

Секція 1

Спеціальна хімічна технологія,
виробництво боєприпасів та вибухові
роботи в гірничорудній промисловості

Секция 1

Специальная химическая технология,
производство боеприпасов и взрывные
работы в горнорудной промышленности

Section 1

Special Chemical Technology and
Production of Ammunition, Explosive
Works in Ore Mining Industry

УДК:678.027.3

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ НАПОЛНИТЕЛЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПАСТООБРАЗНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

А.Б. Суворцев, А.Г. Пайос

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

absurov@mail.ru

На современном этапе развития ракетной техники актуальным становится вопрос о разработке пастообразных топлив (ПТ), которые имеют ряд преимуществ сравнительно с твердыми и жидкими видами топлив: возможность широко варьировать физико-химический состав; отсутствие компонентов, вызывающих полимеризацию или отверждение топливной массы; высокая скорость горения (в 2 - 10 раз высшая чем скорость горения ТРТ); отсутствие требований по прочности заряда позволяет реализовать конструкцию двигателя с зарядом торцевого горения и получить близкий к единице коэффициент объемного заполнения камеры; повышенная плотность; создание зарядов любых форм и размеров; высокая безопасность при падении или простреле; сокращенный по времени цикл изготовления заряда ПТ и отсутствие формирующей оснастки; простая и безопасная утилизация двигателя после окончания срока эксплуатации [1].

В работе исследована зависимость вязкости композиции от напряжения сдвига в температурном интервале $20 \div 50^\circ\text{C}$ для высоконаполненных пастообразных систем на основе олигомерного каучука СКДН-н и высокодисперсных наполнителей (хлорида калия и алюминия) как модельной системы ПП. Выбор компонентов и массовые соотношения между ними обусловлены возможностью задавать необходимые свойства пастообразных топлив.

Оценена эффективность введения в состав композиций в качестве ПАВ олигомерных полипропиленгликолей с молекулярной массой $200 \div 1000$.

Предложена и изучена поверхностная модификация наполнителя разными по консистенции продуктами глицеролиза деструктурированного ПЕТФ в количестве 2 мас.% для получения пластичных пастообразных композиций с высокой степенью наполнения, способных к течению при температурах $20 \div 50^\circ\text{C}$. На примере диоктилфталата исследовано влияние на реологические свойства содержания пластификатора в составе связующего таких композиций.

Проведен расчет некоторых энергетических и физико-химических характеристик: кислородного баланса, теплоты горения, объема продуктов горения, плотности композиций, объемной степени наполнения, энергии активации вязкого течения для композиций, представляющих интерес с точки зрения создания ПТ.

Показано, что за счет совместного использования таких подходов как поверхностная модификация наполнителя олигомерными продуктами глицеролиза деструктурированного ПЕТФ, введение в состав фазы связующего пластификаторов близкой к каучуку природы и использования эффективного ПАВ, возможно получение композиций со степенью наполнения до 90 мас.%, удовлетворяющих реологическим, энергетическим и физико-химическим требованиям к ПТ.

Полученные данные могут быть использованы при разработке реальных пастообразных топливных композиций.

Список литературы

1.Иванченко, А.Н. Состояние разработки дросселируемых ракетных двигательных установок на унитарном пастообразном топливе / А.Н. Иванченко, С.Г. Бондаренко // Проблемы высокотемпературной техники. – Д: РИО ДНУ, 2007. – С.40–50.

УДК 662.1(075.8)

**ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СКОРОСТЬ
ДИФфуЗИОННО-КОНТРОЛИРУЕМОЙ РЕАКЦИИ СТРУКТУРИРОВАНИЯ
КАРБОКСИЛАТНОГО КАУЧУКА ЭПОКСИДНОЙ СМОЛОЙ**

Т.В. Шароватова, Е.Ю. Нестерова, А.А. Мацкевич

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
пр. Гагарина 72, г. Днепропетровск, 49010
sharovatova91@mail.ru

Композиции на основе олигомерных каучуков с концевыми и/или боковыми карбоксильными группами наряду с достаточно высокой химической стойкостью характеризуются превосходными деформационными свойствами, однако имеют низкую твёрдость, термостойкость и невысокую адгезию. Введение эпоксидного компонента в каучук приводит к улучшению динамической выносливости, физико-механических и эксплуатационных свойств резин. При структурировании жидкокарбоксилатного каучука СКН-10-КТР эпоксидными смолами в смесевых твердых ракетных топливах (СТРТ) получают высоконаполненные композиции с повышенным уровнем прочностных характеристик и хорошими физико-механическими свойствами.

Одним из важных условий высокой эффективности СТРТ является возможность регулирования скорости горения в широком диапазоне, что достигается использованием жидких ферроценовых соединений при обеспечении условий снижения их летучести из композиций. В ряде работ [1,2] было показано, что удовлетворительный комплекс технологических и физико-механических характеристик топливных композиций может быть обеспечен при использовании ферроценсодержащего каталитически-активного пластификатора, содержание которого в топливной композиции вместе с горюче-связующим находится в пределах от 12 до 20 мас.%. Это связано с тем, что для уменьшения экссудации ферроценсодержащего пластификатора из топливного заряда необходимо увеличивать его термодинамическую совместимость с горюче-связующим в широком интервале концентраций и, в то же время, обеспечивать высокие скорости горения. При этом, очень важным является фазовое состояние каучук – эпоксидных композиций, которое существенным образом влияет на процессы, протекающие при их отверждении [3,4].

Нами было изучено влияние времени установления фазового равновесия в системе карбоксилатный каучук СКН-10-КТР - эпоксидная смола ЭД-20 на скорость отверждения как двухкомпонентной композиции, так и трехкомпонентной - в присутствии пластифицирующих добавок: диоктилсебагината – ДОС и ферроценсодержащего касторового масла – ФМКМ. С этой целью следующие композиции: (№1) - низкомолекулярный каучук СКН-10-КТР – эпоксидная смола ЭД-20 (весовое соотношение 80:20%), (№2) - каучук СКН-10-КТР:эпоксидная смола ЭД-20 : ДОС и (№3) каучук СКН-10-КТР:смола ЭД-20:ФМКМ(73:20:7 вес%, соответственно) выдерживались при температуре 20-27°С в течение месяца с периодическим определением количества карбоксильных групп при нагревании композиции ($t=80^{\circ}\text{C}$). На рис.1(а-в) показаны кинетические кривые взаимодействия карбоксильных групп каучука с эпоксидной смолой после выдержки композиций в течение разного количества суток.

Установлено, что скорость отверждения каучука СКН-10-КТР эпоксидной смолой ЭД-20 зависит от фазового состояния системы и времени достижения термодинамического равновесия. Для композиции №1 оптимальное фазовое распределение наступает после выдержки в течение 6 суток (рис.1), что отмечается

максимальной скоростью реакции (табл.1). Присутствие пластификаторов вызывает, как минимум, эффект разбавления и увеличивает время достижения термодинамического равновесия в композиции №2 свыше 29 суток, а в композиции №3 - до 12 суток, что, очевидно, связано с лучшей совместимостью ФМКМ с каучуком и эпоксидной смолой и, по всей вероятности, уменьшением энергии фазового перехода. Это приводит к резкому увеличению константы скорости реакции практически в 2 раза по сравнению с композицией №2 (см. табл.1)

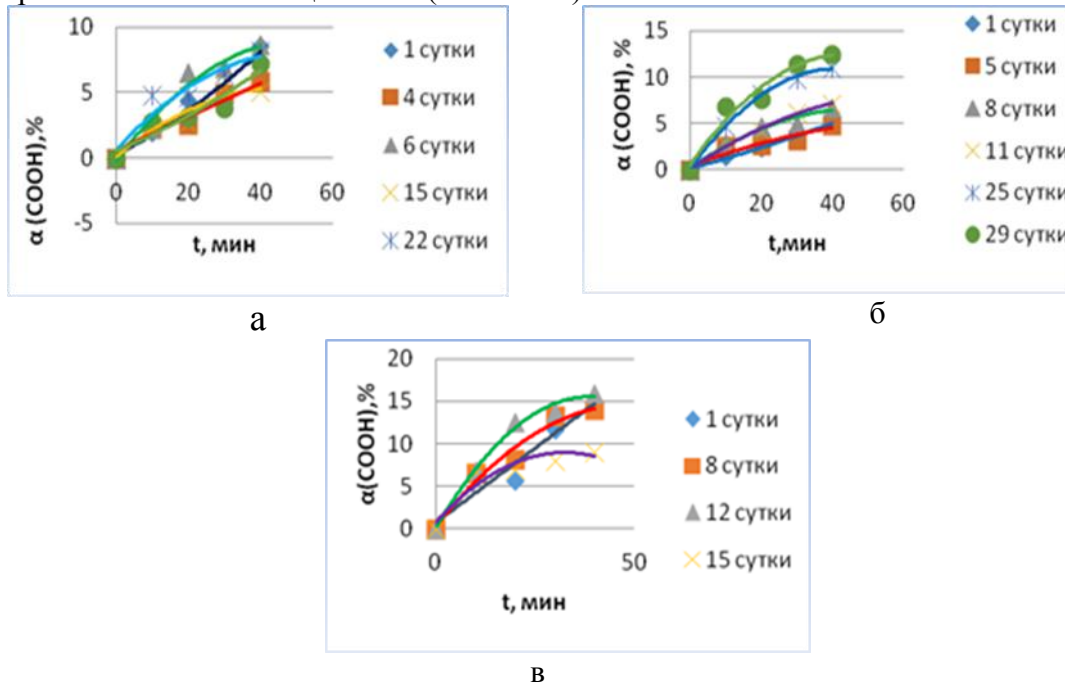


Рис.1 Зависимость степени превращения α (%) карбоксильных групп каучукаСКН-10-КТР в реакции с эпоксидной смолой ЭД-20 ($t=80^{\circ}\text{C}$) от времени предварительной выдержки: а. композиция №1 (без пластификатора); б. композиция №2 (пластификатор –ДОС); в. композиция №3 (пластификатор – ФМКМ);

Таблица 1.- Значение константы скорости структурирования композиций №1, 2, 3.

сутки	Композиция №1 ($K_1 \cdot 10^4$)	сутки	Композиция №2 ($K_2 \cdot 10^4$)	сутки	Композиция №3 ($K_3 \cdot 10^4$)
1	7	1	4	1	13
4	5	5	4	8	12
6	8	8	6	12	13
15	4	11	6	15	7
22	6	25	9		
30	6	29	9		

Список литературы:

1. Паушкин, Я.М. Жидкие и твердые химические ракетные топлива/ Я.М. Паушкин. – М.: «Наука», 1978. – 192 с.
2. Фейсел, В.М. Исследование ракетных двигателей на твердом топливе/ В.М. Фейсел, К.А. Папп, Д.Л. Хильденбранд, Р.П. Сернка, под ред. Т.С. Саммерфилда. – М.: ИЛ, 1963. – 175 с.
3. Фазовая структура эпоксидно-каучуковых систем/ В.П. Волков, Г.Ф. Рогинская, Б. А. Розенберг и др.// Успехи химии. – 1982. – т. 51, вып. 10. – С. 1733-1752.
4. Эбич, Ю.Р. Исследование кинетических особенностей отверждения низкомолекулярных карбоксилсодержащих каучуков. / Ю.Р. Эбич, И.К. Григорьянц, О.А. Стонога, Н.М. Евдокименко// Вопросы химии и химической технологии. – 1975. – вып. 39. – С. 146-153.

УДК 678.049:[665.11+547.7]:678.074:678.01.

ПЛАСТИФИКАТОРЫ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ

В.А.Федорук, К.Е.Варлан, Э.А. Спорягин

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ул. Казакова, 22, г. Днепропетровск, 41050

meshkov.ivan87@mail.ru

Энергонасыщенные полимерные композиционные материалы имеют первостепенное значение в различных отраслях техники.[3]. Неотъемлемыми компонентами, которых также являются пластификаторы [1]. Их вводят в рецептуры смесевых композиций для интенсификации диспергирования порошкообразных компонентов, снижения вязкости и повышения пластичности топливных масс в условиях переработки [2]. В качестве пластификаторов для СРТТ в основном используют эфиры синтетических дикарбоновых кислот: диоктилфталат (ДОФ), диоктилсебагинат (ДОС) и др. Основу сырьевой базы для производства органических ингредиентов полимерных композиций, в том числе пластификаторов, составляют ископаемые углеводороды – нефть и газ. В соответствии с обоснованными прогнозами, уже в ближайшие десятилетия запасы нефти и газа сократятся настолько, что не смогут удовлетворять потребности мировой индустрии. Поэтому сейчас в производстве полимерных композиционных материалов, например, на основе ПВХ и каучуковых связующих, широкое распространение приобретают пластификаторы из натурального сырья: масла и продукты их эпоксидирования, высшие жирные кислоты и их эфиры [4]. В производстве полимерных материалов широко представлены соединения фуранового ряда [5].

Целью данного исследования явилось выяснение возможности полной или частичной замены традиционных пластификаторов ДОФ в высоконаполненных полимерных композициях на продукты переработки возобновляемого сырья растительного происхождения, а также выявление закономерностей влияния пластификатора на реологические свойства композиции. В качестве соединений с предполагаемыми пластифицирующими свойствами использовали: масло соевое гидратированное и эпоксидированное; продукты взаимодействия фурфурилглицидилового эфира (ЭФ) с жирными кислотами: неодекановой (НДК-ЭФ), 2-этилгексановой (ЭГК-ЭФ), пальмитиновой (ПК-ЭФ), олеиновой (ОК-ЭФ) и стеариновой (СК-ЭФ). В качестве стандартного пластификатора использовали ДОФ.

Влияние исследуемых пластификаторов на реологические свойства композиций исследовали на примере модельных смесей. Одним из основных требований к компонентам композиций является их термодинамическая совместимость, в частности совместимость полимерного связующего и пластификатора. С учётом физико-химического подобия отдельных стадий процессов растворения и пластификации полимеров, рассмотрена возможность использования критерия растворимости для оценки совместимости исследуемых пластификаторов с каучуком СКН-10 КТР, а также прогнозирования их влияния на реологические свойства композиций. Экспериментальная проверка показала полную совместимость пластификаторов с каучуком в широком интервале их соотношений. Предварительные исследования показали некоторое подобие в поведении НДК-ЭФ и ЭГК-ЭФ, а консистенция СК-ЭФ оказалась не достаточной для получения однородных ВПК без нагревания, в дальнейших исследованиях из производных ЭФ использовали НДК-ЭФ, ПК-ЭФ и ОК-

ЭФ. Следует отметить, что смесь инертного наполнителя каучука без добавления ДОФ и пластификатора представляет собой непластичную рыхлую массу.

Реологические исследования показали, что полимерные композиции являются типичными псевдопластичными жидкостями, для которых характерно снижение эффективной вязкости с ростом напряжения сдвига.

Полученные зависимости вязкости от напряжения сдвига для всех пластификаторов аппроксимируются экспоненциальными трендовыми линиями с коэффициентами детерминации $R^2 > 0,985$:

$$\eta = A e^{-\alpha \tau} . \quad (1)$$

Коэффициент A можно трактовать как величину, соответствующую наибольшей ньютоновской вязкости η_0 псевдопластических жидкостей, и использовать как некий характеристический параметр. Коэффициент α можно рассматривать как показатель степени «отклика» системы на сдвиговую нагрузку, или характеристику плотности энергии всех нехимических связей, образующих флуктуационную структурную сетку.

Проведённые реологические исследования модельных композиций показали возможность использования вместо традиционного пластификатора – ДОФ соединений, полученных на основе продуктов переработки возобновляемого растительного сырья: фурфурола, жирных кислот, соевого масла. Использование в качестве ингредиентов полимерных композиций соединений с эпоксидными и фурановыми циклами, имеющими известную реакционную способность, позволяет ожидать улучшения эксплуатационных свойств полимерных композиционных материалов, обусловленного химическим связыванием пластификатора с полимерной матрицей. Показано, что зависимость динамической вязкости от напряжения сдвига для всех исследованных модельных полимерных композиций удовлетворительно описываются экспоненциальной зависимостью. Коэффициенты аппроксимирующей функции могут рассматриваться как характеристические показатели для сопоставительного анализа влияния пластификаторов на реологические свойства высоконаполненных энергонасыщенных полимерных композиций.

Список литературы:

1. Фиошина М.А. Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив [Текст] / М.А. Фиошина, Д.Л. Русин. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. – с. 61.
2. Цуцурян, В.И. Военно-технический анализ состояния и перспективы развития ракетных топлив [Текст] / В.И. Цуцурян, Н.В. Петрухин, С.А. Гусев. – М.: МО РФ, 1999. – 332 с.
3. Берштейн, Р.С. Пластификаторы для полимеров [Текст] / Р.С. Берштейн, В.И. Кирилович, Ю.Е. Носовский. – М.: Химия, 1982. – 200 с.
4. Готлиб, Е.М. Пластификация полярных каучуков, линейных и сетчатых полимеров: монография [Текст] / Е.М. Готлиб. – Казань: Изд-во Казан.гос.технол. ун-та, 2008. – 286 с.
5. Воробьева, Г.Я. Химическая стойкость полимерных материалов [Текст] / Г.Я. Воробьева. – М.: Химия, 1981. – 296 с.

