



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110709** (13) **U**  
(51) МПК

**B24D 3/34** (2006.01)

**B24D 3/14** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2016 02482</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>14.03.2016</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.10.2016</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.10.2016, Бюл.№ 20</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Лісачук Георгій Вікторович (UA), Федоренко Дмитро Олегович (UA), Федорович Володимир Олексійович (UA), Федоренко Олена Юрїївна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</b></p>
--	--

**(54) ЛЕГКОПЛАВКА КЕРАМІЧНА ЗВ'ЯЗКА ДЛЯ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТА**

**(57) Реферат:**

Легкоплавка керамічна зв'язка для алмазно-абразивного інструмента містить лужноборосилікатне скло, модифіковане оксидами літію і титану, карбід силіцію як абразивний наповнювач та каолініто-гідрослюдисту глину як пластифікатор.

**UA 110709 U**



Корисна модель належить до керамічних зв'язок алмазно-абразивних інструментів, які використовують для обробки деталей з твердих сплавів та високотвердих неметалічних матеріалів (ситалів, скла, кераміки, композитів, природного каменю), а також для заточки і доводки інструмента з надтвердих матеріалів.

5 В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення керамічної зв'язки алмазних кругів за рахунок зміни складу склакомпонента і технологічних наповнювачів з метою зниження температури та розширення інтервалу спікання алмазозносного шару за умови збереження цілісності алмазних зерен та високої зносостійкості зв'язки. Це дозволить виключити руйнування алмазів внаслідок їх графітізації та передчасного розколювання під дією напруг, що виникають при виготовленні алмазних кругів, а також створити умови для утворення в них мікротріщин з метою реалізації раціонального самозаточування алмазів при шліфуванні.

10 Відома легкоплавка керамічна зв'язка для виготовлення алмазно-абразивного інструменту, призначеного для шліфування та полірування виробів із скла, ситалів та керамічних матеріалів [1]. Склокомпонент цієї зв'язки має наступний хімічний склад, мас. %: 72,6-76,6 PbO; 11,0-13,0 ZnO; 1,2-2,2 BaO; 7,8-9,8 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 1,6-2,6 SiO<sub>2</sub>; 0,5-1,6 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та забезпечує спікання алмазовмісного композита в інтервалі температур 600-650 °С. Недоліком цієї зв'язки є високий вміст оксиду плумбію. Однак для підвищення зносостійкості цієї зв'язки до її складу вводять металічні порошки, на які для попередження окиснення та взаємодії із склакомпонентом зв'язки наносять легкоплавкі покриття із скла з температурою розм'якшення ~1000 °С, що ускладнює технологічний процес виготовлення інструмента.

20 Відома також керамічна зв'язка для виготовлення алмазних кругів, яка містить як абразивний наповнювач 1,1-54,7 мас. % електрокорунда марки 24А або зеленого карбїду силіцію марки 63С та склакомпонент з температурою варки 1200 °С наступного складу, мас. %: ZnO - 3,85-9,85; CdO - 3,77-17,77; BaO - 6,0-20,0; CaO - 2,7-6,7; SrO - 5,66-11,66; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 24,77-44,47; Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> - 8,1-20,1; Li<sub>2</sub>O - 1,35-3,35; V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 2,7-6,7; WO<sub>3</sub> - 0,1-0,7 [2]. Ця зв'язка дозволяє проводити спікання алмазовмісного композита в інтервалі температур 650-750 °С. Недоліком даної зв'язки є недостатньо широкий температурний інтервал, в якому відбувається спікання алмазовмісного композита, що спричиняє небажане зниження зернистості алмазів в композиті внаслідок їх мимовільного розколювання, зокрема при використанні алмазних порошків низьких марок.

30 Найбільш близьким за складом до керамічної зв'язки, яка заявляється, є зв'язка для алмазного інструмента, що містить абразивний наповнювач (0,5-10 % Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), склакомпонент 15-50 мас. % і технологічні добавки, які підвищують текучість композиції (12-35 % Al, 17-40 % Cu, 0,5-8 % Ti, 5-10 % Zn). Склокомпонент цієї зв'язки забезпечує спікання алмазовмісного композита при температурі 600-630 °С та має наступний хімічний склад, мас. %: SiO<sub>2</sub> - 40,0-55,0; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5,0-12,0; Li<sub>2</sub>O - 4,5-10,0; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 0,5-2,0; Na<sub>2</sub>O - 4,0-12,0; K<sub>2</sub>O - 2,0-6,0; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 10,0-18,0; BaO - 5,0-10,0 [3]. Дана зв'язка, призначена для виготовлення алмазного інструмента для чистового шліфування твердих сплавів, твердих і крихких неметалічних матеріалів, а також для заточки твердосплавного інструмента, має температуру спікання 600-630 °С. Недоліком цієї зв'язки є завузький інтервал спікання, а також відносно невисока зносостійкість, що обумовлює підвищені питомі витрати алмазів (до 50 мг/см<sup>3</sup>).

