



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **65081** (13) **U**
(51) МПК (2011.01)
C22C 26/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПОЛІКРИСТАЛІЧНИЙ АЛМАЗНИЙ КОМПОЗИТ

1

(21) u201105541

(22) 20.08.2009

(24) 25.11.2011

(86) PCT/US2009/054398, 20.08.2009

(31) 12/244,960

(32) 03.10.2008

(33) US

(46) 25.11.2011, Бюл.№ 22, 2011 р.

(72) БЕРТАНЬОЛЛІ КЕННЕТ Е., US, ЦЯНЬ ЦЗЯН, US, ВІГГІНЗ ДЖЕЙСОН, US, ВЕЙЛ МАЙКЛ А., US, МУХОПАДХІАЙ ДЕБКУМАР, US

(73) ЮС СІНТЕТІК КОРПОРЕЙШН, US

(57) 1. Полікристалічний алмазний композит, що містить:

підкладку; і

полікристалічний алмазний шар, з'єднаний з підкладкою, причому щонайменше частина полікристалічного алмазного шару включає в себе:

множину алмазних зерен, що обмежують множину проміжних ділянок;

розчинювальний металевий каталізатор, що займає щонайменше частину з множини проміжних ділянок, причому розчинювальний металевий каталізатор присутній в кількості від приблизно 1 ваг. % до приблизно 6 ваг. %;

в якому множина алмазних зерен і розчинювальний металевий каталізатор спільно мають коерцитивність близько 115 Ерстед (Е) або більше;

в якому множина алмазних зерен і розчинювальний металевий каталізатор спільно мають питоме магнітне насичення приблизно 15 Гаусс·см³/грам (Г·см³/г) або менше; ів якому множина алмазних зерен і розчинювальний металевий каталізатор спільно мають питому проникність від приблизно 0,060 Г·см³/г·Е до приблизно 0,090 Г·см³/г·Е.

2. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому підкладка містить карбід хрому.

3. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому полікристалічний алмазний шар містить протравлену ділянку, і в якому щонайменше частина полікристалічного алмазного шару розташована між підкладкою і протравленою ділянкою.

4. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому коерцитивність щонайменше частини полікристалічного алмазного шару становить від приблизно 155 Е до приблизно 175 Е.

2

5. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому коерцитивність щонайменше частини полікристалічного алмазного шару становить від приблизно 115 Е до приблизно 250 Е.

6. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому коерцитивність щонайменше частини полікристалічного алмазного шару становить від приблизно 115 Е до приблизно 175 Е.

7. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому питоме магнітне насичення щонайменше частини полікристалічного алмазного шару становить від приблизно 5 Г·см³/г до приблизно 15 Г·см³/г.8. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому питоме магнітне насичення щонайменше частини полікристалічного алмазного шару становить від приблизно 10 Г·см³/г до приблизно 15 Г·см³/г.9. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому коерцитивність щонайменше частини полікристалічного алмазного шару становить від приблизно 130 Е до приблизно 160 Е, і питоме магнітне насичення щонайменше частини полікристалічного алмазного шару становить від приблизно 10 Г·см³/г до приблизно 15 Г·см³/г.

10. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому множина алмазних зерен щонайменше частини полікристалічного алмазного шару має середній розмір зерна близько 30 мкм або менше.

11. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому множина алмазних зерен щонайменше частини полікристалічного алмазного шару має середній розмір зерна близько 20 мкм або менше.

12. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому розчинювальний металевий каталізатор щонайменше частини полікристалічного алмазного шару містить кобальт, залізо, нікель або їх сплави.

13. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому вміст розчинювального металевого каталізатора становить від приблизно 3 ваг. % до приблизно 6 ваг. %.

14. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому вміст розчинювального металевого каталізатора становить від приблизно 1 ваг. % до приблизно 3 ваг. %.

15. Полікристалічний алмазний композит за п. 1, в якому розчинювальний металевий каталізатор в

(13) **U**
(11) **65081**
(19) **UA**

щонайменше частині полікристалічного алмазного шару має питоме магнітне насичення від приблизно $185 \text{ Г} \cdot \text{см}^3/\text{г}$ до приблизно $215 \text{ Г} \cdot \text{см}^3/\text{г}$.

16. Полікристалічний алмазний композит за будь-яким з пп. 1-15, при цьому вказаний полікристаліч-

ний алмазний композит використаний як щонайменше один з множини полікристалічних алмазних різальних елементів долота обертального буріння.

Зносостійкі, суперабразивні композити використовуються в багатьох механічних галузях застосування. Наприклад, полікристалічні алмазні композити («PDC») використовуються в буровому інструменті (наприклад в руйнуючих елементах, тримерах калібрів і т. д.), металообробному обладнанні, підшипникових пристроях, обладнанні для вোলчіння дроту і в інших механічних пристроях.

PDC знаходять, зокрема, застосування як суперабразивних різальних елементів в долотах обертального буріння, таких як шарошкові колонкові долота і бурові долота з фіксованими різальними елементами. Різальний елемент PDC звичайно включає в себе суперабразивний алмазний шар, який звичайно згадується як алмазний планшет. Алмазний шар може бути сформований і з'єднаний з підкладкою з використанням високотемпературного процесу під високим тиском («HPHT»). Різальний елемент PDC може бути також припаяний безпосередньо в заздалегідь сформованій кишені, гнізді або в іншому заглибленні, сформованому в тілі коронки. Підкладка може бути припаяна або з'єднана іншим чином з приєднувальним елементом, таким як циліндрична опора. Долото обертального буріння звичайно включає в себе множину різальних елементів PDC, прикріплених до тіла долота. Відомо також, що палець, який несе PDC, може бути використаний як різальний елемент PDC, будучи встановлений на тілі долота обертального буріння шляхом спресовування, паяння або іншим способом закріплення пальця у заглибленні, сформованому в тілі долота.

Звичайні PDC звичайно виготовляють шляхом вміщення підкладки з твердого сплаву в контейнер з об'ємом алмазних частинок, поміщених поруч з підкладкою з твердого сплаву. Декілька таких картриджів завантажують в прес високого тиску і високої температури (HPHT прес). Підкладки і об'єм алмазних частинок піддають потім обробці в умовах високого тиску і високої температури в присутності матеріалу каталізатора, що спричиняє зв'язування алмазних частинок для формування основи із зв'язаних алмазних зерен, що створюють шар полікристалічного алмазу («PCD»), з'єднаний з підкладкою. Матеріал каталізатора часто є розчинювальним металевим каталізатором (наприклад, кобальтом, нікелем, залізом або їх сплавами), який використовується для того, щоб сприяти зрощенню алмазних частинок.

При одному звичайному підході складова підкладки з твердого сплаву, така як кобальт в підкладці з карбиду вольфраму з кобальтом як зв'язувальним матеріалом, плавиться і просочується з області, близької до об'єму алмазних частинок, в проміжні області між алмазними частинками під

час процесу HPHT. Кобальт служить каталізатором для того, щоб сприяти зрощенню алмазних частинок, що веде до формування зв'язаних алмазних зерен. Часто розчинюваний каталізатор може бути змішаний з алмазними частинками перед тим, як алмазні частки і підкладка будуть піддані процесу HPHT.

Вважають, що присутність розчинювального каталізатора в шарі PCD зменшує теплову стабільність шару PCD при підвищених температурах. Наприклад, відмінність в коефіцієнті теплового розширення між алмазними зернами і розчинювальним каталізатором веде, як вважають, до фарбування або розтріскування шару PCD під час операцій буріння або різання, що може погіршити механічні властивості шару PCD або викликати поломку. Крім того, деякі з алмазних зерен можуть піддатися хімічному руйнуванню або зворотному перетворенню в графіт завдяки взаємодії з розчинювальним каталізатором. При особливо високих температурах частини алмазних зерен можуть перетворюватися в монооксид вуглецю, діоксид вуглецю, графіт або їх поєднання, погіршуючи, таким чином, механічні властивості PDC.

Одним звичайним підходом для поліпшення теплової стабільності PDC є щонайменше часткове видалення розчинювального каталізатора з шару PCD шляхом екстрагування кислотою. Однак видалення розчинювального каталізатора з шару PCD може вимагати відносно великих витрат часу при масовому виробництві. Крім того, витягання розчинювального каталізатора може привести до зниження механічної міцності шару PCD.

Незважаючи на наявність ряду різних матеріалів PCD, виробники і користувачі матеріалів PCD продовжують шукати матеріали PCD, які демонструють поліпшені механічні і/або термічні властивості.

Варіанти реалізації корисної моделі належать до PCD, що демонструє поліпшений зв'язок алмазу з алмазом. У такому варіанті реалізації PCD включає в себе множину алмазних зерен, що обмежують множину проміжних ділянок. Розчинюваний металевий каталізатор займає множину проміжних ділянок. Множина алмазних зерен і розчинюваний металевий каталізатор спільно можуть демонструвати коерцитивність близької 15 Ерстед (Е) або більше і питоме магнітне насичення близько $15 \text{ Гаусс} \cdot \text{см}^3/\text{грам}$ ($\text{Г} \cdot \text{см}^3/\text{г}$) або менше.