УДК 536.631:549.211

ДОСЛІДЖЕННЯ АБРАЗИВНОЇ СТІЙКОСТІ БОРИДІВ ТА КАРБОБОРИДІВ АЛЮМІНІЮ

Т.І.Дуда, І.Ю.Машиністова

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», проспект Перемоги, 37, м.Київ, 03056
tetiana.duda@gmail.com

Бориди та карбобориди алюмінію складу AlB_{12} , $AlB_{24}C_4$ (із високим вмістом бору) виокремлені із усіх інших боровмісних сполук за комплексом цікавих властивостей, а саме: високої твердості, високої хімічної стійкості до дії агресивних хімічних середовищ (хлоридної, сульфатної, нітратної кислот та лугів), стійкості до окиснення на повітрі до $1100^{\circ}C$, наявністю напівпровідності та можливості утворення кераміки і є перспективними для виготовлення міцних і легких спеціальних виробів [1,2].

Метою роботи було дослідження абразивної стійкості зразків на основі боридів та карбоборидів алюмінію різного хімічного складу.

Високодисперсні порошки боридів та карбоборидів алюмінію одержували карбоборотермічним відновленням оксиду алюмінію і атестували хімічним та рентгенографічним дослідженням. Згідно отриманим даним, синтезовані порошки боридів та карбоборидів алюмінію за хімічним складом та параметрами кристалічної ґратки відповідали розрахунковим та літературним значенням (таблиця 1).

Таблиця 1. Хімічний склад та параметри кристалічної ґратки порошків боридів та карбоборидів алюмінію

Речовина	Хімічний склад							Співвідношення елементів		
	Розрахунковий			Експериментальний						
	Al	B	C	Al	B	C	O	B/Al	B/C	Al/C
AlB_2	55.5	44.5	-	54.7	44.2	-	0.8	0.8	-	-
$\alpha-AlB_{12}$	17.2	82.8	-	16.9	82.8	-	0.2	4.9	-	3.4
$Al_3B_{48}C_2$	13.0	83.2	3.8	12.9	82.6	3.8	0.4	6.4	21.9	3.4
$AlB_{24}C_4$	8.0	77.7	14.3	7.9	77.4	14.3	0.2	9.8	5.4	0.5
$Al_8B_4C_7$	62.8	12.6	24.6	62.2	12.4	24.6	0.6	0.2	0.5	2.5

Зразки зазначених боридів та карбоборидів алюмінію у вигляді порошків із середнім розміром частинок 3-4 мкм і високим ступенем монодисперсності (рис.1) використовувалися для випробувань на абразивне зношування (A) та шорсткість поверхні (Ra), які проводили за методикою таких досліджень для синтетичних алмазів [3].

Величина зношування розраховувалася за формулою:

$$A = \frac{m_i - m_f}{m_p}$$

де A- абразивна здатність,

m_i - маса пірамідки із Al_2O_3 до початку випробування, г

m_f - маса пірамідки із Al_2O_3 після випробування, г

m_p - маса зразка, г

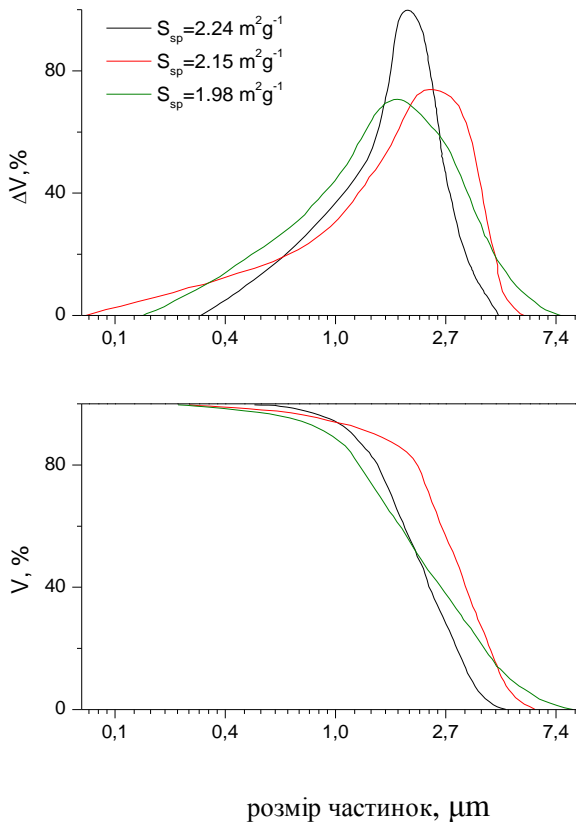


Рис.1. Середній розмір, питома поверхня та ступінь монодисперсності боровмісних сполук

Експериментальні дослідження свідчать, що абразивна здатність боровмісних сполук залежить як від хімічного складу зразка, так і від розміру зерна.

Так, абразивна здатність додекабориду алюмінію $\alpha\text{-AlB}_{12}$, як і карбобориду алюмінію складу $\text{AlB}_{24}\text{C}_4$ значно зростає (від 3,5 до 7,6) із збільшенням розміру зерна, в той час як суміші карбиду бору та бориду титану $\text{B}_4\text{C}+\text{TiB}_2$ підвищують свою абразивну здатність у незначному інтервалі: від 2,5 до 4,3. Відносно показників абразивної здатності синтетичного алмазу, карбоборид алюмінію складу $\text{AlB}_{24}\text{C}_4$ проявляє найкращі показники.

Таким чином, найперспективнішим матеріалом для абразивної обробки поверхні із всіх досліджених зразків можна вважати карбоборид алюмінію складу $\text{AlB}_{24}\text{C}_4$, який проявляє найвищі значення абразивної здатності.

Список літературних джерел:

1. Prediction of new superhard boron-rich compounds /Gao F.,Qin X.,Wang L. [et al]//J.Physical Chem.-2005,Vol.109(31), pp.1482-1485.
2. Phase Composition of Composite Materials Produced by High-Pressure Reaction Sintering in the Cubic Boron Nitride-Diamond-Aluminium System/ M.P.Bezhenar, S.A.Bozhko, N.M.Belyavina[et al]//J.of Superhard Materials, 2007, Vol.29,№6, pp.344-352.
3. Порошки алмазные. Технические условия ГОСТ 9206 – 80.

Таблиця 2. Абразивна здатність боровмісних сполук

Матеріал	Розмір зерна, μm	Абразивна здатність, A	Ra
$\alpha\text{-AlB}_{12}$	2/1	2.4	0.025
$\text{B}_4\text{C}+\text{TiB}_2$		2.5	0.032
$\text{AlB}_{24}\text{C}_4$		3.5	0.044
$\alpha\text{-AlB}_{12}$	3/2	3.7	0.032
$\text{B}_4\text{C}+\text{TiB}_2$		2.5	0.040
$\text{AlB}_{24}\text{C}_4$		3.9	0.035
$\alpha\text{-AlB}_{12}$	5/3	5.9	0.04
$\text{B}_4\text{C}+\text{TiB}_2$		4.3	0.05
$\text{AlB}_{24}\text{C}_4$		7.6	0.043
Синтетичний алмаз	5/3	10.0	0.040

УДК 622.235

ГОЛОВНІ ПРОБЛЕМИ ТА ІННОВАЦІЇ МАСОВИХ ВИБУХІВ НАД ВИРОБЛЕНИМ ПРОСТОРОМ В МЕЖАХ МІСТА НА КАР'ЄРАХ УКРАЇНИ

С.Д. Ісаєв, А.П. Пашков

Національний університет «Києво-Могилянська Академія»

Вул. Сковороди, 2, м. Київ, 04655

vkd@ukma.kiev.ua

Застосування енергії хімічних вибухових речовин (ВР) є універсальним та найбільш економічним способом руйнування міцних гірських порід. Разом з тим відомо, що сучасні масові вибухи в Україні мають і цілий перелік проблем, і

по-перше є джерелом потужного викиду в атмосферу токсичних газів та пилу, а на кар'єрах великих гірничо-збагачуваних комбінатів України щорічно відбувається від 24 до 48 середніх вибухів. Середні викиди пилу на мешканця Кривбасу 810 кг/рік проти 146 кг/рік по Україні.

При середній продуктивності кожного з них у 300-800 тис. м^3 гірської маси, обсяг пило-газової хмари, яка викидається в атмосферу, досягає 10-15 тис. м^3 , де концентрація пилу становить 70-4150 $\text{кг}/\text{м}^3$. А річні витрати вибухових робіт лише в 2012 р. в Кривбасі зросли до 120 тис. т [1].

По-друге, за період експлуатації залізрудних родовищ Кривбасу з надр видобуто близько 12 млрд. т. гірничої маси, при цьому всі гірничі роботи ведуться в межах міста. З 500 кв. км території Кривбасу 40 кв. км зайнято земельними відводами гірничодобувних підприємств та зонами обвалення. У наслідок цього в регіоні утворилася смуга порушень верхньої частини земної кори завдовжки понад 100 км і завширшки до 5 км у вигляді поверхневих виїмок завглибшки до 400 м. Непогашені підземні пустоти простягаються до глибини 1300 м і мають обсяг до 30 млн. куб. м, а поряд проводяться масові вибухи на кар'єрах в межах міста [2].

Одна з найбільших аварій сталася 13 червня 2010 р. о 7 годині 5 хвилин на шахті ім. Орджонікідзе у Кривому Розі. Нещастя сталося при проведенні планових вибухових робіт, під час яких виникло раптове обвалення налягаючих порід у відпрацьований простір. Як наслідок – утворилася воронка на поверхні гірничого відводу площею близько 16 га та найбільшою глибиною до 100 м. Внаслідок обвалу до зони зрушення потрапило 4 автомобілі, а без водо-, газо- та електропостачання залишилось близько 7,5 тисяч мешканців селища ім. Горького. Вчені вважають, що провалля, яке відбулося – це початок великого кінця. Якщо в Кривбасі відбудеться навіть невеликий землетрус чи накопиться критична енергія від масових вибухів, то станеться “велика біда”, так як зруйнуються будівлі, а не стара ферма як вище наведено. Проректор Криворізького національного університету Сидоренко В.Д. вважає, що фактично м. Кривий Ріг висить над проваллям [3,4].

По-третьє, перехід підприємств, які проводять вибухові роботи на відкритих розробках на більш широке застосування багатокomпонентних емульсійних ВР (емоніт, україніт, анемікс, ЕРА, гранеміт та інші) виготовляються в умовах підвищених та високих температур, а деякі з них є ще і потенційно вибухонебезпечні.

По-четверте, зарядження емульсійних ВР під стовп води за допомогою гнучких шлангів діаметром 70-80 мм під тиском до 6 атм, призводить до суттєвої флегматизації емульсійних ВР водою і буровим шламом, який осів у свердловині на висоту 0,7-1,5 м, у зваженому стані 2,5-5 м та наявні на внутрішній поверхні свердловин близько 15 мм [5].

По-н'яте, емульсійні ВР під тиском нагріваються до 30 % у щілині, що згодом розчиняються водою, а це вимагає збільшення з 0,8-0,9 до 1,3 кг/м³. Тому не менше 36 тис. т. лише в тріщинах емульсійних ВР – це головним чином аміачна селітра, яка розчиняється, і не детонує так як критичний діаметр емульсійних ВР близько 70-90 мм (проти 0,5-20 мм ширини тріщин). І це не може не впливати на захворюваність дорослих. В Кривбасі вона постійно зростає, а на 1000 дітей шкільного віку припадає уже 1600-1700 хвороб.

По-шосте, зазвичай під час промислових вибухів корисно використовується лише 1-10 % потенційної енергії заряду. Згідно з розрахунками, генерований вибухом сейсмічний пакет становить 1-5 % усієї потенціальної енергії заряду ВР або від 20 до 50 % усієї енергії, що йде на дроблення, причому в монолітних і обводнених масивах витрати енергії вибуху на сейсмічні коливання досягають найбільш небезпечних коливань [6].

З наведених цифр та проблем зрозуміло важливість пошуку інноваційних способів зниження частки сейсмічної енергії в загальному балансі масових вибухів і зменшення забруднення довкілля та спрямування цієї частки енергії як на інтенсифікацію дроблення так і зниження небезпечного навантаження вибухових робіт над виробленим простором в мета полюсах на кар'єрах України є актуальним.

Саме тому авторами запропоновано в цьому плані найбільш ефективну технологію відбійки обводнених гірських порід на кар'єрах з попереднім зневодненням вибухових свердловин та одночасним створенням мікротріщин у донній їх частині за допомогою прострілочних донних зарядів [7].

Така технологія своєчасна внаслідок того, що повністю сухих свердловин у м. Кривий-Ріг за даними ОАО ППП «Кривбасвибухпром» нараховується менше 12 % від загальної кількості вибухових свердловин. А в обводнених породах Кривбасу емульсійна вибухівка втрачає свою ефективність, оскільки до її складу входить аміачна селітра (АС), досить чутлива до води. Тому в Кривому Розі є думка, що для повноцінного застосування емульсійної вибухівки, зарядні свердловини слід попередньо зневоднювати [8,9].

Технологія зневоднення свердловин донними зарядами успішно пройшла випробування на кар'єрах Кривбасу та Докучаєвського флюсо-доломітового комбінату. Донні заряди – це штатні заводські ВМ, а саме тротилові шашки Т-400Г або патронований амоніт № 6ЖВ на одній або двох нитках детонуючого шнура. При цьому питомі витрати прострілочних зарядів становила 0,2-0,25 кг на 1 метр стовпа води у свердловині діаметром 0,25 м [10].

Перевагами вибухового зневоднення свердловин є:

1. збільшення місткості 1 погонного метра свердловин на 10 %;
2. можливість застосування екологічно безпечних і більш дешевих неводостійких та частково водостійких ВР;
3. суттєве зменшення трудомісткості та тривалості зарядження свердловин і блоку;
4. встановлено, що застосування сучасної інноваційної технології дозволяє перерозподілити до 50 % сейсмонебезпечної енергії на дроблення масиву і, як наслідок, підвищити безпеку масових вибухів на кар'єрах в межах міста, яке розташоване над підземними порожнинами.

Дана інновація захищена Патентом України і сьогодні в Росії успішно застосовується на Кінгісепському мідно-молібденовому Комбінаті, де в якості донного заряду застосовуються заряд амоніту Т-19 масою 3 кг, а свердловини і блоки в кар'єрі на 100 % обводнені, до того ж із окремих свердловин вода виливається з її русла. Правильність цієї інновації підтверджує і 20-річний досвід США де на кар'єрах до 95 % застосовують прості суміші AN-FO, а в зневоднені свердловини заряджають AN-FO, що містять до 20 % емульсії і де технології заряджання свердловин під стовп води пішли в минуле.

Список літературних джерел

1. Моїсєєнко О. Вибухові новації // Охорона праці – К.: -2013, -№10. – С. 26-28
2. Єлезов К.С. Розроблення методики визначення геометричних параметрів вироблених просторів при експлуатації залізородних родовищ. / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук Кривий Ріг: ДВНЗ КНУ, -2014. - 20 с.
3. Семенята М. Зворотній бік вибуху // Партнер «Технополюса» -2010. -№6 – С.1-2
4. Ткач А., Сиротенко О. Кривой Рог стоит над бездной, а они Всё взрывают // Газета по-Киевски. – К.: -2010. - от 15 июня №109 (1757). - С.3
5. Інновації сучасного природокористування/Є.І. Захаренков, А.П. Пашков, О.М. Колосовський, Л.А. Нападовська // Безпека життєдіяльності – К.: Основа, -2011.-№1-С. 24-27 та №2 – С. 31-37
6. Кучерявий Ф.Щ. Взрыв и горные технологии / Ф.Ч. Кучерявий, И.А. Лучко. – К.: Наук. думка, -1988 -160 с.
7. Дослідження ефективності застосування донних прострілочних зарядів на кар'єрах / С.Д. Ісаєв, А.П. Пашков, П.Й. Федоренко, Л.А. Нападовська // ВІСНИК Національного технічного університету України «КПІ» Серія «Гірництво» - К.: -2012. –вип.22 – С.105-111
8. Взрывное соперничество / А.Шведова // Металл Бюллетень – 2007. - №8(122). – С. 22-26.
9. Римарчук Б.Ц., Шварцер В.Я., Быков Е.К. Сравнительная оценка дробящего действия некоторых промышленных ВВ // Вісник КТУ, - 2005.- №9 – С.10-14
10. Ісаєв С.Д., Пашков А.П. Засіб зниження ймовірності небезпечного навантаження на докілья та людину від великомасштабних масових вибухів на кар'єрах України // Наукові записки НаУКМА. - 2009. – С.85-88

УДК 662.2-391.4

КИНЕТИКА УДАЛЕНИЯ ВОДЫ ИЗ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ СОСТАВОВ

Л.Н. Кириченко, М.Ф. Буллер

Государственный научно-исследовательский институт химических продуктов
ул. Ленина, 59, г. Шостка, 41100
desna_2003@mail.ru

Рассмотрены вопросы удаления влаги из эмульсионных взрывчатых составов (украиниты марок ПС, ПГ, ПП). По результатам, представленным в работе [1], были рассчитаны эффективные коэффициенты диффузии влаги при постоянных температурах нагрева образцов 46,0; 60,0 и 75,0 °С, используя известные кинетические уравнения диффузии. Для эмульсионного взрывчатого состава ПП, используя данные, представленные на рисунке, рассчитан температурный коэффициент диффузии D влаги (энергия активации), который составил порядка 7400 кал/моль.

