



УКРАЇНА

(19) UA (11) 93350 (13) C2
(51) МПК (2011.01)
E21B 10/46

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) БУРОВЕ ДОЛОТО

1

2

(21) a200612472

(22) 28.04.2005

(24) 10.02.2011

(86) PCT/US2005/014742, 28.04.2005

(31) 10/848,437

(32) 18.05.2004

(33) US

(31) 60/566,063

(32) 28.04.2004

(33) US

(46) 10.02.2011, Бюл.№ 3, 2011 р.

(72) МІРЧАНДАНІ ПРАКАШ К., US, ІСОН ДЖИММІ В., US, ОУКС ДЖЕЙМС ДЖ., US, ВЕСТХОФФ ДЖЕЙМС К., US, КОЛЛІНЗ ГЕБРИЕЛ Б., US, КОЛДВЕЛЛ СТІВЕН Г., US, СТІВЕНС ДЖОН Х., US, МОСКО АЛЬФРЕД ДЖ., US

(73) ТІ ДІ УАЙ ІНДАСТРІЗ, ІНК., US, БЕЙКЕР ХЬЮЗ ІНКОРПОРЕЙТЕД, US

(56) UA 6742, C2, 29.12.1994

UA 63469, C2, 15.01.2004

UA 23749, C2, 16.07.2001

WO 03049889, 19.06.2003

US 6287360, B1, 11.09.2009

(57) 1. Корпус бурового долота з нерухомими ріжучими елементами, виконаний зі спеченого матеріалу з металургійного порошку, що включає тверді частинки, які містять щонайменше один з наступних матеріалів: карбід, нітрид, борид, силіцид, оксид і їх тверді розчини і зв'язку, яка складає до 35% від маси металургійного порошку і яка містить щонайменше один метал, вибраний з кобальту, нікелю, заліза і їх сплавів.

2. Корпус за п. 1, в якому зв'язка має температуру плавлення в інтервалі від 1050 °C до 1350 °C.

3. Корпус за п. 1, в якому зв'язка додатково містить щонайменше один компонент, що знижує температуру плавлення, вибраний з щонайменше одного з наступних матеріалів: карбід перехідного металу, борид або силіцид з вмістом до 60 масових відсотків, перехідний метал з вмістом до 50 масових відсотків, бор з вмістом до 10 масових відсотків, кремній з вмістом до 20 масових відсотків, хром з вмістом до 20 масових відсотків і марганець з вмістом до 25 масових відсотків від загальної маси зв'язки.

4. Корпус за п. 1, в якому тверді частинки являють собою щонайменше одне з наступного: окремі одиночні кристали, полікристалічні частинки, твер-

ді розчини, полікристалічні частинки, які містять дві або більше фази, спечені гранули, що містять зв'язку, і спечені гранули без зв'язки.

5. Корпус за п. 1, в якому тверді частинки містять щонайменше один карбід перехідного металу, вибраний з карбіду титану, карбіду хрому, карбіду ванадію, карбіду цирконію, карбіду гафнію, карбіду танталу, карбіду молібдену, карбіду ніобію і карбіду вольфраму.

6. Корпус за п. 3, в якому компонент, що знижує температуру плавлення, являє собою щонайменше один з наступних матеріалів: карбід вольфраму, борид і силіцид з вмістом у діапазоні від 30 до 60 масових відсотків від загальної маси зв'язки.

7. Корпус за п. 1, в якому карбід являє собою щонайменше один карбід перехідного металу, вибраний з карбіду титану, карбіду хрому, карбіду ванадію, карбіду цирконію, карбіду гафнію, карбіду танталу, карбіду молібдену, карбіду ніобію і карбіду вольфраму.

8. Корпус за п.7, в якому карбід перехідного металу, який міститься у твердих частинках, являє собою карбід вольфраму.

9. Корпус за п. 8, у якому зв'язка додатково містить щонайменше один карбід перехідного металу, вибраний з карбіду титану, карбіду танталу, карбіду ніобію, карбіду хрому, карбіду молібдену, карбіду бору, карбіду вуглецю, карбіду кремнію і карбіду рутенію.

