



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B22F 1/00 (2019.02); B82B 1/00 (2019.02); B82Y 30/00 (2019.02)

(21) (22) Заявка: 2018142120, 28.11.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.11.2018Дата регистрации:
07.05.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.11.2018

(45) Опубликовано: 07.05.2019 Бюл. № 13

Адрес для переписки:

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, ФГАОУ ВО
"Национальный исследовательский Томский
политехнический университет", Отдел
правовой охраны результатов
интеллектуальной деятельности

(72) Автор(ы):

Мостовщиков Андрей Владимирович (RU),
Ильин Александр Петрович (RU),
Тихонов Дмитрий Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Национальный
исследовательский Томский
политехнический университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2657677 C1, 14.06.2018. RU
2612117 C1, 02.03.2017. RU 2086355 C1,
10.08.1997. RU 2637732 C1, 06.12.2017. JP
10256528 A, 25.09.1998. US 6833019 B1,
21.12.2004. US 20070101823 A1, 10.05.2007.

(54) СПОСОБ АКТИВАЦИИ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к порошковой металлургии, в частности, к обработке для улучшения свойств нанопорошков алюминия. Может использоваться при приготовлении твердых ракетных топлив, пиротехнических составов. Нанопорошок алюминия, полученный электрическим взрывом алюминиевой проволоки, насыпают в емкость из немагнитного материала на высоту не более 15 мм. Емкость размещают на медном проводнике так, чтобы дно емкости

соприкасалось с поверхностью проводника и воздействуют в воздушной атмосфере переменным магнитным полем частотой 50 Гц, создаваемым при прохождении по проводнику тока силой 100-600 А в течение не менее 20 минут. Обеспечивается повышение удельного теплового эффекта окисления порошка, а также расширение арсенала средств активации. 1 з.п. ф-лы, 3 ил., 1 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY
(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(19) **RU** (11) **2 687 121**⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.
B22F 1/00 (2006.01)
B82B 1/00 (2006.01)
B82Y 30/00 (2011.01)

(52) CPC
B22F 1/00 (2019.02); *B82B 1/00* (2019.02); *B82Y 30/00* (2019.02)

(21) (22) Application: **2018142120, 28.11.2018**

(24) Effective date for property rights:
28.11.2018

Registration date:
07.05.2019

Priority:

(22) Date of filing: **28.11.2018**

(45) Date of publication: **07.05.2019** Bull. № 13

Mail address:

**634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 30, FGAOU VO
"Natsionalnyj issledovatel'skij Tomskij
politekhničeskij universitet", Otdel pravovoj
okhrany rezul'tatov intellektualnoj deyatelnosti**

(72) Inventor(s):

**Mostovshchikov Andrej Vladimirovich (RU),
Ilin Aleksandr Petrovich (RU),
Tikhonov Dmitrij Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Natsionalnyj issledovatel'skij
Tomskij politekhničeskij universitet" (RU)**

(54) **METHOD OF ACTIVATING ALUMINUM NANOPOWDER**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to powder metallurgy, particularly, to processing for improving properties of aluminum nanopowders. It can be used in preparation of solid rocket fuels and pyrotechnical compounds. Nanopowder of aluminum produced by electric explosion of aluminum wire is poured into container from non-magnetic material to height of not more than 15 mm. Container is placed on copper

conductor so that vessel bottom is in contact with conductor surface and exposed in air atmosphere by alternating magnetic field with frequency of 50 Hz, created when passing through current conductor with force of 100–600 A for at least 20 minutes.

EFFECT: higher specific heat effect of oxidation of powder, as well as wider range of means of activation.

1 cl, 3 dwg, 1 tbl

RU 2 687 121 C 1

RU 2 687 121 C 1

Изобретение относится к порошковой металлургии, а именно к специальной обработке для улучшения свойств нанопорошков алюминия и может быть использовано при приготовлении твердых ракетных топлив, пиротехнических составов.

Известен способ активации нанопорошка алюминия, полученного методом электрического взрыва алюминиевой проволоки [RU 2637732 C1, МПК B22F 1/60 (2006.01), B82Y30/00 (2011.01), опубл. 06.12.2017], включающий пассивацию нанопорошка алюминия воздухом, содержащим пары воды с последующим его нагревом до 300-400°C в атмосфере воздуха со скоростью нагрева от 10 до 30°C/мин. Нанопорошки алюминия выдерживают при этой температуре в течение 30 мин.