У цьому варіанті реалізації PCD включає в себе множину алмазних зерен, що обмежують множину проміжних ділянок. Розчинюваний металевий каталізатор займає множину проміжних ділянок. Множина алмазних зерен і розчинюваний металевий каталізатор спільно можуть демонструвати питоме магнітне насичення близько 15 Га-

усс·см³/грам (Г·см³/г) або менше. Множина алмазних зерен і розчинюваний металевий каталізатор обмежують об'єм щонайменше приблизно 0,050 см³.

У цьому варіанті реалізації PCD включає в себе шар PCD, з'єднаний з підкладкою. Щонайменше частина шару PCD може містити будь-якій з варіантів реалізації PCD, описаних тут.

У цьому варіанті реалізації спосіб включає вміщення алмазних частинок із середнім розміром частинок близько 30 мкм або менше і розчинюваний металевий каталізатор в середовище, яке передає тиск, для формування вузла комірки. Спосіб також включає в себе вплив на вузол комірки температурою не менше ніж приблизно 1000 °C і тиском в середовищі, яке передає тиск, що дорівнює щонайменше приблизно 7,5 ГПа для формування PCD.

Інші варіанти здійснення стосуються застосувань, які використовують описані PCD в різних виробках і пристроях, таких як долота обертального буріння, підшипникові пристрої, волокни для волочіння дроту, металообробне обладнання і інші виробки і пристрої.

Креслення ілюструють декілька варіантів реалізації корисної моделі, в яких ідентичними цифровими позиціями позначаються ідентичні елементи або ознаки в різних виглядах або варіантах реалізації, показаних на кресленнях.

На фіг. 1А показане схематичне зображення прикладу пристрою магнітного насичення, пристосованого для намагнічування зразка PCD приблизно до рівня насичення;

на фіг. 1В показане схематичне зображення прикладу пристрою магнітного насичення, пристосованого для вимірювання магнітного насичення зразка PCD;

на фіг. 2 показане схематичне зображення прикладу пристрою для вимірювання коерцитивності, пристосованого для визначення коерцитивності зразка PCD;

на фіг. 3А показаний вигляд в поперечному перерізі варіанту реалізації PDC, що включає в себе шар PCD, сформований згідно з будь-яким варіантом реалізації PCD, описаним тут;

на фіг. 3В показане графічне зображення залежності залишкового основного напруження від товщини підкладки, виміряних в шарі PCD в PDC, виготовленому під тиском понад приблизно 7,5 ГПа, і в шарі PCD звичайним чином сформованого PDC;

на фіг. 4 показана схематична ілюстрація способу виготовлення PDC, показаного на фіг. 3А;

на фіг. 5А показаний ізометричний вигляд долота обертального буріння, в якому можуть застосовуватися один або більше з описаних варіантів реалізації PDC;

на фіг. 5В показаний вигляд зверху долота обертального буріння, показаного на фіг. 5А;

на фіг. 6 показаний ізометричний вигляд з вирізом варіанту реалізації пристрою упорного підшипника, в якому можуть використовуватися один або більше з описаних варіантів реалізації PDC;

на фіг. 7 показаний ізометричний вигляд з вирізом варіанту реалізації пристрою радіально-

упорного підшипника, в якому можуть використовуватися один або більше з описаних варіантів реалізації PDC;

на фіг. 8 показаний схематичний ізометричний вигляд з вирізом варіанту реалізації підземної бурової системи, що включає в себе пристрій упорного підшипника, показаний на фіг. 6;

на фіг. 9 показаний вигляд збоку в поперечному перерізі варіанту реалізації волокни для волочіння дроту, в якому застосовується PDC, виготовлений згідно з принципами, описаними тут.

Варіанти реалізації корисної моделі, що стосуються PCD, демонструють поліпшений зв'язок алмазу з алмазом. У даний час автори корисної моделі вважають, що при використанні тиску при спіканні під час процесу HPHT, що застосовується для виготовлення, такий PCD зміщується далі в область стабільності алмазу від лінії рівноваги графіт-алмаз, і ступінь нуклеації і росту алмазу зростає. Такі посилені нуклеація і ріст алмазу між частинками алмазу (при заданому складі частинок алмазу) можуть привести до формування PCD, що демонструє відносно більш низький вміст розчинювального металевих каталізатора, більш високу коерцитивність, більш низьке питоме магнітне насичення і/або більш низьку магнітну проникність (тобто, відношення питомого магнітного насичення до коерцитивності), ніж PCD, сформований при більш низькому тиску спікання. Варіанти реалізації належать також до PDC, що має шар PCD, що містить такі PCD, способів виготовлення таких PCD і PDC і застосування таких PCD і PDC в долотах обертального буріння, підшипникових пристроях, волокнах для волочіння дроту, металообробному обладнанні і інших виробках і пристроях.

Згідно з різними варіантами реалізації PCD, підданий спіканню при тиску щонайменше приблизно 7,5 ГПа, може демонструвати коерцитивність 115 Е або більше, високоякісний зв'язок алмазу з алмазом, питоме магнітне насичення близько 15 Г·см³/г або менше і вміст розчинювального металевих каталізатора близько 7,5 вагових % (ваг. %) або менше. PCD включає в себе множину алмазних зерен, безпосередньо зв'язаних один з одним шляхом алмаз-алмазного зв'язку для обмеження множини проміжних ділянок. Щонайменше частина проміжних ділянок або, в деяких варіантах реалізації, по суті всі проміжні ділянки можуть бути зайняті розчинювальним металевим каталізатором, таким як залізо, нікель, кобальт або сплави будь-якого із згаданих металів. Наприклад, розчинюваний металевий каталізатор може бути матеріалом на основі кобальту, що включає в себе щонайменше 50 вагових % кобальту, таким як сплав кобальту.

Алмазні зерна можуть мати середній розмір зерен близько 50 мкм або менше, такий як близько 30 мкм або менше або близько 20 мкм або менше. Наприклад, середній розмір зерна алмазних зерен може складати від приблизно 10 мкм до приблизно 18 мкм і, в деяких варіантах реалізації, від приблизно 15 мкм до приблизно 18 мкм. У деяких варіантах реалізації середній розмір зерна алмазних зерен може складати приблизно 10 мкм або менше, наприклад, від приблизно 2 мкм до приблизно

5 мкм або субмікронну величину. Гранулометричний склад алмазних зерен може бути одномодовим або ж може бути бімодальним або більш широким розподілом розміру частинок.

Розчинюваний металевий каталізатор, що заповнює проміжні ділянки, може бути присутнім в PCD в кількості близько 7,5 вагових % або менше. У деяких варіантах реалізації розчинюваний металевий каталізатор може бути присутнім в PCD в кількості від приблизно 3 вагових % до приблизно 7,5 вагових %, такому як від приблизно 3 вагових % до приблизно 6 вагових %. В інших варіантах реалізації розчинюваний металевий каталізатор може бути присутнім в PCD в кількості меншій ніж приблизно 3 вагових %, такому як від приблизно 1 вагового % до приблизно 3 вагових %, або в залишковій кількості приблизно 1 вагового %. Шляхом збереження вмісту розчинювального металевого каталізатора на рівні нижче приблизно 7,5 вагових % PCD може демонструвати потрібний рівень теплової стабільності, придатний для застосування в умовах підземного буріння.

Багато фізичних характеристик PCD можуть визначатися шляхом вимірювання певних магнітних властивостей PCD, оскільки розчинюваний металевий каталізатор може бути феромагнетиком. Кількість розчинювального металевого каталізатора, присутнього в PCD, може корелюватися з вимірним питомим магнітним насиченням PCD. Відносно вище питоме магнітне насичення означає відносно більший вміст розчинюваного металевого каталізатора в PCD.

Середня довжина вільного шляху між сусідніми алмазними зернами PCD може корелюватися з вимірною коерцитивністю PCD. Відносно велика коерцитивність означає відносно меншу середню довжину вільного шляху. Середня довжина вільного шляху представляє середню відстань між сусідніми алмазними зернами в PCD і, таким чином, може бути показником ступеня зв'язку алмазу з алмазом в PCD. Відносно менша довжина вільного шляху в добре спеченому PCD може означати відносно великий зв'язок алмазу з алмазом.

Просто як один приклад ASTM B886-03 (2008) пропонує стандарт для вимірювання питомого магнітного насичення і ASTM B887-03 (2008) е1 пропонує відповідний стандарт для вимірювання коерцитивності PCD. Хоча і ASTM B886-03 (2008), і ASTM B887-03 (2008) е1 спрямовані на стандарти для вимірювання магнітних властивостей матеріалів з твердих сплавів, будь-який стандарт може бути використаний для визначення магнітних властивостей PCD. Прилад KOERZIMAT CS 1.096 (що поставляється в промислових масштабах фірмою Foerster Instruments, Пітсбург, шт. Пенсільванія) є прийнятним приладом, який може бути використаний для вимірювання питомого магнітного насичення і коерцитивності PCD.

