

Влияние температуры и давления на свойства частиц углерода, формирующегося при детонации конденсированных взрывчатых веществ

*Прууэл Э.Р.*¹

pru@hydro.nsc.ru

¹ ИГиЛ СО РАН, Новосибирск, Россия

В работе представлена база данных результатов исследования конденсированного углеродного остатка, формирующегося при детонации широкого спектра взрывчатых составов. Приведены фотографии с электронного микроскопа детонационного углерода, полученного в Институте гидродинамики им. М. А. Лаврентьева, ФГУП «СКТБ Технолож» и АО «ФНПЦ «Алтай». Исследованы чистые и смесевые составы на основе тротила, гексогена, бензотрифуроксана, триаминотринитробензола, гексанитростильбена, тетрила и пикриновой кислоты.

Для исследованных составов в предположении химического равновесия по численной модели определены химический состав и основные термодинамические параметры продуктов детонации в точке Чепмена-Жуге и на адиабате разгрузки. Сформулировано предположение, что температура и давление являются определяющими факторами свойств формирующейся конденсированной фазы углерода.

Используя экспериментальные данные свойств частиц детонационного углерода и термодинамические расчеты, на плоскости «температура-давление» продуктов детонации нанесены точки, соответствующие исследованным составам. Классифицированы три вида частиц детонационного углерода, выделены области их формирования.

Область I — температура продуктов детонации до 2700 К. В этой области углерод формируется в виде небольших протяженных изогнутых стопок слоев графита. Ярким представителем является триаминотринитробензол ($C_6H_6N_6O_6$, ТАТБ): его продукты детонации в основном содержат такой конденсированный углерод.

Область II — температура продуктов детонации 2700–3700 К. Здесь формируются небольшие частицы внешним размером 5–10 нм с фазовым составом алмаза (размер области когерентного рассеяния 3–5 нм). Яркими представителями являются индивидуальные взрывчатые вещества — пикриновая кислота ($C_6H_3N_3O_7$) и тетрил ($C_7H_5N_5O_8$), — а также смеси на основе тротила с гексогеном или октогеном. Именно эти составы используются для промышленного синтеза детонационного алмаза.

Область III — температура 3700–4200 К. Здесь образуются крупные частицы сложной формы внешним размером десятки нанометров, неоднородные внутри — поликристаллы из сросшихся алмазов с обширными областями углерода в других формах. Единственным проверенным представителем является безводородное взрывчатое вещество бензотрифуроксан ($C_6N_6O_6$).

Полученные экспериментальные результаты и предложенная классификация могут быть использованы для построения моделей конденсации углерода и более осознанных попыток управления свойствами частиц, синтезируемых при детонации.

Ссылки

1. Детонационный углерод. <https://ancient.hydro.nsc.ru/detcarbon>.
2. Прууэл Э.Р., Васильев А.А. Уравнение состояния продуктов газовой детонации. Учет формирования конденсированной фазы углерода // Физика горения и взрыва. — Vol. 57, N 5. — P. 74-85. — DOI: 10.15372/FGV20210507