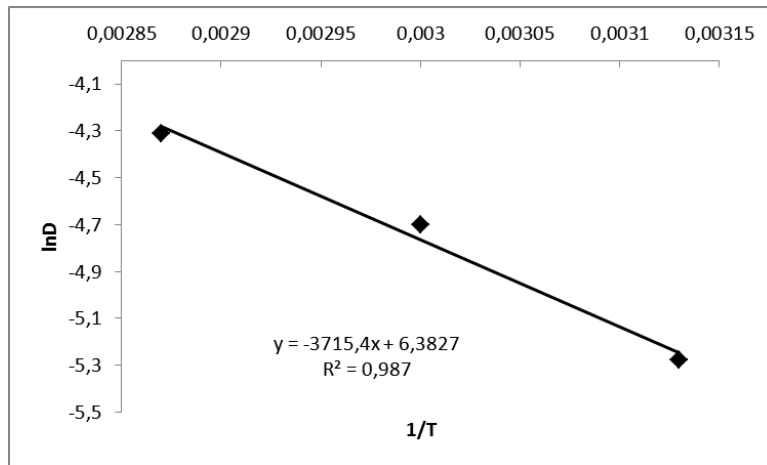


Рис. 1 Кинетика удаления воды из эмульсионных взрывчатых составов

Кроме того, была исследована потеря массы образцов эмульсионных взрывчатых составов при комнатной температуре в диапазоне 12,0 – 32,0 °С и относительной влажности в диапазоне 50 – 94 %, которые имитируют естественные условия негерметичного хранения в течение промежутка времени до 6 месяцев. Выявлено, что масса образцов в отдельные промежутки времени то уменьшается, то увеличивается, т.е. нет однозначности процесса. Образцы, поставленные в эксикаторы (0 % влажности) при комнатных температурах, показали однонаправленное изменение массы (удаление воды).

В дальнейших исследованиях необходимо обосновать температурные границы применимости полученных кинетических уравнений сушки эмульсионных взрывчатых составов, полученных для диапазона температур 62,0 – 103,0 °С. Для этого необходимо исследовать образцы эмульсионных составов в эксикаторах с различной влажностью.

Список литературы:

1. Буллер М.Ф., Вовк Т.Н., Лозовик Н.В. О стабильности эмульсионных взрывчатых составов // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Гірництво». – 2014. – вип. 25. – С. 28-35.

УДК 662.351+662.216.1

О КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПИРОКСИЛИНОВЫХ ПОРОХОВ

Т.В. Романько, М.Ф. Буллер, Г.В. Межевич, В.А. Роботько

Шосткинский институт Сумского государственного университета

ул. Институтская, 1, г. Шостка, 41100

shi_nir@sm.ukrtel.net

Продолжительность безопасного хранения пироксилиновых порохов определяется запасом их химической стойкости, т.е. временем, в течение которого порох, стабилизированный дифениламином, при данной температуре и относительной влажности может безопасно храниться до бурного разложения или самовоспламенения.

Ресурс химической стойкости конкретного пороха на стадии разработки определяют посредством форсированного теплового старения образца соответствующего пороха. Температуру и продолжительность форсированного старения, соответствующие предполагаемому запасу химической стойкости, выбирают, руководствуясь существующей нормативной документацией.

Проводились исследования по определению содержания дифениламина и его нитрозо- и нитропроизводных в процессе форсированного старения. При этом также параллельно велись исследования по химической стойкости на приборе «Вулкан-ВМ».

Полученные данные показывают, что по достижению и превышению нормативного давления в первичном преобразователе прибора «Вулкан-ВМ» в порохе уже израсходован сам ДФА, но сохраняется достаточное количество N-нитрозо-ДФА, 4-нитро-ДФА, некоторое количество 2-нитро-ДФА, растет количество динитропроизводных ДФА. К этому времени появляется и 2,4,4'-тринитро-ДФА, но нет еще и следов присутствия 2,2',4-тринитро-ДФА.

Исходя из вышесказанного, можно предложить в качестве критерия химической стойкости пироксилинового пороха полное отсутствие тринитропроизводных среди продуктов превращения ДФА.

Алгоритм определения запаса химической стойкости, а значит и продолжительности безопасного естественного хранения пороха, выглядел бы следующим образом. При необходимости экспрессного определения состава производных ДФА в порохе в данный момент его жизни, готовят экстракт образца пороха и анализируют его методами тонкослойной и высокоэффективной жидкостной хроматографии. При необходимости определения запаса химической стойкости образец испытуемого пороха подвергают ускоренному старению при температуре, соответствующей эквивалентному времени хранения пороха при естественных условиях. Порох экстрагируют для извлечения производных ДФА, анализируют их вышеупомянутыми физико-химическими методами и определяют присутствие тринитропроизводных ДФА.

Способ оценки экологической безопасности пироксилиновых порохов при хранении по наличию или отсутствию в них тринитропроизводных дифениламина имеет следующие преимущества: сокращаются длительность мониторинга экологической безопасности и материальные затраты по сравнению с другими методами.

УДК 662.31

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССОВ СТАРЕНИЯ БАЛЛИСТИТНЫХ ПОРОХОВ И ТОПЛИВ

В.А. Роботько, М.Ф. Буллер, Г.В. Межевич
Государственный НИИ химических продуктов
ул. Ленина, 59, г. Шостка, 41100
desna_2003@mail.ru

В настоящее время в Украине хранится большое количество боеприпасов, содержащих в своем составе пороха, топлива и взрывчатые вещества, которые в процессе хранения подвергаются влиянию различных хаотичных неблагоприятных факторов и в результате представляющих собой источник повышенной опасности. Из основных составляющих боеприпасов наибольший интерес представляет изучение процессов старения баллиститных составов в связи с относительно коротким сроком их эксплуатационной пригодности (20 – 25 лет). Пироксилиновые пороха, например, могут безопасно храниться в течение 50 лет, для бризантных взрывчатых веществ этот показатель еще выше. Таким образом, целесообразно провести анализ степени изученности вопроса старения баллиститных порохов и топлив и влияния длительности старения на их химические, баллистические и механические характеристики.

Баллиститные составы представляют собой нитраты целлюлозы, пластифицированные труднолетучим растворителем (в основном нитроглицерином) и содержащие в своем составе различные добавки (дополнительные пластификаторы, стабилизаторы химической стойкости, катализаторы, стабилизаторы и ингибиторы горения и др.).

Важное место в изучении старения занимают химические превращения, проходящие в порохах и топливах и определяющие их стабильность и срок служебной пригодности. К химическим процессам относятся термический и гидролитический распад нитроэфиров с выделением газообразных оксидов азота, взаимодействие продуктов разложения со стабилизаторами химической стойкости (дифениламином, диметилдифенилмочевинной), кислородом и влагой воздуха, а также деполимеризация нитроцеллюлозы с уменьшением ее молекулярной массы. Все эти процессы достаточно хорошо изучены. Следствием этого является существование большого количества методов контроля химической стабильности баллиститных порохов и топлив по различным критериям (изменения массы пороха, содержание активных стабилизаторов химической стойкости, выделение газообразных продуктов разложения, определение теплового потока при ускоренном старении и др.).

Не менее важным вопросом является способность топлив сопротивляться внутренним процессам, протекающим при старении. К ним относятся влагообмен с окружающей средой, миграция органических компонентов порохов и топлив, снижение содержания пластификаторов за счет диффузии отдельных компонентов на поверхность пороховых элементов с последующим испарением или кристаллизацией на поверхности и диффузии пластификаторов в бронепокрытия и защитно-крепящие слои.

В результате анализа литературных источников по процессам старения установлено, что наименее изученным вопросом в данной области является миграция органических компонентов баллиститных порохов и топлив и влияние ее на внутриваллиститные характеристики.

UDC 622.235

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF MANGANESE (II) OXIDE ON THE THERMAL DECOMPOSITION OF POTASSIUM PERCHLORATE

A.Romanchenko, V.Zakusylo, D.Sokorenko

Shostka Institute of Sumy State University

41100, Shostka, Institutskaya Street, 1

shi_nir@sm.ukrtel.net

Potassium perchlorate (PPC) is one of the strongest oxidizing agents which can be applied in pyrotechnic mixtures used to perform the industrial explosive works, such as the block stone breakage. PPC possesses a number of advantages when using, however, it decomposes with extremely low heat generation, and therefore the explosive decomposition in mixtures with $KClO_4$ occurs and spreads with the great difficulty. To reduce the decomposition temperature of the explosive mixtures with PPC it is necessary to investigate the influence of the different catalytic additives.

The decomposition temperature of potassium perchlorate reduces with the adding of certain substances, which change the decomposition nature, accelerating one, and slowing other reactions. The various metal oxides, such as MnO_2 , MgO , Cr_2O_3 , CuO , Fe_2O_3 , NiO , TiO_2 , etc. were examined as the catalysts earlier. The rather effective catalyst MnO was selected for the researches. The optimal composition of the catalyst in the explosive mixture, which provides the decomposition temperature's decrease, was defined empirically, studying the thermal decomposition of mixes on the basis of this oxidizer. As the research object the mixture, which contains potassium perchlorate in the amount of 97-99.5% with the catalyst additive – the manganese (II) oxide, the content of which ranged from 0.5 to 3 % depending on the test sample was chosen.

For kinetic studies of the decomposition and determination of activation energy during not isothermal heating the instrument equipment representing an installation for the differential and thermal and thermogravimetric analysis "Thermoscan-2" was used. The researches results were obtained in the graphic look in the form of thermograms, from the analysis of which the polymorphic transitions, melting and decomposition temperatures and the heat, which accompany the changes at these stages have been determined. It was established that the values of these temperatures after the adding at of various amount of manganese oxide remain almost unchanged except the decomposition temperature which considerably decreases.

As the thermal decomposition of potassium perchlorate is a complex process, which represents the series of consecutive and parallel reactions, the Arrhenius equation can't be exactly applicable for determination of the activation energy. Among the offered methods of the thermodestruction kinetic parameters determination of the compounds based on the mathematical processing of TG curves, the Freeman and Carroll's method was chosen.

According to this method the speed constant of decomposition of the studied composition has been defined and it was established that the adding of the manganese oxide in the amount of 0.5% is sufficient to obtain the desired catalytic action. With the adding of this catalyst number the temperature of decomposition decreases from $646.2^{\circ}C$ to $549.9^{\circ}C$, and the value of the speed constant makes 0.48.

References

1. Zakusylo, V., Romanchenko, A., Zakusylo, R. Influence of catalysts on the thermal decomposition of potassium perchlorate and explosive characteristics of composition based on it. Transactions of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University iss. 5(82), pp.103-107, Ukraine.

УДК 678.544

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕХОДА ТРИНИТРАТА ГЛИЦЕРИНА
ИЗ БАЛЛИСТИТНОГО МАТЕРИАЛА
В КОНТАКТИРУЮЩУЮ С НИМ ВОДНУЮ СРЕДУ**

В.К. Лукашев, А.А. Веренич, В.И. Онда, Т.И. Коршок

Шосткинский институт Сумского государственного университета
ул. Гагарина, 1, г. Шостка, 41100
saniverenich@mail.ru

В производстве, а также при утилизации таких полимерных материалов, как баллиститные пороха и твердые ракетные топлива, эти материалы контактируют с водой [1,2]. Это приводит к переходу части тринитрата глицерина (ТНГ) который является пластификатором нитратцеллюлозной основы баллиститного материала, в водную среду. Получаемый при этом раствор может использоваться для производства новых энергетических материалов [3], а образующиеся сточные воды должны подвергаться очистке. Для рациональной организации этих технологических процессов возникает необходимость прогнозных расчетов содержания в них ТНГ, которое зависит от конкретных условий его перехода.

Особенность взаимодействия воды с баллиститным материалом заключается в том, что вода не обладает сродством к нитратам целлюлозы (параметр растворимости Гильдебранта воды $46,4(\text{МДж}/\text{м}^3)^{0,5}$, нитратов целлюлозы $22,0(\text{МДж}/\text{м}^3)^{0,5}$). Соответственно она не может нарушить связанность ТНГ с нитратом целлюлозы. Также она весьма ограниченно растворяет ТНГ ($0,138 \text{ г}/100\text{см}^3$ при $t=20^\circ\text{C}$). В тоже время известно, что контактирующая с баллиститным материалом водная среда подвергается очистке от ТНГ [2].

В виду сложности теоретического анализа перехода ТНГ из баллиститного материала в водную среду закономерности этого процесса в данной работе устанавливали на основании экспериментальных исследований: опыты проводили на лабораторной установке в условиях перемешивания элементов баллиститного материала в воде с последующим определением в ней концентрации ТНГ спектрофотометрическим методом.

Полученные данные показали, что с увеличением температуры, количеством вводимого с баллиститным материалом ТНГ и уменьшением объема водной среды скорость перехода и концентрация ТНГ в ней возрастает. При достаточно большом времени процесса образующийся раствор приближается к насыщенному состоянию. Установлено, что в отличии от перехода пластификаторов в других системах, в данном случае процесс перехода ТНГ в целом не лимитируется диффузией ТНГ в баллиститном материале.

Предложена модель, согласно которой процесс перехода определяется растворением ТНГ в воде, позволившая получить расчеты зависимости для определения концентрации образующего раствора.

Список литературы

1. Фиошина М.А., Русин Д.Л. Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив. М.: Изд. Центр РХТУ им. Менделеева, 2001.
2. Филимонов В.Н., Щербань В.В., Лукашев В.К., Борисов В.А., Сигута В.А., Марченко А.А. Переработка артиллерийских порохов для использования в качестве промышленных взрывчатых веществ//Артиллерийское и стрелковое вооружение. Спец. Выпуск, 2003.- С. 38-40.
3. Патент №2382020 РФ, МПК СО6В25/24; СО6В21/00. Способ получения двухосновного пороха // Латфуллин Н.С., Енейкина Т.А., В.Ф., Хауринов А.И., Шутова И.В., Гайнутдинов М.И. Заяв. 17.07.07, Оpub. 20.02.10.

УДК.623.454.25

МАЛОГАБАРИТНЫЙ САМОЛИКВИДАТОР С СИСТЕМОЙ МЕХАНИЧЕСКОГО ЗАДЕЙСТВОВАНИЯ

А.Б. Сапрыкин

Государственный научно-исследовательский институт химических продуктов

ул. Ленина, 59, г. Шостка, 41100

suprykin_ab@ukr.net

Совершенствование боеприпасов направлено, в первую очередь, на повышение их эффективности. Эффективность действия боеприпаса определяется множеством факторов. Так, например, для боеприпасов малого калибра (30 мм), используемых в зенитной артиллерии, одним из факторов поражения цели является точность его попадания в поражаемый объект. Точность попадания напрямую зависит от систем наведения, т.е. от человеческого фактора, связанного с оператором-наводчиком. Чтобы снять или минимизировать данную зависимость в процессе разработки боеприпасов данного типа, были разработаны снаряды осколочного действия с дистанционным взрывателем, которые оказались намного эффективнее обычных разрывных с контактным взрывателем. Однако, эффективность данных снарядов оказалась ниже ожидаемой, потому что та часть оболочки, которая при дроблении от взрыва образует осколочное поле, поражающее летящий объект, невелика, что приводило к существенному расходу боеприпасов для уничтожения цели. Поэтому в процессе дальнейших разработок были предложены боеприпасы со снарядами фрагментируемой конструкции. В такой конструкции используется набор готовых поражающих элементов (ГПЭ – роликов), расположенных в камере снаряда. Такие ГПЭ при взрыве разрывного заряда метаются в сторону поражаемого объекта, образуя равномерное осколочное поле с заданными характеристиками по массе осколков, плотности их потока и скорости встречи с преградой. Эффективность таких боеприпасов оказалась на порядок выше за счет энергии каждого из ГПЭ, которая зависит от скорости (порядка 2000 м/с) и плотности пучка ГПЭ с массой каждого из элементов 7÷8 г. Данный боеприпас позволял эффективно бороться с низколетящими на дозвуковой скорости целями на любых курсах (встречных, догонных, пересекающихся).

