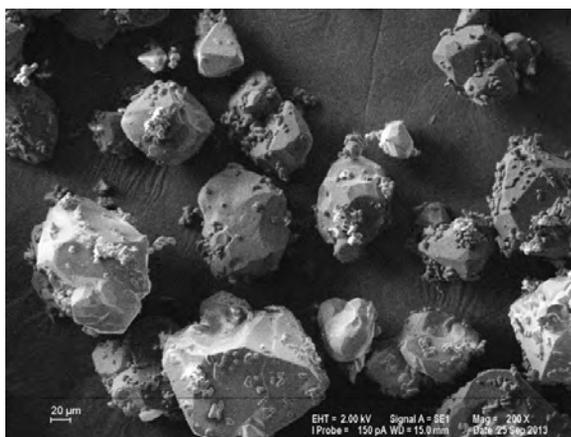


**КРИТИЧЕСКИЙ ДИАМЕТР ДЕТОНАЦИИ ПЛАСТИЧНЫХ ВВ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ
РАЗЛИЧНЫХ МАРОК ГЕКСОГЕНА**

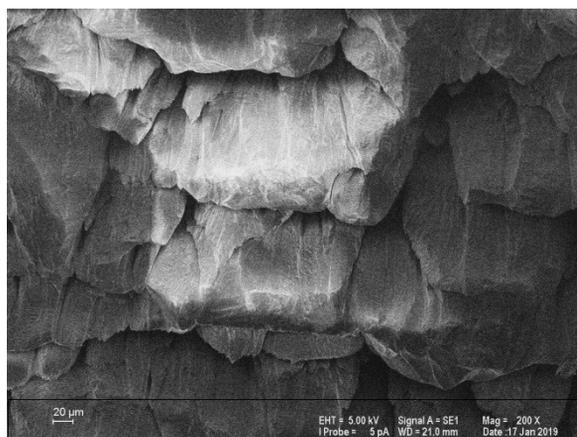
*Д.В. Мильченко, А.И. Пятойкина, М.Ю. Батьков, А.В. Бессонова,
В.А. Бурнашов, Н.Н. Титова, С.А. Вахмистров*

РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, Россия

Термовакuumная сублимация (возгонка-осаждение) индивидуальных ВВ является эффективным способом повышения их детонационной способности в зарядах малого диаметра или малой толщины [1], [2]. Рост детонационной способности рассматривается как следствие увеличения количества «горячих точек» в структуре взрывчатого вещества при его кристаллизации из газовой фазы при низком давлении. Эти структурные изменения наглядно выявляются методами оптической и электронной микроскопии.



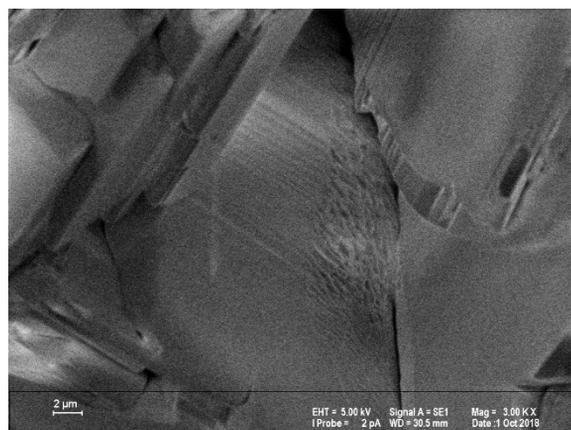
а)



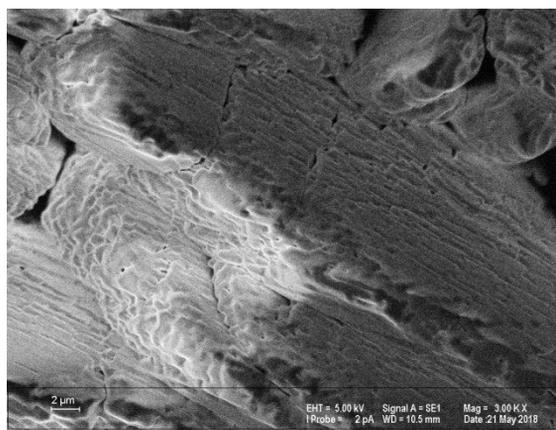
б)

Рисунок 1. Россыпь кристаллов штатного гексогена (а) и поликристаллит гексогена, перекристаллизованного термовакuumным способом (б). Увеличение оригинальных снимков 200х

Частицы гексогена, перекристаллизованного термовакuumным способом, содержат значительное количество границ раздела различной степени выраженности, микропор и других дефектов, которые могут играть роль «горячих точек» при ударно-волновом воздействии.