Загалом, по мірі підвищення тиску при спіканні, яке використовується для формування PCD, коерцитивність може зростати і магнітне насичення може зменшуватися. PCD, який утвориться зв'язаними один з одним алмазними зернами і розчинювальним металевим каталізатором, може демонструвати коерцитивність близько 115 Е або

більше і вміст розчинювального металевого каталізатора менший ніж приблизно 7,5 вагових %, як показує питоме магнітне насичення близько 15 Г·см³/г або менше. У більш детальному варіанті реалізації коерцитивність PCD може складати від приблизно 115 Е до приблизно 250 Е, і питоме магнітне насичення PCD може бути більше ніж 0 Г·см³/г і до приблизно 15 Г·см³/г. В ще більше детальному варіанті реалізації коерцитивність PCD може складати від приблизно 115 Е до приблизно 175 Е, і питоме магнітне насичення PCD може бути від приблизно 5 Г·см³/г і до приблизно 15 Г·см³/г. І в ще більш детальному варіанті реалізації коерцитивність PCD може складати від приблизно 155 Е до приблизно 175 Е, і питоме магнітне насичення PCD може бути від приблизно 10 Г·см³/г і до приблизно 15 Г·см³/г. Питома проникність (тобто, відношення питомого магнітного насичення до коерцитивності) PCD може складати приблизно 0,10 або менше, наприклад, від приблизно 0,060 до приблизно 0,090. Незважаючи на те, що середній розмір алмазних зерен складає менше ніж приблизно 30 мкм, вміст розчинювального металевого каталізатора в PCD може бути меншим ніж приблизно 7,5 вагових %, даючи потрібну теплову стабільність.

У одному варіанті реалізації алмазні частки, що мають середні розміри частинок від приблизно 18 мкм до приблизно 20 мкм, вміщуються поруч з підкладкою з твердого сплаву, що містить карбід вольфраму і зв'язку з кобальту, і піддають процесу НРНТ при температурі від приблизно 1390 °С до приблизно 1430 °С і тиску від приблизно 7,8 ГПа до приблизно 8,5 ГПа. PCD, сформований як шар PCD, з'єднаний з підкладкою, може демонструвати коерцитивність від приблизно 155 Е до приблизно 175 Е, питоме магнітне насичення від приблизно 10 Г·см³/г до приблизно 15 Г·см³/г і вміст кобальту від приблизно 5 вагових % до приблизно 7,5 вагових %.

У одному або більше варіантах реалізації стала питомого магнітного насичення для розчинювального металевого каталізатора в PCD може складати від приблизно 185 Г·см³/г до приблизно 215 Г·см³/г. Наприклад, стала питомого магнітного насичення для розчинювального металевого каталізатора в PCD може складати від приблизно 195 Г·см³/г до приблизно 205 Г·см³/г. Зазначено, що стала питомого магнітного насичення для розчинювального металевого каталізатора в PCD може залежати від хімічного складу.

Загалом, коли тиск спікання зростає вище 7,5 ГПа, може підвищитися зносостійкість сформованого при цьому PCD. Наприклад, G_{ratio} може скласти щонайменше приблизно $4,0 \times 10^6$, таке як від приблизно $5,0 \times 10^6$ до приблизно $15,0 \times 10^6$ або, більше конкретно, від приблизно $8,0 \times 10^6$ до приблизно $15,0 \times 10^6$. У деяких варіантах реалізації G_{ratio} може скласти щонайменше приблизно $30,0 \times 10^6$. G_{ratio} є відношенням об'єму зрізаного виробу, що обробляється до об'єму PCD, підданого зносу під час процесу різання. Прикладом прийнятих параметрів, які можуть бути використані для визначення G_{ratio} для PCD, є глибина різання для різального елемента PCD, дорівнює приблизно 0,254

мм, передній кут тильної площини різального елемента PCD, дорівнює приблизно 20 градусам, швидкість подачі різального елемента PCD, дорівнює приблизно 6,35 мм/об, швидкість обертання виробу, що піддається різанню, дорівнює приблизно 101 об/хв., причому виріб, що обробляється, може бути виконаний з граніту Barre із зовнішнім діаметром 914 мм і внутрішнім діаметром 254 мм. При випробуваннях на визначення G_{ratio} виріб, що обробляється, охолоджують охолоджувачем, таким як вода.

У доповнення до згаданого G_{ratio} , незважаючи на присутність в PCD розчинюваного металевго каталізатора, PCD може демонструвати теплову стабільність, близьку, що по суті дорівнює або перевищує матеріал PCD, підданий частковому травленню, сформований шляхом спікання по суті схожого складу алмазних частинок при більше низькому тиску спікання (наприклад, при тиску до приблизно 5,5 ГПа), і в якому розчинюваний металевий каталізатор (наприклад, кобальт) видалений травленням в ньому на глибину від приблизно 60 мкм до приблизно 100 мкм від робочої поверхні. Теплову стабільність PCD можна оцінювати шляхом вимірювання відстані, прорізаної у виробі, що обробляється, до катастрофічного руйнування, без застосування охолоджувача, при випробуванні в карусельному станку (наприклад, у вертикально-токальному станку з револьверною головкою або у вертикальному свердлувальному станку). Прикладом прийнятних параметрів, які можуть використовуватися для визначення теплової стабільності PCD, є глибина різання для різального елемента PCD, дорівнює приблизно 1,27 мм, передній кут тильної площини різального елемента PCD, дорівнює приблизно 20 градусам, швидкість подачі різального елемента PCD, дорівнює приблизно 1,524 мм/об, швидкість різання виробу, що піддається різанню, дорівнює приблизно 1,78 м/сек., причому виріб, що обробляється, може бути виконаний з граніту Barre із зовнішнім діаметром 914 мм і внутрішнім діаметром 254 мм. У цьому варіанті реалізації відстань, прорізана у виробі, що обробляється, до катастрофічного руйнування, виміряна при випробуванні в описаному вище карусельному станку, може складати щонайменше приблизно 1300 м, така як від приблизно 1300 м до приблизно 3950 м.

PCD, сформований шляхом спікання алмазних частинок, що мають такий же розподіл розмірів частинок як у варіанті реалізації PCD, згідно з корисної моделлю, але спечений під тиском, наприклад, до приблизно 5,5 ГПа і при температурах, при яких алмаз стабільний, може демонструвати коерцитивність приблизно 100 Е або менше і/або питоме магнітне насичення приблизно $16 \text{ Г} \cdot \text{см}^3/\text{г}$ або більше. Таким чином, в одному або більше варіантах реалізації корисної моделі PCD демонструє вміст розчинювального металевго каталізатора менше 7,5 вагових % і велику силу зчеплення алмазів між алмазними зернами, ніж PCD, спечений при більш низькому тиску, але при таких же попередньому розподілі розмірів попередників алмазних частинок і каталізаторі.

У даний час автори корисної моделі вважають, що формування PCD шляхом спікання алмазних частинок при тиску не менше приблизно 7,5 ГПа може викликати нуклеацію і ріст алмазу при спіканні алмазних частинок так, що об'єм проміжних ділянок в сформованому таким чином PCD зменшується в порівнянні з об'ємом проміжних частинок у випадку, якщо при такому ж розподілі алмазних частинок спікання проводилося при тиску, наприклад, до приблизно 5,5 ГПа і при температурах, при яких алмаз стабільний. Наприклад, алмаз може формувати зародки кристалізації і рости з вуглецю, отриманого з вуглецю, що розчиняється в розчинювальному металевому каталізаторі (наприклад, розплавленому кобальті), що просочує алмазні частки, які спікаються, з частково графітованих алмазних частинок, вуглецю з підкладки, вуглецю з іншого джерела (наприклад, частинок графіту і/або фулеренів, змішаних з алмазними частинками) або сполучень перерахованого. Ця нуклеація і ріст алмазу в поєднанні з тиском при спіканні щонайменше приблизно 7,5 ГПа може сприяти отриманню PCD із вмістом розчинювального металевго каталізатора меншим ніж приблизно 7,5 вагових %.

На фіг. 1A, 1B і 2 схематично ілюструється спосіб, яким можуть бути визначені питоме магнітне насичення і коерцитивність PCD з використанням приладу, такого як прилад KOERZIMAT CS 1.096. На фіг. 1A показана схема прикладу пристрою 100 магнітного насичення, пристосованого для намагнічування зразка PCD до насичення. Пристрій 100 магнітного насичення включає в себе насичуючий магніт 102 достатньої потужності для насичення зразка PCD 104 до рівня насичення. Насичуючим магнітом може бути постійний магніт або електромагніт. У проілюстрованому варіанті реалізації насичуючий магніт 102 є постійним магнітом, який утворює повітряний зазор 106, і зразок PCD 104 може бути вміщений в тримач 108 зразка в повітряному зазорі 106. Коли зразок PCD 104 є легким, він може бути прикріплений до тримача 108 зразка з використанням, наприклад, двосторонньої клейкої стрічки або іншого адгезиву так, щоб зразок PCD 104 не переміщався відносно магнітного поля, що створюється насичуючим магнітом 102, і зразок PCD 104 намагнічується приблизно до рівня насичення.