40 Задача корисної моделі полягає у зниженні температури та розширенні інтервалу спікання алмазозносного шару за умови збереження цілісності алмазних зерен при виготовленні алмазно-абразивного інструмента та високої зносостійкості зв'язки для збільшення ресурсу його ефективної експлуатації.

45 Поставлена задача вирішується тим, що використовується легкоплавка керамічна зв'язка, яка містить модифіковане лужноборосилікатне скло - 65÷75; карбід силіцію фракції 120-160 мкм - 22÷32; глина пластична каолініто-гідрослюди́ста - 2÷4. Модифіковане лужноборосилікатне скло має наступний склад, мас. %: SiO<sub>2</sub> - 33-35; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 2-4; Na<sub>2</sub>O - 24-26; K<sub>2</sub>O - 4-6; Li<sub>2</sub>O - 4,0-6,0; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5,0-7,0; TiO<sub>2</sub> - 20,0-24,0; сумарний вміст домішок оксидів CaO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не перевищує 1 мас. %.

Для виготовлення зв'язки використовували сировинні матеріали, хімічний склад яких поданий в табл. 2.

Хімічний склад сировини для виготовлення керамічної зв'язки

Сировинні матеріали	Вміст компонентів, мас. %										
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	в.п.п
Борна кислота	-	-	-	-	-	-	-	56,30	-	-	43,70
Поташ	-	-	-	-	-	67,50	-	-	-	-	32,15
Сода кальцинована	-	-	-	-	38,12	-	-	-	-	-	41,88
Карбонат літію	-	-	-	-	-	-	40,50	-	-	-	59,50
Титанові білила	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	99,9	-
Кварцовий пісок	98,30	0,70	0,50	-	-	-	-	-	0,30	-	0,08
Глина каолініто-гідрослюдиста	60,00	34,00	0,50	0,60	0,55	2,10	-	-	0,90	1,60	11,00

Керамічна зв'язка, склад якої заявляється, не містить шкідливих для навколишнього середовища та здоров'я виробничого персоналу компонентів (зокрема сполук свинцю, кадмію, барію, вісмуту тощо), що виключає негативні наслідки її використання як на етапі виготовлення алмазно-абразивного інструмента, так і під час його експлуатації.

Підвищена зносостійкість зв'язки забезпечується використанням карбіду силіцію (вібромелений SiC фракції 120-160 мкм) як вторинного абразиву. Каолініто-гідрослюдиста глина виконує роль пластифікатора керамічної зв'язки та сприяє поліпшенню формувальних властивостей шихти, завдяки чому відпресована заготовка має високу міцність, що також забезпечує експлуатаційну стійкість інструмента.

Вибір складу лужноборосилікатного склакомпонента зв'язки обумовлений необхідністю зниження температури початку плавлення та розширення інтервалу плавлення зв'язки. Вирішення цієї задачі досягається за рахунок використання евтектичної композиції, яка сумарно містить 35-37 мас. % легкоплавких оксидів (Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), та введенні до її складу модифікуючих добавок (Li<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>). За умови сумарного вмісту оксидів Li<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub> в кількості 24-30 мас. % при співвідношенні від 1:5 до 1:6 на фоні крапельної мікроліквізації скла відбувається утворення титанатів літію, які підвищують міцність і зносостійкість зв'язки та збільшують її стійкість при шліфуванні з використанням змочувально-охолоджуючих рідин. Процес кристалізації цих сполук дещо уповільнює зниження в'язкості склорозплаву, яке відбувається при підвищенні температури випалу алмазовмісного композита, внаслідок чого спостерігається розширення температурного інтервалу, який відповідає оптимальному рівню властивостей склакомпонента керамічної зв'язки з точки зору спікання композита (в'язкості, та, як наслідок, змочувальної здатності). Це сприяє інтенсифікації процесів спікання алмазовмісного композита при зниженій температурі, створює умови для рівномірного розподілу зв'язки в об'ємі композита і, як наслідок, забезпечує консолідацію всіх компонентів та підвищує однорідність матеріалу, яка визначає стабільність властивостей інструмента в цілому.

