

Письма в редакцию

УДК 666.233

В. Ю. Долматов

ФГУП “Специальное конструкторско-технологическое бюро
“Технолог”, г. Санкт-Петербург, Россия
diamondcentre@mail.ru

Оценка применимости зарядов взрывчатых веществ для синтеза детонационных наноалмазов

Представлен новый метод оценки применимости зарядов взрывчатых веществ для синтеза наноалмазов по кислородному балансу и плотности заряда. Рекомендуемая величина по кислородному балансу – -35 – (-60) , по плотности заряда – $1,6$ – $1,7$ г/см³.

***Ключевые слова:** взрывчатые вещества, детонационные наноалмазы, заряды взрывчатых веществ, кислородный баланс, плотность заряда взрывчатых веществ.*

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что наноалмазы являются продуктом детонационного разложения углеродосодержащих взрывчатых веществ (ВВ) с отрицательным кислородным балансом. К числу эмпирических факторов, влияющих на выход детонационных наноалмазов (ДНА) и алмазосодержащей шихты (АШ, полупродукт синтеза ДНА) обычно относят: состав ВВ, плотность заряда, теплоемкость газовой среды в камере, бронировку заряда и среду подрыва в емкости камеры, соотношение массы заряда и объема камеры, форму заряда, мощность инициирующего заряда и место его расположения.

Собрать воедино все управляющие параметры процесса синтеза ДНА, выраженные в виде каких-либо простых и ясных зависимостей пока не удается. Прямой эксперимент определения реального процесса образования наноалмазов за фронтом детонационной волны до сих пор является неразрешимой проблемой.

Однако на основе обширных литературных и собственных статистических данных можно определить управляющих диапазон влияния таких важных факторов, как кислородный баланс (КБ, зависит от состава заряда ВВ) и плотность заряда на выход АШ и ДНА.

© В. Ю. ДОЛМАТОВ, 2016

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Сравнивали рассчитанный кислородный баланс зарядов ВВ, который был взят из литературных источников (заряда на основе гексогена (ГГ)) и собственных данных автора (заряда на основе тротила и гексогена (ТГ) в соотношении 50/50 % (по массе)). Подрыв проводили во взрывной камере Альфа-2М, объемом 2,14 м³, вес зарядов был 700 г.

Полученную АШ тщательно промывали холодной дистиллированной водой (4 раза) и горячей водой (2 раза). Затем АШ обрабатывали 57 %-ной HNO₃ при температуре ~ 230 °С и давлении 80 атм [1] и отмывали от остатков кислоты дистиллированной водой.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Влияние добавок твердых органических соединений к гексогену как “неактивных” (нафталин, парафин и др.), так и достаточно мощных взрывчатых веществ (тротил, тринитробензол и др.), исследовано в [2]. Заряд получали прессованием, плотность зарядов приведена в табл. 1, где также представлен рассчитанный автором (В. Ю. Долматовым) кислородный баланс, заряды приведены в порядке уменьшения КБ (в абсолютных величинах).

Таблица 1. Выход ДНА и АШ из смеси гексогена с добавками органических продуктов (в том числе ВВ)

Добавка	%	Плотность заряда, г/см ³	Кислородный баланс, %	Выход АШ, %	Выход ДНА, %	Удельная поверхность ДНА, м ² /г
Парафин	20	1,45	-86,5	14,6	1,83	479
Нафталин	15		-63,3	11,4	1,20	
Тринитромезитилен	40	1,61	-54,4	13,36	6,15	272
Тринитротолуол	60	1,65	-53,0	10,6	8,4	310
Тринитроксилол	40	1,64	-48,7	11,2	5,12	232,7
Тетрил	100	1,61	-47,4	9,10	4,10	427,5
Динитразопентан	60	1,56	-43,7	7,3	1,9	427,5
Тринитробензол	60	1,69	-42,4	8,45	5,48	312,1
Тринитрофенол	50	1,67	-40,5	7,20	4,06	261,6
Тринитрокрезол	40	1,69	-38,0	7,37	4,72	240,0
Гексанитродифениламин	50	1,67	-37,2	6,86	5,22	
Тетрил	50	1,63	-34,5	3,41	2,47	
Тетранитроанилин	70	1,60	-29,0	4,07	2,42	123,6
Тринитробензол	20	1,71	-28,5	4,74	2,90	210,5
Тринитрорезорцин	40	1,69	-27,3	5,53	3,21	244,8

В табл. 2 приведены литературные данные других авторов для заряда на основе тротила, гексогена и их смесей.