Однако эффективность действия боеприпаса в значительной степени определяется также и эффективностью действия взрывателя, который обеспечивает выполнение ряда тактико-технических требований. Одним из таких требований является время дистанционного действия взрывателя в зависимости от истинных параметров движения снаряда на траектории. Иными словами - взрыватель должен адаптироваться в зависимости от условий применения боеприпаса. Развитие микроэлектроники позволило решить и эту задачу и расширить функции взрывателя. Появились электронные программируемые при выстреле взрыватели, обеспечивающие необходимую адаптивность.

Решение вышеуказанных задач не исключает возможность промахов и случайных отказов. Что может привести к последующему падению неразорвавшегося снаряда на землю, или на территорию расположения своих войск или мирного населения. Это приведет, в лучшем случае, к затратам по их разминированию и уничтожению, а в худшем – к ранениям и гибели людей.

Поэтому основной задачей разработки стало введение в конструкцию боеприпаса самоликвидатора как самостоятельного элемента, не зависящего от действия взрывателя, но обеспечивающего безотказную передачу детонации от взрывателя к разрывному заряду при штатной работе либо ликвидацию снаряда в случае промаха или отказа взрывателя. В процессе работы опираясь на расчетные данные и заданные массогабаритные характеристики, был разработан самоликвидатор его элементы и узлы стыковки его с взрывателем.

УДК 662.62: 547.826.2

РЕГУЛЯТОРЫ СКОРОСТИ ГОРЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ

Е.С. Косицина, Е.Ю. Нестерова

Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара

49010, Днепропетровск, пр. Гагарина, 72

kafedra_vms@mail.ru, ekositsina_84@mail.ru

Закономерности горения взрывчатых веществ и порохов при постоянном давлении исследуются с 30-х годов прошлого столетия. Однако, актуальными до сих пор остаются исследования зависимости скорости горения высокоэнергетических гетерогенных систем (ВГС) от их состава, связи скорости горения с химической структурой веществ, входящих в состав ВГС.

К разрабатываемым ВГС помимо обеспечения высоких энергетических характеристик, предъявляется требование возможности регулирования скорости горения. Так, для различных областей техники требуются составы, скорость горения которых может изменяться от нуля или нескольких миллиметров до сотен сантиметров в секунду.

Одним из наиболее распространенных способов регулирования скорости горения является химический, который заключается в варьировании состава компонентов топлива, применении регуляторов скорости горения, изменении размеров частиц окислителя и металлического горючего, повышении коэффициента избытка окислителя, использовании активных и высокоэнергетических окислителей и горючих-связующих.

Как правило, для регулирования скорости горения твердотопливных составов используют катализаторы скорости горения (КСГ). Наиболее распространенными и универсальными катализаторами являются системы, содержащие медь, хром, железо.

В настоящее время исследования направлены на получение многофункциональных добавок, повышающих скорость горения и улучшающих другие свойства составов. Одним из способов усиления КСГ является объединение в одной молекуле нескольких активных групп, например: нитро-, азидо-, гидразино-групп.

В качестве объектов исследования перспективных КСГ нами были выбраны комплексные соединения дигидразида 2,6-диметил-3,5-пиридиндикарбоновой кислоты, полученные с использованием солей $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Подобные системы можно рассматривать в качестве энергонасыщенных композиций, содержащих атом металла, топливо и окислитель в одной молекуле. При этом атом металла связывает органическую часть молекулы (горючее) и анион окислителя, а также выполняет роль катализатора окислительно-восстановительных реакций, протекающих во время горения.

Нами проведены исследования структуры и доказано строение полученных комплексов, изучено их влияние на скорость горения гетерогенных конденсированных систем при использовании в качестве катализаторов.

УДК 661.741.124

ГАЗОФАЗНЕ КАРБОНІЛЮВАННЯ МЕТАНОЛУ НА CU, NI-ВМІСНИХ КАТАЛІЗАТОРАХ

О.В. Полова, Л.М. Алексеєнко, А.Л. Концевой

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Пр. Перемоги, 37, м. Київ 03056

olha.polova@gmail.com

Карбонілювання метанолу (КМ) є промислово важливим процесом отримання оцтової кислоти, синтез якої здійснюють на основі технологій Monsanto і BP Chemicals Cativa™ в рідкій фазі із застосуванням в ролі каталізаторів комплексів родію та іридію, а також галоїдних промоторів. Зазначені промислові технології, незважаючи на високі показники виходу цільового продукту, характеризуються рядом недоліків (корозія обладнання, складність стадій сепарації, висока собівартість). Для уникнення зазначених обмежень перспективним є здійснення цільового процесу в газовій фазі з використанням каталізаторів, що не містять металів платинової групи.

В даній роботі процес парофазного гетерогенно-каталітичного карбонілювання метанолу досліджено при атмосферному тиску в присутності NiCl₂-CuCl₂-композицій, нанесених на активоване вугілля і керамічні блоки стільникової структури (Al₂O₃/кордієрит). Контроль реагентів і продуктів здійснювали газохроматографічно (газ-носії – аргон) із застосуванням полуменево-іонізаційного та детектора по теплопровідності. Каталітичну активність зразків характеризували показниками конверсії метанолу, селективності та виходу по метилацетату (продукту етерифікації оцтової кислоти).

Результати досліджень засвідчили, що перебіг цільового процесу КМ в присутності нанесених NiCl₂-CuCl₂-композицій не потребує наявності галоїдних алкілів як промоторів в газовій суміші, які спричиняють корозію обладнання.

Отримані дані представлені в таблиці:

Таблиця 1 Показники процесу карбонілювання метанолу в присутності Cu-, Ni-вмісних каталізаторів

Склад каталізатора	Температура, °C	Конверсія метанолу, %	Селективність утворення метилацетату, %	Вихід метилацетату, %
5%NiCl ₂ -15%CuCl ₂ /C	350	67	71	48
11%NiCl ₂ /Al ₂ O ₃ /кордієрит	350	35	20	7
12%CuCl ₂ /Al ₂ O ₃ /кордієрит	360	55	36	20
5%NiCl ₂ -15%CuCl ₂ /Al ₂ O ₃ /кордієрит	350	60	25	15

Виявлено, що максимальні показники селективності і виходу по метилацетату ($S_{MeOAc} = 71\%$, $Y_{MeOAc} = 48\%$) спостерігаються при застосуванні каталізатора на активованому вугіллі (5%NiCl₂-15%CuCl₂/C). Водночас, серед зразків, нанесених на Al₂O₃/кордієрит, більш високу активність виявив хлорид міді, в присутності якого величини S_{MeOAc} і Y_{MeOAc} становлять 36% і 20%, відповідно, на противагу до $S_{MeOAc} = 20\%$ і $Y_{MeOAc} = 7\%$ в присутності хлориду нікелю. А от каталізатор, отриманий на основі їх суміш (5%NiCl₂-15%CuCl₂/Al₂O₃/кордієрит), позитивно вплинув на конверсію метанолу.

УДК 662.235

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ЭЛЕКТРИЗУЕМОСТЬ ПВВ

В.Р.Закусило, А.А.Ефименко, А.В.Титович

Шосткинский институт Сумского государственного университета
ул. Институтская, 1, г. Шостка, 41100
shi_nir@sm.ukrtel.net

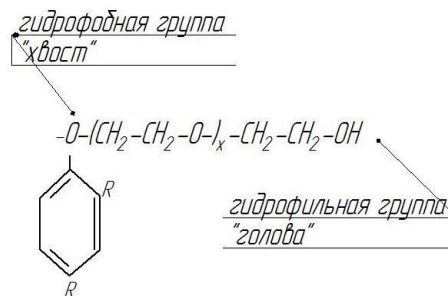
Недостатком большинства промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) является их способность накапливать статическое электричество. В производственных условиях накопление зарядов статического электричества может достигать таких пределов, при которых их разряд способный воспламенить ПВВ или вызвать взрыв.

Нитратаммониевые взрывчатые вещества (ВВ), тротил, конверсионные пороха и ВВ являются диэлектриками. Их удельное объемное электрическое сопротивление составляет 10^8-10^{11} Ом·м. При разработке нового ПВВ на основе нитрата аммония с нитратцеллюлозным (НЦ) покрытием аммопора-В получены значения удельного объемного сопротивления не ниже 10^{8-9} Ом·м. Это препятствует безопасному применению аммопора-В при пересыпании, транспортировании и зарядке скважин вручную или пневмотранспортом.

Одним из путей снижения электризуемости любых веществ является введение в их состав поверхностно-активных веществ (ПАВ). В качестве ПАВ нами рассмотрены полиоксиэтиленовые эфиры алкилфенолов – неионогенные ПАВ, широко применяемые в промышленности. При введении полиоксиэтиленовых эфиров алкилфенолов марок ОП-4 или ОП-7 в нитратцеллюлозное покрытие аммопора-В в количестве 0,05-0,2% получено снижение удельного электросопротивления до $3,3 \cdot 10^4$ Ом·м.

Исследования по определению удельного объемного электросопротивления аммопора-В проводили электрометром ЭМ-1 в соответствии с ГОСТ-6433-71. Измерения проводили при комнатной температуре и относительной влажности воздуха 65%.

Структурная (условная) формула неионогенного поверхностно-активного вещества ОП-7:



где R – алкильный остаток, $x = 7$.

Молекулы ПАВ вследствие поверхностной активности в растворе НЦ лака мигрируют из объема фазы и концентрируются на поверхности раздела фаз преимущественно «головой» к воздуху. Гидрофильные группы ПАВ в молекулах нитратов целлюлозы обеспечивают отсутствие электростатического отталкивания между молекулами на поверхности и тем самым снижают электростатические характеристики ПВВ. Таким образом, введение ПАВ в состав покрытия переводит аммопор-В из диэлектрика в проводник электрического тока, что обеспечит его безопасность при эксплуатации, транспортировке и пневмозарядании скважин.

УДК 628.544

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ НИТРАТЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ГРАНУЛ,
НАСЫЩЕННЫХ АКТИВНЫМ ПЛАСТИФИКАТОРОМ**

В.К. Лукашев, В.И. Онда, Н.А. Иванов, А.А. Веренич, А.В. Рубаник

Шосткинский институт Сумского государственного университета

41100, г. Шостка, ул. Гагарина, 1

ondavita@yandex.ua

Модификация полимеров позволяет регулировать их свойства и получать изделия с требуемыми характеристиками. Одним из способов модификации является насыщение поверхности полимерных материалов низкомолекулярными веществами. Этот способ применим для регулирования эксплуатационных свойств нитратов целлюлозы, гранулированных лаковым способом. Традиционно, в качестве модификаторов нитратов целлюлозы используют пластификаторы, имеющие отрицательный термохимический коэффициент. Однако такое насыщение ведет к снижению энергетики нитратцеллюлозных гранул. Для устранения этого недостатка предложено использовать пластификаторы с положительным термохимическим коэффициентом.

В данной работе исследовали закономерности горения гранулированных нитратов целлюлозы, насыщенных нитроэфиром, извлекаемым из конверсионных материалов. Процесс насыщения проводили в лабораторном смесителе при различных технологических параметрах.

Полученные образцы гранул анализировали на содержание в них нитроэфира методом газовой хроматографии и испытывали в манометрической бомбе.

По результатам манометрических испытаний образцов с разным временем насыщения и исходного образца были получены зависимости интенсивности газообразования и импульса давления от относительного объема сгоревшей части элемента. Обработка этих зависимостей с использованием известного во внутренней баллистике соотношения, а также с учетом связи относительного объема сгоревшей части гранул с их текущим радиусом, позволили построить графики изменения коэффициента скорости горения по радиусу гранул. Из анализа этих данных было установлено наличие на начальной стадии горения зоны действия воспламенителя, характеризующейся неустойчивостью горения. За пределами этой зоны скорость горения растет до определенного значения. В идеальном случае это значение должно быть постоянным и равным скорости горения необработанных гранул. Однако полученные экспериментальные кривые в зависимости от времени обработки гранул могут располагаться как ниже, так и выше этого значения, что может быть связано с разной степенью уплотнения структуры гранул в результате пластифицирующего действия активного пластификатора. Но в целом повышение скорости горения на начальной стадии свидетельствует о прогрессивном характере горения нитратцеллюлозных гранул насыщенных активным пластификатором.

Таким образом, насыщение гранулированных нитратов целлюлозы активным пластификатором не только повышает энергетические характеристики, но и дает также некоторый эффект прогрессивности горения.

УДК 661.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

В.К. Лукашов, С.Н. Романько, С.В. Тимофеев, А.Н. Гудзовский

Шосткинский институт Сумского государственного университета

ул. Институтская, 1, г. Шостка, 41100

shi_nir@sm.ukrtel.net

Проведение многих реакций и процессов: сульфирования, нитрования, дегидратации, растворения – требует больших количеств концентрированной серной кислоты. При этом во многих реакциях кислота не расходуется, а только разбавляется. Это приводит к получению огромных количеств отработанных кислотных смесей с концентрацией 50 – 70 %. Эти смеси с экономической и экологической точки зрения необходимо регенерировать и в необходимых расчетных концентрациях возвращать обратно в производственный цикл, тем самым удешевляя единицу себестоимости готовой продукции.

Известные способы концентрирования серной кислоты заключаются в нагревании ее раствора до температуры кипения при атмосферном давлении или при создании вакуума [1]. Но все они являются очень энергоемкими и для их реализации необходимо сложное оборудование.

На диаграмме кипения смеси серная кислота – вода имеется максимум с температурой кипения азеотропа 336,5 °С [2]. Ректификация серной кислоты под атмосферным давлением теоретически позволяет достичь концентрации 98,3%, а практически - лишь до 96%, причиной этого является возрастание доли серной кислоты в парах при подходе к азеотропу. Если перейти к диаграмме общего давления от состава смеси, то на ней будет минимум, соответствующий азеотропу, т.е. имеется отрицательное отклонение от закона Рауля. В этом случае при понижении температуры, согласно законам Вревского, пар обогащается компонентом с меньшей парциально-молярной теплотой испарения, в нашем случае водой, а положение азеотропа смещается в противоположном направлении ($\Delta H_{исп}(H_2O)=40,6$ кДж/моль, $\Delta H_{исп}(H_2SO_4)=50,09$ кДж/моль). Таким образом в паре еще больше повышается содержание воды и понижается содержание серной кислоты, т.е. повышается коэффициент разделения. Однако в этом случае имеет место уже процесс испарения без кипения. Но процесс испарения это медленный процесс. Для его интенсификации в настоящей работе предложено пропускать нейтральный газ над поверхностью испарения смеси. Известно, что при испарении бинарной смеси в нейтральный газ с молекулярной массой средней между молекулярными массами компонентов смеси ускоряется испарение более легкого компонента [3]. В качестве нейтрального газа был выбран воздух с молекулярной массой $M=29$, т.е. средней между водой $M=18$ и серной кислотой $M=98$.

Опыты по концентрированию серной кислоты проводились в стеклянной трехгорлой колбе, снабженной холодильником, термометром и трубкой, соединенной через реометр с микрокомпрессором. В колбу заливалась серная кислота концентрацией 60% в количестве 300 мл, включался микрокомпрессор и колбонагреватель. Воздух, который подавался микрокомпрессором, проходил через свободное пространство над поверхностью кислоты и выходил из колбы через холодильник. Расход воздуха изменяли от 0,5 дм³/мин до 3,8 дм³/мин, что соответствовало его условной скорости (расходу отнесенному к площади сечения

колбы на уровне свободной поверхности кислоты) от 0,001 м/с до 0,008 м/с. Температуру кислоты в опытах изменяли от 100⁰С до 323⁰С, причем по достижении заданной температуры, ее поддерживали постоянной. По прошествии определенного времени опыт останавливали, кислоту охлаждали и измеряли ее плотность ареометром. По плотности определяли концентрацию.

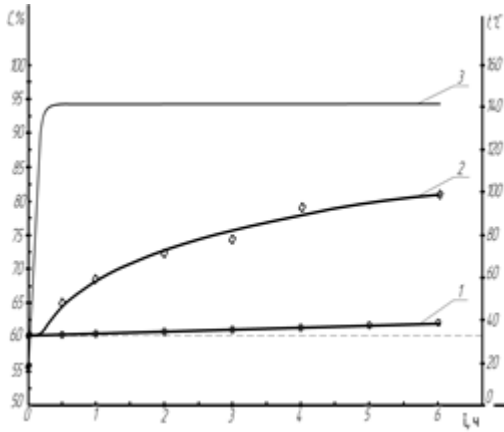


Рис. 1. Кинетические кривые изменения концентрации серной кислоты без протока (1) и с протоком (2) воздуха при 142⁰С (3 – температурная зависимость).

