УКРАЇНА

(19) UA (11) 49284 (13) A

(51) 6
B32B15/01,B22F7/00,B22F7/04,C23C14/58

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

видається під відповідальність власника патенту

(54) ШАРУВАТИЙ КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ, СПОСІБ ПІДБОРУ КОМПОНЕНТІВ ШАРУВАТОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

1

(21) 2001107075
(22) 18 10 2001
(24) 16 09 2002
(46) 16 09 2002, Бюл № 9, 2002 р
(72) Ситник Олексій Олексійович, Надєін Владислав Семенович
(73) Ситник Олексій Олексійович, Надєін Владислав Семенович

(57) 1 Шаруватий композиційний матеріал, що містить твердосплавну основу і закріплений на ній різальний керамічний шар, який **відрізняється** тим, що коефіцієнт термічного розширення матеріалу твердосплавної основи складає 0,9 1,1 коефіцієнта термічного розширення матеріалу керамічного шару

2 Спосіб підбору компонентів шаруватого керамічного композиційного матеріалу, який передбачає підбір компонентів твердосплавної основи та різального керамічного шару за фізико-механічними, хімічними, термомеханічними властивостями у відповідності з умовами експлуатації з урахуванням критерію їх термомеханічної сумісності, який **відрізняється** тим, що попередньо задають границі температурного інтервалу виготовлення та експлуатації композиційного матеріалу, експериментально визначають коефіцієнти термічного розширення для кожного компонента при цих температурах і будують залежність коефіцієнта термічного розширення від температури, а критерій термомеханічної сумісності твердосплавної основи і різального керамічного шару визначають з урахуванням побудованої залежності за такою формулою

2

$$\varphi_\alpha = \int_{T_{сп}}^{T} \alpha_к(T)dt \Big/ \int_{T_{сп}}^{T} \alpha_п(T)dt,$$

де

$T_{сп}$, T - величини , які задають границі температурного інтервалу, в який входить $T_{виготовлення}$, $T_{експлуатації}$,

$\alpha_к$, $\alpha_п$ - коефіцієнти термічного розширення різального керамічного шару і твердосплавної основи,

при цьому значення критерію φ_α приймають в границях 0,9 -1,1

3 Спосіб за п 1, який **відрізняється** тим, що $\alpha_к$, $\alpha_п$ визначають як середньовиважені з урахуванням пружних властивостей компонентів

$$\alpha_{к,п} = \frac{c\left(\sum \alpha_i(T)\varphi_i \frac{E_i}{\gamma_i}\right)}{\left(\sum \varphi_i \frac{E_i}{\gamma_i}\right)},$$

де

$c=1+10^{-4}T$ - коефіцієнт, який враховує температурну зміну E_i/γ_i компонентів,

γ_i – густина, кг/м^3,

φ_i - вагова доля і-того компоненту в матеріалі шарів,

E_i – модуль Юнга, Па/м^2

Винаходи відносяться до області металургії, більш точно - до технології виробництва шаруватих композиційних матеріалів і можуть бути використані при виготовленні бурового та металообробного інструменту, а також виробів для мікроелектроніки, що мають бінарну структуру

Найбільш близьким за технічною суттю до запропонованого винаходу є шаруватий композиційний матеріал, що містить твердосплавну основу і закріплений на ній різальний керамічний шар (див Пат РФ№2092611, МПК 6С23С 14/5)

Недоліком цього матеріалу є невирішеність проблеми створення умов виготовлення чи підбору його компонентів, за яких мало бути досягнуто зменшення значних термічних напружень в одержаних виробах, викликаних різницею термомеханічних властивостей з'єднаних шарів, що істотно знижує експлуатаційні характеристики таких матеріалів

Відомий також найбільш близький за техніч-

(19) UA (11) 49284 (13) A

ною суттю до запропонованого спосіб підбору компонентів шаруватого композиційного матеріалу, який передбачає підбір компонентів твердосплавної основи та різального керамічного шару за фізико-механічними, хімічними, термомеханічними властивостями у відповідності з умовами експлуатації І урахуванням критерію їх термомеханічної сумісності, (див П С Кислый и др , Керметы,- К Наукова думка, 1985 - 272 с), причому критерій термомеханічної сумісності оцінюють за показниками різниці коефіцієнт) и термічного розширення шарів матеріалу по такій залежності

$$\Delta\alpha = \alpha_{\text{П}} - \alpha_{\text{К}} \le \tau_{\text{К}} F_S / 3SE_{\text{К}}\Delta T,$$