Запропонований склад склакомпонента керамічної зв'язки при вказаному вмісті оксидів знижує температуру спікання алмазовмісних композитів та значно розширює температурний інтервал їх випалу за рахунок зниження температури початку плавлення та збільшення температурного інтервалу, в якому технологічні властивості зв'язки забезпечують рівномірне спікання матеріалу. Це виключає руйнування алмазів внаслідок графітізації та гарантує їх цілісність навіть при використанні алмазних порошоків низьких марок. Використання запропонованого склакомпонента разом із іншими особливостями нової керамічної зв'язки суттєво змінює механізм взаємодії ознак сукупності та приводить до вказаних технічних результатів, що досягаються вперше.

Для проведення порівняльних випробувань були приготовані три алмазовмісні композиції з використанням нової легкоплавкої зв'язки, які містили компоненти в межах, що заявляються, а також композиція за прототипом (табл. 1).

Хімічний склад та властивості склакомпонента керамічної зв'язки

Оксиди	Прототип [3]	Вміст окидів, мас. %				
		замежовий	1	2	3	замежовий
SiO <sub>2</sub>	40,0-55,0	32	33	34	35	36
Li <sub>2</sub> O	4,5-10,0	7	6	5	4	3
Na <sub>2</sub> O	4,0-12,0	23	24	25	26	27
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,0-18,0	8	7	6	5	4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,0-12,0	1	2	3	4	5
TiO <sub>2</sub>	-	26	24	22	20	18
K <sub>2</sub> O	2,0-6,0	3	4	5	6	7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5-2,0	-	-	-	-	-
BaO	5,0-10,0	-	-	-	-	-
Властивості:						
Температура варіння, °С (в'язкість розплаву 10 Па·с)	1200	850	880	900	930	950
Температура початку плавлення, °С (в'язкість 10 <sup>8</sup> Па·с)	-	430	440	450	460	470
Інтервал температур існування розплаву, °С (в'язкість 10 <sup>2</sup> -10 <sup>8</sup> Па·с)	-	210 (від 430 до 630 °С)	300 (від 440 до 760 °С)	350 (від 450-800 °С)	320 (від 460-780 °С)	230 (від 470-700 °С)
Температура спікання композита, °С (в'язкість розплаву склакомпонента 10 <sup>3</sup> -10 <sup>6</sup> Па·с)	600-630	480-630	490-760	500-800	510-780	520-700
ТКЛР α·10 <sup>-6</sup> , град <sup>-1</sup>	-	15,55	15,75	15,96	16,17	16,34

Компоненти шихти після ретельного перемішування у двовальному змішувачі впродовж 30 хв сплавляли в силітовій печі годинною витримкою при максимальній температурі 900 °С. Розплав гранулювали шляхом виливання до ємності з холодною водою. Після сушіння фрити подрібнювали в кульових млинах (залишок на ситі № 0063 не перевищував 0,1 %).

В залежності від заданої концентрації алмазів (100 %) в інструменті готували наважки алмазного порошку (АС 6 125/100), тонкомеленої зв'язки і технологічних добавок: вібромелений SiC фракції 120-160 мкм (як вторинного абразиву) та пластичної каолініто-гідрослюдиної глини (як пластифікатора). Керамічну зв'язку отримували шляхом перемішування віддозованих у відповідності до рецептури компонентів: синтетичних алмазів, порошкоподібного склакомпонента, карбиду силіцію та глини. Приготування зв'язки проводили в механічному змішувачі із швидкістю 90 об./хв впродовж 30 хв. Спочатку впродовж 20 хв змішували сухі компоненти, після досягнення рівномірного їх розподілу в суміші проводили її зволоження 15 %-м водним розчином декстрину, що виконує роль тимчасового зв'язуючого, та продовжували перемішування ще 10 хв. Гранулювання суміші здійснювали шляхом її пропускання крізь сито № 2, після чого здійснювали формування зразків у вигляді циліндрів із розмірами 120×10×3 мм шляхом напівсухого пресування в металевих формах при питомому тиску 1,5 т/см<sup>2</sup>. Відформовані зразки висушували при 110 °С до залишкової вологості не більше 1 %. Випал зразків здійснювали в муфельній печі з витримкою 30 хв при максимальній температурі 600, 650, 700 і 750 °С. Швидкість підйому температури в печі становила 100 °С/ч; охолодження зразків до 50 °С відбувалось разом із піччю. Випалені зразки демонстрували високий рівень ущільнення, що свідчить про те, що склакомпонент при вказаній температурі випалу утворював ефективну керамічну зв'язку, здатну об'єднати алмазні зерна та вторинний абразив в міцний конгломерат.