Известен способ активации микро- и нанопорошков алюминия [RU 2657677 C1, МПК B22F 1/00 (2006.01), B82B 1/00 (2006.01), B82Y 40/00 (2011.01), опубл. 14.06.2018], выбранный в качестве прототипа, заключающийся в том, что микро- и нанопорошки алюминия, облучают СВЧ-излучением частотой 2,8 ГГц в атмосфере воздуха импульсами длительностью 25 нс, с частотой следования 25 Гц в течение не менее 10 минут с плотностью мощности 8 кВт/см.

Этот способ сложен и для его реализации необходимо использование мощных источников СВЧ-излучения.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является расширение арсенала средств активации нанопорошка алюминия, полученного электрическим взрывом алюминиевой проволоки.

Способ активации нанопорошка алюминия, полученного электрическим взрывом алюминиевой проволоки, также как в прототипе, включает воздействие высокочастотным излучением в воздушной атмосфере.

Согласно изобретению нанопорошок алюминия насыпают в емкость из немагнитного материала на высоту не более 15 мм. Емкость размещают на медном проводнике так, чтобы дно емкости соприкасалось с поверхностью проводника и воздействуют переменным магнитным полем частотой 50 Гц, создаваемым при прохождении по проводнику тока силой 100-600 А в течение не менее 20 минут.

Емкость может быть выполнена из полипропилена.

Предложенный способ обеспечивает увеличение положительных зарядов внутренних частей наночастиц алюминия, что приводит к увеличению удельного теплового эффекта окисления активированных нанопорошков алюминия на 22,45-32,98% по сравнению с исходными неактивированными нанопорошками алюминия. Для осуществления способа не требуется использование дорогостоящего СВЧ оборудования.

На фиг. 1 показана принципиальная схема установки для активации нанопорошка алюминия.

На фиг. 2 показана термограмма нанопорошка алюминия, не подвергнутого обработке переменным магнитным полем (образец №1), где кривая 1 отражает изменение веса образца при нагревании, кривая 2 указывает температуру в ячейке термоанализатора при проведении термоанализа, кривая 3 - разность температур между образцом и эталоном прибора, кривая 4 - тепловой поток при нагревании.

На фиг. 3 показана термограмма нанопорошка алюминия, после обработки переменным магнитным полем (образец №3) в течение 20 мин, где кривая 1 отражает изменение веса образца при нагревании, кривая 2 указывает температуру в ячейке термоанализатора при проведении термоанализа, кривая 3 - разность температур между образцом и эталоном прибора, кривая 4 - тепловой поток при нагревании.

В таблице 1 представлены условия проведения активации нанопорошка алюминия марки Alex и результаты термического анализа.

Для осуществления способа использовали установку (фиг. 1), внутри заземленного корпуса 1 которой расположен выключатель 2, подключенный к источнику напряжения. Выключатель 2 соединен с входными выводами автотрансформатора 3, выходной вывод которого соединен с одним концом первичной обмотки понижающего трансформатора 4. Другой конец первичной обмотки понижающего трансформатора 4 через скользящий (щеточный) контакт соединен с обмоткой автотрансформатора 3. Параллельно первичной обмотке понижающего трансформатора 4 подключен вольтметр 5. Параллельно обмотке автотрансформатора 3 подключена индикаторная лампа 6. Выводы вторичной обмотки понижающего трансформатора 4 соединены между собой медной шиной 7 прямоугольного сечения шириной 60 мм и толщиной 3 мм, которая выходит за пределы корпуса 1 установки.

На шине 7 установлен трансформатор тока 8 типа ТТИ-60 с коэффициентом трансформации равным 200, к выводам которого подключен стрелочный амперметр 9 типа ЭЗ77.

Использовали нанопорошок алюминия марки Alex, с площадью удельной поверхности $14 \text{ м}^2/\text{г}$, полученный методом электрического взрыва проводника. Нанопорошок 10 засыпали в пробирки 11, объемом 2 см изготовленные из полипропилена на высоту 5, 15, 30 мм (могут быть использованы емкости другого размера и формы). Уровень нанопорошка алюминия 10 в пробирке 11 измеряли с помощью измерительной линейки. Пробирки 11 закрыли полипропиленовыми крышками.