де

$\alpha_{\text{К}}$, $\alpha_{\text{П}}$ - коефіцієнти термічного розширення різального керамічного шару та твердосплавної основи, відповідно, $\frac{1}{\text{К}}$,

ΔT - різниця температур, к,

$\tau_{\text{К}}$ - дотичні напруження, Па · м^2,

S - площа контакту шарів, м^2,

$E_{\text{К}}$ - модуль пружності керамічного матеріалу, Па/м^2,

F_S - зусилля деформації, Н

Відомий спосіб підбору компонентів допускає оцінку термомеханічної сумісності шарів у вже виготовленому виробі з відомими (чи обчисленими) показниками відсоткового вмісту компонентів Головними недоліками відомого способу є

1 Невизначеність в підборі компонентів з оптимальним (мінімальним) показником різниці $\Delta\alpha = \alpha_{\text{П}} - \alpha_{\text{К}}$ контактуючих шарів, які забезпечували б мінімальні термічні напруження в шаруватому матеріалі Такий підбір дозволяє лише визначити границю відсутності руйнування керамічного шару після виготовлення шаруватого матеріалу при його охолодженні Це значно збільшує трудомісткість підбору компонентів за рахунок збільшення кількості експериментальних зразків та не дозволяє не тільки досягти максимальної міцності виробів, але й запрогнозувати її показники

2 Неможливість підбору компонентів підложки без наявності готового виробу, з виміряними чи аналітичне обчисленими напруженнями за відомими $F_{\text{К}}$, $E_{\text{К}}$, S Тому відомий спосіб для конкретного матеріалу може бути реалізованим тільки за умови проведення багатократно повторюваних експериментальних досліджень, поки не буде досягнуто оптимального варіанту складів шарів

3 Відомий спосіб є надто приблизним, оскільки не враховує залежність коефіцієнтів термічного розширення від температури, тим самим не дозволяє забезпечити стабільність характеристик міцності матеріалів в різноманітних температурних інтервалах експлуатації, наприклад, при різанні, де спостерігаються великі температурні градієнти в зоні різання

4 Відомий спосіб практично не може бути використаний при створенні шаруватого композиційного матеріалу типу "кераміка - твердий сплав", оскільки в цьому матеріалі повинна бути забезпечена висока міцність різального керамічного шару, як складової частини конструкції різальної пластини, у широкому інтервалі температур різання

В основу винаходу поставлено задачу такого вдосконалення шаруватого композиційного матеріалу і способу підбору його компонентів, при якому за рахунок пропонованих операцій способу підбору компонентів шаруватого композиційного матеріалу забезпечується змемшемпя термічних напружень в одержаних виробах з пропонованого матеріалу, викликаних різницею термомеханічних властивостей з'єднаних шарів, що істотно підвищує експлуатаційні характеристики таких матеріалів, а саме призводить до підвищення міцності композиційного шаруватого матеріалу типу "кераміка - твердий сплав" та значного спрощення процесу підбору компонентів шарів

Для рішення цієї задачі у шаруватому композиційному матеріалі, що містить твердосплавну основу і закріплений на ній різальний керамічний шар, згідно винаходу коефіцієнт термічного розширення матеріалу твердосплавної основи виконати таким, що складає 0,9 1,1 коефіцієнту термічного розширення матеріалу керамічного шару, а для виконання цієї умови у способі підбору компонентів шаруватого керамічного композиційного матеріалу, який передбачає підбір компонентів твердосплавної основи та різального керамічного шару за фізико-механічними, хімічними, термомеханічними властивостями у відповідності з умовами експлуатації з урахуванням критерію їх термомеханічної сумісності, згідно винаходу попередньо задають границі температурного інтервалу виготовлення та експлуатації композиційного матеріалу, експериментально визначають коефцієнти термічного розширення для кожного компоненту при цих температурах і будують залежність коефіцієнту термічного розширення від температури, а підбір певних компонентів твердосплавної основи і різального керамічного шару здійснюють з урахуванням побудованої залежності за такою формулою

$$\varphi_\alpha = \int_{T_{\text{сп}}}^{T} \alpha_{\text{К}}(T)dt \Big/ \int_{T_{\text{сп}}}^{T} \alpha_{\text{П}}(T)dt$$