- Як відомо, для збільшення ресурсу працездатності алмазних кругів важливу роль відіграє збереження цілісності алмазних зерен після виготовлення інструмента. В процесі виготовлення алмазних кругів частково порушується цілісність зерен, що виявляється в їх руйнуванні, суттєвій зміні зернистості абразивної складової інструмента та негативно позначається на його експлуатаційних можливостях [4]. Оцінку цілісності алмазних зерен після спікання алмазовмісного композита проводили мікроскопічним методом за результатами порівняльного аналізу зернового складу алмазних порошків до та після спікання зразків після хімічного видалення компонентів керамічної зв'язки. Розмір зерен визначали з використанням оптичного мікроскопа MarVision MM-200. Ступінь пошкодження алмазних зерен визначали у відсотках відносно кількості зерен, розмір яких менший за нормований для порошку заданої зернистості, до загальної кількості зерен в пробі [4]. Результати випробувань, представлені в табл. 3, вказують на те, що при використанні алмазів низьких марок ступінь їх руйнування залежить від міцності алмазів і зменшується при використанні алмазів в такій послідовності їх марок: AC2<AC6<AC15.
- Визначення питомих витрат алмазів при шліфуванні проводили методом зважування за ГОСТ 30352-96, який передбачає визначення ступеня зношення алмазоносного шару за втратою ваги алмазного круга після випробування. Результати визначення питомих витрат алмазів при шліфуванні подані в табл. 3.
- З отриманих даних видно, що із збільшенням міцності алмазів (від AC2 до AC15) питомі втрати алмазів при шліфуванні зменшуються, тобто повторюється тенденція, яка характеризує залежність ступеня руйнування зерен від міцності (марки) синтетичних алмазів. Втім, аналізуючи подані дані, можна побачити, що використання легкоплавкої зв'язки з більш широким інтервалом спікання забезпечує більш рівномірне спікання композита, що зменшує їх руйнування при випалі (в 1,5-3 рази) і, як наслідок, скорочує питомі витрати алмазів при шліфуванні (на 15-20 %) у порівнянні із зв'язкою-прототипом, яка має вузький інтервал спікання.

Таблиця 3

Характеристика стану алмазних зерен та витрат алмазів після шліфування алмазовмісними композитами, спеченими при різних температурах

Номер зразка	Ступінь руйнування алмазних зерен*, %			Питомі витрати алмазів при шліфуванні*, мг/см <sup>2</sup>		
	AC 4	AC 6	AC 15	AC 4	AC 6	AC 15
1	4/6/8/15	2/3/7/11	1/3/5/8	39/43/46/50	37/40/42/45	30/33/36/38
2	2/4/6/12	0/2/5/8	0/1/2/5	32/36/38/42	30/33/34/36	26/27/29/30
3	3/5/6/13	1/3/6/9	0/2/4/6	35/40/43/47	33/38/40/43	29/33/35/36
Прототип [3]	17/22/28/31	13/18/23/27	4/7/9/12	46/51/56/60	41/45/48/51	33/36/39/44

\* перше, друге, третє та четверте значення - для зразків, випалених при 600, 650, 700 і 750 °С відповідно

- Приклад. Як похідна сировина при виготовленні склокомпонента зв'язки використані такі сировинні матеріали: пісок кварцовий, глина каолініто-гідрослюдиста, титанові білила, сода кальцинована, поташ, вуглекислий літій, борна кислота. Для виготовлення алмазно-абразивного інструмента застосовували алмазний порошок марки AC6 (125/100), порошкоподібний склокомпонент, карбід силіцію фракції 120-160 мкм та пластичну каолініто-гідрослюдисту глину.

- Шихтовий (матеріальний) склад, який відповідає оптимальному хімічному складу склокомпонента керамічної зв'язки № 2 (див. табл. 1), мас. %:

пісок кварцовий	22,56
глина каолініто-гідрослюдиста	6,76
сода	33,30
поташ	3,58
титанові білила	15,91
вуглекислий літій	9,65
борна кислота	8,24.

Склокомпонент керамічної зв'язки готували шляхом сплавлення суміші, отриманої при ретельному перемішуванні подрібнених сировинних матеріалів (розмір часток не більше 0,5

мм), наступного гранулювання розплаву у воду, сушіння отриманої фрити та її помелу у кульовому млині до залишку на ситі № 0063 не більше 0,1 %.

