



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117981** (13) **C2**  
(51) МПК

**C04B 35/565** (2006.01)

**C04B 35/58** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2017 04197</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>27.04.2017</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.10.2018</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: <b>25.01.2018, Бюл.№ 2</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.10.2018, Бюл.№ 20</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Вовк Руслан Володимирович (UA),</b> <b>Геворкян Едвін Спартакович (UA),</b> <b>Тимофєєва Лариса Андріївна (UA),</b> <b>Панченко Сергій Володимирович (UA),</b> <b>Чишкала Володимир Олексійович (UA),</b> <b>Литовченко Сергій Володимирович (UA),</b> <b>Кислиця Максим Валерійович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ</b> <b>УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО</b> <b>ТРАНСПОРТУ,</b> пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків-50, 61050 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 66283 U, 26.12.2011 SU 990850 A1, 23.01.1983 RU 2160790 C2, 20.12.2000 US 5382553 A, 17.01.1995 US 6482759 B1, 19.11.2002 EP 2344428 B1, 11.12.2013 CN 1865191 A, 22.11.2006</p>
--	---

**(54) КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ НА ОСНОВІ КАРБІДУ КРЕМНІЮ З ВИСОКИМИ ТЕРМОМЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до керамічного матеріалознавства, зокрема до отримання композиційного матеріалу для високотемпературного застосування. Композиційний матеріал містить:  
15-30 мас. %  $ZrO_2$  - 3 мас. %  $Y_2O_3$  - розмір зерен 30-60 нм,  
35-65 мас. % SiC - розмір зерен 30-60 нм,  
20-50 мас. %  $MoSi_2$  - розмір зерен 0,1-0,3 мкм.  
Винахід забезпечує підвищення окислювальної і термічної стійкості.

UA 117981 C2



Винахід належить до керамічного матеріалознавства, зокрема до отримання композиційного матеріалу для високотемпературного застосування на основі тугоплавких безкисневих і оксидних з'єднань, що характеризується високою міцністю, термічною і окислювальною стійкістю, стійкістю до термоудару при градієнті температури до 2000 K в умовах впливу високошвидкісного окиснювального потоку.

Відомий композиційний керамічний матеріал, розроблений спільно "Helsa-Automotive GmbH & Co" і "Friedrich-Alexander-Universitet Erlangen-Nurnberg", описаний в міжнародній заявці WO 2007/003428 A1 від 11.01.2007 р, яка включає процес отримання пористого керамічного матеріалу, в якому  $Al_2O_3$  захищає SiC від окислення. Композиційний керамічний матеріал має окислювальну стійкість при температурах до 1650 °C. Однак відомо, що пористі керамічні матеріали не використовують в умовах виливу високошвидкісних окислювальних потоків в зв'язку з недостатньою міцністю і низькою ерозійною стійкістю.

Відомий композиційний керамічний матеріал для високотемпературного застосування, описаний в патенті Японії JP 3963407 (B2) клас C04B 35/66 від 22.08.2007 р. авторів Soeda Tomomi, Hibino Mitsunobu, Chihara Kenji ("Tokyo Yogyo Co Ltd"), що включає 5-90 мас. % SiC, 5-90 мас. %  $Al_2O_3$ , 0-20 мас. % вуглецю. В даному випадку  $Al_2O_3$  також використовується для підвищення окислювальної стійкості SiC. Однак введення вільного вуглецю знижує окислювальну стійкість системи SiC- $Al_2O_3$ , оскільки вуглець характеризується низькотемпературною окиснюваністю при нагріванні в окислювальних середовищах.

Як найближчий аналог використовується матеріал, що містить SiC,  $Al_2O_3$  і MgO при співвідношенні компонентів в мас. %;  $Al_2O_3$ -50-98,9; SiC-1-40; MgO-0,1-10 (патент RU № 2397196 C2, кл. C04B 35/10, 20.08.2010 "Способ получения композиционного керамического материала (варианты)"). Цей композиційний керамічний матеріал застосовується як люмінесцентний матеріал і для високотемпературного застосування в умовах впливу високошвидкісних окислювальних потоків для виробів ракетно-космічної техніки не придатний.

Відома група винаходів на способи отримання композиційного керамічного матеріалу, оснований на змішуванні порошкових компонентів, що містять оксид алюмінію, оксид магнію, карбід кремнію, їх гранулювання, подальшому пресуванні, сушінні і спіканні (див., наприклад, патент RU № 2397196 C2, кл. C04B 35/10, 20.08.2010 "Способ получения композиционного керамического материала (варианты)"). Недоліком є створення наноструктурного композиційного керамічного матеріалу, непридатного для застосування в агресивних середовищах з підвищеною окисною і термічною стійкістю.