де

$T_{\text{сп}}$,T - величини, які задають границі температурного інтервалу, в який входить $T_{\text{виготовлення}}$, $T_{\text{експлуатації}}$, відповідно,

$\alpha_{\text{К}}$, $\alpha_{\text{П}}$ - коефіцієнти термічного розширення різального керамічного шару і твердосплавної основи, при цьому значення згаданого критерія φ_α ц приймають в границях 0,9 - 1,1, а $\alpha_{\text{К}}$, $\alpha_{\text{П}}$ визначають як середньовиважене з урахуванням пружних властивостей компонентів

Причинно-наслідковий зв'язок заявлених сукупностей ознак з вказаними вище технічними ефектами полягає в тому, що підбір компонентів шарів композиційного матеріалу здійснюють після завдання границь температурного інтервалу виготовлення та експлуатації і наступного визначення коефіцієнтів термічного розширення для кожного компоненту , а також підбору певних компонентів за величиною коефіцієнту термомеханічної сумісності шарів, оптимальне значення якого знаходиться в такому інтервалі

$$\varphi_\alpha = \int_{T_{сп}}^{T} \alpha_к(T)dt / \int_{T_{сп}}^{T} \alpha_п(T)dt = 1 \pm 0\ 1\ , \qquad (1)$$

де

$T_{сп}$, T - величини, що задають границі температурного інтервалу, враховуючи $T_{виготовлення}$, $T_{експлуатації}$ і т д

$\alpha_к(T)$, $\alpha_п(T)$ - визначають як середньовиважене коефіцієнтів термічного розширення компонентів з урахуванням їх пружних властивостей за формулою

$$\alpha_{к,п} = \frac{c(\sum \alpha_i(T)\varphi_i \frac{E_i}{\gamma_i})}{(\sum \varphi_i \frac{E_i}{\gamma_i})}\ , \qquad (2)$$

де

$c=1+T\cdot 10^{4}$ -коефіцієнт, який враховує температурне змінення E_i/γ_i компонентів,

γ_i – густина, кг/м^3

$\alpha_i(T)$ - коефіцієнт термічного розширення і-того компоненту,

φ_i - частка і-того компоненту в матеріалі шару, % мас

E_i – модуль Юнга Па/м^2

Перевагою пропонованого способу є також те, що він дозволяє з найменшою похибкою та трудозатратами визначити оптимальний склад шарів композиційного матеріалу, який гарантує безнапружений стан структури шаруватого матеріалу як при охолодженні зразку, так і при його експлуатації в різноманітних умовах

В результаті проведених досліджень виявлено, що в інтервалі показників φ_α=1±0 1 забезпечується максимальна міцність шаруватого композиційного матеріалу з цілком визначеним якісним складом, гарантується відсутність тріщин у приконтактній зоні шарів, що дозволяє збільшити вихід придатних виробів уже на стадії виготовлення заготовок

За рахунок введення в розрахункову формулу температурних залежностей $\alpha_к(T)$, та $\alpha_п$ (T) запропонований спосіб виготовлення шаруватого композиційного матеріалу дозволяє запрогнозувати без наступного експериментального підтвердження міцністні та експлуатаційні властивості нових інструментальних матеріалів та дати попередню оцінку економічної ефективності технологічного процесу виготовлення нового сплаву (за виходом в придатне) Неможливість реалізації ознак матеріалу без реалізації ознак способу доводить їх нерозривний звязок для рішення поставленої задачі

Спосіб підбору компонентів шаруватого композиційного матеріалу здійснюють таким чином

1 Підбирають компоненти твердосплавної основи та різального керамічного шару за фізико-механічними, хімічними, термомеханічними властивостями, які відповідають умовам експлуатації матеріалу, що виготовляється Наприклад, для різального інструменту матеріал повинен мати високу твердість, міцність зерна та зв'язки, хімічну інертність, високу міцність на вигин, відносну дешевизну компонентів і задають границі температурного інтервалу виготовлення і експлуатації композиційного матеріалу, після чого експериментальне визначають коефіцієнти термічного розширення кожного компоненту при цих температурах

2 Для кожного з вибраних компонентів графічно будують температурну залежність α_i (T)