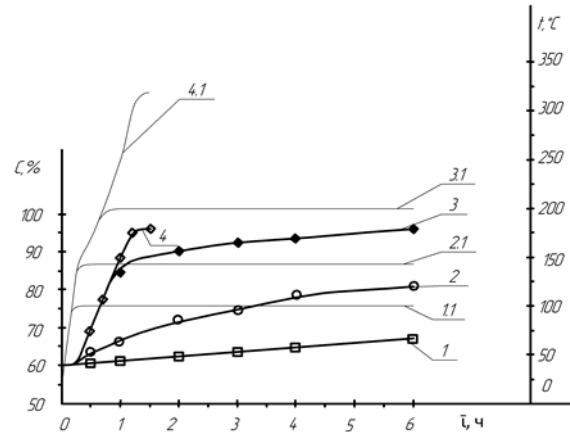


Рис. 2. Кинетические кривые изменения концентрации серной кислоты с протоком воздуха при различных температурах, тонкие линии – температурная зависимость.

Экспериментально установлено резкое увеличение интенсивности процесса концентрирования кислоты при наличии протока воздуха (Рис. 1). С увеличением температуры кислоты, при наличии протока воздуха, интенсивность процесса также возрастает (Рис. 2). При 200⁰С за 6 часов концентрация серной кислоты достигает 95 %.

Поскольку при испарении жидкость не кипит, перемешивание паровыми пузырями, характерное для кипения, отсутствует, и перенос вещества в объеме жидкости осуществляется преимущественно путем диффузии. Так как этот процесс более медленный, чем испарение с поверхности, жидкость со стороны поверхности обедняется относительно более летучим компонентом и в ней возникает градиент концентраций, что ухудшает условия разделения смеси. Для предотвращения этого необходимо уменьшать толщину слоя жидкости. Таким образом, увеличивая поверхность испарения и уменьшая толщину слоя жидкости можно проводить концентрирование серной кислоты при относительно низких температурах и соответственно уменьшить энергозатраты.

Список литературы:

1. Амелин А.Г. Производство серной кислоты. М.:Химия, 1967
2. Малина К.М. Справочник сернокислотника. М.: Химия, 1971
3. Каминский В.А., Обвинцева Н.Ю. О режимах испарения бинарных растворов // Теор. основы хим. технол. 2007. Т. 41. № 5. С. 536-542.

УДК 548.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ KNO_3 СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ИЗОГИДРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В.В.Комаров, Р.В.Закусило, Б.И.Шаров, Е.В. Малышок, С.Л. Волк

Шосткинский институт Сумского государственного университета

ул. Гагарина, 1, г. Шостка, 41100

vyakom@yandex.ru

Применение частиц вещества сферической формы в промышленности позволяет существенно улучшить насыпную плотность и сыпучесть продукта.

Степень укладки частиц порошка при заполнении тары определяется их формой, размерами и гранулометрическим составом. Насыпной объем зависит главным образом от взаимного расположения частиц порошка, контактов и сцепления между частицами, а также от междучастичных полостей. Насыпная плотность порошков со сферическими частицами больше, чем с угловатыми. Порошки со сферическими частицами менее склонны к образованию мостиков (связок) и вследствие относительно хорошей текучести сравнительно плотно располагаются в упаковке.

Округлые частицы получают в химической промышленности преимущественно грануляцией. При этом размер получаемых частиц колеблется от 1 до 3 мм. Сферы микронных размеров получить данным способом не представляется возможным. Кроме того, кристаллизация продукта имеет некоторое преимущество перед грануляцией, так как кристалл имеет более прочную и однородную структуру, чем гранула.

Кристаллы микронных размеров возможно получить кристаллизацией или сверхтонким измельчением. Необходимую округлую форму, на основании литературных данных, получают используя эффект истирания. Кристаллы в суспензии при больших скоростях движения истирают углы и ребра, превращаясь в округлые частицы.

Существуют два метода кристаллизации. Изогидрический метод охлаждения насыщенных растворов с последующим отделением кристаллов и изотермический с удалением части растворителя упариванием раствора. Первый метод применяется для веществ с ярко выраженной зависимостью растворимости данного вещества от температуры, второй – в случае если эта зависимость выражена слабо.

В процессе исследований было установлено, что на размеры и форму веществ при изогидрической кристаллизации большое влияние оказывают: скорость охлаждения раствора, скорость вращения ротора кристаллизатора, направление движения частицы в аппарате. Полученные кристаллы при различных режимах работы кристаллизаторов имели форму близкую к сферической, что подтверждает эффективность выбора способа одновременной кристаллизации и модификации.

Исследованиями показано, что оптимальным направлением для разработки способа получения кристаллического модифицированного продукта с заданными характеристиками является проведение кристаллизации и модификации в одном кристаллизаторе методом охлаждения с интенсивным перемешиванием. Для данных целей разработан лабораторный кристаллизатор-модификатор. Использование кристаллизатора-модификатора для получения полидисперсных, сферических кристаллов является перспективным направлением проведения дальнейших исследований.

Список литературы

1. Матусевич Л.Н. Кристаллизация из растворов в химической промышленности – М.: Химия, 1968. – 304 с.
2. Хамский Е.В. Кристаллизация в химической промышленности – М.: Химия, 1979. – 343 с.

УДК 661. 52: 662. 2

УКРАИНИТ-АНФО — ЭНЕРГОКОНДЕНСИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

И.Л. Коваленко, В.П. Куприн

Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный
химико-технологический университет»
пр. Гагарина, 8, г. Днепропетровск, Украина, 49005
ughtu@dicht.dp.ua

В отечественной практике подземных горных разработок гранулированные энергоконденсированные системы «аммиачная селитра-жидкое топливо» (промышленные взрывчатые вещества АС-ДТ, Игданит, АНФО и т.д.) практически не используются. Это связано с низкой удерживающей способностью отечественной аммиачной селитры (АС) марки Б (ГОСТ 2-85, ДСТУ 7370:2013) по отношению к жидкому топливу, и существенными недостатками традиционно используемого дизельного топлива (ДТ).

На основе исследований влияния предварительной обработки гранул аммиачной селитры (ДСТУ 7370:2013, марка Б) на статическую прочность и удерживающую способность по отношению к жидкому топливу установлено, что обработка АС растворами неорганических солей в количестве 0,3-0,5 % масс, и последующая сушка под разряжением позволяет повысить удерживающую способность гранул с 2,5 % масс. до 7 % масс. при сохранении статической прочности гранул не менее 6 Н/гранулу.

В результате систематических исследований влияния природы жидкого горючего на характер терморазложения и температуру вспышки смеси «аммиачная селитра—жидкое топливо», были разработаны составы топливного компонента ВВ (ТУУ 20.5-19436711-007:2012) на основе эфиров метиловых жирных кислот для дизельных двигателей (ДСТУ 6081:2009). При этом введение в энергоконденсированную систему катализаторов окисления — сиккативов (на стадии обработки селитры либо в составе топливного компонента), обеспечило повышение скорости теплоотдачи ВВ при разложении в 1,4-1,5 раза. Топливный компонент имеет температуру вспышки 120 °С и не образует при пневмозарядании ВВ взрывоопасных паровоздушных смесей.

Полученные результаты были положены в основу технологии получения на основе сельскохозяйственной аммиачной селитры марки Б высокостабильного взрывчатого вещества заводского изготовления Украинит-АНФО (Пат.UA №79813, Пат.UA №85959). Технология предполагает обработку АС растворами неорганических солей с последующей сушкой во вращающемся аппарате под разряжением. После сушки аммиачная селитра с температурой 55-60 °С смешивается с топливным компонентом, с последующим охлаждением смеси.

Разработанная технология позволяет получать высокостабильное во времени аммиачно-селитренное ВВ с критическим диаметром детонации открытого заряда 40-45 мм и скоростью детонации 2,5-3,2 км/с (контрольные испытания ГосНИИ ХП, г. Шостка). Украинит-АНФО не обладает выраженным запахом нефтепродуктов и предназначен для пневматического зарядания шпуров и скважин в шахтах неопасных по газу и пыли.

Опытно-промышленное производство ВВ реализовано в условиях базисного склада ЧАО «Промвзрыв» (г. Запорожье).

УДК 622.235

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОТОЧКОВОГО ІНІЦЮВАННЯ СВЕРДЛОВИНИННИХ ЗАРЯДІВ

І. К. Бабичев, О.О. Фролов, К.В. Штанько

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"

вул. Борщагівська, 115, корп. 22, м. Київ, 03056

frolov@geobud.kiev.ua

Дослідженнями встановлено, що при застосуванні багатоточкового ініціювання створюється багатоімпульсне навантаження на стінки свердловини, яке обумовлює підвищення ефективності руйнування [1]. Однак запропоновані конструкції зарядів вибухових речовин (ВР) з багатоточковим ініціюванням не надають однозначного рішення по параметрах ініціатора, які б забезпечували максимальну ефективність підривання. Також не достатньо обґрунтована ефективність його застосування в порівнянні з точковим ініціюванням.

Доведено, що ефективність дії вибуху залежить від тиску на фронті детонаційної хвилі (ДХ), яка діє на стінки свердловини [2]. При багатоточковому підриванні заряду значення сумарного імпульсу буде визначатися ступенем взаємодії окремих імпульсів, які утворюються кожним з проміжних детонаторів. Для встановлення ефективності багатоточкового ініціатора визначимо сумарний імпульс ДХ, що діє на стінки свердловини, від двох детонаторів, розміщених на певній відстані один від одного, в порівнянні з імпульсом ДХ від одного детонатора.

Припустимо, що сумарне значення імпульсу від багатоточкового ініціатора по довжині свердловини залежить від відстані між точками ініціювання (рис. 1). Тоді імпульс ДХ, яка падає на перепону під кутом φ , дорівнює [2]:

$$i_{\varphi} = i_n (\cos^2 \varphi + \beta \sin \varphi) \quad (1)$$

де i_n – питомий імпульс; β – параметр, який залежить від продуктів детонації.

Оскільки маємо осьову симетрію, то сумарний імпульс визначиться

$$I_1 = \int_0^{h_1} i_{\varphi_1} dh + \int_0^{h_2} i_{\varphi_2} dh \quad (2)$$

де i_{φ_1} , i_{φ_2} – імпульси детонаційних хвиль від детонаторів 1 і 2.

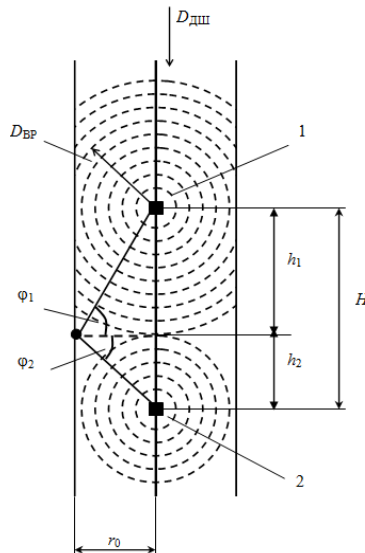


Рис. 1. Схема до визначення сумарного імпульсу при багатоточковому ініціюванні

Після інтегрування (2) отримаємо:

$$I_1 = i_n r_0 \left[\arctg \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 + \frac{D_{BP}}{D_{ДШ}} \right) \right) + \arctg \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 - \frac{D_{BP}}{D_{ДШ}} \right) \right) + \right. \\ \left. + \beta \left[\frac{1}{\cos \left(\arctg \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 + \frac{D_{BP}}{D_{ДШ}} \right) \right) \right)} + \frac{1}{\cos \left(\arctg \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 - \frac{D_{BP}}{D_{ДШ}} \right) \right) \right)} - 2 \right] \right]. \quad (3)$$

де D_{BP} – швидкість ДХ по ВР, м/с; $D_{ДШ}$ – швидкість детонації по детонуючому шнуру (ДШ), м/с; H – відстань між детонаторами, м; r_0 – радіус свердловини, м.

При ініціюванні свердловинного заряду ВР одноточковим ініціатором значення імпульсу ДХ на довжині H визначиться за формулою

$$I_2 = i_n \int_0^H (\cos^2 \varphi + \beta \sin \varphi) dH \quad (4)$$

В результаті інтегрування (4) отримаємо:

$$I_2 = i_n r_0 \left[\arctg \left(\frac{H}{r_0} \right) + \beta \left[\frac{1}{\cos \left(\arctg \left(\frac{H}{r_0} \right) \right)} - 1 \right] \right]. \quad (5)$$

Для порівняння послідовного багатоточкового ініціювання з одноточковим, сумарний імпульс I_1 (3) розділимо на імпульс I_2 (5) при $r_0 = 0,25$ м.

За результатами розрахунків побудована графічна залежність зміни I_1/I_2 при різних відстанях між точками ініціювання в багатоточковому ініціаторі H (рис. 2).

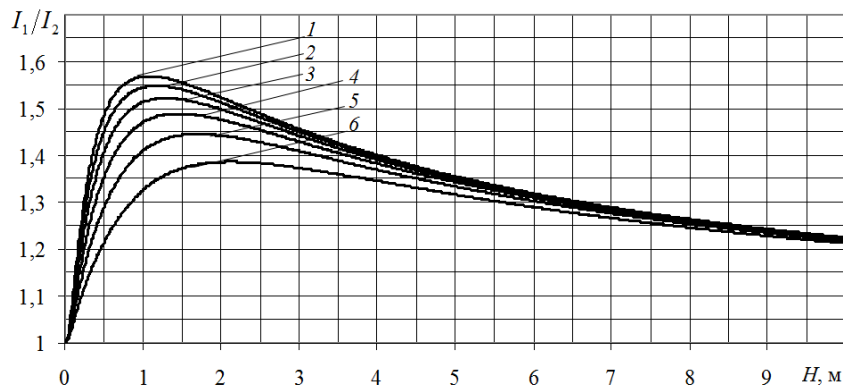


Рис. 2. Зміна I_1/I_2 в залежності від відстані H між проміжними детонаторами при D_{BP} : 1 – 2500 м/с; 2 – 3000 м/с; 3 – 3500 м/с; 4 – 4000 м/с; 5 – 4500 м/с; 6 – 5000 м/с

Аналіз рис. 2 показує, що на сумарний імпульс суттєво впливає швидкість детонації ВР. При збільшенні D_{BP} з 2500 до 5000 м/с ефективність багатоточкового ініціювання при виборі оптимальної відстані між детонаторами зменшується в порівнянні з одноточковим з 57 % до 38,7 %. Однак слід відмітити, що при цьому збільшується раціональна відстань між детонаторами, відповідно з 1,09 до 2,13 м.

Список літературних джерел

1. Михалюк А. В. Горные породы при неравномерных динамических нагрузках / Михалюк А. В. – К.: Наук. думка, 1980. – 154 с.
2. Физика взрыва / Под ред. Л. П. Орленко.– Изд. 3-е, перераб. в 2 т. – Т.1 – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 832 с.

УДК 532.785

КЛАССИФИЦИРУЮЩИЙ КРИСТАЛЛИЗАТОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ МОНОДИСПЕРСНОГО СОСТАВА

А.Ю. Даниленко, В.И. Склабинський

Сумской Государственный Университет

ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007

В химической промышленности для производства монодисперсных фракций, широкое применение получили классифицирующие кристаллизаторы. В некоторых областях промышленности требуется получение нескольких фракций кристаллов, различного размера. Но до сих пор нет четкой зависимости и описания процесса создания кристаллов монодисперсного состава, так как одновременно в кристаллизаторе протекает множество разных гидродинамических и других процессов [1].

Существующие конструкции кристаллизаторов разработаны на основе немногих крайне упрощенных соотношений, базирующихся главным образом на тепловых и материальных балансах. Так же большинство существующих классифицирующих кристаллизаторов имеют сложную конструктивную схему. Выбор кристаллизационного оборудования и его проектирование проводятся обычно исходя из аналогии с аппаратами, уже применяемыми для переработки подобных производственных растворов. При этом не всегда учитываются специфические особенности кристаллизующего вещества: склонность к образованию инкрустаций на теплопередающих поверхностях, влияние скорости кристаллизации и интенсивности движения раствора на степень его пресыщения и размер полученных кристаллов и т. п.

В ряде случаев для получения монодисперсных кристаллов используют аппараты для изогидрической кристаллизации с охлаждением раствора, ведь растворимость большинства солей уменьшается с понижением температуры.

Для исследований условий кристаллизации, сепарации и гидрокласификации кристаллов по размерам на кафедре «Процессы и оборудование химических и нефтеперерабатывающих производств» был разработан жалюзийный классифицирующий кристаллизатор для получения двух или более фракций [2], схему которого показано на рис. 1.