В табл. 3 приведены экспериментальные данные автора для заряда на основе ТГ 50/50.

Данные табл. 1–3 представлены также на рис. 1 и 2. Оптимальным выходом ДНА (см. рис. 1), с точки зрения себестоимости стадии детонационного синтеза и уменьшения нагрузки на стадию химической очистки можно счи-

тать выход 4,0–6,5 %¹ из ВВ с кислородным балансом от –35 до –60. Это же относится и к выходу АШ.

Таблица 2. Выход АШ и ДНА из смеси гексогена с различными органическими добавками (ТНТ), литературные данные

Добавка	Условия создания заряда ВВ и подрыва	Состав заряда, %	Плотность заряда, г/см ³	Кислородный баланс, %	Выход АШ, %	Содержание ДНА в АШ, %	Выход ДНА, %	Масса подрываемого заряда, кг	Примечания
ТНТ	Литье, газовая фаза (N ₂)	ТНТ – 100, ГГ – 0	1,59	–74,0	18,0	15,0	2,7*	360	[3] Лабораторный вариант
ТНТ		ТНТ – 100, ГГ – 0	1,605	–74,0	18,1	15,7	2,8	280	[4] Лабораторный вариант
ТНТ	Литье, газовая фаза	ТНТ – 60, газовая фаза ГГ – 40	1,67	–53,0	13,6		5,16*	360	[3] Лабораторный вариант
ТНТ	Прессование, газовая фаза	ТНТ – 60, газовая фаза ГГ – 40	1,58	–53,0	16,6		4,40*	300	[3] Лабораторный вариант
ТНТ	Прессование, газовая фаза	ТНТ – 50, газовая фаза газовая фаза ГГ – 50	1,59	–47,8	16,0		2,28*	300	[3] Лабораторный вариант
–	Прессование, газовая фаза (N ₂)	ГГ – 100	1,61	–21,6	7,0	8,6	0,6		[2] Лабораторный вариант

*Химическую очистку АШ до ДНА осуществляли смесью кислот (HClO₄ + HNO₃); идентификацию ДНА в [3] производили только рентгеноструктурным анализом.

Исходя из данных (см. рис. 2), оптимальный выход ДНА в 4–6,5 % получают при использовании взрывчатых зарядов плотностью 1,60–1,70 г/см³. При той же плотности зарядов выход АШ находится в диапазоне 9–12 %.

ВЫВОДЫ

Разработан способ оценки выхода АШ и ДНА по двум дополнительным показателям – кислородному балансу (от –35 до –60) и плотности заряда ВВ (1,6–1,7 г/см³).

¹ Состав заряда, выход ДНА, АШ здесь и далее – в % (по массе).

Таблица 3. Выход АШ и ДНА из смеси гексогена с ТНТ 50/50 (экспериментальные данные автора)

Добавка	Условия создания заряда ВВ и подрыва	Состав заряда, %	Плотность заряда, г/см ³	Масса подрываемого заряда, кг	Кислородный баланс, %	Выход АШ, %	Содержание ДНА в АШ, %	Выход ДНА, %	Содержание несгоревшей примеси в АШ, %	Содержание несгоревшей примеси в ДНА, %	Примечания
ТНТ	Литье, газовая фаза	ТНТ – 50, ГГ – 50	1,64	1,0	–47,8	9,8	43,0	4,2	8	0,9	Промышленный вариант
ТНТ	Прессование, вода	ТНТ – 50, ГГ – 50	1,62	0,7	–47,8	12,6	45,9	5,8	6,4	0,77	Лабораторный вариант
ТНТ	Прессование, водный раствор уротропина	ТНТ – 50, ГГ – 50	1,63	0,5	–47,8	9,4	64,7	6,1	3,3	0,20	Лабораторный вариант
ТНТ	Литье, водный раствор уротропина	ТНТ – 50, ГГ – 50	1,62	0,7	–47,8	9,1	65,0	5,9	2,3	0,7	Промышленный вариант

