



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **107259** (13) **U**

(51) МПК (2016.01)

**C22C 1/04** (2006.01)

**C01B 35/00**

**B22F 3/14** (2006.01)

**C04B 111/20** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2015 12403**

(22) Дата подання заявки: **15.12.2015**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **25.05.2016**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.05.2016, Бюл.№ 10**

(72) Винахідник(и):

**Мазур Петро Володимирович (UA),  
Муратов Валерій Борисович (UA),  
Гарбуз Віктор Васильович (UA),  
Картузов Єгор Валерієвич (UA),  
Васільєв Олександр Олексійович (UA)**

(73) Власник(и):

**ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ  
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ІМ. І.М.  
ФРАНЦЕВИЧА НАН УКРАЇНИ,  
вул. Кржижанівського, 3, м. Київ-142, 03680  
(UA)**

## (54) УДАРОСТІЙКА КЕРАМІКА НА ОСНОВІ ДОДЕКАБОРИДУ АЛЮМІНІЮ

(57) Реферат:

Ударостійка кераміка на основі додекабориду алюмінію  $AlB_{12}$  як добавку до основної фази містить нітрид алюмінію з синтезованої суміші. При цьому використовуються вихідні субмікронні порошки з середнім розміром частинок 120 нм.

UA 107259 U



Корисна модель належить до порошкової металургії, композиційних матеріалів і може бути перспективною для використання як конструкційна кераміка, замісник алмазу в системах шліфування та тонкого полірування, матеріал для виготовлення сопел розпилювачів фарб, складова в композиційних пристроях ударостійкого захисту техніки та особового складу.

5 Поведінка порошку додекабориду алюмінію  $AlB_{12}$  з розмірами частинок  $2\div 4$  мкм при гарячому пресуванні під тиском до 30 МПа подібна до такої для випадку сполуки з високим ступенем ковалентності - карбіду кремнію SiC. Встановлено, що при гарячому пресуванні SiC під тиском до 60 МПа та  $0,85T_{пл}$  не можливо отримати матеріал з пористістю менше, ніж 16 % (Бориды алюминия / Кислый П.С., Неронов В.А., Прихна Т.А., Бевза Ю.В. - Киев, Наук, думка, 10 1990. - 192 с). Там же (с. 154-161) було досліджено кінетику ущільнення порошку  $AlB_{12}$  (площа поверхні  $6,17\text{ м}^2/\text{г}$ ) під тиском до 30 МПа. Показано, що параметри ущільнення суттєво залежать від температури та тиску: за даного тиску гарячого пресування неможливо отримати компактний матеріал навіть при температурі  $1800\text{ }^\circ\text{C}$ , що складає  $0,95 T_{пл}$ .

15 Виготовлення керамічних виробів гарячим пресуванням під тиском більше, ніж 60 МПа можливе, але пов'язане з великими труднощами через руйнування графітових пресформ.

Задачею корисної моделі є отримання щільного матеріалу питомою вагою не більше ніж  $2,8\text{ г/см}^3$  і мікротвердістю не нижче ніж 20 ГПа, який може бути використаний як конструкційна та ударостійка кераміка.

20 Поставлена задача вирішується тим, що ударостійка кераміка, яка має властивості в межах поставленої задачі, може бути отримана на основі додекабориду алюмінію. Як добавку до основної фази додають нітрид алюмінію з синтезованої суміші при наступному співвідношенні інгредієнтів (мас. %): нітрид алюмінію - 1-25; додекаборид алюмінію - решта; при цьому використовують вихідні субмікронні порошки з середнім розміром частинок 120 нм.

25 Для отримання високощільних виробів з  $AlB_{12}$  необхідна активація ущільнення для зниження тиску гарячого пресування. Вона може бути здійснена шляхом використання дрібних (субмікронних) порошків з розмірами частинок набагато меншими, ніж 1 мкм.

Матеріал, що заявляється, отримували в термічною обробкою у вакуумі суміші порошків алюмінію та гексагонального нітриду бору, які беруться у співвідношеннях, що відповідають реакції:

30  $13Al + 12BN = AlB_{12} + 12AlN$ .

В результаті синтезу отримують суміш порошків, що містить 25 % мас. додекабориду алюмінію та 75 % мас. нітриду алюмінію.