а)



б)

Рисунок 2. Поверхность кристаллов штатного гексогена (а) и гексогена, перекристаллизованного термовакuumным способом (б). Увеличение оригинальных снимков 3000х

Отмечается, что критический диаметр и критическая толщина зарядов из ВВ, перекристаллизованных по термовакuumной технологии, могут быть в несколько раз меньше, чем у штатных ВВ той же химической природы [1], [2]; при этом чувствительность к механическим и тепловым воздействиям остается на прежнем уровне. Таким образом, перекристаллизованные по термовакuumной технологии ВВ (условное обозначение – ВВ-ТТ, т.е. ВВ термовакuumной технологии) могут применяться для создания особо миниатюрных взрывных устройств различного назначения.

На основе ВВ, переработанных по термовакuumной технологии, также могут быть получены и смесевые ВВ с малым критическим диаметром детонации. Так, для одной из рецептур пластифицированного гексогена наблюдали снижение $d_{кр}$ в 2-4 раза при использовании в качестве наполнителя гексогена, переработанного по термовакuumной технологии (гексоген-ТТ). Минимальные значения $d_{кр}$ в этих случаях достигали 0,6 - 0,7 мм, т.е. приближались к величинам, характерным для ВВ на основе тэна.

Авторами была исследована возможность регулирования критического диаметра детонации пластифицированного гексогена путем смешения в определенной пропорции штатного гексогена с гексогеном-ТТ. Предполагалось, что эффект от смешения двух образцов взрывчатого наполнителя будет, в целом, аддитивным, т.е. критический диаметр детонации смесевого ВВ на смешанном наполнителе (штатный гексоген + гексоген-ТТ) будет снижаться примерно пропорционально возрастанию доли гексогена-ТТ, как наиболее детонационноспособного компонента.

Реальная картина оказалась существенно более сложной, и заранее не очевидной. На рисунке 3 показана зависимость критического диаметра образцов пластифицированного гексогена от процентного содержания гексогена-ТТ во взрывчатом наполнителе. Были исследованы смеси с тремя различными партиями гексогена (обозначены условно как №№ 1,2,3).

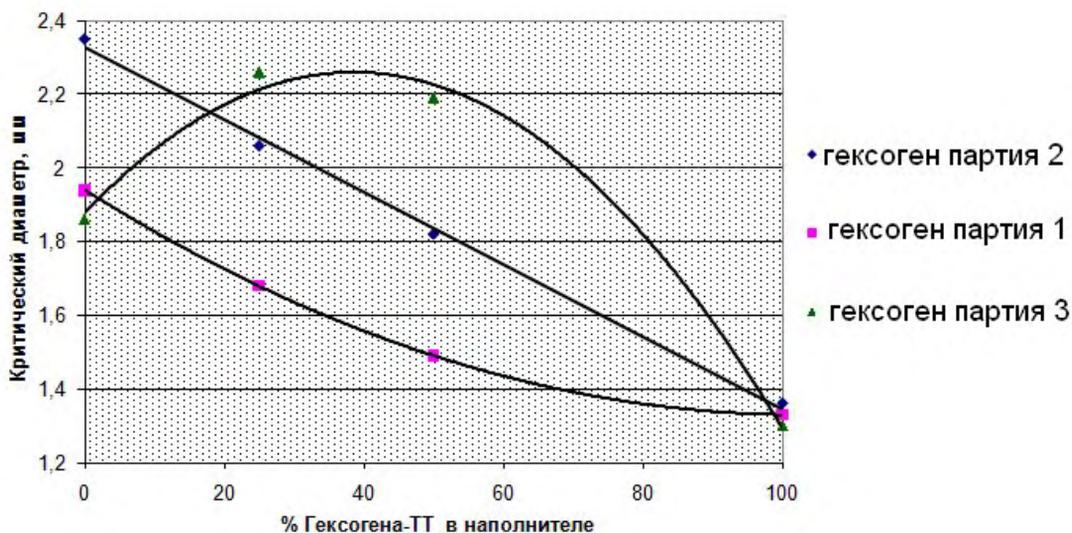


Рисунок 3. Зависимость критического диаметра детонации пластифицированного гексогена от содержания гексогена-ТТ во взрывчатом наполнителе

В одном случае (партия 2 на рисунке 3) зависимость $d_{кр}$ от содержания наиболее детонационноспособного компонента действительно была практически линейной, т.е. детонационная способность менялась аддитивно. В случае, когда одним из компонентов являлся гексоген партии 1, критический диаметр снижался сильнее, чем это ожидалось из линейного прогноза. Данный результат можно объяснить тем, что при определенных условиях основную роль играет передача детонации от обладающего большей ударно-волновой чувствительностью гексогена-ТТ ко второму, менее чувствительному компоненту.