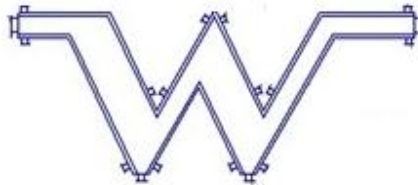


Рисунок 1- Классифицирующий кристаллизатор

Список литературы

1. Врагов А. П. Классифицирующие кристаллизаторы. Учебное пособие., ИСМО, 1998. – 203 с.
2. Заявка на патент Украины № а 2014 10289 Класифікуючий кристалізатор. / Склабінський В.І., Даниленко А. Ю., Михайловський Я. Е., Атрошкіна Л. С., 2014 р.

УДК 546.214:547.7/8

ОКИСНЕННЯ 3-ПІКОЛІНУ ОЗОНОМ У ОЦТОВІЙ КИСЛОТІ

П.Ю. Андреев, Е.В. Потапенко, І.П. Погорелова

Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля Інститут хімічних технологій
(м. Рубіжне)

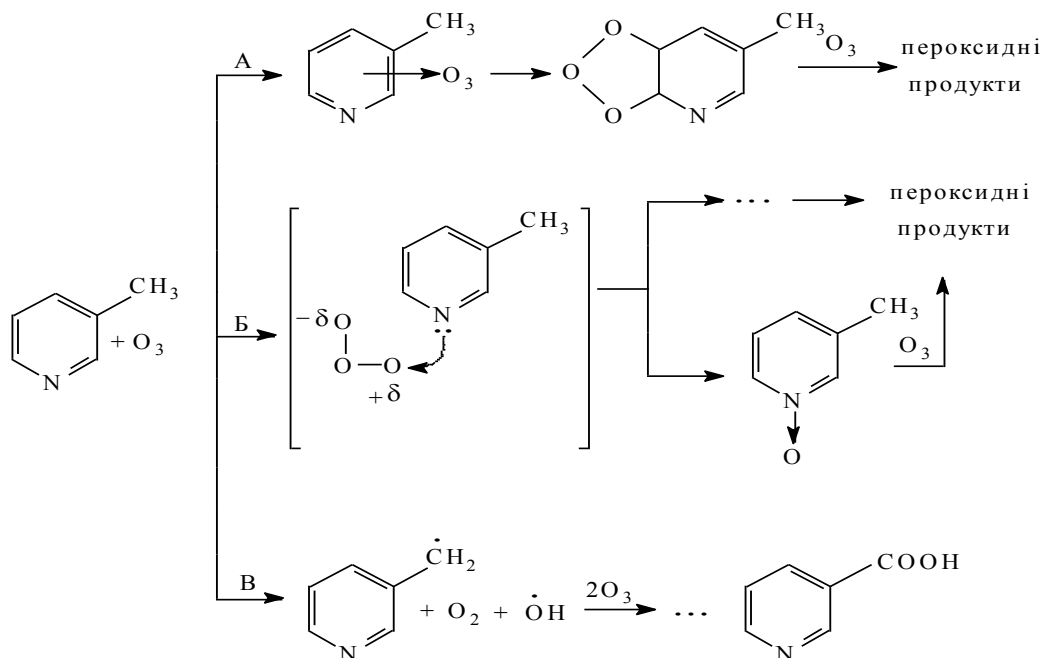
вул. Леніна, 31, м. Рубіжне, 93000
panyaa@rambler.ru

На практиці окиснення метил похідних аренив і гетаренив ведуть сполуками хрому і марганцю, що характеризуються утворенням значних кількостей токсичних відходів та низькою селективністю. Використання озону для оксидації метилгетаренив створює передумови для запобігання цих недоліків і проведення процесу в м'яких умовах з високою селективністю.

Раніше, на прикладі озонування гомологів піридину у водному розчині показано, що основним напрямом є атака озону на вільну пару електронів атома нітрогену. Селективність N-оксидації ізомерних піколінів складає 55 - 75% в залежності від положення метальної групи [1, 2].

Нами досліджено реакцію 3-піколіну з озоном у розчині льодяної оцтової кислоти. Встановлено, що при озонуванні 3-піколіну при 293 К озон атакує гетарен по трьом конкуруючим напрямкам: по С – С зв'язках гетероароматичного кільця (А), по неподіленій парі електронів атома нітрогену (Б) та по метальній групі (В) відповідно до схеми 1:

Схема 1



Продуктами деструктивного окиснення гетероароматичного кільця є пероксидні сполуки. Серед продуктів ароматичного характеру ідентифіковані 3-піколін-N-оксид та нікотинова кислота (рис. 1). Продукти зі збереженою ароматичною структурою та продукти деструктивного озонлізу гетероароматичного кільця накопичуються паралельно.

З рисунку 1 видно, що основними продуктами окиснення 3-піколіну є пероксидні сполуки, вихід яких складає 69,2%. Продуктом атаки озону по парі електронів нітрогену є 2-піколін-N-оксид, концентрація якого проходить максимум і далі знижується (рис. 1) з утворенням продуктів озонлізу, що добре узгоджується з

літературними даними (константа швидкості окиснення N-оксидів на порядок вища за вихідні гетарени [3]). Максимальний вихід 3-піколін-N-оксиду становить 22,5%, при ступеню конверсії 3-піколіну 26%. Як продукти окиснення 3-піколіну по металній групі ідентифіковано нікотинову кислоту, з виходом 19,7% (рис. 1).

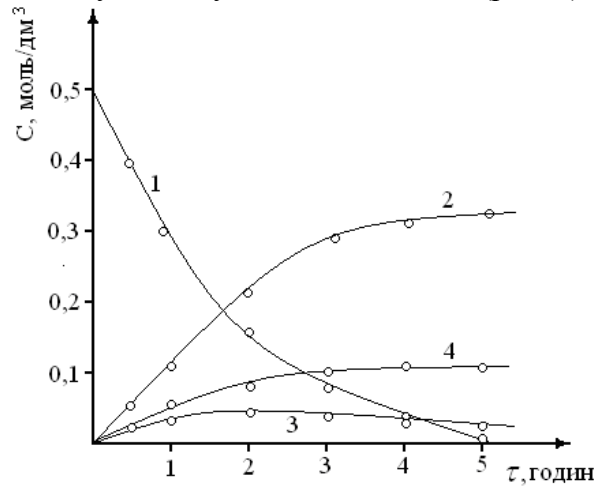


Рис. 1 Окиснення 3-піколіну озonom у розчині оцтової кислоти при 293 К.
 $W_{O_2}=9,5 \cdot 10^{-3}$ дм³/с; $[ArH]_0=0,5$; $[O_3]_0=2,5 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³.
1 – 3-піколін, 2 – пероксида, 3 – 3-піколін-N-оксид, 4 – нікотинова кислота

Утворені пероксида являють собою мономери та димери лінійної будови, що підтверджується наступними даними. Експериментально знайдений стехіометричний коефіцієнт озону $n_{екс}$ складає 1,92 моль на моль 3-піколіну. Досліджувані пероксида реагують з йодистим калієм у дві стадії: протягом першої, швидкої, виділяється молекулярний йод у кількості, еквівалентній одній кінцевий гідропероксидній групі; протягом другої, повільної - ще однієї, але близько 45% від кількості вихідного 3-піколіну. Відомо, що легше вступають в реакцію з йодистим калієм гідропероксидні угруповання, значно важче відновлюються пероксидні групи [4], по своїй природі відповідні діалкилпероксидам.

Нами встановлено, що реакція 3-піколіну з озonom у розчині оцтової кислоти має перший порядок за кожним з вихідних реагентів та виражається наступним рівнянням:

$$W = k_{эф} \cdot [ArH]_0 \cdot [O_3]_0$$

Озон витрачається за неланцюговим механізмом. Припинення подачі озону до реакційної маси повністю зупиняє окиснення. Ефективна константа швидкості окиснення 3-піколіну озonom у оцтовій кислоті, розрахована за початковими швидкостями витрачання субстрату, дорівнює $k_{эф} = 0,51$.

Список літературних джерел

1. Тюпало Н.Ф., Бернашевский Н.В. Исследование реакции гомологов пиридина в водных растворах // Док. АН СССР. – 1980. – Т. 253. - № 4. – С. 890-894.
2. Тюпало Н.Ф. Исследование реакции озона с гетаренами // Тез. докл. Всесоюзной конф. по химии озона. – Тбилиси. – 1981. – С. 27.
3. Якоби В.А. Озонирование ароматических соединений // Реакционная способность органических соединений: Сб. труды МХТИ им. Д.И. Менделеева. – 1978. - № 103. – С. 66 – 92.
4. Эмануэль Н.М. Успехи химии органических перекисных соединений и аутоокисления. - М.: Химия.-1969.- 495с.

УДК 66.047-912

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ АНОЗИТА В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

Б.И. Шаров, А.В. Грищенко, В.В. Слободян, В.В. Шевченко
Шосткинский институт Сумского государственного университета
41100, Шостка, ул. Гагарина, 1
shi_pohv@mail.ru

Разработана технология получения кристаллов анозита, одной из фаз которой предусматривается их сушка с доведением остаточной влажности продукта не более 0,05%.

Целью настоящей работы является исследование процесса сушки кристаллов анозита в псевдоожигенном слое для определения рациональных технологических режимов с последующей выдачей рекомендаций для разработки опытного образца оборудования.

На основании результатов экспериментальных исследований подобраны расходы воздуха для псевдоожигения анозита фракций $0,315 \div 0,160$ и $0,160 \div 0,010$ мкм. Так для фракции кристаллов $0,315 \div 0,160$ мкм расход воздуха составил – $14,4 \text{ м}^3/\text{ч}$, при этом скорость над рабочей решеткой равна $0,51 \text{ м/с}$, а для фракции $0,160 \div 0,010$ мкм расход воздуха составил – $8,4 \text{ м}^3/\text{ч}$, а скорость – $0,30 \text{ м/с}$. При этих скоростях унос анозита из сушилки не превышал $0,5 \%$ от массы единовременной загрузки за полный период ее сушки.

Выбранные расходы воздуха обеспечивают устойчивое псевдоожигение анозита разных его фракций.

Установлено, что содержание остаточной влажности анозита, отвечающего нормативным требованиям, обеспечивается за 15 минут сушки при температуре сушильного агента 80°C .

На основании проведенных экспериментальных исследований выданы рекомендации на создание или приобретение опытного образца сушилки с псевдоожигенным слоем.

Список литературы

1. Романков П.Г. Сушка во взвешенном состоянии / П.Г. Романков, Н.Б. Рашковская. - Л.: Химия, 1979. - 275с.
2. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности / П.Г. Романков. - М.: Химия, 1970. - 430с.
3. Плановский А.Н. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности / А.Н. Плановский, В.И. Муштаев, М.В. Ульянов. - М.: Химия, 1979. - 287с.

УДК 662.2.037

ДВУХКАСКАДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОХОТНИЧЬЕГО ПОРОХА «ГРИФ» В ЗИГЗАГООБРАЗНЫХ СЕПАРАТОРАХ

Б.И. Шаров, С.А. Садо́мов, П.И. Дугин, А.О. Малиновский
Шосткинский институт Сумского государственного университета
41100, Шостка, ул. Гагарина, 1
shi_pohv@mail.ru

В технологии получения охотничьего пороха «Гриф» для патронов несмертельного действия несмотря на формирование пороховых элементов продавливанием нитроцеллюлозного лака через калиброванные отверстия матрицы всё же после завершения технологического цикла в порохе наряду с частицами кондиционных размеров присутствуют крупные и мелкие фракции, содержание которых сверх нормы ухудшает эксплуатационные характеристики пороха. Крупные частицы представляют собой агломераты из двух и более слипшихся частиц товарной фракции, а мелкие частицы образуются в результате резки порохового лака. Суммарное содержание крупных и мелких фракций составляет 15% от общей массы частных выгрузок. При этом 5% от массы некондиции составляют комки, образующиеся в процессе удаления растворителя из лакового гранулята и которые легко выделяются просеиванием через сито. Однако остальное количество некондиции выделить с помощью ситовой классификации было затруднительно.

Разработана и собрана двухкаскадная классификационная установка с зигзагообразными сепараторами.

Отработаны технологические режимы, обеспечивающие получение кондиционного пороха, отвечающего требованиям целевых характеристик.

Представлены результаты испытаний пороха стрельбой в патронах несмертельного действия.

Порох, выделенный с помощью двухкаскадной классификации, отвечает требованиям целевых характеристик.

Отработана двухкаскадная установка с зигзагообразными сепараторами, обеспечивающая получение кондиционного пороха для патронов несмертельного действия.

Список литературы

1. Інтегровані технології та енергозбереження // Щоквартальний науково-практичний журнал.- Харків: НТУ «ХПІ», 2010.- №4.- 120с.
2. Кайзер Ф. Зигзагообразный сепаратор - [воздушный сепаратор нового типа](#). Труды европейского совещания по измельчению. - М.: Стройиздат, 1966.- 603с.

УДК 532.137.2

КАПИЛЛЯРНЫЙ ВИСКОЗИМЕТР С ДВИЖУЩИМСЯ КАПИЛЛЯРОМ

В.В. Банишевский, Д.А. Долгачёв

Шосткинский институт Сумского государственного университета
41100, Шостка, ул. Гагарина, 1
shi_pohv@mail.ru

При исследовании реологических свойств высоковязких сред методами капиллярной вискозиметрии на точность измерения реологических характеристик начинает влиять перепад давлений, обусловленный высотой слоя исследуемой среды над капилляром. Это приводит к тому, что при применении метода двух капилляров разных длин величины давлений истечения из капилляров приходится измерять при одинаковой высоте слоя среды над капиллярами, что усложняет процесс исследования реологических свойств.

Избежать этого непостоянства давления истечения возможно применением подвижных капилляров. В этом случае вискозиметр (втулочный прибор) представляет собой цилиндрическую ёмкость, диаметр которой равен наружному диаметру капилляра, а высота ёмкости определяется конструктивными возможностями устройства, создающим либо постоянную скорость движения капилляра, либо постоянное давление на него.

Капилляр движется в ёмкости при помощи цилиндрической опоры, имеющей внутренний канал для выхода шнура исследуемой среды и наружный диаметр такой опоры должен быть меньше диаметра ёмкости с массой.

Обычно при капиллярной вискозиметрии используется метод двух капилляров одинакового диаметра, но разных длин и в этом случае для обеспечения одинаковой силы трения на наружных поверхностях капилляров эти поверхности конструктивно следует выполнить одинаковыми.

Движущиеся капилляры могут быть выполнены как цельными, так и разборными. В этом случае цилиндрические опоры капилляров имеют разные конструкции. Но принцип должен быть сохранён в обоих случаях.

Конструкция капиллярного вискозиметра с движущимся капилляром идеально подходит для исследования реологических свойств пироксилиновых пороховых масс на легколетучем растворителе так как позволяет герметизировать втулочный прибор и получить ряд экспериментальных точек с одной загрузки вискозиметра. И как показали результаты, давление истечения не зависит от высоты столба массы и всегда постоянно при движении капилляра с постоянной скоростью.

Список литературы

1. Малкин А.Я. Реология, концепции, методы, приложения / А.Я. Малкин, А.И. Исаев. - М.: Профессия, 2007. - 560 с.
2. Виноградов Г.В. Ротационные приборы. Измерение вязкости и физико-механических характеристик / Г.В. Виноградов, А.И. Леонов. - М.: Машиностроение, 1967. - 272с.

УДК 66.099

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОДИСПЕРСНЫХ ГРАНУЛ

А.Н. Демченко, Н.П. Кононенко

Сумский государственный университет
ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы 40000
andemjek@gmail.com

Производство и использование гранулированных материалов является перспективным направлением развития химической, металлургической, сельскохозяйственной отрасли, что связано с такими их качествами как высокая удельная поверхность, возможность длительного хранения, текучесть, дозирование. На сегодняшний день разработано четыре основных метода получения гранул: прессованием, окатыванием, приллирование, наслоения в кипящем слое. Главными критериями для выбора того или иного способа являются показатели производительности, энергоэффективности, эффективности инвестиций и качества готового продукта.

Для туковой промышленности, в частности, характерны высокие требования к объемам производства (порядка 200 млн. тонн в год), что делает актуальным использование грануляционных установок большой единичной мощности. Полученный продукт должен соответствовать мировым стандартам качества, иметь стабильный физико-химический состав, быть монодисперсным со сферической формой гранул, что позволяет производить долговременное хранение насыпом без использования вспомогательного оборудования. Всем поставленным требованиям удовлетворяет способ приллирования, заключающийся в диспергировании плава азотных, фосфорных, калийных удобрений в атмосферу теплоносителя с дальнейшей кристаллизацией капель и получением гранул.

