

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,

ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: по данным на 09.03.2016 - действует
Пошлина: учтена за 8 год с 11.12.2015 по 10.12.2016

(21), (22) Заявка: 2008148783/05, 10.12.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.12.2008

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.12.2008

(43) Дата публикации заявки: 20.06.2010

(45) Опубликовано: [20.09.2011](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2230052 C2, 10.06.2002. RU 2288207 C1,
27.11.2006. RU 2220125 C2, 27.12.2003. RU 2183607 C2,
20.06.2002. RU 2170722 C1, 20.07.2001.

Адрес для переписки:

634050, г.Томск, пр. Ленина, 36, НИИ ПММ ТГУ

(72) Автор(ы):

Архипов Владимир Афанасьевич (RU),
Ворожцов Александр Борисович (RU),
Горбенко Татьяна Ивановна (RU),
Коротких Александр Геннадьевич (RU),
Савельева Лилия Алексеевна (RU),
Сакович Геннадий Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования Томский государственный
университет (ТГУ) (RU)

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕСЕВОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

(57) Реферат:

Изобретение относится к получению смесевых твердых топлив как источников энергии твердотопливных ракетных двигателей и газогенераторов различного назначения. Способ включает приготовление топливной массы путем последовательного механического перемешивания окислителя и горючего-связующего. В качестве окислителя используют или перхлорат аммония (ПХА), или нитрат аммония (НА), или октоген (НМХ), или смеси ПХА/НА, ПХА/НМХ, НА/НМХ при соотношении компонентов 1/1 для каждой смеси. В качестве горючего-связующего используют инертный каучук (СКДМ-80) или активный каучук - полиуретановый, пластифицированный нитроглицерином. Дополнительно в смесь вводят порошок хлорида олова дисперсностью (100÷150) мкм, предварительно перемешанный в течение не менее 30 мин с ультрадисперсным порошком алюминия дисперсностью не ниже 0,1 мкм при следующем соотношении компонентов, мас. %: ультрадисперсный порошок алюминия - 87,5, порошок хлорида олова - 12,5. В полученную смесь вводят отвердитель и перемешивают топливную композицию в течение не менее 30 мин. В результате скорость горения смесевого твердого топлива увеличивается в (1,2÷2,4) раз в зависимости от используемых композиций окислителя и горючего-связующего в составе топлива. 2 табл.

Изобретение относится к области разработки смесевых твердых топлив (СТТ), содержащих порошок алюминия в качестве одного из горючих компонентов.

Смесевые твердые топлива, содержащие полимерное горючее-связующее (например, каучук, бутилкаучук, полибутадиен и др.), неорганический окислитель (перхлорат аммония, нитрат аммония, нитрамини и их смеси) и порошок алюминия используются в качестве источников энергии твердотопливных ракетных двигателей (РДТТ) и твердотопливных газогенераторов (ТГГ) различного назначения [1].

Основным требованием, предъявляемым к СТТ для маршевых РДТТ (бустеров), является обеспечение высоких энергетических характеристик (удельного импульса тяги I_1 , то есть отношения развиваемой двигателем тяги к массовому секунднему расходу продуктов сгорания). Поскольку величина I_1 пропорциональна корню квадратному из температуры горения топлива T , то для повышения энергетических характеристик СТТ в их состав вводят до 18% порошка алюминия, температура горения которого достаточно высока по сравнению с другими горючими компонентами и достигает $T \approx 3800$ К [2].

При использовании СТТ в регулируемых РДТТ и твердотопливных газогенераторах одним из основных требований является также возможность увеличения тяги РДТТ и расхода продуктов сгорания в ТГГ (в частности, обеспечение необходимого расхода газа для сверхбыстрого наддува автомобильных подушек безопасности). Увеличение тяги и расхода продуктов сгорания (для заданной конструкции РДТТ или ТГГ) возможно только за счет увеличения линейной скорости горения СТТ.

Одним из известных способов повышения скорости горения СТТ является замена штатных порошков алюминия марок АСД (АСД-1, АСД-4, АСД-6 и др.) [3] на ультрадисперсный порошок алюминия (УДП А1), например УДП А1 марки ALEX, получаемый методом электрического взрыва проволочек [4]. При этом частицы алюминия штатных порошков марок АСД имеют среднемассовый диаметр в диапазоне $D_{43}=(1\div 10)$ мкм, а среднемассовый диаметр УДП А1 марки ALEX на порядки меньше и составляет $D_{43} \approx 0.1$ мкм [5].

