. - Т. 1. - с. 7-138.