Перфорированные и пористые вращающиеся оболочки являются основными элементами конструкции центробежных грануляторов. Известно, что наложение искусственных вибраций на днище диспергатора позволяет существенно влиять на гидродинамику рабочего пространства, что дает возможность контролировать процесс распада струй, истекающих через отверстия корзины. На кафедре «Процессы и аппараты химических и нефтеперерабатывающих производств» СумГУ проводятся работы по теоретическому и экспериментальным исследованиям процессов распада струй на капли заданного размера с использованием вибрационных воздействий.

В современной промышленности используется несколько конструкций вращающихся вибрационных грануляторов с различной формой диспергирующего элемента, в зависимости от требуемой производительности и сложности изготовления. Физические процессы распространения вибраций изучены недостаточно, что существенно влияет на целесообразность и области применения того или иного типа оборудования, а также на выбор комплектующих узлов. Теоретические и практические исследования в данной области создают основание для дальнейшего развития виброгрануляторов, делают использование их эффективным и перспективным.

Создание новых аппаратов и модернизация существующих установок является первоочередной задачей развития отечественной химической и смежных с ней отраслей. Развитие виброгрануляционного оборудования не противоречит концепции внедрения высокоэффективных энергосберегающих технологий. Также решается смежная проблема защиты окружающей среды, которая на сегодняшний день остро стоит перед всей мировой общественностью.

УДК 66.063.8

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ У СИСТЕМІ ГАЗ-РІДИНА

В.Я. Стороженко, С.В. Шабрацький, А.В. Грудина

Сумський державний університет
вул. Римського-Корсакова 2, м. Суми, 40007
shabracky@rambler.ru

Механічне перемішування в системі газ-рідина зазвичай рекомендується для систем, в яких абсорбція супроводжується хімічною реакцією. Найчастіше це обумовлено малою розчинністю газу в рідині, а при хімічній реакції розчинність газу зростає в декілька разів. Для багатьох хімічних реакцій з малими швидкостями потрібен тривалий час контакту, що легко може бути здійснено в апараті з мішалкою. Для здійснення процесів абсорбції все більше застосування знаходять апарати з самоусмоктуючими перемішувачами.

Нами запропонований пристрій для перемішування рідин, що містить порожнистий ротор з осьовими вхідними каналами, радіальні порожнисті лопаті з вихідними отворами, порожнина яких з'єднана з порожниною ротора, а вхідний канал з фронтальної сторони лопаті має округлу форму або форму похилої площини [1].

Недоліком даного пристрою є неоднорідність газовмісту по усьому вертикальному перерізу апарата, тому що в нижній частині апарата перемішувача рідина має низький газовміст, це знижує коефіцієнт масопередачі за рахунок зменшення терміну взаємодії між рідиною і газовим реагентом і, як наслідок, приводить до проскоку газового реагенту, що не прореагував.

Для забезпечення підвищення газовмісту та рівномірності його розподілу по апараті, підвищення продуктивності мішалки, за рахунок збільшення терміну перебування газового реагенту в перемішувачі об'ємі при відносно невеликих швидкостях обертання мішалки, запропоновані відповідні удосконалення.

Запропонований пристрій, що виконаний у вигляді порожнистого ротора з прорізами та порожнистими лопатями, що мають при вході в порожнисту лопать з фронтальної сторони округлу форму або форму похилої площини, на верхній частині лопаті з зазором, рівним 0,5-0,7 діаметра окружності описаної торцем порожнистої лопаті, розміщене плоске дискове кільце, шириною 0,25-0,35 указанного діаметра, з радіальними пластинчастими лопатями, розташованими в секторах між порожнистими лопатями [2].

Порівнювальні випробування відомих пристроїв і запропонованої корисної моделі пристрою для перемішування проводилися на лабораторному стенді, на якому здійснювали вимірювання середнього газовмісту в апараті і різних його частинах та продуктивності перемішувача по газовій фазі. Отримані дані дають можливість зробити висновок, що запропонований пристрій дозволяє значно збільшити газовміст перемішувача рідини при середніх числах обертання та збільшити ефективність перемішування фаз.

Список літературних джерел

1. Патент України № 60097. Пристрій для перемішування рідин./ Шабрацький В. І., Белкін Д. І. і інші. 2011, бюл. № 11.
2. Патент України № 71183. Пристрій для перемішування рідин./ Белкін Д. І., Стороженко В.Я. і інші. 2012, бюл. № 13.

УДК 623

ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ, БОЄПРИПАСІВ І ЕЛЕМЕНТІВ СПЕЦХІМІЇ

І.Б. Чепков, С.В. Лапицький

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України
м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 28
cndi_ovt@mil.gov.ua

Можна констатувати, що досвід збройного конфлікту з Росією неминуче примушує повернутися до питання перегляду в нашій державі програм і напрямів розвитку боєприпасної галузі як однієї із складових безпеки.

Цей процес необхідно починати з перегляду схеми управління оборонними галузями промисловості й, у тому числі, боєприпасною галуззю.

Аналізуючи сучасний стан справ у сфері розроблення та виробництва засобів ураження, боєприпасів і елементів спецхімії для потреб оборони, можна констатувати, що темпи оновлення боезапасу ЗС України є незадовільними. Цей факт ставить під загрозу можливість належного виконання завдань із забезпечення обороноздатності держави.

Галузь боєприпасів і спецхімії націлена на єдину задачу, яку можна сформулювати так: забезпечення збройних сил комплексними (готовими) засобами ураження і боєприпасами для артилерійських знарядь наземної та корабельної артилерії, для мінометів і комбінованих знарядь, для реактивних систем залпового вогню (РСЗВ) наземного, морського і авіаційного базування, для малокаліберної артилерії, для засобів ближнього бою і мінно-вибухових загороджень.

Стан розроблення та постачання сучасних засобів ураження і боєприпасів сьогодні на Сході України визначає ефективність комплексного вогневого ураження противника і, відповідно, бойові можливості збройних сил, що вирішують хід збройної боротьби.

Існуючі сьогодні засоби ураження, боєприпаси і засоби спецхімії не повною мірою задовольняють тактико-технічні вимоги, відстають від кращих іноземних зразків щодо можливості підвищення дальності і точності стрільби. Балістичні параметри існуючих порохів і енергетика вибухових речовин не дозволяють сподіватися на виробництво нових високоефективних засобів ураження і боєприпасів найближчим часом.

Розроблені в ЦНДІ ОВТ ЗС України основні напрями розвитку засобів вогневого ураження, у тому числі боєприпасів нового покоління, включають:

- збільшення дальності;
- підвищення точності;
- підвищення ефективності й могутності дії на ціль;
- поліпшення експлуатаційних характеристик;
- додання боєприпасам нової якості «нечутливі боєприпаси»;
- оптимізація за критерієм «ефективність – вартість – реалізованість».

Відповідно до вимог, які ми висуваємо, оборонно-промисловий комплекс повинен забезпечити досягнення якісно нового рівня тактико-технічних характеристик систем і комплексів озброєння в порівнянні з тими, що є в цей час.

Перспективні системи ракетно-артилерійського озброєння повинні забезпечувати ураження стаціонарних і рухомих об'єктів противника із застосуванням високоточних боєприпасів з необхідною імовірністю в різних метеорологічних умовах, у будь-який час року і доби.

Крім того, розвиток систем сучасного ракетно-артилерійського озброєння передбачає використання в засобах ураження могутніх джерел випромінювання

(лазерного, електромагнітного, акустичного), використання в боєприпасах технологій інформаційної дії на системи структури, а також нелетальної дії на живу силу противника і створення комплексів з використанням нетрадиційних принципів побудови засобів ураження і боєприпасів для ураження різних цілей.

Одночасно з цим при створенні засобів ураження і боєприпасів нового покоління необхідно враховувати сучасні вимоги за технологічністю і економічною ефективністю розроблення і виробництва високоточних боєприпасів нового покоління, експлуатаційної та екологічної безпеки всього життєвого циклу виробів, у тому числі підвищення характеристик ремонтпридатності, можливості модернізації, безпеки транспортування і зберігання, надійності, живучості й стійкості до зовнішніх дій.

Таким чином, оснащення збройних сил перспективними зразками засобів ураження і боєприпасів, що забезпечують значно більшу дальність дії, могутність і точність вогневого ураження цілі, значно перевищуючі досягнуті характеристики, вимагають проведення глибоких наукових досліджень у рамках пошукових і дослідно-конструкторських робіт, створення нових сучасних технологій виробництва.

Досягнення якісно нового рівня цього класу озброєння з використанням тільки науково-технічного заділу попереднього періоду, створеного в основному до 1990 року і, частково, в наступному десятиріччі, є вельми проблематичним, а по деяких напрямках практично неможливим і безперспективним.

Потрібно створення збалансованої стосовно ефективності вирішуваних бойових задач і вартості їх рішення номенклатури сучасних і перспективних боєприпасів, а також забезпечення розробки боєприпасів нового покоління, включених в систему високоточної зброї і інтегрованих у бойові розвідувально-інформаційно-ударні контури управління і ураження.

Шляхи для реалізації вимог і пов'язаних з цим конструкторсько-технологічних задач визначені у відповідних положеннях, а також концепціях розвитку систем озброєння різних типів в частині, що стосується вдосконалення боєприпасів засобів ураження Сухопутних військ, Повітряних сил і Військово-Морських Сил.

Аналіз вимог, що пред'являються до вищеназваних систем, дозволяє зробити висновок про необхідність створення нового науково-технічного набутку (НТН), в першу чергу, в галузі застосування нових матеріалів, що використовуються при проектуванні боєприпасів, а саме: артилерійських порохів, твердих ракетних палив, вибухових речовин, піротехнічних композицій, а також розробки нових сталей, сплавів, композитів і елементів систем управління в мікромініатюрному виконанні.

У країнах з розвинутою військовою промисловістю і, особливо, її боєприпасного сегмента, проводяться інтенсивні дослідження і розробки методів отримання нових перспективних високощільних окислювачів, пластифікаторів, енергоємних полімерів, високоенергетичних палив, у тому числі, компонентів нанодисперсних розмірів, що забезпечують поліпшення енергомасових і балістичних характеристик. Випереджаючими темпами ведуться розробки технологій для створення виробництв штатних і перспективних компонентів за цільовими урядовими програмами.

Таким чином, подальше вдосконалення систем і засобів ураження знаходиться в прямій залежності від розвитку технічної хімії в частині створення енергетичних конденсуючих систем (ЕКС), а також в галузі металургії і механооброблення.

Необхідно відзначити, що роботи (НДДКР), які підтверджували б можливість створення в найближчому майбутньому НТЗ по ЕКС з потрібними для перспективного озброєння показниками майже не проводяться.

Для досягнення високих характеристик, що забезпечують кратне підвищення ефективності і могутності дії боєприпаси, вкрай необхідно проведення досліджень способів управління процесами горіння і фізико-хімічного перетворення ЕКС:

розроблення ефективних методів регулювання в широких межах балістичних характеристик сучасних порохів і високоенергетичних, високощільних сумішей твердих і спеціальних палив;

розроблення нових способів управління процесом газоутворення і підвищення балістичної ефективності (питомої енергії) в стовбурних системах за рахунок використання нових конструкцій порохових зарядів, у тому числі з рідких металевих речовин, загущених порохів і зарядів з порохових елементів з новою геометричною формою;

розроблення способів регулювання швидкості горіння порохів і твердих ракетних палив в необхідних діапазонах робочого тиску;

розроблення термобаричних систем і боєприпасів, побудованих на нових конструктивних і функціональних схемах і забезпечуючих управління потоками реагуючих компонентів на об'ємній стадії вибуху;

створення фізико-хімічних основ формування великомасштабних полів ураження ударно-детонаційними, кінетичними, оптичними і тепловими чинниками дії;

розроблення способів неконтактної ініціації;

розроблення ефективних способів управління енергією вибуху в кумулятивних боєприпасах з метою забезпечення ефективного ураження сучасної броньованої цілі;

розроблення принципів використання високоенергетичних речовин для створення кінетичної зброї та зброї направленої енергії.

У даний час розв'язання перелічених задач буде вкрай проблематичним через такі проблеми:

відсутність єдиної, відповідної сучасним вимогам нормативної методологічної бази, що встановлює вимоги до рівня безпеки і уразливості вибухових матеріалів і боєприпасів за показниками безпеки експлуатації та зберігання;

відсутність вітчизняної сировинної бази, що використовується при створенні і виробництві окремих компонентів ЕКС;

відставання розроблення і створення технологічних процесів у вітчизняній промисловості з виробництва перспективних компонентів вибухових речовин, порохів і ракетних палив;

практично повного згортання досліджень зі створення НТЗ в частині ЕКС (порохів, ракетних палив, піротехнічних складів, вибухових речовин).

Забезпечення проведення єдиної державної політики в галузі засобів ураження, боєприпасів і спецхімії вважається найважливішою задачею держави на сучасному етапі.

Основою розвитку будь-якого виду техніки є прогноз його перспектив, виходячи зі світових тенденцій розвитку науки і техніки, а також аналіз потреб і можливостей продукції цієї галузі.

У колишні роки в рамках програм розвитку ОПК і державних програм озброєння були сформовані підпрограми розвитку засобів ураження, боєприпасів як виду військової техніки, були визначені перспективи підвищення їх ефективності у тому числі, шляхом створення зразків на нових фізичних принципах. Проте жодна з цих програм не була виконана, а напрями, що визначають і дозволяють створювати озброєння на передовому світовому рівні, через нестачу фінансування і інших організаційних причин не були виконані в повному обсязі.

Стан справ у галузі засобів ураження і боєприпасів відповідав принципу «як би вижити», контроль навіть за тими позиціями, які передбачалися різними програмами, не проводився, а найголовніше, була загублена вертикаль влади, що дозволяє мати логічну і чітку міру відповідальності і управління організаціями і підприємствами як всієї галузі боєприпасів і спецхімії, так і окремими її напрямками:

втрата і зупинка ряду виробництв;

втрата ряду технологій і відтоку кваліфікованих кадрів.

Відсутність комплексної оцінки техніко-економічного і сировинного потенціалу країни, можливості підготовки необхідних кадрів, можливості збереження мобілізаційних потужностей поставило боєприпасну промисловість в складну ситуацію, яка тісно пов'язана із збереженням боєздатності збройних сил.

Науково-технічний рівень виробів спеціальної техніки і конструктивні рішення, закладені в них розробниками засобів ураження і боєприпасів, об'єктивно визначається рівнем наукового потенціалу і технологічними можливостями науково-дослідних організацій і підприємств-виробників.

Інноваційний розвиток галузі засобів ураження, боєприпасів і спецхімії завжди був пов'язаний із створенням спеціального лабораторного обладнання і розвитком досліджень, які дозволяють вивчати і упроваджувати прогресивні рішення при створенні нових конструкцій боєприпасів, використовувати сучасні технології виробництва.

На цей час наукові дослідження в багатьох напрямках практично, згорнуті, засобів для виконання необхідних НДР не надається.

Однією з найважливіших складових боєприпасної галузі промисловості в радянський період було власне верстатобудування і проектування на цій основі технологічних ланцюжків заводів, що випускали боєприпаси, які задовольняли сучасним прогресивним технологіям і з якнайменшими трудовитратами дозволяли випускати необхідну кількість боєприпасів. Побудова технологічних процесів формувалася так, щоб забезпечувати необхідну надійність і безпеку будь-кого боєприпасу, що досягалось високою автоматизацією виробництва і контролю. Там, де через об'єктивні причини здійснити це було неможливо, технологічні операції виконувалися фахівцями, що мають певні навички і кваліфікацію.

На жаль, в даний час власного верстатобудування в боєприпасній галузі промисловості у нас в країні не існує, а через практичну відсутність замовлень на виробництво боєприпасів або їх мізерну кількість для виготовлення, кадрів необхідної кваліфікації, як правило, немає.

Зруйнована система підготовки кваліфікованих кадрів (майстрів, технологів, матеріалознавців) середньої ланки, підготовка яких здійснювалася в системі середньої освіти.

І подальша неувага до цих питань ще більше загострюватиме негативну ситуацію з підготовкою кадрів.

Зараз є всі необхідні механізми здійснення всього циклу розроблення, виробництва і експлуатації засобів ураження і боєприпасів.

Але, доводиться констатувати, що відсутня належна координація досліджень і програм розвитку ОПК у галузі засобів ураження, боєприпасів і спецхімії, не простежується системний підхід, як того вимагають не тільки керівні документи а й здоровий глузд.

Одним з основних принципів розвитку оборонно-промислового комплексу є принцип організаційної й функціональної єдності ОПК, в основу якої повинні бути встановлені єдина науково-технічна, виробничо-технологічна, інформаційна, експериментально-випробувальна і полігонна бази.