10. Корпус за п. 7, в якому концентрація карбіду перехідного металу в металургійному порошку перебуває в діапазоні від 30 до 99 об'ємних відсотків.

11. Корпус за п. 1, який додатково містить щонайменше одну вставку із цементованого карбіду, прикріплену до спеченого матеріалу.

12. Корпус за п. 11, в якому вставка із цементованого карбіду включає щонайменше одне гніздо для ріжучого елемента.

13. Корпус за п. 1, в якому зв'язка становить більше 20 об'ємних відсотків металургійного порошку.

14. Корпус долота за п. 13, в якому зв'язка становить від 20 до 60 об'ємних відсотків металургійного порошку.

15. Корпус долота за п. 13, в якому зв'язка становить від 20 до 50 об'ємних відсотків металургійного порошку.

(13) C2

(11) 93350

(19) UA

16. Корпус долота за п. 13, в якому зв'язка становить від 25 до 40 об'ємних відсотків металургійного порошку.

17. Корпус за п. 1, в якому тверді частинки містять кристали, що містять карбіди вольфраму, а зв'язка містить кобальт.

18. Корпус за п. 1, який додатково містить хвостовик з легованої сталі, прикріплений до спеченого матеріалу.

19. Корпус за п. 1, в якому спечений матеріал має опір поперечному розриву, що перевищує 300 фунт/кв. дюйм.

20. Корпус за п. 1, в якому спечений матеріал має опір поперечному розриву, що перевищує 280 фунт/кв. дюйм, і модуль Юнга, що перевищує 55000000 фунт/кв. дюйм.

21. Спосіб виготовлення корпусу долота з нерухомими ріжучими елементами, що включає наступні стадії:

ущільнення металургійного порошку для формування сирової, неспеченої заготовки, причому металургійний порошок містить множину твердих частинок, вибраних з групи, що складається з карбідів, нітридів, боридів, силіцидів, оксидів і їх твердих розчинів, і зв'язку, яка складає до 35 % від маси металургійного порошку і яка містить метал, вибраний з групи, яка складається з кобальту, нікелю, заліза і їх сплавів; формування корпусу долота з нерухомими ріжучими елементами, що по суті складається з композиційного матеріалу неспеченої заготовки.

22. Спосіб за п. 21, який додатково включає розміщення ріжучого елемента у гнізді, утвореному в сформованому корпусі долота.

23. Спосіб за п. 21, в якому формування корпусу долота додатково включає в себе попереднє спікання неспеченої заготовки для формування попередньо спеченої заготовки і спікання попередньо спеченої заготовки.

24. Спосіб за п. 23, який додатково включає в себе механічну обробку попередньо спеченої заготовки перед спіканням попередньо спеченої заготовки.

25. Спосіб за п. 23, який додатково включає в себе механічну обробку неспеченої заготовки перед попереднім спіканням неспеченої заготовки.

26. Спосіб за п. 25, який додатково включає в себе механічну обробку щонайменше одного гнізда для ріжучого елемента у неспеченій заготовці.

27. Спосіб за п. 21, в якому ущільнення металургійного порошку включає в себе пресування металургійного порошку.

28. Спосіб за п. 27, в якому пресування металургійного порошку включає в себе ізостатичне пресування металургійного порошку.

29. Спосіб за п. 21, в якому множина твердих частинок містить карбід перехідного металу, вибраний з групи, що складається з карбіду титану, карбіду хрому, карбіду ванадію, карбіду цирконію, карбіду гафнію, карбіду танталу, карбіду молібдену, карбіду ніобію і карбіду вольфраму.

30. Спосіб за п. 23, в якому спікання попередньо спеченої заготовки здійснюється під тиском 300-2000 фунт/кв. дюйм і при температурі 1350 °C-1500 °C.

31. Спосіб за п. 21, в якому металургійний порошок містить першу область, що має перший склад, і другу область, що має другий склад.

32. Спосіб за п. 21, який додатково включає в себе виконувати до ущільнення металургійного порошку розміщення першого складу металургійного порошку в першій області порожнини форми для неспеченої заготовки і розміщення другого складу металургійного порошку в другій області порожнини.