Як показано на схемі фіг. 1B, після намагнічування зразка PCD 104 приблизно до рівня насичення з використанням пристрою 100 магнітного насичення магнітне насичення зразка PCD 104 може бути виміряне з використанням приладу 120 вимірювання магнітного насичення. Прилад 120 вимірювання магнітного насичення включає в себе вимірювальну котушку 122 Гельмгольца, що обмежує канал, розміри якого дозволяють помістити в ньому на тримачі 124 зразка намагнічений зразок PCD 104. Будучи вміщеним в канал тримача 124 зразка, підтримуючий намагнічений зразок PCD 104, може переміщатися аксіально вздовж напрямку осі 126 з метою індукувати струм у вимірювальній котушці 122 Гельмгольца. Вимірювальний прилад 128 з'єднується з вимірювальною котушкою 122 Гельмгольца і пристосований для розра-

хунку магнітного насичення на основі вимірюючого амперажу, що проходить через вимірювальну котушку 122 Гельмгольца. Вимірювальний прилад 128 може також бути пристосований для розрахунку вагової частки магнітного матеріалу в зразку PCD 104 в той час, коли відомі хімічний склад і магнітні характеристики розчинювального металевго каталізатора в зразку PCD 104, як такого, що містить залізо, нікель, кобальт і їх сплави. Питоме магнітне насичення може бути обчислене на основі обчисленого магнітного насичення і вимірюної ваги зразка PCD 104.

Кількість розчинювального металевго каталізатора в зразку PCD 104 може визначатися з використання ряду різних аналітичних методів. Наприклад, енергодисперсійний рентгенівський аналіз (тобто, ЕДРА), хвильовий дисперсійний рентгенівський аналіз (тобто, ХДРА) і/або спектроскопія резерфордівського розсіювання швидких іонів можуть застосовуватися для визначення розчинювального металевго каталізатора в зразку PCD 104.

При бажанні стала питомого магнітного насичення розчинювального металевго каталізатора, що міститься в зразку PCD 104, може визначатися з використанням ітеративного підходу. Величина сталої питомого магнітного насичення розчинювального металевго каталізатора в зразку PCD 104 може ітеративно вибиратися доти, доки вміст розчинювального металевго каталізатора, обчислений за допомогою аналітичної програми приладу KOERZIMAT CS 1.096 з використанням вибраного значення, по суті не співпадає із вмістом розчинювального металевго каталізатора, визначеним за допомогою аналітичної техніки, такої як енергетичний дисперсійний рентгенівський аналіз, хвильовий дисперсійний рентгенівський аналіз і/або спектроскопія резерфордівського розсіювання швидких іонів.

На фіг. 2 показана схема 200 приладу для вимірювання коерцитивності, пристосована для визначення коерцитивності зразка PCD. Прилад 200 для вимірювання коерцитивності включає в себе вимірювальний електронний прилад 204, з'єднаний з котушкою 202. Вимірювальний електронний прилад 204 пристосований для пропускання струму через котушку 202 так, щоб генерувати магнітне поле. Тримач 206 зразка, з розміщенням на йому чином PCD 208, може бути вміщений всередині котушки 202. Датчик 210 намагнічування, пристосований для вимірювання намагнічування зразка 208 PCD, може бути з'єднаний з вимірювальним електронним приладом 204 і поміщений поруч із зразком 208 PCD.

Під час випробувань магнітне поле, що генерується котушкою 202, намагнічує зразок 208 PCD приблизно до рівня насичення. Потім вимірювальний електронний прилад 204 прикладає струм, так, що магнітне поле, генероване котушкою 202, у все більшій мірі інвертується. Датчик 210 намагнічування вимірює намагнічування зразка 208 PCD, викликане інвертованим магнітним полем в зразку 208 PCD. Вимірювальний електронний прилад 204 визначає коерцитивність зразка 208 PCD, що є результатом вимірювання інвертованого магнітно-

го поля, при якому намагніченість зразка 208 PCD дорівнює нулю. Варіанти реалізації способів виготовлення PCD

PCD може бути сформований шляхом спікання маси з множини алмазних частинок в присутності розчинювального металевго каталізатора. Алмазні частинки можуть мати середній розмір частинок приблизно 50 мкм або менший, такий як приблизно 30 мкм або менший, приблизно 20 мкм або менший, від приблизно 10 мкм до приблизно 18 мкм, або від приблизно 15 мкм до приблизно 18 мкм. У деяких варіантах реалізації середній розмір алмазних частинок може складати приблизно 10 мкм або менше, від приблизно 2 мкм до приблизно 5 мкм або субмікронний розмір.

У цьому варіанті реалізації алмазні частинки маси алмазних частинок можуть містити відносно більший розмір і щонайменше один відносно менший розмір. Застосовувані тут фрази «відносно більший» і «відносно менший» стосуються розмірів частинок (при будь-якому прийнятному способі), які розрізняються щонайменше в два рази (наприклад, 30 мкм і 15 мкм). Згідно з різними варіантами реалізації маса алмазних частинок може включати в себе частину, що має відносно більший розмір (наприклад, 30 мкм, 20 мкм, 15 мкм, 12 мкм, 10 мкм, 8 мкм), і іншу частину, що має щонайменше один відносно менший розмір (наприклад, 6 мкм, 5 мкм, 4 мкм, 3 мкм, 2 мкм, 1 мкм, 0,5 мкм, менше 0,5 мкм, 0,1 мкм, менше 0,1 мкм). У одному варіанті реалізації маса алмазних частинок може включати в себе частину, що має відносно великі розміри від приблизно 10 мкм до приблизно 40 мкм, і іншу частину, що має відносно менші розміри від приблизно 1 мкм до 4 мкм. У деяких варіантах реалізації маса алмазних частинок містить три або більше різних розмірів (наприклад, один відносно більший розмір і два або більше відносно менших розмірів) без обмеження.

Зазначено, що розміри спечених алмазних зерен можуть відрізнятися від середнього розміру частинок в масі алмазних частинок перед спіканням за рахунок різних фізичних процесів, таких як ріст зерна, руйнування алмазних частинок, вуглецю, отриманого з іншого джерела вуглецю (наприклад, вуглецю, розчиненого в розчинювальному металевому каталізаторі) або поєднання перерахованого. Розчинюваний металевий каталізатор (наприклад, залізо, нікель, кобальт або їх сплави) може бути представлений в формі частинок, змішаних з алмазними частинками, в формі тонкої фольги або пластини, поміщеній поруч з масою алмазних частинок, з підкладки з твердого сплаву, що включає в себе розчинюваний металевий каталізатор, або в формі поєднання вищезгаданого.

Для ефективного спікання маси алмазних частинок ця маса може бути поміщена в середовище, яке передає тиск, таке як вогнетривка металева склянка, графітова структура, пірофіліт і/або інша прийнятна передаюча тиск структура для формування вузла комірки. Приклади прийнятних прокладних матеріалів і конструкцій комірок, призначених для використання при виготовленні PCD, описані в Патенті США № 6338754 і в патентній заявці США № 11/545929, кожен з яких повністю

включений сюди як посилання. Іншим прикладом передаючого тиск матеріалу є пірофіліт, який постачає в промислових масштабах фірма Wonderstone Ltd. з Південної Африки. Вузол комірки, що включає передаюче тиск середовище і масу алмазних частинок в ній, піддається процесу НРНТ з використанням преса надвисокого тиску при температурі не менше приблизно 1000 °C (наприклад, від приблизно 1100 °C до приблизно 2200 °C, або від приблизно 1200 °C до приблизно 1450 °C) і тиску в середовищі, яке передає тиск, що складає приблизно 7,5 ГПа (наприклад, від приблизно 7,5 ГПа до приблизно 15 ГПа), протягом часу, достатнього для спікання алмазних частинок між собою в присутності розчинювального металевго каталізатора і формування PCD, що містить зв'язані алмазні зерна, що обмежують проміжні ділянки, зайняті розчинювальним металевим каталізатором. Наприклад, тиск в середовищі, яке передає тиск, що застосовується в процесі НРНТ, може складати щонайменше приблизно 8,0 ГПа, щонайменше приблизно 9,0 ГПа, щонайменше приблизно 10 ГПа, щонайменше приблизно 11,0 ГПа, щонайменше приблизно 12,0 ГПа або щонайменше приблизно 14 ГПа.

Значення тиску, що застосовується в процесах НРНТ, описаних тут, стосуються тиску в середовищі, яке передає тиск при кімнатній температурі (наприклад, приблизно 25 °C) при прикладанні тиску з використанням преса надвисокого тиску, але не до тиску, прикладеного зовні до вузла комірки. Фактичний тиск в середовищі, яке передає тиск при температурі спікання може бути трохи вищим. Прес надвисокого тиску може бути відкалібрований при кімнатній температурі шляхом занурення щонайменше одного калібрувального матеріалу, що змінює структуру при відомому тиску, такого як PbTe, талій, барій або вісмут, в середовище, яке передає тиск. Далі, додатково, в щонайменше одному калібрувальному матеріалі на основі зміни фази в ньому може бути виміряна зміна опору. Наприклад, PbTe демонструє зміну фази при кімнатній температурі при тиску приблизно 6,0 ГПа, і вісмут демонструє зміну фази при кімнатній температурі при тиску приблизно 7,7 ГПа. Приклади прийнятих способів калібрування тиску описані в роботі G. Rousse, S. Klotz, A.M. Saitta, J. Rodriguez-Carvajal, M.I. McMahon, B. Couzinet і M. Mezouar, «Structure of Intermediate Phase of PbTe at High Pressure», *Physical Review B: Condensed Matter and Materials Physics*, 71, 224116 (2005), і D.L. Decker, W.A. Bassett, G. Merrill, H.T. Hall і J.D. Barnett, «High-Pressure Calibration: A Critical Review», *J. Phys.Chem. Ref. Data*, 1, 3 (1972).