3 Далі, здійснюють підбір компонентів твердосплавної основи і різального керамічного шару таким чином змінюючи крок частки і-того компоненту в шарах визначають середньовиважене $\alpha_к$ (T) та $\alpha_п$ (T) Потім, одним із багатовідомих методів інтегрування визначають $\int_{Tc}^{T} \alpha_к$ (T)dt та $\int_{Tc}^{T} \alpha_п$ (T)dt і знаходять φ_α Із складів шарів, що мають коефіцієнт φ_α термомеханічної сумісності, який входить в інтервал (1±0 1), виготовляють способами порошкової металургії зразки шаруватого композиційного матеріалу

Наведемо приклад конкретного виконання пропонованого способу

Для напівчистової та чистової обробки чавунів та загартованих сталей використовують широко відому різальну кераміку марки ВОК60 Із-за низької теплопровідності та міцності різальної кераміки, доцільно застосовувати її в поєднанні з твердосплавною основою, яка підвищує експлуатаційні властивості Для матеріалу основи вибирають безвольфрамовий твердий сплав марки ТН20 як матеріал, що має високу міцність з відомим складом згідно з ТУ Ударну міцність підвищує наявний у складі безвольфрамового сплаву карбіду титану (TiC), а оксид алюмінію (Al_2O_3), що входить до складу різальної кераміки, знижує енергетичний бар'єр в контактній зоні між шарами в процесі спікання Задають границі температурного інтервалу виготовлення і експлуатації матеріалу і визначають коефіцієнти термічного розширення для кожного компоненту при цих температурах і експериментально визначають коефіцієнти термічного розширення цих компонентів при заданих границях температурного інтервалу

Будується графік α_i (T) для компонентів TiC, Al_2O_3, TiN, Mo, а також, для ТН20 та ВОК60 З відомих літературних джерел (наприклад, П С Кислый и др , Керметы,- К Наукова думка , 1985) вибирається E_i/γ_i(T)

Змінюючи крок і-того компоненту в складі основи за допомогою математичної залежності (2) визначають $\alpha_п$ (T) та величину $\int_{Tc}^{T} \alpha_к$ (T)dt, а також

величину $\int_{Tc}^{T} \alpha_{п}(T)dt$ для матеріалу ВОК60 За формулою (1) визначається величина φ_{α} Готові вироби піддають контролю за параметрами вихід в придатне, % та $\sigma_{в}$, МПа Конкретні склади основ до різального шару з кераміки марок ВОК60 і ВО13 та показники якості спечених виробів із шаруватого композиційного матеріалу приведені в таблицях 1 і 2

Таблиця 1

Склади керамічного шару, % мас				
Керамічний матеріал	Склад, % мас			
	Al_2O_3	MgO	TiC	ZrC_2
ВО13	99,5-99,8	0,5 - 0,7	-	-
ВОК60	79,0	0,5	18	2,0

Таблиця 2

Склад твердосплавної основи та показники якості шаруватого композиційного матеріалу

№п/п	Склад компонентів матеріалу основи, % мас	Керамічний різальний шар	Термом панічна сумісність, φ_{α}	Міцність на вигин, МПа	Вихід в придатне,%
1	ВК6 (WC-94, Co-6)	ВО13	1,7	-	0
2	ТН20(TiC-79, Ni-16, Mo-7)	ВО13	0,81	750	70
3	TiC-73, TiN-20, Mo-7	ВО13	1,07	1070	95
4	TsC-55, TiN-38, Mo-5, Ni-2	ВО13	0,96	1110	97
5	ВК6	ВОК60	2,30	-	0
Б	ТН20 (TiC-79, Ni-16, Mo-5)	ВОК60	1,21	858	80
7	TiC-73, TiN-20, Mo чи Ni-7	ВОК6О	1,09	1100	96
8	TiC-55, TiN-38, Mo чи Ni-7	ВОК60	1,07	1170	98
9	Al_2O_3-30, TiC-30, TiN-25, Mo_2C-5, Mo чи Ni-10	ВОК60	0,98	1200	98,8

Таким чином, нами доведено, що пропоновані винаходи промислове придатні і мають значні переваги перед відомими технічними рішеннями аналогічного призначення

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
вул Сім'ї Хохлових, 15, м Київ, 04119, Україна
(044) 456 – 20 – 90

ТОВ "Міжнародний науковий комітет"
вул Артема, 77, м Київ, 04050, Україна
(044) 216 – 32 – 71