Результаты экспериментальных исследований разных авторов (например, [6, 7]), полученные за последние пять лет, показали практическую возможность кратного увеличения скорости горения СТТ за счет полной или частичной замены порошка марок АСД на УДП А1, например, марки ALEX, в диапазоне давлений окружающей среды (2-12) МПа.

Известен способ получения смесевое твердого топлива на основе перхлората аммония, инертного каучука марки СКДМ-80, порошка алюминия и отвердителя, отличающийся тем, что в качестве металлического горючего в состав СТТ вводят ультрадисперсный порошок алюминия марки ALEX, частично или полностью замещающий порошки алюминия промышленных марок АСД [8]. При этом экспериментально получено увеличение скорости горения СТТ в (1.2÷3.5) раз в зависимости от внешнего давления в диапазоне (0.03÷6.0) МПа.

Однако дальнейшее повышение скорости горения требует существенного увеличения процентного содержания порошка алюминия в составе СТТ (более 15 мас.%). Это приводит к снижению энергетических характеристик топлива, в частности удельного импульса тяги, а также к ухудшению механико-прочностных характеристик заряда СТТ.

Наиболее близким по технической сущности является способ изготовления зарядов смесевое твердого топлива, включающий механическое перемешивание окислителя, горючего-связующего и порошка алюминия [9]. В указанном способе дополнительно в состав топливной массы вводят катализатор и технологические добавки.

Задачей изобретения является разработка способа получения смесевое твердого топлива с более высоким по сравнению с прототипом уровнем скорости горения без снижения энергетических и механико-прочностных характеристик заряда СТТ.

Технический результат изобретения достигается тем, что разработан способ получения смесевое твердого топлива, включающий приготовление топливной массы путем последовательного механического перемешивания окислителя, в качестве которого используют или перхлорат аммония (ПХА), или нитрат аммония (НА), или октоген (НМХ), или смеси ПХА/НА, ПХА/НМХ, НА/НМХ при соотношении компонентов 1/1 для каждой смеси и горючего-связующего, в качестве которого используют или инертный каучук (СКДМ-80), или активный каучук - полиуретановый, пластифицированный нитроглицерином, дополнительно в смесь вводят порошок хлорида олова дисперсностью (100÷150) мкм, предварительно перемешанный в течение не менее 30 мин с ультрадисперсным порошком алюминия дисперсностью не ниже 0.1 мкм при следующем соотношении компонентов, мас.%:

ультрадисперсный порошок алюминия 87.5,
хлорид олова 12.5,

в полученную смесь вводят технологическую добавку - отвердитель в количестве 0.1 мас.% сверх 100% и перемешивают топливную композицию в течение не менее 30 мин.

Полученный положительный эффект увеличения скорости горения СТТ за счет введения порошка хлорида олова

может быть связан со следующими факторами. Известно (например, [10]), что при горении исходного ультрадисперсного порошка алюминия на воздухе при температуре не менее 2000 К одновременно протекает два процесса - образование оксидов алюминия с выделением тепла и нитрида алюминия с поглощением тепла, тепловой эффект которого в 2.5 раза ниже. В суммарных твердых продуктах сгорания ультрадисперсного порошка алюминия содержится до (50-60) мас.% нитрида алюминия. Для порошков алюминия марок АСД при горении на воздухе характерно образование оксида алюминия; нитрид алюминия образуется в незначительных количествах на уровне следов.

Высокая температура процессов указывает на возможность их протекания при горении в составе СТТ. Можно ожидать, что предотвращение образования нитрида алюминия при горении ультрадисперсного порошка алюминия приведет к росту тепловыделения при горении топливных систем, то есть будет способствовать росту скорости горения СТТ, содержащих ультрадисперсный порошок алюминия.

Пример реализации

Изготовление топливной массы проводят методом последовательного механического перемешивания навесок органического горючего-связующего, окислителя, металлического горючего и добавок, в число которых входит вещество, изменяющее характеристики горения СТТ - хлорид олова и технологическая добавка - отвердитель.