У цьому варіанті реалізації тиск, що дорівнює щонайменше приблизно 7,5 ГПа в середовищі, яке передає тиск, може генеруватися шляхом прикладання тиску до кубічного вузла комірки, що містить в собі масу алмазних частинок, які повинні спікатися з використанням ковадел, причому кожне ковадло прикладає тиск до іншої поверхні кубічного вузла комірки. У такому варіанті реалізації площа поверхні кожного з ковадел може бути вибірково підібрана для полегшення прикладання тиску, що дорівнює щонайменше приблизно 7,5 ГПа, до ма-

си алмазних частинок, що піддаються спіканню. Наприклад, площа поверхні кожного ковадла може бути менше приблизно 12 см², такою як від приблизно 8 см² до 10 см². Ковадла можуть бути виконані з твердого сплаву з карбиду вольфраму з кобальтовою зв'язкою або іншого матеріалу, що має достатню міцність на стиснення, щоб сприяти зменшенню їх пошкодження при повторному використанні в умовах широкомасштабного промислового виробництва. Додатково, як альтернатива або в доповнення до вибіркового встановлення площі поверхні кожного ковадла, два або більше внутрішні ковадла можуть бути вбудовані в кубічний вузол комірки високого тиску для подальшої інтенсифікації тиску. Наприклад, сюди повністю включена стаття W. Utsumi, N. Toyama, S. Endo і F.E. Fujita «X-ray diffraction under ultrahigh pressure generated with sintered diamond anvils», *J. Appl. Phys.*, 60, 2201 (1986), як посилання, яке показує, що ковадла із спеченого алмазу можуть бути вбудовані в кубічне середовище, яке передає тиск, для інтенсифікації тиску, прикладеного пресом надвисокого тиску до виробу, що обробляється, також вбудованого в кубічне середовище, яке передає тиск.

Варіанти реалізації PDC і способи виготовлення PDC.

Як показано на фіг. 3А, варіанти реалізації PCD можуть застосовуватися в PDC для різання, в підшипниках або багатьох інших застосуваннях. На фіг. 3А показаний вигляд в поперечному перерізі варіанта реалізації PDC 300. PDC 300 включає в себе підкладку 302, з'єднану з шаром 304 PCD. Шар 304 PCD може бути сформований з PCD згідно з будь-яким варіантом реалізації, описаним тут. Шар 304 PCD демонструє щонайменше одну робочу поверхню 306 і щонайменше один поперечний розмір «d» (наприклад, діаметр). Хоча фіг. 3А показує робочу поверхню 306 як по суті плоску, робоча поверхня 306 може бути увігнутою, опуклою або має іншу форму, що не є плоскою. Підкладка 302 може бути загалом циліндричною або мати іншу вибрану конфігурацію без обмеження. Хоч на фіг. 3А показана гранична поверхня 308 підкладки 302 як по суті плоска, гранична поверхня 308 може демонструвати топографію, що не є плоскою, таку як рифлена, ребриста або інша гранична поверхня, що не є плоскою. Підкладка 302 може включати в себе без обмеження тверді сплави, такі як карбід вольфраму, карбід титану, карбід хрому, карбід ніобію, карбід танталу, карбід ванадію або їх поєднання, зі зв'язкою із заліза, нікелю, кобальту або їх сплавів. Наприклад, в одному варіанті реалізації підкладка 302 містить карбід вольфраму зі зв'язкою з кобальту.

На фіг. 4 схематично проілюстрований варіант реалізації способу виготовлення PDC 300, показаного на фіг. 3А. Як показано на фіг. 4, маса 400 алмазних частинок, що мають будь-який із згаданих вище середніх розмірів частинок і їх розподілу (наприклад, при середньому розмірі частинок приблизно 50 мкм або менше), поміщається біля граничної поверхні 308 підкладки 302. Як показано раніше, підкладка 302 може включати в себе розчинюваний металевий каталізатор. Маса алмазних

частинок 400 і підкладка 302 можуть бути піддані процесу НРНТ з використанням умов, описаних раніше відносно спікання варіантів реалізації PCD, описаних тут. Сформований таким чином PDC 300 включає в себе шар 304 PCD, сформований за будь-яким з варіантів реалізації PCD, описаному тут, виконаний як одне ціле з підкладкою 302 і з'єднаний з граничною поверхнею 308 підкладки 302. У випадку, якщо підкладка 302 включає в себе розчинюваний металевий каталізатор, розчинюваний металевий каталізатор може розплавлятися і просочуватися в масу алмазних частинок 400 для того, щоб сприяти зростанню між сусідніми алмазними частинками маси алмазних частинок 400 для формування шару 304 PCD, що містить тіло з пов'язаних алмазних зерен, що має інфільтрований розчинюваний металевий каталізатор, який знаходиться в проміжках між зв'язаними алмазними зернами. Наприклад, у випадку, якщо підкладка 302 поміщена на підкладці з твердого сплаву з карбиду вольфраму з кобальтовою зв'язкою, кобальт з підкладки 302 може розплавлятися і просочуватися в масу алмазних частинок 400 для каталізу формування шару 304 PCD.

Застосовуючи вибрані розміри поверхні ковадел і/або внутрішніх ковадел в пресі надвисокого тиску, які мають вибрані розміри, що використовуються для обробки маси 400 алмазних частинок і підкладки 302, забезпечується формування щонайменше одного поперечного розміру «d» шару 304 PCD, що дорівнює приблизно 0,80 см або більше. Як показано також на фіг. 3А, наприклад, щонайменше один поперечний розмір «d» може складати від приблизно 0,80 см до приблизно 3,0 см і в деяких варіантах реалізації від приблизно 1,3 см до приблизно 1,9 см або від приблизно 1,6 см до приблизно 1,9 див. Представницький об'єм шару 304 PCD (або будь-якого виробу PCD, виготовленого згідно з приведеним описом), сформованого з використанням поверхні ковадел і/або внутрішніх ковадел, що мають вибрані розміри, може складати щонайменше приблизно 0,050 см³. Наприклад, об'єм може складати від приблизно 0,25 см³ до не менше ніж приблизно 1,25 см³, або від приблизно 0,1 см³ до не менше ніж приблизно 0,70 см³. Показовий об'єм 300 PDC може складати від приблизно 0,4 см³ до не менше ніж приблизно 4,6 см³, такий як від приблизно 1,1 см³ до не менше ніж приблизно 2,3 см³.

У інших варіантах реалізації шар PCD згідно з варіантом реалізації може бути сформований окремо з використанням процесу спікання НРНТ і потім з'єднаний з граничною поверхнею 308 підкладки 302 шляхом паяння, використовуючи окремий процес з'єднання НРНТ, або за допомогою будь-якого іншого прийнятного способу з'єднання, без обмежень. І ще в одному варіанті реалізації підкладка може бути сформована шляхом нанесення карбиду без зв'язуючого (наприклад, карбиду вольфраму) шляхом осадження з парової фази на окремо сформований шар PCD.

У будь-якому з варіантів реалізації, описаних тут, по суті весь або певна частина розчинюваного металевого каталізатора може бути видалена (наприклад, шляхом травлення) з шару PCD. У цьому

варіанті реалізації розчинюваний металевий каталізатор в шарі PCD може бути видалений на задану глибину з щонайменше однієї зовнішньої робочої поверхні (наприклад, робочої поверхні 306 і/або бічної робочої поверхні шару 304 PCD), так що тільки частина проміжних ділянок буде зайнята розчинювальним металевим каталізатором. Наприклад, по суті весь або певна частина розчинювального металевого каталізатора можуть бути видалені з шару 304 PCD, сформованого разом з PDC 300, на задану глибину з робочої поверхні 306.

У іншому варіанті реалізації шар PCD може бути виготовлений згідно з будь-яким з описаних варіантів реалізації в першому процесі НРНТ, підданий травленню з метою видалення по суті усього розчинюваного металевого каталізатора з проміжних ділянок між зв'язаними алмазними зернами і потім з'єднаний з підкладкою у другому процесі НРНТ. У другому процесі НРНТ інфільтрат з, наприклад, підкладки з твердого сплаву може просочуватися в проміжні ділянки, з яких видалений розчинюваний металевий каталізатор. Наприклад, інфільтрат може бути кобальтом, який надходить з підкладки з твердого сплаву з карбиду вольфраму на кобальтовій зв'язці. У одному варіанті реалізації перший і/або другий процес НРНТ може бути виконаний під тиском щонайменше приблизно 7,5 ГПа. У одному варіанті реалізації інфільтрат може бути виділений з просоченого шару PCD з використанням другого процесу травлення, що йде після другого процесу НРНТ.

