

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНИЦИИРУЮЩИХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛЕГМАТИЗАТОРОВ

Ю.В. Передерин, М.В. Казутин, М.В. Комарова

Статья посвящена изучению чувствительности к ударному и ударно-сдвиговому воздействию образцов азида свинца и азида серебра, находящихся в высокодисперсном состоянии. Показано снижение чувствительности образцов относительно промышленных образцов.

Ключевые слова: азиды, чувствительность к удару, безопасность.

Конструирование боеприпасов любого назначения начинается с синтеза компонентов и анализа их свойств [1–5]. В первую очередь выявляется их химическая стабильность и эксплуатационная безопасность [5]. Большинство перспективных компонентов таких систем были отбракованы именно по параметру безопасности [4].

Проведение экспериментальных исследований по ГОСТ методике не предусматривает определение дисперсности испытуемых образцов: такие требования предъявляются лишь к тестовым испытаниям копров на эталонных веществах (тетрил или гексоген). В то же время, очевидно, что если размер всех частиц вещества будет меньше критического диаметра детонации, то возможно изменение чувствительности таких материалов в сторону увеличения безопасности даже при условии возникновения «горячих» точек. Для иницирующих взрывчатых веществ такие исследования не проводились в связи с тем, что их критический диаметр детонации на порядок меньше аналогичного параметра бризантных взрывчатых веществ.

В связи с тем, что проблема высокой чувствительности иницирующих взрывчатых веществ (ИВВ) создает множество технических трудностей при их синтезе, хранении, транспортировке и эксплуатации [4, 5], целью исследования являлось повышение безопасности ИВВ за счет высокодисперсного состояния вещества, позволяющего избежать появления «горячих» точек. В ходе исследования предполагалось решить задачи снижения чувствительности ИВВ к внешним воздействиям за счет снижения размера частиц исследуемых веществ.

Для проведения исследований в соответствии с поставленными задачами были синтезированы образцы азида серебра (АСе) и азида свинца (АСв) с применением некоторых технологических приемов, позволивших

получить высокодисперсные частицы выбранных веществ.

АСе и АСв были исследованы на оптическом микроскопе. Для того, чтобы охарактеризовать порошкообразные материалы использованы методы определения количественного содержания отдельных частиц на основе анализа электронных изображений образцов.

Количественное соотношение частиц (распределение по размерам) определялось непосредственным подсчетом:

– в случае сферических частиц измерялся и учитывался диаметр;

– в случае частиц, имеющих форму близкую к параллелограмму, учитывался наибольший линейный размер из трёх его граней;

– для частиц, имеющих неправильные геометрические формы выбирался наиболее подходящий критерий.

Оценка массового соотношения фракций рассчитывалась на основе количественного содержания и формы частиц:

$$m = V \cdot \rho \quad (1)$$

где m – масса частицы, V – объём, ρ – плотность вещества;

Параметр V для шарообразных частиц (2) и параллелограммов (3):

$$V_{\phi} = \pi \cdot d^2 \quad (2)$$

где π – число Пи, d – диаметр частицы;

$$V_i = a \cdot b \cdot c, \quad (3)$$

где a , b и c – длины соответствующих сторон прямоугольного параллелограмма.

Для получения приемлемых результатов обрабатывались сплошные массивы (фрагменты изображений), содержащие не менее 200 частиц.

Образец АСв состоит из кристаллических конгломератов, размерность которых составляет десятки микрометров (рисунок 1).

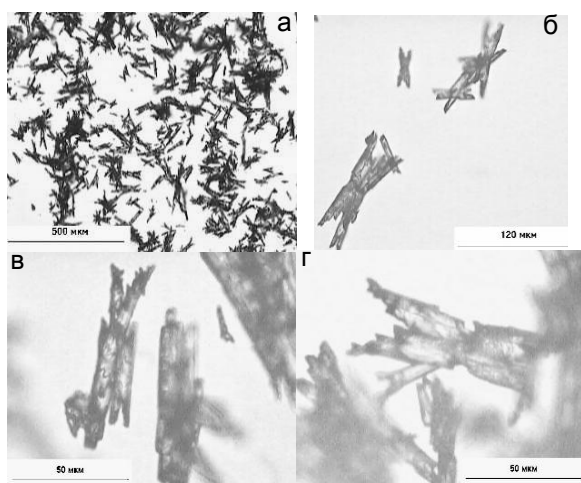


Рисунок 1 – Образец АСв под микроскопом

Анализ изображений большего увеличения (рисунки 1 б–г, кратность увеличения X400, X1000, X1000) показал, что кристаллы имеют игольчатую форму состоят из частиц в форме «пластинок» произвольной формы, длина которых составляет 5÷170 мкм, а ширина охватывает диапазон от 2÷45 мкм.