Задачею, на вирішення якої спрямовано винахід, є отримання високоякісного композиційного керамічного матеріалу з підвищеною окисною і термічною стійкістю.

Ця задача вирішується тим, що високощільний композиційний керамічний матеріал для застосування в теплонавантажених вузлах виробів містить карбід кремнію, частково стабілізований оксидом ітрію оксид цирконію і дисиліцид молібдену, причому карбід кремнію і оксид цирконію дисперсністю 30-60 нм, при вмісті дисиліциду молібдену 20-50 (мас. %). Спосіб його отримання оснований на змішуванні порошкових компонентів, що містять карбід кремнію, оксид цирконію, дисиліцид молібдену, їх гранулювання, потім проводять гаряче пресування з прямим пропусканням струму  $I=5000-8000$  А (електроконсолідація) при температурі 1700-1900 °C і тиску 30 МПа. Перемішування вихідних порошків проводять в планетарному млині, гранулюють з додаванням полівінілового спирту (ПВС), сушать при температурі 200-250° C і гаряче пресування проводять при 1700-1900 °C в середовищі вакууму і витримують при кінцевій температурі протягом 2 хв.

Підвищена стійкість до окислення пропонованого високоякісного композиційного матеріалу досягається за рахунок введення до складу оксидних компонентів - субмікронного порошку дисиліциду молібдену і нанодисперсного оксиду цирконію частково стабілізованого оксидом ітрію.

Гаряче пресування матеріалу проводять при температурі 1700-1900 °C, коли дифузійні процеси при твердофазному спіканні найбільш активовані. Це і забезпечує отримання високоякісного міцного матеріалу з високою температурною і окислювальною стійкістю. Відомо, що  $ZrO_2$ -3 мас.%  $Y_2O_3$  за рахунок трансформаційного зміцнення збільшує міцність і тріщиностійкість композиційного матеріалу, а також стимулює реакцію дефектоутворення всередині наноструктурного карбіду кремнію.

Дослідження фізико-механічних характеристик проводили на зразках розміром 6×6×50 (мм) і пластинах розміром 63×60×8 (мм). Склад компонентів і властивості пропонованого композиційного керамічного матеріалу, включаючи поза межні, представлені в таблиці.

Таблиця

15-30 мас. % $ZrO_2$ -3 мас. % $Y_2O_3$ ,	розмір зерен 30-60 нм,
35-65 мас. % SiC 30-60 нм,	розмір зерен 30-60 нм,
20-50 мас. % $MoSi_2$	розмір зерен 0,1-0,3 мкм

межа міцності на вигин	- 500-900 МПа;
тріщиностійкість	- 5-6,5 МПа $m^{1/2}$ ;
твердість	- 91-94 HRA;
коефіцієнт теплопровідності	- 25-40 Вт/м·К;
гранична температура	- 1800 °С

5 Приклад. Керамічні порошки в співвідношенні 15 % нанодисперсного оксиду цирконію, 35 % нанодисперсного карбїду кремнію, 50 % (мас.) субмікронному дисилїциду молїбдену подрїбнюють в середовищі ацетону на планетарному млинї. Готують формувальну масу, яка містить 5 % (мас) технологїчної зв'язки з полївінілового спирту і 95 % (мас.) композиційного керамічного порошку.

10 Композиційну шихту ущільнюють гарячим пресуванням з прямим пропусканням електричного струму  $I=5000$  А при тиску 40 МПа. Сушіння суміші проводять на повітрі при температурі 200-250 °С Гаряче пресування проводять при температурі 1600-1900 °С у вакуумі, з витримкою при кінцевій температурі протягом 2 хв.

Характеристики пропонованого композиційного керамічного матеріалу:

межа міцності на вигин	- 500-800 МПа;
тріщиностійкість	- 5-6 МПа м;
твердість	- 91-93 HRA;
коефіцієнт теплопровідності	- 25-30 Вт/м·К;
гранична температура	- 1800 °С.

15 Технічний результат винаходу полягає в можливості використання нового композиційного керамічного матеріалу в окислювальному середовищі при температурі 2000 °С при швидкості окисного потоку 350 м/с, що є підвищенням окислювальної і термічної стійкості.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

20 Композиційний керамічний матеріал для високотемпературного застосування в окислювальних середовищах, що містить карбїд кремнію, діоксид цирконію, який **відрізняється** тим, що додатково містить субмікронний дисилїцид молїбдену, а діоксид цирконію частково стабілізований оксидом ітрію при наступному співвідношенні компонентів: 20-50 мас. %  $MoSi_2$  з розміром зерен 0,1-0,3 мкм, 35-65 мас. % SiC з розміром зерен 30-60 нм, 15-30 мас. %  $ZrO_2$ ,  
 25 легований 3 мас. %  $Y_2O_3$  з розміром зерен 30-60 нм.

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

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