Виділення однофазного порошку додекабориду алюмінію  $AlB_{12}$  відбувається шляхом обробки післяреакційної суміші водним розчином лугу, що розчиняє інші продукти реакції.

35 Використання добавки нітриду алюмінію до основної фази  $AlB_{12}$  методологічно цілком виправдано, адже дозволяє отримувати практично будь-який склад композиційної кераміки  $AlB_{12}-AlN$ , що містить не більше, ніж 75 %  $AlN$ , шляхом додавання в післяреакційну суміш однофазного додекабориду алюмінію.

40 Використання добавки нітриду алюмінію з післяреакційної суміші збільшує вихід придатного за реакцією та зменшує собівартість матеріалу за рахунок виключення стадій хімічної обробки частини синтезованої суміші.

45 За умови проведення синтезу у вакуумі досягається необхідна концентрація атомів алюмінію у газовій фазі, що призводить до багатократного зростання кількості зародкових центрів утворення продуктів реакції, а зростанню їх розмірів перешкоджають частинки іншої фази. Отриманий таким чином порошок  $AlB_{12}$  має середній розмір частинок близько 120 нм, що підтверджується його площею питомої поверхні ( $15\text{ м}^2/\text{г}$ ) та даними електронної мікроскопії (ТЕМ). Фаза нітриду алюмінію має розмір частинок ще менший, ніж основна фаза  $AlB_{12}$ , адже зародків його в ізолюваному реакційному середовищі в 12 разів більше, ніж зародків  $AlB_{12}$ . Такий гранулометричний склад шихти дозволяє активувати процес гарячого пресування і 50 отримати вироби високої щільності з лінійними розмірами до 100 мм та товщиною до 11 мм з властивостями згідно з параметрами поставленої задачі.

Для випробувань матеріалів ударостійкої кераміки різного складу за механічними властивостями суміші додекабориду алюмінію та нітриду алюмінію піддають гарячому пресуванню за температур  $1800-1870\text{ }^\circ\text{C}$  та під тиском 30 МПа. Нагрів до температури 55 пресування проводять зі швидкістю  $100-150\text{ }^\circ\text{C/хв.}$ , ізотермічна витримка складає 10-15 хв.

Досліджували чотири склади ударостійкої кераміки, в тому числі з різними розмірами зразків, які одержували таким чином.

60 Приклад 1. Суміш порошків додекабориду та нітриду алюмінію, що складається з 25 % мас.  $AlB_{12}$  та 75 % мас.  $AlN$  загальною масою 20 г змішують у кульовому млині протягом 4 год. в середовищі ацетону. Суміш висушують в сушильній шафі, після чого розділяють на чотири

частини та завантажують їх у графітову пресформу. Робочі поверхні матриці та пуансонів попередньо змащують нітридом бору. Нагрів до температури 1850 °C проводять за 25 хв., витримка - 10 хв. під тиском 30 МПа. Твердість за Вікерсом при навантаженні 10 Н становила 16-17 ГПа, густина 2,99-3,01 г/см<sup>3</sup>.

5 Приклад 2. Суміш порошків додекабориду та нітриду алюмінію, що складається з 50 % мас. AlB<sub>12</sub> та 50 % мас. AlN загальною масою 20 г змішують у кульовому млині протягом 4 год. в середовищі ацетону. Суміш висушують в сушильній шафі, після чого розділяють на чотири частини та завантажують їх у графітову пресформу. Робочі поверхні матриці та пуансонів попередньо змащують нітридом бору. Нагрів до температури 1820 °C проводять за 20 хв., витримка - 15 хв. під тиском 30 МПа. Твердість за Вікерсом при навантаженні 10 Н становила 17-18 ГПа, густина 2,78-2,80 г/см<sup>3</sup>.

10 Приклад 3. Суміш порошків додекабориду та нітриду алюмінію, що складається з 75 % мас. AlB<sub>12</sub> та 25 % мас. AlN загальною масою 20 г змішують у кульовому млині протягом 4 год. в середовищі ацетону. Суміш висушують в сушильній шафі, після чого розділяють на чотири частини та завантажують їх у графітову пресформу. Робочі поверхні матриці та пуансонів попередньо змащують нітридом бору. Нагрів до температури 1820 °C проводять за 20 хв., витримка - 15 хв. під тиском 30 МПа. Твердість за Вікерсом при навантаженні 10 Н становила 19-20 ГПа, густина 2,64-2,65 г/см<sup>3</sup>.