Вузька спеціалізація і внутрігалузева кооперація у галузі засобів ураження, боєприпасів і спецхімії, при яких розроблення і виробництво комплектних боєприпасів вимагають взаємозв'язаних дій всіх підприємств, викликають необхідність управління і координації діяльності підприємств промисловості засобів ураження, боєприпасів і спецхімії з єдиного центру.

Велика кількість невирішених науково-технічних і технологічних задач в питаннях інноваційного розвитку галузі засобів ураження, боєприпасів і спецхімії вимагає створення нового науково-технічного набутку в галузі застосування нових матеріалів, що використовуються при проектуванні боєприпасів, створення спеціального лабораторного обладнання і розвитку досліджень, що дозволяють вивчати і впроваджувати прогресивні рішення при розробленні нових конструкцій боєприпасів, використовувати сучасні технології виробництва.

УДК 623.093

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ЗАХИСТУ БОЙОВИХ БРОНЬОВАНИХ МАШИН

С.П. Бісик, В.Г. Корбач, О.Ю. Ларін

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України
м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 28
cndi_ovt@mil.gov.ua

Висока ефективність протидії кумулятивним засобам ураження, яку забезпечує динамічний захист (ДЗ), обумовив його інтенсивний розвиток починаючи з моменту вдалого застосування ДЗ BLAZER у 1982 р. під час Ліванської війни.

Принцип дії цього типу захисних пристроїв засновано на перетворенні потенційної хімічної енергії, яка мається у заряді вибухової речовини, у кінетичну енергію достатньо тонкої пластини, що метається на кумулятивний струмінь. Це забезпечує приріст основного захисту бойової броньованої машини (ББМ). Ефективність зниження бронепробивної здатності кумулятивних засобів ураження за рахунок застосування ДЗ першого покоління типу «Контакт-1» (розроблений НДІ сталі, СРСР) складає 50...80% в залежності від умов взаємодії, а виграш по вазі у порівнянні зі сталевією катаною бронією – близько 10...20 разів.

Ефективність використання захисних пристроїв динамічного типу визначається рівнем проектування, математичного моделювання і якістю випробувальних експериментів, які є досить дорогими та складними у виконанні. За умовою застосування комп'ютерного моделювання функціонування елементів динамічного захисту, з'являється можливість звести до мінімуму кількість таких випробувань.

З метою дослідження ефективності пристроїв динамічного захисту, принцип дії яких засновано на метанні платин, побудована математична модель з використанням методу гідродинаміки згладжених частинок SPH (англ. Smoothed Particle Hydrodynamics). Апробація математичної моделі проведена з використанням відомих даних щодо швидкостей розльоту пластин які метаються, отриманих експериментально, шляхом їх порівняння з отриманим числовим рішенням. Похибка склала 12...15%. Перевага застосування цієї математичної моделі полягає у можливості варіювання різних параметрів елементів динамічного захисту з метою дослідження (виявлення) раціональної схеми побудови пристроїв захисту ББМ.

Використання математичної моделі із застосуванням методу SPH дозволяє ще на етапі ескізного проектування здійснити оцінку ефективності конструктивних рішень закладених в функціональну схему пристроїв динамічного захисту. Це спрощує процедуру дослідження можливих напрямів підвищення ефективності захисних пристроїв динамічного типу.

УДК 623.438

ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИСТУ БОЙОВИХ БРОНЬОВАНИХ МАШИН ВІД ГРАНАТ РПГ

І.Б. Чепков, В.А. Голуб, С.П. Бісик, О.Ю. Ларін

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України
м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 28
cndi_ovt@mil.gov.ua

Проведення антитерористичної операції на сході України та досвід локальних конфліктів останніх десятиріч показує, що найбільш масовим засобом ураження, що використовується проти бойових броньованих машин (ББМ) є ручні протитанкові гранатомети та реактивні протитанкові гранати (далі – протитанкові засоби (ПТЗ)). Характер уражень ББМ у зоні проведення антитерористичної операції свідчить, що основна частина бойових пошкоджень є слідством ураження реактивними протитанковими гранатами РПГ-22 «Нетто» та РПГ-26 «Аглень».

Одним із перспективних напрямів підвищення захищеності ББМ від ураження зазначеними ПТЗ є використання захисних протикумулятивних екранів (ЗПКЕ) різної конструкції. На сьогоднішній день спостерігається підвищена активність військових із залученням допомоги волонтерських організацій по оснащенню ЗПКЕ бойової техніки підрозділів, що проводять боротьбу із терористами на сході України. Хаотичне на не скоординоване обладнання техніки, що проходить часто без розуміння фізичних принципів, що закладені в основу конструкції ЗПКЕ для боротьби із зазначеними засобами ураженнями призводить до марної роботи сил і засобів, витрати коштів й крім того не підвищує рівень захищеності ББМ а знижує її за рахунок зростання маси та габаритів ББМ, погіршення експлуатаційних характеристик.

Тому, для забезпечення оперативного підвищення захищеності ББМ, що перебувають в зоні проведення антитерористичної операції від кумулятивних ПТЗ були проведенні комплексні дослідження, що включали:

- класифікування ЗПКЕ за основними ознаками (принципом дії; конструкцією (решітчасті, сітчасті та із додатковою масою у вузлах); матеріалом виготовлення (металевий, з волокон та ін.) та ін. Крім основних ознак до уваги приймалось додатково ефективність, вартість, технологічність, прогнозовані експлуатаційні показники та маса ЗПКЕ;
- математичне моделювання функціонування ЗПКЕ, що передбачало розроблення стохастичної та скінченно-елементної математичних моделей функціонування ЗПКЕ та ПТЗ. Математичне моделювання розділено на декілька етапів: дослідження імовірності спрацювання гранати на ЗПКЕ чи проходження крізь нього; моделювання взаємодії гранати з ЗПКЕ; моделювання формування кумулятивного струменя з урахуванням пошкодження кумулятивної воронки;
- формування вимог та розроблення технічного завдання на ЗПКЕ, на основі визначеного теоретичного значення ефективності їх застосування;
- проведення експериментальних досліджень оцінки ефективності застосування розроблених варіантів конструкції ЗПКЕ.

За результатами проведених досліджень:

- встановлено, що найбільш прийнятною конструкцією, з урахуванням вимог оперативності та можливостей промисловості є виконання ЗПКЕ решітчастої конструкції;
- обґрунтовано, за результатами проведеного математичного моделювання, вибір раціональних геометричних та фізико-механічних параметрів ЗПКЕ;
- за результатами числового моделювання встановлено, що деформування кумулятивної воронки гранати і відповідно зменшення бронепробивної здатності кумулятивного струменя буде не достатньо для забезпечення захисту легкоброньованих ББМ (БМП, БТР), які мають лише протикульний та протиосколковий рівень захисту бронекорпусу та башти. Виходячи з цього, для зазначеної техніки ЗПКЕ має забезпечувати не спрацювання гранати протитанкового гранатомету а також не проходження її через ЗПКЕ та спрацювання на броні;
- розроблено, за результатами проведених теоретичних досліджень, конструкцію ЗПКЕ та проведено експериментальні дослідження. Визначено параметри ЗПКЕ, що забезпечують високу імовірності руйнування гранати.

Проведенні теоретичні та експериментальні дослідження показують, що конструкція ЗПКЕ може бути або «універсальною» для захисту від широкої номенклатури ПТЗ, або оптимізованою під конкретний тип ПТЗ для отримання більшої ефективності.

Втілення результатів проведених досліджень дозволить забезпечити захист ББМ підрозділів ЗСУ, які беруть участь в зоні проведення антитерористичної операції за досить стислі терміни в тому числі й в польових умовах із залученням військових ремонтних засобів.

УДК 623.451.4.081.25

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БРОНЕБІЙНО-ПІДКАЛІБЕРНИХ СНАРЯДІВ ПРИ ЗМЕНШЕННІ ТЕМПЕРАТУРИ ПОРОХОВОГО ЗАРЯДУ

С.В. Лапицький, О.Ю. Ларін

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки

Збройних Сил України

м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 28

cndi_ovt@mil.gov.ua

Бронейно-підкаліберні снаряди (БПС) до танкових гармат є боєприпасами кінетичної дії. Вони відносяться до основних засобів ураження сучасних важкоброньованих об'єктів. Цьому сприяє відносно слабка "чутливість" БПС у порівнянні з кумулятивними боєприпасами до різного роду деструктивних впливів з боку броньового, динамічного захисту, та систем активного захисту. Так зниження здатності до бронепробиття сучасних БПС на багатошарових структурах захисту у 3-5 разів менше, ніж у кумулятивних боєприпасів. Великі значення підлітної швидкості, а також міцність конструкції знижують ефективність дії активних систем захисту по БПС. Крім того бронейно-підкаліберні снаряди мають більш потужну заброньову дію.

Основною перевагою БПС над іншими боєприпасами що входять до боєкомплектів сучасних танків є висока початкова швидкість снарядів. Саме вона забезпечує цьому типу боєприпасів високу здатність до бронепробиття. Крім того висока початкова швидкість боєприпаса забезпечує значну дальність прямого пострілу, а також незначний час підльоту до цілі. Останнє підвищує влучність стрільби за рахунок зменшення терміну впливу різного роду факторів що відхиляють, а також зменшення упередження під час стрільби по цілі що рухається.

Таким чином підтримання високих значень початкової швидкості бронейно-підкаліберних снарядів у різних умовах їх бойового застосування є одною з головних вимог що висуваються до цього типу боєприпасів. Основною причиною що впливає на цей параметр є початкова температура порохового заряду. Так при порівнянні початкових швидкостей сучасного БПС KEWA2 виробництва США виявлено, що при температурі заряду $+50^{\circ}\text{C}$ $V_0 = 1770$ м/с (при стрільбі з гармати L44), а після її зниження до -32°C $V_0 = 1575$ м/с, що відповідає падінню початкової швидкості на 11%. У перерахунку на кінетичну енергію, зменшення її рівня складає більш 20%, що приблизно відповідає і падінню бронепробивної здатності боєприпаса. Для БПС радянського виробництва показник падіння початкової швидкості ще більший – до 20%, що відповідає зменшенню кінетичної енергії на 36%.

Одним з варіантів боротьби з цим недоліком, що притаманний порохом зарядом, було застосування термічної стабілізації зарядів за рахунок організації підігріву боєукладки або усього бойового відділення. Але це пов'язано зі значними труднощами при конструктивному виконанні та невиправдованому розході енергії на підтримання температури в умовах невизначеності часу застосування боєприпасів. Крім того нагрів внутрішнього об'єму танку в умовах мінусових температур навколишнього середовища значно підвищує термічний контраст машини на місцевості, що збільшує вірогідність її виявлення тепловізійними приладами, яких в останні часи стає все більше на полі бою.

У новому БПС DM63 (Німеччина) застосовано новий сорт термостабілізованого пороху який забезпечує більшу стабільність початкової швидкості снаряду. Так в інтервалі температур від $+50^{\circ}\text{C}$ до -30°C максимальний тиск порохових газів під час пострілу, змінюється лише на 10%. Для традиційних порохів - не менш 30%.

Таким чином питання розробки нових порохів з більшою енергетикою та кращими службовими якостями є витребуваним. Це стає ще більш актуальним, якщо врахувати необхідність проведення ремонту БПС після перевищення термінів їх зберігання, якому повинні підлягати майже усі боєприпаси цього типу за умови якщо для ЗС України не буде розроблений та прийнятий на озброєння новий бронейно-підкаліберний снаряд.

II Міжнародна науково-практична конференція

«ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ: НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО» 27-29 листопада 2014 року

м. Шостка

УДК 623.451

ПІДВИЩЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРОВАНИХ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СНАРЯДІВ (КАС) З ГІРОСТАБІЛІЗОВАНИМИ ЛАЗЕРНИМИ ГОЛОВКАМИ САМОНАВЕДЕННЯ (ЛГСНГ)

О.А. Майстренко

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України
м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 28
cndi_ovt@mil.gov.ua

Підвищення тактико-технічних характеристик керованих артилерійських снарядів з лазерними системами самонаведення стало можливим за рахунок їх оснащення гіростабілізованими ГСН із широким полем зору, що дозволяють здійснювати захват підсвіченої цілі на траєкторії балістичного або програмного польоту КАС.

Ці ЛГСНГ різняться конструкціями гіростабілізаторів, оптичними схемами й електронними пристроями формування сигналів наведення. Конструктивні варіанти ЛГСНГ для КАС включають найпростіші триступеневі астатичні гіроскопи, керовані через моментні датчики і різні конструкції гіростабілізаторів з рамами карданова підвісу, пов'язаними з різного виду "внутрішніми" гіроскопами, датчиками кутів і розвантажувальними двигунами. Об'єктив з фотоприймачем завжди механічно зв'язаний із внутрішньою рамою гіростабілізатора або триступеневого гіроскопа. У найбільш простому варіанті ЛГСНГ використовується астатичний триступеневий гіроскоп із пружинним розкручуванням ротора. У вихідному стані рамки гіроскопа заарретовані в положенні, при якому оптична вісь об'єктива ЛГСНГ збігається з поздовжньої віссю КАС. Постріл КАС здійснюється при заарретованому гіроскопі. Електронно-оптичний тракт головки починає функціонувати за 3,5 - 2,5 км до цілі. Залучення пружини, що розкручує, і відключення режиму "арретір" проводяться по сигналу захвата цілі. Далі здійснюється спостереження головки за ціллю при гіроскопі, що працює "на вибігу".

В інших ЛГСНГ, використовуваної в стабілізованих по куту крену КАС, гіростабілізатор являє собою гіровузол, розміщений у кардановому підвісі. У гіровузлі розташовано дві пари двоступеневих гіроскопів, причому в кожній із цих пар гіроскопи зв'язані плоскими шарнірами, а кінематичні моменти зв'язаних гіроскопів рівні, але протилежно спрямовані. Кожна з пар зв'язаних двоступеневих гіроскопів орієнтована на рух "свої" рами карданова підвісу в режимах стабілізації й спостереження. У режимі стабілізації зовнішній момент навантаження щодо осі рами карданова підвісу викликає прецесію відповідної пари зв'язаних гіроскопів. Гіроскопи прецесують у протилежних напрямках, створюючи гіроскопічний момент, що протидіє зовнішньому моменту. Одночасно поворот гіроскопів вимірюється датчиком кута, сигнал якого через підсилювач надходить на двигун розвантаження, що створює момент щодо рами карданова підвісу. У результаті момент двигуна розвантаження врівноважує зовнішнє навантаження. У режимі спостереження електронним трактом ЛГСНГ виробляються сигнали, які надходять на корекційні двигуни, що створюють моменти на зв'язаних шарніром двоступеневих гіроскопах. Під дією цих моментів здійснюється прецесія гіростабілізатора в необхідному напрямку. Розкручування гіроскопів цієї ЛГСНГ здійснюється від джерел трифазного електроживлення. Гіроскопи розкручуються ще до скидання захисної оболонки КАС, а на ділянці польоту між моментами її скидання і

захвата цілі гіростабілізатор утримується електричним аретиром у положенні, при якому оптична вісь об'єктива ЛГСНГ відхилена від поздовжньої осі КАС у вертикальній площині на певний кут. Це робиться для підвищення ймовірності захвата цілі.

Незважаючи на різноманітність конструктивних варіантів гіростабілізаторів, використовуваних у ЛГСНГ, для досліджень динаміки процесів наведення й оцінок точності КАС методами математичного моделювання, як показує практика, достатньо звести опис складних двохосьових гіростабілізаторів до спрощених рівнянь руху еквівалентно орієнтованого в КАС триступеневого астатичного гіроскопа.

Тривалість процесів наведення КАС із ЛГСНГ, що захоплюють ціль на траєкторії автономного польоту, становить не більш 15 с. У таких порівняно коротких процесах спостереження за ціллю явища, викликані нутаційними коливаннями, незбалансованістю ротора й рам, інерційністю й пружністю рам карданова підвісу, вібрацією корпусу КАС, інерційністю моментів двигунів розвантаження й іншими факторами, що обурюють, не виявляють істотного негативного впливу на динаміку й точність спостереження.

Слід констатувати, що в практиці проектування розроблювачам КАС невідомий цілий ряд внутрішніх характеристик гіростабілізатора (таких, наприклад, як де баланс ротора, тертя в підшипниках, інерційність двигунів розвантаження), тому що вони не вносяться в паспортні дані на прилад. Тому включити в модель гіростабілізатора опис ряду його конструктивних і схемних подробиць на етапах проектування й відпрацювання системи наведення КАС, як правило, неможливо, оскільки для створення докладної математичної моделі не вистачає вимірів ряду параметрів.

У той же час сукупний вплив причин, що обурюють, із прийнятним ефектом зводиться до характеристики "відхід гіростабілізатора", яка вказується в паспортних даних і може бути при синтезі й аналізі системи наведення поширена на модель еквівалента реального гіростабілізатора.