У деяких варіантах реалізації тиск, прикладений в ході процесу НРНТ, що використовується для виготовлення PDC 300, може бути достатнім для зменшення залишкових напружень в шарі 304 PCD, які розвиваються в ході процесу НРНТ за рахунок незбіжності теплового розширення між підкладкою 302 і шаром 304 PCD. У такому варіанті реалізації головне напруження, виміряне на робочій поверхні 306 в PDC 300, може демонструвати значення від приблизно -345 МПа до приблизно 0 МПа, таке як приблизно -289 МПа. Наприклад, головне напруження, виміряне на робочій поверхні 306, може демонструвати значення від приблизно -345 МПа до приблизно 0 МПа. Звичайний PDC, виготовлений з використанням процесу НРНТ при тиску нижче приблизно 7,5 ГПа, може мати шар PCD, що демонструє головне напруження на його робочій поверхні, що дорівнює від приблизно -1724 МПа до приблизно -414 МПа, таке як приблизно -770 МПа.

Залишкове напруження може бути виміряне на робочій поверхні 306 шару 304 PCD в PDC 300 так, як це описано в роботі T.P. Lin, M. Hood, G.A. Cooper і R.H. Smith, «Residual stresses in polycrystalline diamond compacts», J. Am. Ceram. Soc. 77, 6, 1562-1568 (1994). Зокрема, залишкове напруження може бути виміряне за допомогою багаторешітчастого тензодатчика, з'єднаного з робочою поверхнею 306. Таке напруження може бути виміряне для різних рівнів видалення підкладки 302 (наприклад, тоді, коли матеріал видаляється із задньої сторони підкладки 302). Залишкове напруження

можна обчислити на основі виміряних показників залишкового напруження.

На фіг. 3В показано графічне зображення залишків залишкового головного напруження від товщини підкладки, яка була виміряна в шарі PCD з PDC, виготовленого під тиском, що перевищує приблизно 7,5 ГПа згідно з варіантом реалізації винаходу, і в шарі PCD звичайним чином виконаного PDC. Залишкове головне напруження було визначене з використанням техніки, описаної в згаданій вище статті Lin і інш. Крива 310 показує виміряне залишкове головне напруження на робочій поверхні PDC, виготовленого під тиском, що перевищує приблизно 7,5 ГПа. PDC, який був виготовлений під тиском понад приблизно 7,5 ГПа, має розмір по товщині приблизно 1 мм, і підкладка має розмір по товщині приблизно 7 мм і діаметр приблизно 13 мм. Крива 312 демонструє виміряне залишкове головне напруження на робочій поверхні планшета PCD звичайного PDC, виготовленого під тиском нижче приблизно 7,5 ГПа. PDC, який був виготовлений під тиском нижче приблизно 7,5 ГПа, має розмір по товщині приблизно 1 мм, і підкладка має розмір по товщині приблизно 7 мм і діаметр приблизно 13 мм. Найбільше абсолютне значення залишкового головного напруження має місце при повній довжині підкладки приблизно 7 мм. Як показують криві 310 і 312, збільшення тиску, яке застосовується в процесі HPHT, що використовується для виготовлення PDC, вище приблизно 7,5 ГПа може зменшити найбільше абсолютне значення головного залишкового напруження в шарі PCD приблизно на 60 % в порівнянні з виготовленням звичайним чином PDC. Наприклад, при повній довжині підкладки абсолютне значення головного залишкового напруження в шарі PCD, виготовленому під тиском понад приблизно 7,5 ГПа, приблизно на 60 % менше абсолютних значення головного залишкового напруження в планшеті PCD виготовленого звичайним чином PDC.

Наступні робочі приклади представляють додаткові подробиці відносно магнітних властивостей шарів PCD в PDC, виготовлених згідно з принципами деяких з конкретних варіантів реалізації винаходу. Магнітні властивості кожного шару PCD, перераховані в таблицях I-IV, були виміряні з використанням приладу KOERZIMAT CS 1.096. Прилад постачається в промислових масштабах фірмою Foerster Instruments, Пітсбург, шт. Пенсільванія. Питоме магнітне насичення кожного шару PCD вимірювали згідно ASTM B886-03 (2008)

і коерцитивність кожного шару PCD вимірювали згідно ASTM B887-03 (2008) е1 з використанням приладу KOERZIMAT CS 1.096. Вміст розчинювального металевго каталізатора на основі кобальту в підданих випробуванням шарах PCD визначали з використанням енергорозсіюваної спектроскопії і резерфордівської спектроскопії. Стала питомого магнітного насичення для розчинювального металевго каталізатора на основі кобальту була визначена такою, що дорівнює приблизно $201 \text{ Г} \cdot \text{см}^3/\text{г}$ з використанням повторного аналізу, як було описано раніше. Коли значення $201 \text{ Г} \cdot \text{см}^3/\text{г}$ було використане як стала питомого магнітного насичення для розчинювального металевго каталізатора на основі кобальту, розрахована кількість каталізатора на основі кобальту в підданих випробуванням шарах PCD, отримана з використанням програмного забезпечення приладу KOERZIMAT CS 1.096, по суті співпадає з результатами вимірювань з використанням енергорозсіюваної спектроскопії і резерфордівської спектроскопії.

У таблиці I нижче перераховуються шари PCD, які були виготовлені згідно з принципами деяких варіантів реалізації корисної моделі, розглянутих вище. Кожен шар PCD був виготовлений шляхом вміщення маси алмазних частинок, що мають вказані середні розміри алмазних частинок, поруч з підкладкою з твердого сплаву з карбиду вольфраму з кобальтовою зв'язкою в контейнері з ніобію, помістивши контейнер в середовище комірки високого тиску і піддавши середовище комірки високого тиску і контейнер, що знаходиться в ній, процесу HPHT з використанням кубічного преса HPHT для формування шару PCD, з'єднаного з підкладкою. Площа поверхні кожного ковадла преса HPHT і тиск в гідравлічній лінії, що використовується для приводу ковадел, були вибрані так, щоб тиск при спіканні склав щонайменше 7,8 ГПа. Температура в процесі HPHT склала приблизно 1400°C , і тиск при спіканні склав щонайменше приблизно 7,8 ГПа. Значення тиску при спіканні, перераховані в таблиці I, стосуються тиску в середовищі комірки високого тиску при кімнатній температурі, і фактичні значення тиску при спіканні при температурі спікання, як вважають, повинні бути вищими. Після процесу HPHT шар PCD відділили від підкладки шляхом сточування підкладки. Однак підкладка може також бути видалена за допомогою електроерозійної обробки або іншого прийнятного способу.

Таблиця I

Окремі магнітні властивості шарів PCD, виготовлених згідно з варіантами реалізації корисної моделі

	Середній розмір алмазних частинок, мкм	Тиск при спіканні, ГПа	Питоме магнітне насичення, Г·см ³ /г	Розрахункова вага Со, вагові %	Коерцитивність, Е	Питома проникність, Г·см ³ /г·Е
1	20	7,8	11,15	5,549	130,2	0,08564
2	19	7,8	11,64	5,792	170,0	0,06847
3	19	7,8	11,85	5,899	157,9	0,07505
4	19	7,8	11,15	5,550	170,9	0,06524
5	19	7,8	11,43	5,689	163,6	0,06987
6	19	7,8	10,67	5,150	146,9	0,07263
7	19	7,8	10,76	5,357	152,3	0,07065
8	19	7,8	10,22	5,087	145,2	0,07039
9	19	7,8	10,12	5,041	156,6	0,06462
10	19	7,8	10,72	5,549	137,1	0,07819
11	11	7,8	12,52	6,229	135,3	0,09254
12	11	7,8	12,78	6,362	130,5	0,09793
13	11	7,8	12,69	6,315	134,6	0,09428
14	11	7,8	13,20	6,569	131,6	0,1003

У таблиці II нижче перераховуються звичайні шари PCD, які були виготовлені. Кожен шар PCD, перерахований в таблиці II, був виготовлений шляхом приміщення маси алмазних частинок, що мають вказані середні розміри алмазних частинок, поруч з підкладкою з твердого сплаву з карбиду вольфраму з кобальтовою зв'язкою в контейнері з ніобію, помістивши контейнер в середовище комірки високого тиску і піддавши середовище комірки високого тиску і контейнер, що знаходиться в ній, процесу НРНТ з використанням кубічного преса НРНТ для формування шару PCD, з'єднаного з підкладкою. Площа поверхні кожного ковадла преса НРНТ і тиск в гідравлічній лінії, що використо-

ується для приводу ковадел, були вибрані так, щоб тиск спікання склав приблизно 4,6 ГПа. За винятком зразків 15, 16, 18 і 19, які були піддані впливу температури приблизно 1430 °С, температура процесу НРНТ складала приблизно 1400 °С, і тиск спікання складав приблизно 4,6 ГПа. Значення тиску спікання, перераховані в таблиці II, стосуються тиску в середовищі комірки високого тиску при кімнатній температурі. Після процесу НРНТ шар PCD був відділений від підкладки з твердого сплаву з карбиду вольфраму з кобальтовою зв'язкою шляхом сточування підкладки з твердого сплаву з карбиду вольфраму з кобальтовою зв'язкою.