Каждую пробирку 11 с нанопрошком алюминия 10 размещали на шине 7 с помощью каркаса из картона 12 таким образом, чтобы дно пробирки 11 касалась шины 7.

С помощью выключателя 2 подавали напряжение на вход автотрансформатора 6, при этом свечение индикаторной лампы 6 свидетельствовало о наличии напряжения на входе автотрансформатора 6. При вращении ручки автотрансформатора 6 увеличивали напряжение на входе понижающего трансформатора 4, которое измерялось вольтметром 5, при этом увеличивалась сила тока в шине 7. С помощью понижающего трансформатора 4 создавали силу тока в 50, 100, 300 или 600 А в шине 7, при этом понижающий трансформатор 4 предохранял автотрансформатор 6 и питающую электрическую сеть от перегрузки по току. Силу тока в шине 7 контролировали с помощью амперметра 9, подключенного к трансформатору тока 8. Активацию нанопорошков алюминия 10 проводили в течение 10, 20 или 40 мин. Время воздействия переменным магнитным полем частотой 50 Гц измеряли с помощью электронного секундомера.

Образцы нанопорошка алюминия подвергали дифференциальному термическому анализу, используя термоанализатор Q600 SDT. Точность измерения температуры составляла $0,001^\circ\text{C}$, калориметрическая точность $\pm 2\%$, масса навески 5,9-6,7 мг., мг, скорость нагрева $10^2\text{C}/\text{с}$, атмосфера - воздух.

Результат увеличения удельного теплового эффекта окисления каждого активированного образца нанопорошка алюминия определяли как разность между удельным тепловым эффектом активированного образца и удельным тепловым эффектом неактивированного исходного нанопорошка алюминия при нагревании в воздухе до 1200°C в ячейке термоанализатора.

После воздействия магнитным полем частотой 50 Гц произошло активирование нанопорошка алюминия, что подтверждается увеличением удельного теплового эффекта окисления на величину отклонения теплового эффекта по сравнению с неактивированным порошком. Тепловой эффект окисления рассчитывался

термоанализатором автоматически. Удельный тепловой эффект окисления определяли как сумму двух экзоэффектов при окислении. Для образца 1 исходного нанопорошка алюминия (таблица 1), не подвергнутого активации, он равен 9368 Дж/г, то есть сумме 6004 Дж/г и 3364 Дж/г (фиг. 2). Для образца 3, активированного переменным магнитным полем, соответствующая сумма равна 12458 Дж/г (фиг. 3). Разность величин удельных тепловых эффектов активированного магнитным полем нанопорошка 12458 Дж/г и исходного нанопорошка 9368 Дж/г является результатом увеличения удельного теплового эффекта 3090 Дж/г. Это увеличение составило 32,98% относительно неактивированного нанопорошка алюминия. Аналогичным образом рассчитывали результат увеличения удельного теплового эффекта для остальных активированных образцов нанопорошка алюминия.

По данным таблицы 1 увеличение удельных тепловых эффектов произошло при всех значениях силы тока в шине, уровней нанопорошков алюминия в пробирках и времен активации и составило от 2,70% до 32,98%. Наибольшие значения увеличения удельного теплового эффекта наблюдались при силах тока 100, 300, 600 А, при уровнях нанопорошков алюминия в пробирках 5 и 15 мм и при временах воздействия 20 и 40 минут.