Однако, в третьем случае, добавка гексогена-ТТ не только не привела к снижению $d_{кр}$ – но более того, критический диаметр детонации ВВ на смешанном наполнителе был больше, чем для ВВ,

приготовленного из любой индивидуальной партии гексогена. Этот результат был далее полностью воспроизведен с использованием другой партии гексогена-ТТ. Подобное явление, которое можно назвать «взаимной десенсибилизацией», оказалось весьма неожиданным и не имеющим прямых описанных аналогов. По крайней мере, представления, связывающие критический диаметр детонации с начальной скоростью химической реакции, не дают возможности его объяснить.

На наш взгляд, объяснить наблюдавшийся эффект достаточно простым путём можно с учётом структурных изменений, происходящих при изготовлении смесового ВВ и дальнейшем формировании деталей из него. При этих операциях фракционный состав взрывчатого наполнителя не остаётся неизменным, его частицы всегда в той или иной степени измельчаются. При этом могут возникать ситуации, когда более дефектные частицы ВВ, содержащие больше потенциальных «горячих точек», при механическом воздействии будут разрушаться, в первую очередь, по имеющимся дефектам, что, в свою очередь, приведет к снижению общей детонационной способности смесового ВВ. Т.е., по сути это давно описанный эффект «переизмельчения» применительно к одному из компонентов смесового ВВ.

Такое предположение подтверждается полученными микрофотографиями структуры взрывчатого наполнителя, извлеченного из смесовых ВВ. На рисунках 4 и 5 представлен вид кристаллов взрывчатого наполнителя, извлеченного из деталей, изготовленных из смесового ВВ после отмывки связующего компонента. Фотографии сделаны в среде иммерсионной жидкости (нитробензол) с показателем преломления, близким к таковому для гексогена. В этом случае внутренние поры и трещины в структуре кристалла визуализируются в виде темных пятен. Рассмотрены два крайних случая – повышение детонационной способности против линейного прогноза (смесь гексогена партии 1 и гексогена-ТТ) и ухудшение детонационной способности (смесь гексогена партии 3 и гексогена-ТТ).

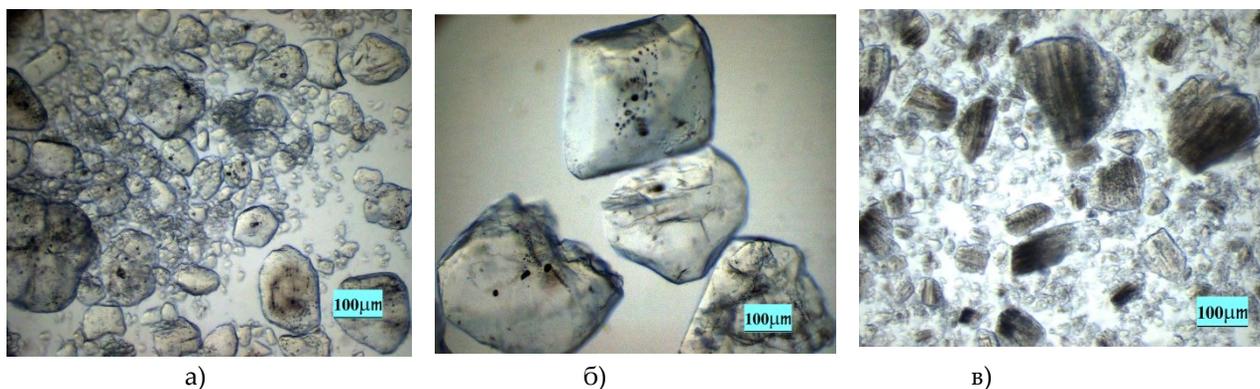
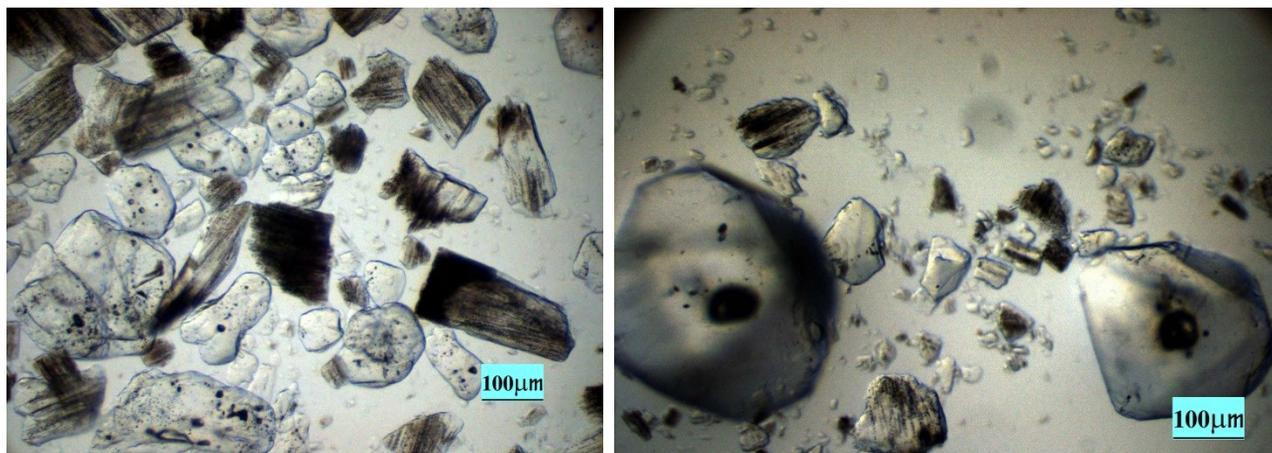