Таблиця II

Окремі магнітні властивості шарів PCD, виготовлених згідно з варіантами реалізації корисної моделі

	Середній розмір алмазних частинок, мкм	Тиск при спіканні, ГПа	Питоме магнітне насичення, Г·см ³ /г	Розрахункова вага Со, вагові %	Коерцитивність, Е	Питома проникність, Г·см ³ /г·Е
15	20	4,61	19,30	9,605	94,64	0,2039
16	20	4,61	19,52	9,712	96,75	0,2018
17	20	4,61	19,87	9,889	94,60	0,2100
18	20	5,08	18,61	9,260	94,94	0,1960
19	20	5,08	18,21	9,061	100,4	0,1814
20	20	5,86	16,97	8,452	108,3	0,1567
21	20	4,61	17,17	8,543	102,0	0,1683
22	20	4,61	17,57	8,745	104,9	0,1675
23	20	5,08	16,10	8,014	111,2	0,1448
24	20	5,08	16,79	8,357	107,1	0,1568

Як показано в таблицях I і II, звичайні шари PCD, перераховані в таблиці II, демонструють вищий вміст кобальту, ніж в шарах PCD, перерахованих в таблиці I, що показує відносно вищі зна-

чення питомого магнітного насичення. Крім того, звичайні шари PCD, перераховані в таблиці II, демонструють нижчу коерцитивність, що означає відносно велику середню довжину шляху між ал-

мазними зернами, і, таким чином, можуть означати відносно менший зв'язок алмазу з алмазом в алмазних зернах. Таким чином, шари PCD згідно з прикладами корисної моделі, перерахованими в таблиці I, можуть демонструвати значно менший вміст кобальту і меншу середню довжину шляху в

алмазних зернах в порівнянні з шарами PCD, перерахованими в таблиці II.

Нижче в таблиці III перераховані звичайні шари PCD, які були отримані в PDC. Кожен шар PCD, перерахований в таблиці III, був відділений від підкладки з твердого сплаву з карбіду вольфраму з кобальтовою зв'язкою шляхом сточування.

Таблиця III

Окремі магнітні властивості шарів PCD

	Питоме магнітне насичення, Г·см ³ /г	Розрахункова вага Co, вагові %	Коерцитивність, Е	Питома проникність, Г·см ³ /г·Е
25	17,23	8,572	140,4	0,1227
26	16,06	7,991	150,2	0,1069
27	15,19	7,560	146,1	0,1040
28	17,30	8,610	143,2	0,1208
29	17,13	8,523	152,1	0,1126
30	17,00	8,458	142,5	0,1193
31	17,08	8,498	147,2	0,1160
32	16,10	8,011	144,1	0,1117

Нижче в таблиці IV перераховані звичайні шари PCD, які були отримані в PDC. Кожен шар PCD, перерахований в таблиці IV, був відділений від підкладки з твердого сплаву з карбіду вольфраму з кобальтовою зв'язкою шляхом сточування підкладки. Кожен шар PCD, перерахований в таблиці IV і підданий випробуванням, має протравлену ділянку, з якої був видалений кобальт, і не протравлена ділянка, в якій кобальт знаходиться в проміжках між зв'язаними алмазними зернами. Протравлена ділянка не була видалена. Однак для

визначення питомого магнітного насичення і коерцитивності не протравленої ділянки шару PCD, що має розчинюваний металевий каталізатор, який займає в ньому проміжні ділянки, протравлену ділянку може бути сточена, так що залишається тільки не протравлена ділянка в шарі PCD. Очікується, що протравлена ділянка повинна мати знижене питоме магнітне насичення, а коерцитивність вищу, ніж у випадку, якщо протравлена ділянка була видалена і випробуванням піддана не протравлену ділянку.

Таблиця IV

Окремі магнітні властивості деяких звичайних протравлених шарів PCD

	Питоме магнітне насичення, Г·см ³ /г	Розрахункова вага Co, вагові %	Коерцитивність, Е	Питома проникність, Г·см ³ /г·Е
33	17,12	8,471	143,8	0,1191
34	13,62	6,777	137,3	0,09920
35	15,87	7,897	140,1	0,1133
36	12,95	6,443	145,5	0,0890
37	13,89	6,914	142,0	0,09782
38	13,96	6,946	146,9	0,09503
39	13,67	6,863	133,8	0,1022
40	12,80	6,369	146,3	0,08749

Як показано в таблицях I, III і IV, звичайні шари PCD, перераховані в таблицях III і IV, демонструють вищий вміст кобальту, ніж в шарах PCD, перерахованих в таблиці I, що показує відносно вищі значення питомого магнітного насичення. Автори корисної моделі вважають, що це є результатом того, що шари PCD, перераховані в таблицях III і IV, сформовані шляхом спікання алмазних частинок, що мають відносно вищий процентний вміст алмазних частинок, ніж склади з алмазних частинок, що використовуються для виготовлення шарів PCD, перерахованих в таблиці I.

Варіанти реалізації застосування PCD і PDC

Описані варіанти реалізації PCD і PDC можуть використовуватися в ряді різних галузей застосування, включаючи, але не обмежуючись ними, використання в долотах обертального буріння (фіг. 5A і 5B), пристроях упорного підшипника (фіг. 6), радіально-упорного підшипника (фіг. 7), підземній буровій системі (фіг. 8) і волоці для волочення дроту (фіг. 9). Різні галузі застосування, розглянуті вище, є просто окремими прикладами застосування, в яких можуть використовуватися варіанти реалізації PCD і PDC. Розглядаються і інші галузі застосування, такі як використання описаних варі-

антів реалізації PCD і PDC в інструментах для ротаційного зварювання тертям.

На фіг. 5A показаний ізометричний вигляд і на фіг. 5B показаний вигляд зверху варіанту реалізації долота 500 обертального буріння. Долото 500 обертального буріння включає в себе щонайменше один PDC, конфігурований згідно з будь-яким з описаних раніше варіантів реалізації PDC. Долото 500 обертального буріння містить тіло 502 долота, яке включає в себе леза 504, що ідуть радіально і подовжньо, з ведучими поверхнями 506, і різьбове штифтове з'єднання 508, призначене для з'єднання тіла 502 долота з буровою колоною. Тіло 502 долота обмежує ведучу кінцеву структуру, призначену для буріння підземного пласта шляхом обертання навколо подовжньої осі 510 і прикладання навантаження на долото. Щонайменше один різальний елемент PDC, виконаний згідно з будь-яким з описаних раніше варіантів реалізації PDC (наприклад, PDC 300, показаний на фіг. 3A), може бути прикріплений до тіла 502 долота. Як показано на фіг. 5B, множина PDC 512 кріпляться до лез 504. Наприклад, кожен PDC 512 можуть без обмежень містити шар PCD 514, зв'язаний з підкладкою 516. Як правило, PDC 512 можуть містити будь-який PDC, описаний тут, без обмежень. Крім того, при бажанні в деяких варіантах реалізації ряд PDC 512 можуть бути звичайними по пристрою. Крім того, прилеглі по колу леза 504 обмежують так звані отвори, що знаходяться між ними 518 в долоті для винесення бурового шламу, відомі в техніці. Крім того, долото 500 обертального буріння, що обертається, може включати в себе декілька випускних порожнин 520, призначених для подачі бурового розчину з внутрішньої частини долота 500 обертального буріння, що обертається, до PDC 512.

На фіг. 5A і 5B просто зображений варіант реалізації долота обертального буріння, в якому використовується щонайменше один різальний елемент, що містить PDC, виготовлений і сконструйований згідно з описаними варіантами реалізації без обмежень. Долото 500 обертального буріння використовується для того, щоб представити будь-яке бурове обладнання або інструмент для свердлування, включаючи, наприклад, колонкові долота, шарошкові конічні долота, бурові долота із запресованими алмазними різцями, ексцентричні долота, біцентричні долота, розширювачі, крила розширювачів або будь-який інший свердловинний інструмент, що включає PDC, без обмежень.

Описані тут PCD і/або PDC (наприклад, PDC 300, показаний на фіг. 3A) можуть використовуватися в інших галузях застосування крім доліт обертального буріння. Наприклад, описані варіанти реалізації PDC можуть використовуватися в пристроях упорного підшипника, радіально-упорного підшипника, волоках для волочіння дроту, штучних суглобах, елементах для металообробки і поглиначач тепла.

На фіг. 6 показаний ізометричний вигляд з вирізом варіанту реалізації пристрою упорного підшипника 600, в якому можуть використовуватися будь-які з описаних варіантів реалізації PDC як

несучі елементи. Пристрій 600 упорного підшипника включає в себе відповідні упорні вузли 602. Кожен упорний вузол 602 включає в себе кільцеве опорне кільце 604, яке може бути виготовлене з такого матеріалу як вуглецева сталь, неіржавіюча сталь або іншого прийнятного матеріалу. Кожне опорне кільце 604 включає в себе множину виїмок (не відмічені), в які вставляють відповідний несучий елемент 606. Кожен несучий елемент 606 може бути прикріплений до відповідного опорного кільця 604 всередині відповідної виїмки шляхом паяння, запресовування, з використанням кріпильних елементів або іншим прийнятним способом кріплення. Один або більше, або всі несучі елементи 606 можуть бути виконані згідно з будь-яким з описаних варіантів реалізації PDC. Наприклад, кожен несучий елемент 606 може включати в себе підкладку 608 і шар PCD 610, причому шар PCD включає в себе несучу поверхню 612.