Таблица 1

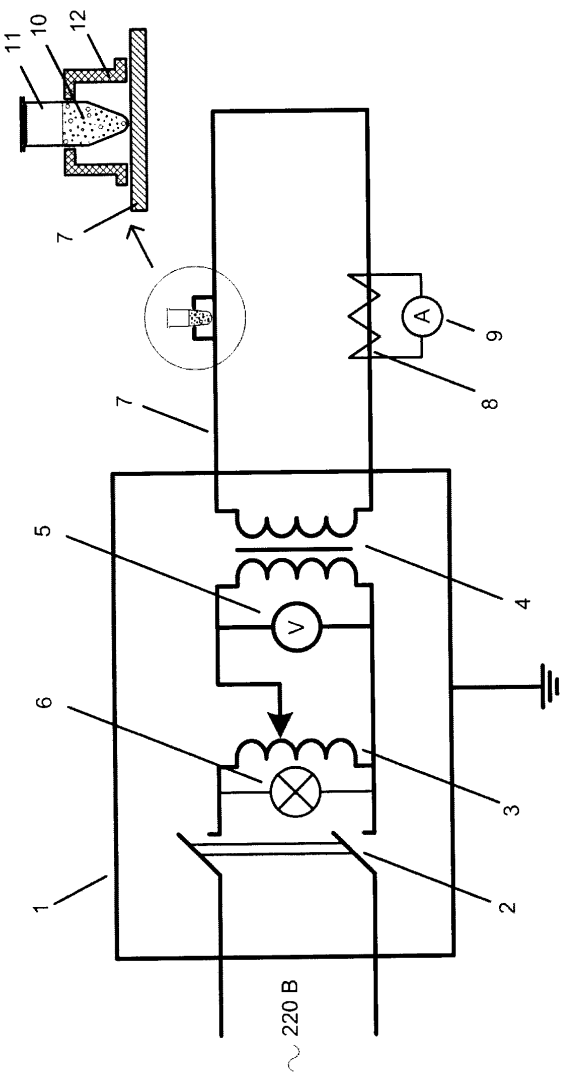
№ образца п/п	Ток, А	Уровень нанопорошка в пробирке, мм	Время активации, мин	Удельный тепловой эффект, Дж/г	Увеличение удельного теплового эффекта, Дж/г	Увеличение удельного теплового эффекта, %	Примечание
1	-	-	-	9368	-	-	Неактивированный (исходный) нанопорошок алюминия
2	100	5	20	11471	2103	22,45	Активированный нанопорошок (заявляемый способ)
3	300	5	20	12458	3090	32,98	
4	600	15	40	11709	2341	24,99	
5	50	30	10	9621	253	2,70	Активированный нанопорошок (незначительное увеличение удельного теплового эффекта)

(57) Формула изобретения

1. Способ активации нанопорошка алюминия, полученного электрическим взрывом алюминиевой проволоки, включающий воздействие высокоэнергетическим излучением в воздушной атмосфере, отличающийся тем, что нанопорошок алюминия насыпают в емкость из немагнитного материала на высоту не более 15 мм, емкость размещают на медном проводнике так, чтобы дно емкости соприкасалось с поверхностью проводника, и воздействуют переменным магнитным полем частотой 50 Гц, создаваемым при прохождении по проводнику тока силой 100-600 А в течение не менее 20 минут.

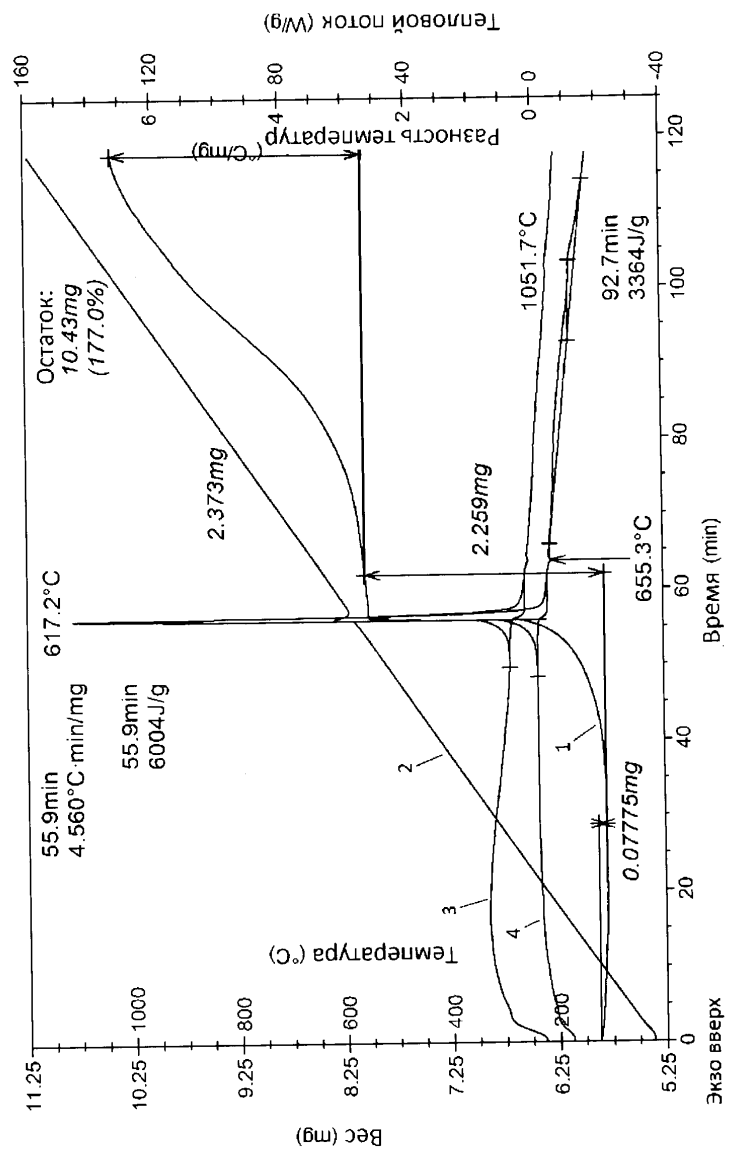
2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что используют емкость, выполненную из полипропилена.