Рисунок 4. Микрофотографии в иммерсионной жидкости образцов гексогена, извлеченного из смесового ВВ: а) на гексогене партии 1, б) на гексогене партии 3, в) на гексогене-ТТ

Как видно из рисунка 4, кристаллы гексогена партии 3 являются наиболее крупными и малодефектными. Кристаллы гексогена-ТТ (и их фрагменты) содержат значительно количество дефектов малого размера, не разрешаемых под оптическим микроскопом.



а)

б)

Рисунок 5. Микрофотографии в иммерсионной жидкости образцов гексогена, извлеченного из смеси ВВ: а) на смеси гексогена партии 1 с гексогеном-ТТ, б) на смеси гексогена партии 3 с гексогеном-ТТ

Из рисунка 5 видно, что в составе ВВ, изготовленного из смеси гексогена партии 1 и гексогена-ТТ, имеет место относительно равномерное дробление частиц гексогена. Сравнивая между собой рис. 4а и 5а, можно также сделать вывод, что во втором случае количество «мелочи», не содержащей дефектов, меньше, что может приводить к росту детонационной способности ВВ на смешанном наполнителе.

В случае ВВ, изготовленного из смеси гексогена партии 3 с гексогеном-ТТ, видно, что преобладающая часть гексогена-ТТ подверглась интенсивному дроблению и, соответственно, общее количество «горячих точек» в системе значительно снизилось. Очевидно, прочность индивидуальных кристаллов гексогена партии 3 была существенно выше, чем гексогена партии 1 и гексогена-ТТ. Собственно, это подтверждается прямым сравнением рисунков 4а и 4б. Частицы извлеченного гексогена партии 3 (рисунок 4б) выглядят практически неразрушенными. При смешении с гексогеном-ТТ эти прочные частицы играют роль «жерновов», разрушая кристаллиты гексогена-ТТ преимущественно по имеющимся «горячим точкам». Закономерным результатом является рост критического диаметра детонации смеси ВВ.

Представленные результаты наглядно демонстрируют влияние процессов вторичного измельчения при изготовлении смесевых ВВ и деталей из них на детонационную способность конечного продукта.

Список литературы

1. Д.В. Мильченко, В.А. Губачев, Л.А. Андреевских, С.А. Вахмистров, А.Л. Михайлов, В.А. Бурнашов, Е.В.Халдеев, А.И. Пятойкина, С.С. Журавлев, В.Н.Герман. Наноструктурированные ВВ, получаемые методом осаждения из газовой фазы. Особенности структуры и взрывчатых свойств. // Физика горения и взрыва, 2015, т.51, № 1, с.96-101.
2. Д.В. Мильченко, В.А. Губачёв, В.Н. Герман, С.А. Вахмистров, Н.Н. Титова, А.Л. Михайлов, В.А. Бурнашов, Е.В. Халдеев, А.И. Пятойкина. Особенности строения и свойств тонких наноструктурированных слоев ВВ, получаемых осаждением из газовой фазы. // Труды РЯЦ-ВНИИЭФ, т.22, ч.2 – 2017 – с.88-97.