Соблюдается следующая последовательность перемешивания. Смесь 1. Органическое горючее-связующее и окислитель. Смесь 2. Ультрадисперсный порошок алюминия и порошок хлорида олова. Смесь 3 (конечная). Смесь 1, 2 и технологическая добавка - отвердитель ди-N-оксид-1,3-динитрил-2,4,6-триэтилбензол в количестве 0.1 мас.% сверх 100%.

Предлагаемый способ получения СТТ не зависит от природы окислителя и органического горючего-связующего топливных систем. Исследованы СТТ на инертном горючем-связующем (каучуке СКДМ-80) и неорганических окислителях - перхлорате аммония (ПХА), нитрате аммония (НА), октогене (НМХ), смешанных окислителях ПХА/НА, ПХА/НМХ и НА/НМХ, взятых в соотношении 1/1 при различном содержании окислителей в топливной системе.

Коэффициент избытка окислителя СТТ α равен 0.4 или 0.5. В состав СТТ входит 13.1 мас.% ультрадисперсного порошка алюминия и 1.9 мас.% порошка хлорида олова. Эффективность СТТ оценивали коэффициентом эффективности К, который равен отношению скорости горения СТТ, содержащего ультрадисперсный порошок алюминия и порошок хлорида олова, к скорости горения СТТ, содержащего исходный ультрадисперсный порошок алюминия:

$$K = u_1 / u_0,$$

где u_1 - скорость горения СТТ, содержащего смесь ультрадисперсного порошка алюминия и порошка хлорида олова;

u_0 - скорость горения СТТ, содержащего ультрадисперсный порошок алюминия.

Для оценки эффективности способа исследовали составы СТТ, отличающиеся природой и содержанием исходных компонентов. В качестве металлического горючего использовали ультрадисперсный порошок алюминия или смесь ультрадисперсного порошка алюминия и порошка хлорида олова (суммарное количество порошков алюминия и хлорида олова составляет 15 мас.%), вводимые в топливную композицию. Коэффициент избытка окислителя СТТ был равен $\alpha = 0.4$ и $\alpha = 0.5$. Составы СТТ приведены в табл.1.

Эффективность СТТ оценивали при сжигании модельных образцов с коэффициентом избытка окислителя $\alpha = 0.4$ и $\alpha = 0.5$ при атмосферном давлении. Результаты исследования приведены в табл.2.

Заявляемый способ эффективен и для СТТ, содержащих УДП алюминия, на основе активного горючего-связующего. Так, скорость горения смесового твердого топлива, содержащего ультрадисперсный порошок алюминия (11.25 мас.%) и порошок хлорида олова (3.75 мас.%), на полиуретановом каучуке, пластифицированном нитроглицерином, увеличивается в 1.2 раза по сравнению с топливом, содержащим ультрадисперсный порошок алюминия без хлорида олова. Подробная таблица этих экспериментов не приводится.

Таблица 1							
№ состава	α		Содержание компонентов, мас. %				
			ПХА	НА	НМХ	СКДМ-80	УДП Al
1		61.8	-	-	23.2	15.0	-
2		61.8	-	-	23.2	13.1	1.9

3		-	64.0	-	21.0	15.0	-
4		-	64.0	-	21.0	13.1	1.9
5		-	-	75.0	10.0	15.0	-
6	0.4	-	-	75.0	10.0	13.1	1.9
7		31.5	31.5	-	22.0	15.0	-
8		31.5	31.5	-	22.0	13.1	1.9
9		37.3	-	37.3	10.4	15.0	-
10		37.3	-	37.3	10.4	13.1	1.9
11		-	34.6	34.6	15.8	15.0	-
12		-	34.6	34.6	15.8	13.1	1.9
13		66.2	-	-	18.8	15.0	-
14		66.2	-	-	18.8	13.1	1.9
15		-	68.6	-	16.4	15.0	-
16		-	68.6	-	16.4	13.1	1.9
17		-	-	79.5	5.5	15.0	-
18		-	-	79.5	5.5	13.1	1.9
19	0.5	33.7	33.7	-	17.6	15.0	-
20		33.7	33.7	-	17.6	13.1	1.9
21		38.4	-	38.4	8.2	15.0	-
22		38.4	-	38.4	8.2	13.1	1.9
23		-	36.9	36.9	11.2	15.0	-
24		-	36.9	36.9	11.2	13.1	1.9