Гистограмма распределения кристаллов по размерам приведена на рисунке 2.

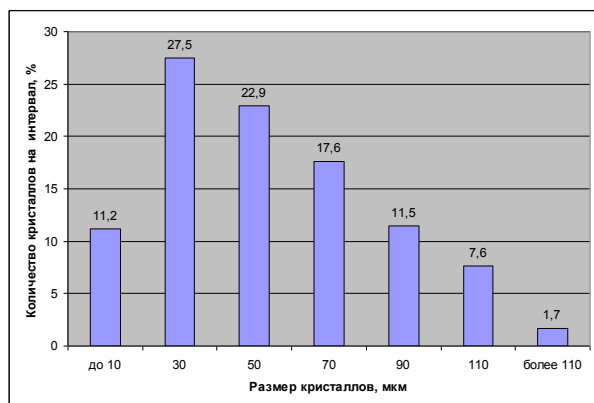


Рисунок 2 – Распределение частиц в образце АСв

Образец АСе состоит из агломератов кристаллов, размерность которых составляет 0,5÷4,5 мкм (рисунок 3). Кристаллы имеют форму близкую к форме эллипса. Гистограмма распределения кристаллов по размерам приведена на рисунке 4.

Промышленные образцы выбранных веществ по своей природе обладают высокой чувствительностью как удару, так и к ударно-сдвиговому воздействию [4, 5]. Чувствительность к удару увлажненного АСв не намного

меньше, чем сухого: может быть увлажнен до 30 % практически без потери взрывчатых свойств. Менее чувствителен к удару чем гремучая ртуть, к трению более чувствителен. Недостаточно восприимчив к лучу огня и искре из-за наличия пленки возникающей в результате воздействия влажной углекислоты. У свежеполученного химически чистого АСв восприимчивость к действию пламени очень высока. Минимальный инициирующий заряд в капсуле-детонаторе при запрессовке с чашечкой для тетрила – 0,025 г, гексогена – 0,02 г, тротила – 0,09 г. АСв очень опасен в обращении из-за очень высокой чувствительности к трению, чувствительность к механическим воздействиям в большой степени зависит от размера кристаллов и способе кристаллизации. При размерах более 0.5 мм чрезвычайно взрывоопасен. В процессе синтеза возможно взрывное разложение на стадии получения насыщенного раствора, кристаллизации и сушки. Известны случаи самопроизвольных взрывов при пересыпании, что объяснялось примесью крупных кристаллов в техническом азиде свинца [5].

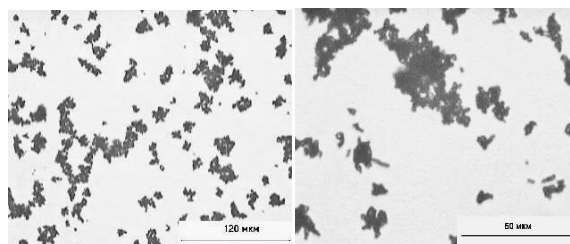


Рисунок 3 – Образец АСе под микроскопом

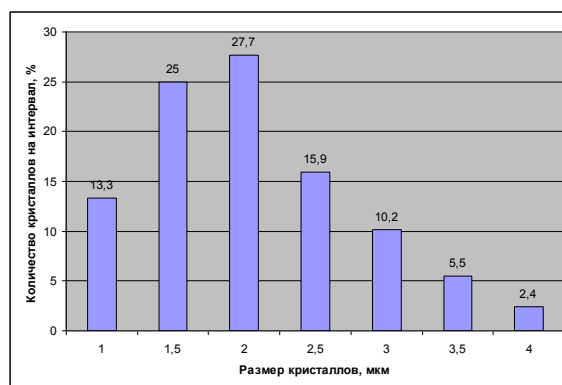


Рисунок 4 – Распределение частиц в образце АСе

Характеристики АСе находятся примерно на том же уровне: при температуре разложения взрывается, детонирует при встряхивании и ударе, под действием света темнеет,

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНИЦИИРУЮЩИХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛЕГМАТИЗАТОРОВ

менее чувствителен к удару чем гремучая ртуть: чувствительность мелкокристаллического – 777 мм (груз 0,5 кг), крупнокристаллического – 285 мм (груз 0,5 кг), аналогичные условия для гремучей ртути дают значение 127 мм. Обладает большей бризантностью, чем гремучая ртуть (по песочной пробе). Предельные заряды для подрыва: тротила – 0,07 г, тетрила – 0,02 г, пикриновой кислоты – 0,035 г. [4].