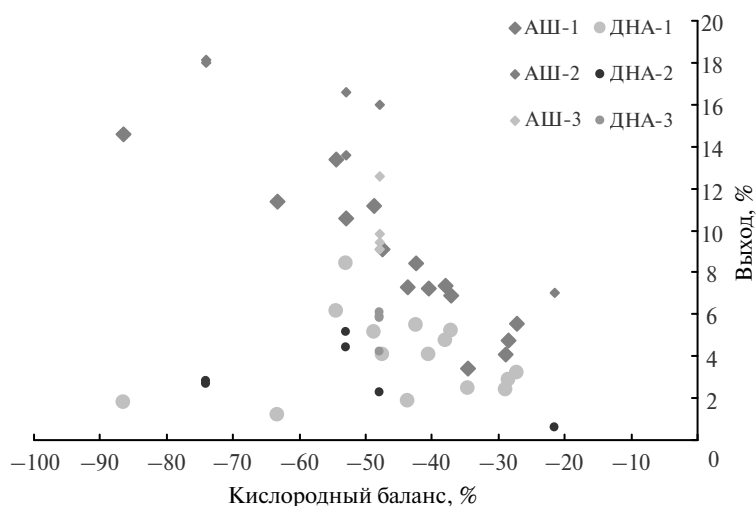


Рис. 1. Итоговый выход АШ и ДНА по данным табл. 1–3 в зависимости от кислородного баланса.

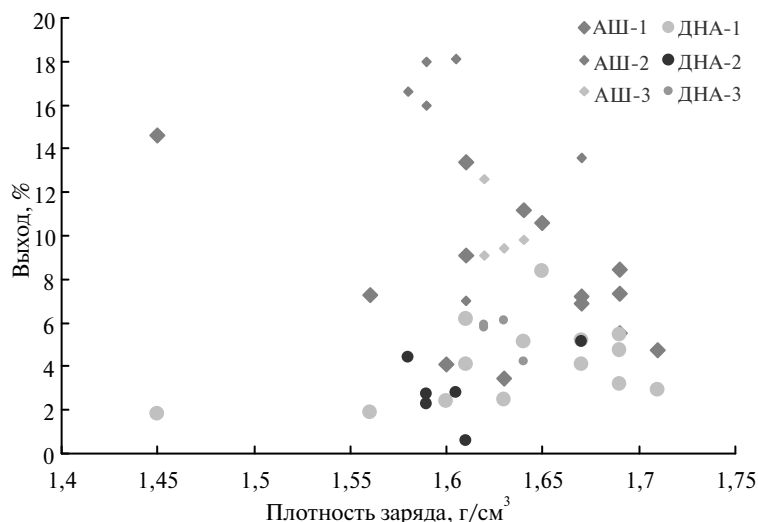


Рис. 2. Итоговый выход АШ и ДНА по данным табл. 1–3 в зависимости от плотности заряда.

Данная работа выполнена при полной финансовой поддержке Соглашения о предоставлении Субсидии от 05 июня 2014 г № 14.579.21.0001, ФЦП РФ.

Представлено новий метод оцінки можливості застосування зарядів вибухових речовин для синтезу наноалмазів по кисневого балансу і щільності заряду. Рекомендована величина по кисневому балансу – –35–(–60), по щільності заряду – 1,6–1,7 г/см³.

Ключові слова: вибухові речовини, детонаційні наноалмази, заряди вибухових речовин, кисневий баланс, щільність заряду вибухових речовин.

The paper presents a new method for evaluating the applicability of explosive charges for the synthesis of nanodiamonds by oxygen balance and charge density. Recommended value for the oxygen balance – –35–(–60), the charge density – 1,6–1,7 g/cm³.

Keywords: explosives, detonation nanodiamonds, explosive charges, oxygen balance, explosive charge density.

1. Пат. 2109683 РФ, МПК C01B 31/06. Способ выделения синтетических ультрадисперсных алмазов / В. Ю. Долматов, В. Г. Сушев, В. А. Марчуков. – Оpubл. 05.03.96 г.
2. Петров Е. А. Исследование физико-химических процессов детонационного синтеза наноалмазов // Сб. докл. Междунар. науч.-техн. и методической конф., Казань, Россия, 22–24 дек. 2004 г. – Казань, 2004. – С. 881–888.
3. Ставер А. М., Лямкин А. И. Получение ультрадисперсных алмазов из взрывных веществ // Ультрадисперсные материалы. Получение и свойства: Межвуз. сб. – Красноярск: Красноярский политехн. ин-т, 1990. – С. 3–22.
4. Титов В. М., Анисичкин В. Ф., Мальков И. Ю. Исследование процесса синтеза ультрадисперсных алмазов в детонационных волнах // Физика горения и взрыва. – 1989. – 25, № 3. – С. 117–126.

Поступило 02.06.16