УДК 531.567

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ УСКОРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ В РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО МЕТАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

© 2011 г. ***А.Н. Ищенко***

НИИ прикладной математики и механики Томского госуниверситета

ichan@niipmm.tsu.ru

Поступила в редакцию 16.05.2011

Проведено исследование влияния субмикронных и наноразмерных металлических частиц на характеристики конвективного горения композитных моноблочных видов топлива. Исследования горения проводились в условиях замкнутой манометрической бомбы по оригинальной методике. Скорости горения может увеличиваться до пяти раз при одновременном четырехкратном уменьшении давления срыва. Это позволяет разрабатывать слоеные комбинированные моноблочные заряды с необычайно высоким регулированием скорости газообразования по их длине.

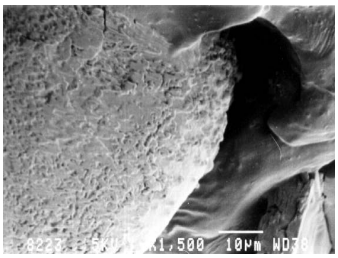
Ключевые слова: высокоэнергетическое топливо, наноразмерные металлические частицы горение, скорость газообразования.

Ультрадисперсные алюминиевые частицы традиционно используются для регулирования калорийности и скорости горения твердых ракетных видов топлива. В последние годы порошкообразный алюминий стал применяться и в метательных зарядах для ствольных систем. Он может добавляться в качестве дополнительного горючего в виде порошка в гранулированные и трубчатые метательные заряды, включаться в состав перспективных видов топлива, например жидких, гелеобразных и моноблочных. В нашем случае ставится задача регулирования с помощью металлической добавки скорости послойного горения в широких пределах без срыва горения в детонационный режим.

Проведены исследования возможности регулирования с помощью алюминиевых частиц скорости газоприхода в моноблочных пористых композитных видах топлива серии НТБС, горящих в конвективном режиме. Его микроструктура без включения алюминия (*а*) и с ним (*б*) показана на рис 1.

На рис. 2 приведена кривая изменения давления при сжигании топлива в манометрической бомбе. Расчет (обозначено крестиками) проведен в рамках модели, описанной в [1].

Исследования горения металлизированных и обычных составов проводились в условиях замкнутой манометрической бомбы по оригинальной методике. Обобщение представленных результатов позволило получить итоговые зависимости эффективной торцевой скорости горения композитного топлива и давления срыва в конвективный режим от диаметра частиц алюминия, показанные на рис. 3 и 4 соответственно (- - - для топлива без алюминия). Увеличение скорости горения может достигать пяти раз при одновременном четырехкратном уменьшении давления срыва. Это позволяет разрабатывать слоеные комбинированные моноблочные заряды с необычайно высоким регулированием скорости газообразования по их длине. Анализ результатов обработки экспериментальных данных показал возможность регулирова-

а) 

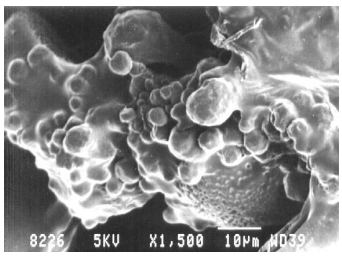
б) 

Рис. 1

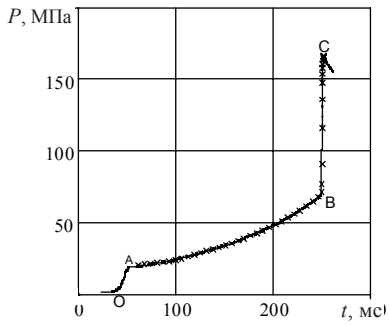


Рис. 2

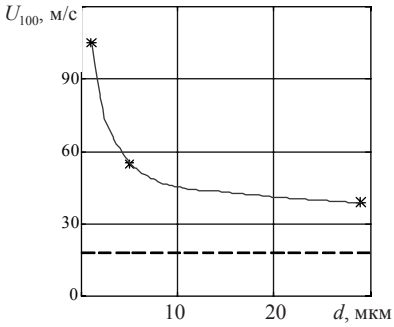


Рис. 3

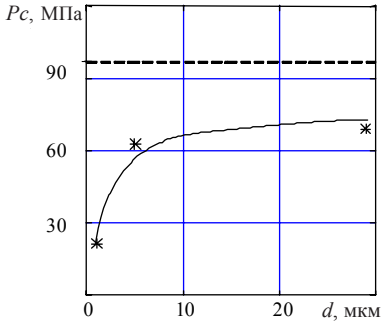


Рис. 4

ния скорости выгорания композитного топлива серии НТБС в широких пределах с помощью субмикронных алюминиевых частиц и разработки на этой основе моноблочных зарядов с регулируемой прогрессивностью горения.

В других видах высокоэнергетического топлива, находящихся в пластизольном агрегатном состоянии, в роли катализаторов был опробован ультра- и нанодисперсный алюминий с размерами частиц (рис. 5: *1* – базовый состав с 10% АСД-4 ($d_{ср}$ ~ 10 мкм), *2* – состав с 10% А1 марки А06ПЦМ ($d_{ср}$ ~ 0.8–1.2 мкм), *3* – состав с 10% А1 марки А100 ($d_{ср}$ ~ 140 нм), *4* – состав с 10% А1 марки А50 ($d_{ср}$ ~ 70 нм).

В зависимости от дисперсности применяемого алюминия получено повышение скорости горения в 1.5–10 раз с достижением уровня скорости горения ~ 0.3–0.5 м/с при P = 100 МПа и качественное изменение законов горения от $\nu < 1$ до $\nu > 1$ (1.5–2.5). Чем ниже средний диаметр частиц, тем выше скорость горения составов.

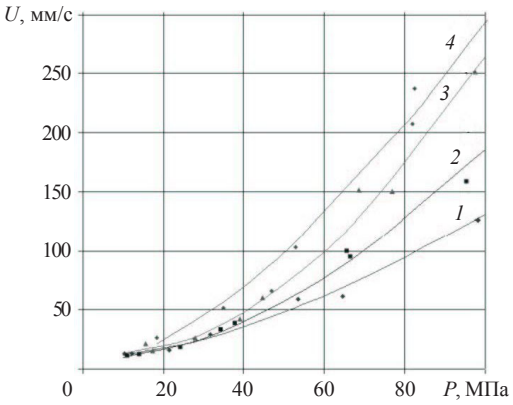


Рис. 5

Работа выполнена при поддержке программы Минобрнауки РНПВШ № 2.1.1/12470.

Список литературы

1. Хоменко Ю.П., Ищенко А.Н., Касимов В.З. Математическое моделирование внутрибаллистических процессов в ствольных системах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. 256 с.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF NANO-DIMENSIONAL COMPONENTS ON THE PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS IN THE CONDITIONS OF HIGH-VELOCITY IMPACT

A.N. Ishenko

The influence of sub-micronic and nano-dimensional metal particles on the characteristics of convection burning of composite monoblock fuels is studied. Burning was studied for the conditions of a closed manometrical bomb, using an original technique. The increase in speed of burning can reach five times with a simultaneous quadruple reduction of the pressure of failure. This makes it possible to develop stratified combined monoblock charges with extraordinary high regulation of the gas formation velocity along their length.

Keywords: high-energy fuel, nanodimensional, metal particles burning, speed formation gas.