У процесі застосування несучі поверхні 612 одного з упорних вузлів 602 впираються в протилежні несучі поверхні 612 іншого з несучих вузлів 602. Наприклад, один з упорних вузлів 602 може бути оперативно з'єднаний з валом для обертання разом з ним і може бути названий «ротором». Інший з упорних вузлів 602 може залишатися нерухомим і може бути названий «статором».

На фіг. 7 показаний ізометричний вигляд з вирізом варіанту реалізації пристрою радіально-упорного підшипника 700, в якому можуть використовуватися будь-які з описаних варіантів реалізації PDC як несучі елементи. Пристрій 700 радіально-упорного підшипника включає в себе внутрішню доріжку 702 кочення, поміщену, загалом, всередині зовнішньої доріжки 704 кочення. Зовнішня доріжка 704 кочення включає в себе декілька приєднаних до неї несучих елементів 706, що мають відповідні несучі поверхні 708. Внутрішня доріжка 702 кочення також включає в себе декілька приєднаних до неї несучих елементів 710, що мають відповідні несучі поверхні 712. Один або більше, або всі несучі елементи 706 і 710 можуть бути виконані згідно з будь-яким з описаних варіантів реалізації PDC. Внутрішня доріжка 702 розміщена, загалом, всередині зовнішньої доріжки 704, і, таким чином, внутрішня доріжка 702 і зовнішня доріжка 704 можуть бути виконані так, що несучі поверхні 708 і 712 можуть щонайменше частково стикатися один з одним і рухатися одна відносно одної, коли внутрішня доріжка 702 і зовнішня доріжка 704 повертаються одна відносно одної під час застосування.

Пристрій 700 радіально-упорного підшипника може застосовуватися в різних галузях механіки. Наприклад, так звані «шарошкові конічні» обертові долота можуть отримувати перевагу за рахунок описаного тут радіально-упорного підшипника. Зокрема, внутрішня доріжка 702 кочення може бути встановлена на шпинделі конічної шарошки, і зовнішня доріжка 704 кочення може бути встановлена у внутрішньому каналі, виконаному всередині конуса і таким чином, що зовнішня доріжка 704 і внутрішня доріжка 702 можуть бути зібрані для формування пристрою радіально-упорного підшипника.

Як показано на фіг. 8, упорний підшипник 600 і/або радіально-упорний підшипник 700 можуть бути включені до складу підземної бурової системи. На фіг. 8 показаний схематичний ізометричний вигляд з вирізом варіанту реалізації підземної бурової системи 800, що включає в себе пристрій 600 упорного підшипника, показаний на фіг. 6 згідно з іншим варіантом реалізації. Підземна бурова система 800 включає в себе кожух 802, що вміщує свердловинний буровий двигун 804 (тобто, мотор, турбіну або будь-який інший пристрій, здатний приводити у обертання вихідний вал), оперативно з'єднаний з вихідним валом 806. Перший пристрій 600₁ упорного підшипника (фіг. 6) оперативно з'єднаний зі свердловинним буровим мотором 804. Другий пристрій 600_г упорного підшипника (фіг. 6) оперативно з'єднаний з вихідним валом 806. Долото 808 оберտального буріння пристосоване для взаємодії з підземним пластом і долото в свердловині з'єднується з вихідним валом 806. Долото 808 оберտального буріння показане у вигляді конічного шарошечного долота, що включає в себе декілька конічних шарошок 810. Однак в інших варіантах реалізації можуть використовуватися інші види доліт оберտального буріння, такі як долото оберտального буріння з фіксованими різальними елементами, так зване «fixed-cutter», показане на фіг. 5А і 5В. По мірі буріння свердловини до підземної бурової системи 800 можуть приєднуватися трубні секції для формування бурової колони, здатної послідовно бурити свердловину на велику глибину в землі.

Перший з упорних вузлів 602 пристрою 600₁ упорного підшипника виконаний як статор, який не обертається, а другий виконаний як ротор, який з'єднаний з вихідним валом 806 і обертається разом з вихідним валом 806. Донний упор, що створюється в той час, коли бурове долото 808 взаємодіє з дном бурової свердловини, може сприйматися, щонайменше частково, першим пристроєм 600₁ упорного підшипника. Перший з упорних вузлів 602 пристрою 600₂ упорного підшипника виконаний як статор, який не приводиться у обертання, а другий виконаний як ротор, який прикріплений до вихідного вала 806 і обертається разом з

вихідним валом 806. Потік бурового розчину, що йде через силову частину свердловинного бурового мотора 804, може викликати так званий позадонний упор, який може сприйматися, щонайменше частково, другим пристроєм 600₂ упорного підшипника.

У процесі роботи буровий розчин може циркулювати через свердловинний буровий мотор 804 для створення крутного моменту і спричиняти обертання вихідного вала 806 і долота 808 обертального буріння, прикріпленого до нього, так, що можливо буріння бурової свердловини. Частина бурового розчину може також використовуватися для змазування протилежних несучих поверхонь несучих елементів 606 упорних вузлів 602.

На фіг. 9 показаний вигляд збоку в поперечному перерізі варіанту реалізації волоки для волочіння дроту 900, в якому застосовується PDC 902, виготовлений згідно з принципами, описаними тут. PDC 902 включає в себе внутрішню кільцеву ділянку 904 PCD, що містить будь-який з шарів PCD, описаних тут, з'єднаний із зовнішньою циліндричною підкладкою 906, яка може бути виконана з тих же матеріалів, що і підкладка 302, показана на фіг. 3А. Ділянка 904 PCD також включає в себе порожнину 908 волоки, виконану в ній і призначену для вміщення і формування дроту, що піддається волочінню. Волока 900 для волочіння дроту може бути вміщена в кожух (наприклад, кожух з неіржавіючої сталі), не показаний тут, для полегшення поводження з нею.

У процесі застосування дрот 910 діаметром «d₁» протягують через порожнину 908 волоки вздовж осі 912 волочіння дроту з метою зменшення діаметра дроту до зменшеного діаметра «d₂».

Хоча тут описані різні аспекти і варіанти реалізації, можливі інші аспекти і варіанти реалізації. Різні аспекти і варіанти реалізації, описані тут, приведені з метою ілюстрації і не є обмежувачими. Крім того, слова «що включає», «що має» і їх варіанти (наприклад, «включає» і «має»), що застосовуються тут, включаючи формулу корисної моделі, мають те ж значення, що і слово «що містить» і його варіанти (наприклад, «містить» і «містить»).

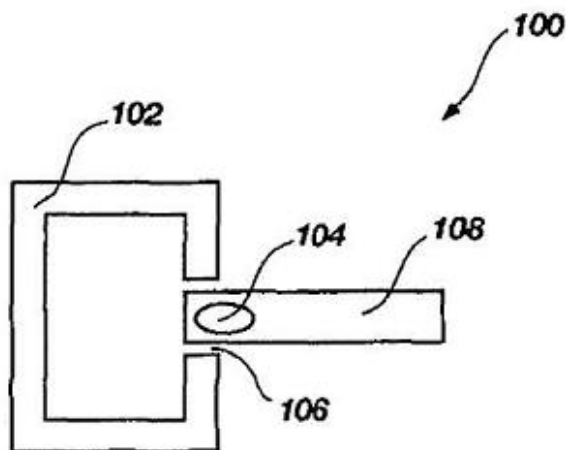


Fig. 1A

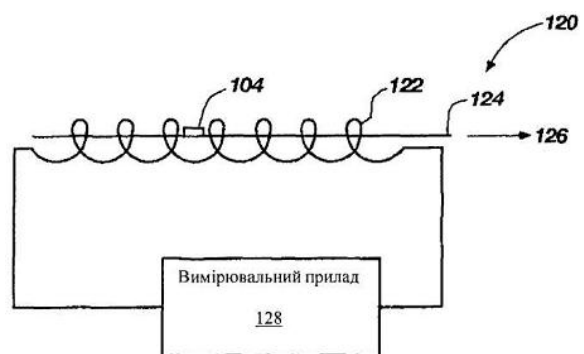
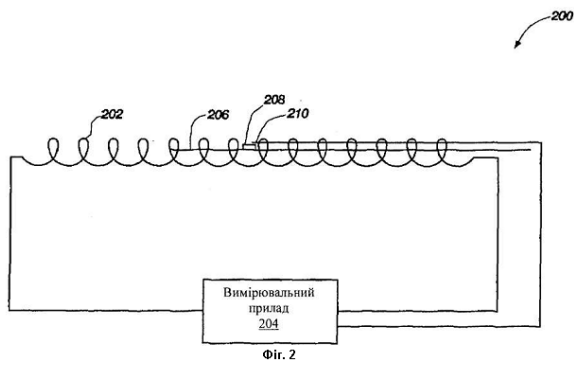


Fig. 1B

27



65081

28