Таблица 2								
Окислитель	№ № составов ($\alpha = 0.4$)			К	№ № составов ($\alpha = 0.5$)			К
	u_0 , мм/с	u_1 , мм/с			u_0 , мм/с	u_1 , мм/с		
ПХА	1,2	3.1	5.4	1.74	13,14	3.7	6.6	1.78
НА	3,4	2.0	3.0	1.50	15,16	2.4	3.6	1.50
НМХ	5,6	1.8	4.3	2.34	17,18	2.3	5.5	2.39
ПХА/НА	7,8	2.9	4.4	1.51	19,20	3.3	5.0	1.52
ПХА/НМХ	9,10	2.5	4.8	1.92	21,22	3.1	6.0	1.94
НА/НМХ	11,12	2.2	2.7	1.23	23,24	2.5	3.3	1.32

Таким образом, экспериментально показано, что для различных композиций окислителя (ПХА, НА, НМХ, ПХА/НА,

ПХА/НМХ, НА/НМХ) и двух типов горючего-связующего (инертный каучук СКДМ-80 и полиуретановый каучук, пластифицированный нитроглицерином) дополнительное введение порошка хлорида олова в состав СТТ увеличивает скорость горения предлагаемых топливных композиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетические конденсированные системы: краткий энциклопедический словарь / Под ред. Б.П.Жукова. - М.: Янус-К, 2000. - 596 с.
2. Горение порошкообразных металлов в активных средах / П.Ф.Похил, А.Ф.Беляев, Ю.В.Фролов, В.С.Логачев, А.И.Коротков. - М.: Наука, 1972. - 294 с.
3. Порошок алюминиевый высокодисперсный АСД-1, АСД-4, АСД-6: Технические условия 48-5-226-87. ООО «СУАЛ-ПМ», г.Шелехов. 1987.
4. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В. Получение нанопорошков распылением металлов мощными импульсами электрического тока // Горный журнал. Спец. выпуск. Цветные металлы. 2006. № 4. С.65-69.
5. Архипов В.А., Бондарчук С.С., Коротких А.Г., Лернер М.И. Технология получения и дисперсные характеристики нанопорошков алюминия // Горный журнал. Спец. выпуск. Цветные металлы. 2006. № 4. С.58-64.
6. Архипов В.А., Коротких А.Г., Кузнецов В.Т., Савельева Л.А. Влияние дисперсности добавок металлов на скорость горения смесевых композиций // Химическая физика. 2004. Т.23, № 9. С.18-21.
7. Де Лука Л.Т., Галфетти Л., Северини Ф. и др. Горение смесевых твердых топлив с наноразмерным алюминием // Физика горения и взрыва. 2005. Т.41, № 6. С.80-94.
8. Горбенко Т.И. Закономерности горения высокоэнергетических гетерогенных систем, содержащих ультрадисперсный алюминий, в широком диапазоне давлений: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. - Томск, 2007. - 141 с.
9. Способ изготовления зарядов смесевого твердого топлива. Патент РФ № 2230052 С2, 10.06.2004 г.
10. Ильин А.П., Яблунковский Г.В., Громов А.А. Влияние добавок на горение ультрадисперсного порошка алюминия и химическое связывание азота воздуха // Физика горения и взрыва. 1996. Т.32, № 2. С.108-110.

Формула изобретения

Способ получения смесевого твердого топлива, включающий приготовление топливной массы путем последовательного механического перемешивания окислителя, в качестве которого используют или перхлорат аммония (ПХА), или нитрат аммония (НА), или октоген (НМХ), или смеси ПХА/НА, ПХА/НМХ, НА/НМХ при соотношении компонентов 1/1 для каждой смеси и горючего-связующего, в качестве которого используют или инертный каучук (СКДМ-80), или активный каучук - полиуретановый, пластифицированный нитроглицерином, дополнительно в смесь вводят порошок хлорида олова дисперсностью (100÷150) мкм, предварительно перемешанный в течение не менее 30 мин с ультрадисперсным порошком алюминия дисперсностью не ниже 0,1 мкм при следующем соотношении компонентов, мас. %:

ультрадисперсный порошок алюминия	87,5
порошок хлорида олова	12,5

в полученную смесь вводят технологическую добавку - отвердитель и перемешивают топливную композицию в течение не менее 30 мин.