Керамічну зв'язку отримували шляхом перемішування компонентів, у масових відсотках:

склокомпонент	70,0
карбід силіцію	27,0
пластична глина	3,0.

5 Синтетичні алмази вводили в кількості, що відповідає умовній 100 % концентрації. Спочатку впродовж 20 хв змішували сухі компоненти, а після досягнення їх рівномірного розподілу суміш зволожували 15 %-м водним розчином декстрину, після чого перемішування продовжували ще 10 хв. Зволожену суміш пропускали крізь сито № 2 для руйнування крупних агломератів та отримання гранул. Формування напівфабрикату здійснювали напівсухим пресуванням при питомому тиску 1,5 т/см<sup>2</sup>. Після сушіння при температурі 110 °С до залишкової вологості, яка не перевищувала 1 %, здійснювали випал матеріалів при температурі 600 °С з витримкою 30 хв.

10 Конкретні склади та властивості склокомпонента і керамічної зв'язки наведено у табл. 1 і 3, дані яких свідчать, що запропоновані склади склокомпонента керамічної зв'язки завдяки зниженій температурі початку плавлення дозволяють знизити температуру та значно розширити температурний інтервал випалу алмазовісних композитів, в якому забезпечується рівномірність спікання матеріалу. Це позитивно позначається на цілісності алмазних зерен (навіть при використанні алмазних порошків низьких марок) та, як наслідок, у зменшенні питомих витрат алмазів при шліфуванні (у порівнянні з аналогічними показниками прототипу).

15 В замежових складах склокомпонента легкоплавкої керамічної зв'язки стається зрив досягнутого ефекту, а саме: підвищується мінімальна температура та звужується інтервал спікання, в якому технологічні властивості зв'язки забезпечують рівномірне спікання алмазовмісного композита та отримання якісного алмазо-абразивного інструмента.

20 Таким чином, корисна модель, що пропонується, має перевагу у порівнянні з відомими складами керамічних зв'язок, що використовуються при виготовленні алмазних кругів.

Джерела інформації:

25 1 А.с. 573336 ССРСР, МПК В24D3/14. Керамическая связка для изготовления алмазного инструмента / Бондарев Е.К., Рубан Ф.Г., Рогов В.В., Шерман А.В.; заявник та патентовласник Інститут надтвердих матеріалів АН УССР. - № 2169128/08; заявл. 01.09.75; опубл. 25.09.77; Бюл. № 35.

30 2 Пат. 2101164 Росія, МПК В24D3/14; В24D3/34. Связка абразивного инструмента / Шепелев А.А., Рубан Ф.Г., Черных В.П.; заявник та патентовласник Інститут надтвердих матеріалів ім. В.Н. Бакуля НАНУ. - №96100155/02; заявл.03.01.1996; опубл. 10.01.1998.

35 3 Пат. 2106237 Росія, МПК В24D3/14. Алмазный инструмент / Краснов А.Н., Халилев В.Д., Лисова А.А., Дедушева И.Р., Мартынов В.Н., Стратиевский И.Х., Эфрос М.Г.; заявник та патентовласник АТ "Абразиви та шліфування". - №96106280/02; заявл.01.04.1997; опубл. 10.03.1998.

4 Инструменты из сверхтвердых материалов / под. ред. Н.В. Новикова. - М.: Машиностроение, 2005.

#### 40 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Легкоплавка керамічна зв'язка для алмазно-абразивного інструмента, яка містить лужноборосилікатне скло, модифіковане оксидами літію і титану, карбід силіцію як абразивний наповнювач та каолініто-гідрослюдисту глину як пластифікатор, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

модифіковане лужноборосилікатне скло	65-75
карбід силіцію фракції 120-160 мкм	22-32
глина пластична каолініто-гідрослюдиста	2-4.

45 2. Зв'язка за п. 1, яка **відрізняється** тим, що модифіковане лужноборосилікатне скло має наступний склад, мас. %: SiO<sub>2</sub> - 33-35; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 2-4; Na<sub>2</sub>O - 24-26; K<sub>2</sub>O - 4-6; Li<sub>2</sub>O - 4,0-6,0; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5,0-7,0; TiO<sub>2</sub> - 20,0-24,0; сумарний вміст домішок оксидів CaO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не перевищує 1 мас. %.

---

Комп'ютерна верстка Т. Вахричева

---

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