1

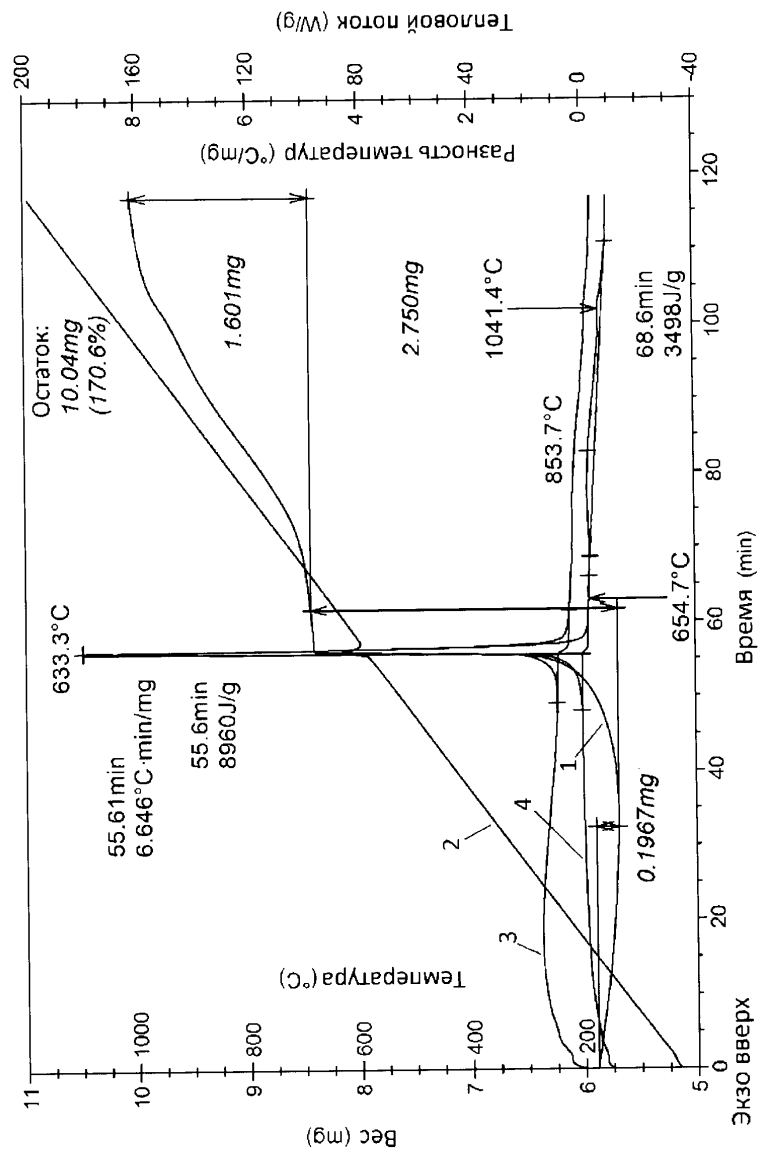


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3