Образцы были испытаны по ГОСТ 4545-88 «Вещества взрывчатые бризантные. Методы определения характеристик чувствительности к удару» и по ГОСТ 50835-95 «Вещества взрывчатые бризантные. Методы определения характеристик чувствительности к трению при ударном сдвиге. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения чувствительности к удару и трению образцов АСе и АСв

Шифр	Чувствительность к удару, мм, $m_{\text{груза}}=10 \text{ кг}$	Чувствительность к трению при ударном сдвиге (нижний предел, кгс/см ²)
АСе	более 500	1600
АСв	240	1000

В связи с тем, что при определении чувствительности к ударно-сдвиговому воздействию образец предварительно подпрессовывается до заданного давления, значительного снижения чувствительности по данному параметру определить не удалось: при начальных низких давления компактирования не наблюдалось (не формировалась «таблетка») и порошкообразный материал разлетался по испытательной камере, при повышении давления образец спрессовывался в жесткие «таблетки», которые в полной мере отражали опасные свойства исследуемых веществ, не давая отказов вообще (выше приведенных давлений поджатия наблюдалось 100 % инициирования образцов).

При определении чувствительности к удару было определено значительное снижение чувствительности образцов. Следует отметить, что определение чувствительности инициирующих веществ по приведенной методике определялось только с грузом 0,5 кг, в то время как при проведении исследований был использован груз 10 кг, что значительно увеличивает кинетическую энергию, воздействующую на образец.

Чувствительность к удару образца АСв оказалась на уровне бризантных ВВ, в то

время как образцы АСе не были инициированы даже при высоте сбрасывания груза 500 мм (по методике), и даже больше: были проведены разовые эксперименты: инициирования не произошло даже при высоте сбрасывания груза 900 мм.

Судя по всему вся энергия удара уходила на компактирование образца в «таблетку» (спекание в более крупные образования) и к моменту образования частичек, способных к инициированию, тепло, способное привести к этому инициированию уже успевало рассеяться в испытательном приборчике и самом материале.

Полученные таким образом таблетки обладали чувствительностью, соответствующей инициирующим ВВ: образцы АСе инициировались при разборе испытательного приборчика или при попытке извлечь «таблетку» из муфты приборчика; образцы АСв также инициировались при разборе приборчиков (по методике на каждую точку эксперимента приходится 25 испытаний), удалось некоторые извлечь без каких-либо последствий, увеличенная фотография одной из таких «таблеток» приведена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Увеличенная фотография образца АСв после сбрасывания груза массой 10 кг с высоты 500 мм

ВЫВОДЫ

Исследованные образцы АСв и АСе менее чувствительны к ударному воздействию, чем промышленные образцы этих же веществ. Полученные данные могут иметь при-

кладное значение: возможно создание мало-чувствительные капсулей для боеприпасов: при хранении и транспортировке инициирующее вещество может находиться в высокодисперсном состоянии, и может приобретать функциональные свойства (инициирующие) после предварительного ударного воздействия на них. Такие боеприпасы могут позволить существенно снизить требования безопасности к складам хранения боеприпасов, снизить опасность транспортировки таких боеприпасов относительно классической схемы формирования снарядов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards. – 6 ed., Vol. 1. – Butterworth-Heinemann. – 1999. – P. 12–13.
2. Urbanski T. Chemistry and technology of explosives. – Vol. 3. – Warszawa. – 1967. - P. 182–184.
3. Руководство по неорганическому синтезу. – Т.4, под ред. Брауэра Г. – М. : Мир, 1985. – С. 1094.
4. Бубнов П. Ф. Иницирующие ВВ / П. Ф. Бубнов. – М. : Оборонгиз. – 1940. – 323 с.
5. Багал Л. И. Химия и технология инициирующих взрывчатых веществ / Л. И. Багал. – Москва. – Машиностроение. – 1975. – 456 с.

6. Физика взрыва. – Т. 1; под ред. Л. П. Орленко. – М. : ФИЗМАТЛИТ. – 2002. – 832 с.

Передерин Юрий Владимирович, к.т.н., младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН); ассистент ФГАОУ ВО НИ ТПУ, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, 634050, e-mail: ipcet@yandex.ru, perederinyv@rambler.ru.

Казутин Максим Владимирович, к.т.н., старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН)

Комарова Марина Витальевна, младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН).