

Экз. №..

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель генерального директора по научной работе – первый заместитель генерального директора АО «ГосНИИмаш», к.т.н.



Г.В. Харин

«*eg*»

2021 г.

Отзыв на автореферат диссертации

Рубцова Ивана Андреевича

на тему

«Исследование динамики размеров наночастиц конденсированного углерода при детонации энергетических материалов методом малоуглового рентгеновского рассеяния»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний

Способ получения мелкокристаллического порошка алмазов, с использованием взрыва в замкнутом контейнере заряда из смеси взрывчатого вещества и графита, был разработан в 80-х годах 20 века в ОИХФ РАН (г. Черноголовка). Собранные после взрыва твердые остатки продуктов детонации («шихта»), состоящие в большей части из графита, содержат в своем составе частицы углерода, имеющие структуру алмаза в кубической или вюрцитоподобной форме (детонационный алмаз – ДА).

В конце 90-х годов способ был внедрен в опытном производстве АО «ГосНИИмаш», где шихта ДА производится по указанному способу в промышленных масштабах более 20 лет. Алмазный порошок, полученный в результате очистки шихты от графита, имеет поликристаллическую структуру. Каждая алмазная частица представляет собой кластер размером несколько мкм, состоящий из большого количества наноразмерных монокристаллических блоков с высокой плотностью дислокаций. По сравнению с монокристаллическими синтетическими или природными алмазами такая структура обеспечивает поликристаллическому алмазу высокую твердость и хорошие

абразивные свойства, поскольку каждая частица обладает множеством режущих кромок. Очищенный ДА подвергается классификации, выпускается в виде сухого порошка разной дисперсности, водных суспензий и гелей и применяется для прецизионного полирования различных твердых поверхностей.

Производство этой продукции дает вклад в бюджет предприятия, поэтому любое, даже прогнозируемое, изменение в процессе производства, которое может привести к снижению в шихте количества или качества алмазной фазы, вызывает обоснованное беспокойство и попытки определения путей решения надвигающейся проблемы.

Так в середине 2010-х, появилась угроза перехода в разряд дефицитных продуктов гексогена, используемого при изготовлении графитосодержащих смесей, которые обеспечивают требуемые технологические параметры процесса производства ДА. Переход на другое ВВ грозил снижением содержания ДА в шихте, росту себестоимости продукции и, как результат, возможной остановкой производства.

Имеющийся опыт влияния порой незначительных отклонений на получаемые результаты потребовал принятия превентивных мер, одной из которых стало обращение в ИГиЛ СО РАН с просьбой о проведении исследований процесса производства шихты из взрывчатых смесей, изготовленных с применением других ВВ и с измененными соотношениями компонентов.

В дополнение к традиционно выполняемому в таких случаях изучению состава твердых продуктов детонации, образующихся в закрытой взрывной камере в результате взрыва зарядов разных рецептов, сотрудники ИГиЛ, в числе которых был и Иван Андреевич Рубцов, автор представленного на отзыв автореферата диссертации, применили для исследований источник высокочастотного мягкого рентгеновского излучения, которым является синхротронное излучение от ускорителя ВЭПП-3 в ИЯФ СО РАН. Кроме определения по результатам измерений характеристик процесса детонации графитосодержащих взрывчатых составов и восстановления уравнения состояния их продуктов детонации, применение синхротронного излучения позволило методом малоуглового рентгеновского рассеяния определить влияние рецептуры ВС на процесс возникновения и роста алмазной фазы, началом образования которой служит фронт детонационной волны.

Полученные при этом результаты позволили ИГиЛ СО РАН разработать для АО «ГосНИмаш» ряд рекомендаций по важным для производства ДА вопросам.

Изложенное выше свидетельствует об **актуальности** темы «Исследование динамики размеров наночастиц конденсированного углерода при детонации энергетических материалов методом малоуглового рентгеновского рассеяния», выбранной автором для диссертационной работы.

Как показывает опыт, количество и размеры частиц ДА, извлекаемого из шихты, зависит от размеров (массы) зарядов, используемых в процессе производства – более крупные заряды позволяют получать и более крупные частицы. Это говорит о необходимости учета масштабного фактора при исследовании динамики конденсации углерода за детонационной волной.