20 Приклад 4. Суміш порошків додекабориду та нітриду алюмінію, що складається з 99 % мас. AlB<sub>12</sub> та 1 % мас. AlN загальною масою 20 г змішують у кульовому млині протягом 4 год. в середовищі ацетону. Суміш висушують в сушильній шафі, після чого розділяють на чотири частини та завантажують їх у графітову пресформу. Робочі поверхні матриці та пуансонів попередньо змащують нітридом бору. Нагрів до температури 1870 °C проводять за 25 хв., витримка - 15 хв. під тиском 30 МПа. Твердість за Вікерсом при навантаженні 10 Н становила 21-22 ГПа, густина 2,51-2,55 г/см<sup>3</sup>.

25 Приклад 5. Суміш порошків додекабориду та нітриду алюмінію, що складається з 99 % мас. AlB<sub>12</sub> та 1 % мас. AlN загальною масою 110 г змішують у кульовому млині протягом 4 год. в середовищі ацетону. Суміш висушують в сушильній шафі, після чого розділяють на чотири частини та завантажують їх у графітову пресформу. Робочі поверхні матриці та пуансонів попередньо змащують нітридом бору. Нагрів до температури 1850 °C проводять за 25 хв., витримка - 15 хв. під тиском 30 МПа. Твердість за Вікерсом при навантаженні 10 Н становила 21,4-21,7 ГПа, густина 2,52 г/см<sup>3</sup>.

30 Приклад 6. Суміш порошків додекабориду та нітриду алюмінію, що складається з 75 % мас. AlB<sub>12</sub> та 25 % мас. AlN загальною масою 10 г змішують у кульовому млині протягом 4 год. в середовищі ацетону. Суміш висушують в сушильній шафі, після чого розділяють на чотири частини та завантажують їх у графітову пресформу. Робочі поверхні матриці та пуансонів попередньо змащують нітридом бору. Нагрів до температури 1820 °C проводять за 25 хв., витримка - 15 хв. під тиском 30 МПа. Твердість за Вікерсом при навантаженні 10 Н становила 19,6-20,4 ГПа, густина 2,65 г/см<sup>3</sup>.

40 Результати досліджень механічних властивостей зразків ударостійкої кераміки, отриманих за прикладами 1-6 наведені в таблиці. З неї видно, що вимогам на відповідність поставленій задачі задовольняють зразки, що отримані в прикладах 3-6, в яких добавка нітриду алюмінію до основної фази додекабориду алюмінію не перевищує 25 % масових.

45 Важливо відмітити, що високі значення твердості, границі міцності на згин, низька щільність були отримані також на зразках значного діаметру.

Таблиця

Склад та механічні властивості ударостійкої кераміки

№№ прикладів	Склад матеріалів, % мас.		Т <sub>пресування</sub> °C	Розміри зразків, мм	Твердість, Н <sub>V</sub> , 10Н, ГПа	σ <sub>згин</sub> , МПа	Щільність, γ, г/см <sup>3</sup>
	AlB <sub>12</sub>	AlN					
1	25	75	1850	36×5×5	16-17	270-300	2,99 3,01
2	50	50	1820	36×5×5	17-18	280-300	2,78 2,80
3	75	25	1820	36×5 × 5	19-20	300-370	2,64 2,65
4	99	1	1870	36×5×5	21-22	400-450	2,51 2,55
5	99	1	1850	d=100 h=11	21,4-21,7	280-300	2,52
6	75	25	1820	d=100 h=11	19,6-20,4	-	2,65

Промислова придатність: розроблений матеріал на основі додекабориду алюмінію може бути використаний як конструкційна кераміка, замісник алмазу в системах шліфування і тонкого полірування, матеріал для виготовлення сопел розпилювачів фарб, складова в композиційних пристроях ударостійкого захисту техніки та особового складу.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Ударостійка кераміка на основі додекабориду алюмінію  $AlB_{12}$ , яка **відрізняється** тим, що як добавку до основної фази містить нітрид алюмінію з синтезованої суміші, при наступному співвідношенні інгредієнтів (мас. %): нітрид алюмінію 1-25, додекаборид алюмінію - решта; при цьому використовуються вихідні субмікронні порошки з середнім розміром частинок 120 нм.

---

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601