

УДК 629.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НИТРАТА АММОНИЯ

В.Н. Попок, А.В. Старикова

В статье представлены результаты исследования физико-механических характеристик полимерных металлизированных композитов на основе нитрата аммония. Получены данные для композитов содержащих микро- и ультрадисперсный порошок алюминия. Проведена оценка гарантийных сроков хранения композитов.

Ключевые слова: полимерные металлизированные композиты, нитрат аммония, порошок алюминия, физико-механические характеристики, гарантийный срок хранения.

Введение

Полимерные металлизированные композиты (ПМК) на основе нитрата аммония (НА) являются перспективной заменой перхлоратных систем, наносящих колоссальный вред окружающей среде. На сегодняшний день достигнут определенный прогресс в разработке рецептур нитратных ПМК с обеспечением высокого уровня баллистических и энергетических характеристик, приемлемым уровнем взрывчатых и технологических показателей. Важной характеристикой ПМК, определяющей возможность их применения в конкретных конструкциях, являются физико-механические характеристики (ФМХ). Хотя они имеют определяющее значение (при других выполненных критериях эффективности ПМК) только при использовании в конкретных конструкциях, целесообразно, исходя из существующих данных, определить оценочный уровень и показать, что можно получить на разрабатываемых ПМК. Кроме этого, для целей дальнейшего проектирования целесообразно оценить изменение ФМХ при хранении. В последнем случае целесообразно использовать «классический» подход, основанный на проведении высокотемпературного старения образцов ВК [1].

Анализ литературных данных по ФМХ применяемых ПМК, позволил условно выделить номинальные границы уровня физико-механических характеристик ПМК: прочность (σ) на разрыв при скорости деформации $\sim 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ от $\sigma \approx 0,2-0,25 \text{ МПа}$ до $\sigma \approx 0,8-1 \text{ МПа}$; предельная относительная деформация от $\sim 20\%$ до $\sim 100\%$; модуль упругости (при относительной деформации 10 %) от $\sim 0,2 \text{ МПа}$ до $\sim 2 \text{ МПа}$.

Таким образом, целью настоящей работы является исследование физико-механических характеристик нитратных полимерных металлизированных композитов, характеризующихся высокими баллистическими и энергетическими характеристиками, приемлемым уровнем взрывчатых и технологических показателей.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования выбрано два типа ПМК: № 1 – октоген (НМХ)-20 масс. %; НА-36 масс. %; микродисперсный порошок алюминия АСД- 6-10 масс. %; ультрадисперсный порошок алюминия ALEX-10 масс. %; горючее-связующее (ГСВ)-24 масс. %; № 2 аналогичен № 1 с заменой ALEX на АСД-6. В качестве ГСВ используется тетраэзолиновый полимер, пластифицированный нитрамино-триазольным пластификатором. Данные рецептуры ПМК выбраны из-за их высоких баллистических и энергетических параметров [2]. В качестве отверждающего агента во всех смесях использовался ди-N-оксид-1,3-динитрил-2,4,6-триэтилбензол (ТОН-2) [3]. Для определения физико-механических характеристик образцов использовались разрывные машины РМИ-5 и ПИРС-9/1.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

В таблице 1 приведены данные по прочности, предельной деформации и модулю упругости образцов ПМК № 1 и № 2. Видно, что введение ALEX оказывает «усиливающее» действие: прочность и модуль увеличиваются, деформация уменьшается.

Таблица 1 - Результаты определения ФМХ

№ ПМК	Прочность, МПа	Предельная деформация, %	Модуль при деформации 10%, МПа
Стандартные условия испытаний, скорость растяжения 10^{-3} с^{-1} .			
1	0,36	52,1	0,55
2	0,25	96,4	0,32
Под давлением 6 МПа, скорость растяжения 1 с^{-1}			
1	1,38	79,1	1,75
2	0,69	95,2	0,82

При увеличении скорости растяжения и приложении внешнего давления предельные характеристики и модуль упругости увеличиваются в 2-4 раза. Средний уровень ФМХ находится в выбранном выше номинальном интервале как для ПМК на основе АСД-6 (№ 2), так и для ПМК со смесевым металлическим горючим (№ 1).

Были проведены тестовые испытания по оценке стабильности свойств ПМК, для чего проведено старение образцов при повышенных температурах с определением эффектов изменения механических характеристик во времени. Конечной целью таких испытаний является оценка гарантийных сроков хранения (ГСХ) и возможных предельных изменений в свойствах ПМК и изделий на их основе. В настоящем исследовании было предусмотрено проведение процедуры ускоренного старения при температуре 48-50 °С. Диски ПМК были укупорены в герметичные контейнеры и помещены в термостаты, поддерживающие соответствующую температуру. После истечения определенного срока термостатирования, часть дисков извлекалась из контейнеров для проведения контрольных испытаний по определению изменений физико-механических характеристик. Испытания проводились в стандартных условиях при температуре 25 °С. Образцы перед испытаниями термостатировались в течение 1 часа. Периодичность отбора контрольных образцов равна одному месяцу. Установлено, что скорость старения ПМК с ALEX на порядок выше, чем на композитах без этой добавки, что согласуется с литературными данными.

Для определения гарантийных сроков хранения необходимо задавать требования к конкретным конструкциям. Но контрольные

точки можно определить с использованием результатов вакуумно-хроматографической методики [1]- по переходу газовой фазы на ускоренный режим. Для составов, содержащих дифениламин, в качестве стабилизатора, показано, что ГСХ композиций с ALEX составляет не менее 5 лет, а с АСД-6 не менее 10 лет при температуре 25-30 °С, что существенно выше, чем для представленных в литературе аналогов.

Также были проведены эксперименты по измерению ФМХ нитратных ПМК на основе углеводородного горючего-связующего СКДМ-80 и активного горючего-связующего на основе тетраэзольного полимера и нитрамино-нитроэфирного пластификатора. Установлено, что для ПМК на основе СКДМ-80 прочность составляет 0,8-1 МПа, для ПМК на основе горючего-связующего с нитрамино-нитроэфирным пластификатором прочность несколько ниже, чем у № 1 и № 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корсунский Б.Л., Манелис Г.Б., Назин Г.М., Столяров П.Н. Методологические проблемы определения термической стабильности взрывчатых материалов // РХЖ. – 2007. - Т. 41. - №4. – С. 37-49.
2. Попок В.Н., Попок Н.И. Горение и термическое разложение энергетических конденсированных систем на основе нитрата аммония и активных связующих // Боеприпасы и высокоэнергетические конденсированные системы.- 2009.- № 1.- С. 10-16.
3. Белоусов А.М., Орлова Н.А., Пазников Е.А. Влияние различных факторов на процесс отверждения энергоемких материалов на стадии их изготовления // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2005. - №6 (26). - С. 44-53.