Поэтому сформулированная автором **цель** диссертационной работы, заключающаяся в исследовании процесса при детонации зарядов, имеющих разный диаметр, и решенные для достижения этой цели **задачи** рецензент считает правильными, позволившими в процессе работы получить результаты, **имеющие научную новизну и теоретическую и практическую значимость**. Формулировки полученных результатов и их значимость, сделанные автором диссертационной работы, представляются рецензенту обоснованными.

Достоверность представленных в работе результатов и **обоснованность положений, выносимых на защиту** не вызывают возражений и сомнений в их авторстве. Учитывая оригинальность установки, с использованием которой проводились исследования, и вовлеченность автора диссертации в процесс ее создания и применения и новизну полученных результатов, следует признать, что защищаемые им положения являются совершенно новыми, и ни кем ранее не сформулированы.

Апробация результатов диссертационной работы, проведена на признанных научном сообществе отечественных и международных конференциях, а **публикация** основных результатов исследований выполнена в рекомендованных ВАК авторитетных рецензируемых международных и отечественных журналах.

Личный вклад автора охарактеризован корректно и в полном объеме.

Изложенные в автореферате диссертации результаты исследований соответствуют специальности 1.3.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Автореферат диссертации оформлен в соответствии с требованиями к оформлению научно-технической литературы, представленное в нем содержание работы изложено техническим грамотным языком. Приведенные в

тексте иллюстрации хорошо поясняют процесс проведенных исследований и основные полученные результаты.

В качестве замечаний к описанию основного содержания работы хочется обратить внимание на рисунок 9, на котором приведены зависимости размера частиц конденсированного углерода и их кластеров от времени для двух отличающихся диаметром зарядов из смесового состава ТГ. Показанное на этом рисунке преимущество по размерам кластеров (40 – 80 нм) в продуктах детонации заряда диаметром 20 мм на зарядом диаметром 40 мм (30 – 35 нм) не согласуется с известным из практики получения при детонации смесовых составов ВВ/графит алмазов марки ДА правилу, согласно которому увеличение размеров заряда ведет к росту размеров частиц, имеющих вид кластеров. Если ошибки в приведенных на рисунке данных нет, то такое поведение размеров кластеров требует дополнительного пояснения. Возможно, тут сказывается влияние особенности методики регистрации, не учитывающей количество образующихся частиц?

Высказанное замечание, тем не менее, ни в коей мере не умаляет достоинств представленной Иваном Андреевичем Рубцовым к защите диссертационной работы «Исследование динамики размеров наночастиц конденсированного углерода при детонации энергетических материалов методом малоуглового рентгеновского рассеяния», научную новизну и практическую ценность изложенных в ней результатов.

Резюмируя изложенное выше можно сделать следующие **выводы:**

1) Диссертация Рубцова Ивана Андреевича представляет собой научно-квалификационную работу, в которой получены решения важных для физики взрыва задач, а именно:

- разработан экспериментальный подход для регистрации МУРР в динамических условиях;

- проведены с суб-наносекундной экспозицией экспериментальные исследования и измерения динамики угловых распределений МУРР при детонации зарядов диаметром до 40 мм;

- разработаны численные модели обработки экспериментальных данных;

- восстановлена динамика размеров частиц конденсированного углерода, образовавшихся в результате детонации;


- предложен механизм формирования конденсированного углерода при детонации углеродсодержащих ВВ и ВС, состоящий из двух фаз – первой быстрой, реализуемой на фронте детонационной волны, на которой, в основном, образуются частицы конденсированного углерода и второй, медленной, протекающей за фронтом детонационной волны, где, в основном, происходит рост кластеров, образованных из одиночных частиц.

2) Диссертационная работа «Исследование динамики размеров наночастиц конденсированного углерода при детонации энергетических материалов методом малоуглового рентгеновского рассеяния», имеет важную научную и практическую ценность, полностью отвечает требованиям «Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Иван Андреевич Рубцов заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний.

Курепин Александр Евгеньевич
доктор технических наук
специальность 20.02.21 - Средства поражения и боеприпасы
Начальник ЦТЭФ

Акционерное общество "Государственный научно-исследовательский институт машиностроения им. В.В. Бахирева" (АО "ГосНИИмаш")
606002, Нижегородская обл., г. Дзержинск, проспект Свердлова, 11 А
Тел. (8313) 36-70-00
Электронная почта: niimash@mts-nn.ru

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

09.11.2021 
Подпись А.Е. Курепина заверяю
Начальник отдела кадров АО «ГосНИИмаш»

09.11.2021



Бажанова Т.П.