33. Спосіб за п. 21, який додатково включає в себе прикріплення хвостовика до корпусу долота.

34. Спосіб за п. 24, в якому механічна обробка включає в себе механічну обробку щонайменше одного гнізда для ріжучого елемента в попередньо спеченій заготовці.

35. Спосіб за п. 21, в якому сформований корпус долота має опір поперечному розриву, що перевищує 300 фунт/кв. дюйм.

36. Спосіб за п. 35, відповідно до якого модуль Юнга сформованого корпусу долота перевищує 55 000 000 фунт/кв. дюйм.

37. Спосіб виготовлення корпусу бурового долота з нерухомими ріжучими елементами, що включає наступні стадії:

ущільнення металургійного порошку для формування ущільненого порошку, причому металургійний порошок містить множину твердих частинок, вибраних з групи, що складається з карбідів, нітридів, боридів, силіцидів, оксидів і їх твердих розчинів і зв'язку, яка складає до 35 % від маси металургійного порошку і яка містить метал, вибраний із групи, яка складається з кобальту, нікелю, заліза і їхніх сплавів;

формування корпусу долота з нерухомими ріжучими елементами, який по суті складається з ущільненого порошку, що включає в себе щонайменше одну стадію спікання ущільненого порошку.

38. Спосіб за п. 37, який додатково включає в себе розміщення ріжучого елемента в гнізді, утвореному в сформованому корпусі долота.

39. Спосіб за п. 37, в якому формування корпусу долота включає в себе попереднє спікання ущільненого порошку для формування попередньо спеченої заготовки і спікання попередньо спеченої заготовки.

40. Спосіб за п. 39, який додатково включає в себе механічну обробку попередньо спеченої заготовки перед спіканням попередньо спеченої заготовки.

41. Спосіб за п. 37, в якому ущільнення металургійного порошку включає в себе пресування металургійного порошку.

42. Спосіб за п. 41, в якому пресування металургійного порошку включає в себе ізостатичне пресування металургійного порошку.

43. Спосіб за п. 37, в якому множина твердих частинок містить карбід перехідного металу, вибраний з групи, що складається з карбіду титану, карбіду хрому, карбіду ванадію, карбіду цирконію, карбіду гафнію, карбіду танталу, карбіду молібдену, карбіду ніобію і карбіду вольфраму.

44. Спосіб за п. 39, в якому спікання попередньо спеченої заготовки здійснюється під тиском 300-2000 фунт/кв. дюйм і при температурі 1350 °C-1500 °C.

45. Спосіб за п. 37, в якому металургійний порошок містить першу ділянку, що має перший склад, і другу ділянку, що має другий склад.

46. Спосіб за п. 37, який додатково включає в себе виконувати до ущільнення металургійного порошку розміщення першого складу металургійного порошку в першій області порожнини форми і розміщення другого складу металургійного порошку в другій області порожнини.

47. Спосіб за п. 37, який додатково включає в себе прикріплення хвостовика до корпусу долота.

48. Спосіб за п. 40, в якому механічна обробка включає в себе механічну обробку щонайменше одного гнізда для ріжучого елемента в попередньо спеченої заготовки.

49. Спосіб за п. 37, в якому сформований корпус долота має опір поперечному розриву, що перевищує 300 фунт/кв. дюйм.

50. Спосіб за п. 37, в якому модуль Юнга сформованого корпусу долота перевищує 55 000 000 фунт/кв. дюйм.

Галузь техніки

Даний винахід належить до удосконалення бурового долота і способів його виготовлення. Зокрема, він стосується корпусу долота, конічних шарошок, вставних конічних шарошок, шарошок і долота для буріння і способів їх виготовлення.

Попередній рівень техніки

Бурове долото може мати нерухомі або обертові різальні елементи. Долото з нерухомими різальними елементами звичайно містить корпус долота, виготовлений зі сталі шляхом механічної обробки або одержаний шляхом просочення шару твердих частинок, наприклад, литого карбіду ($WC+W_2C$), карбіду вольфраму (WC) і/або спеченого цементованого карбіду зв'язкою, такою як, наприклад, сплав на основі міді. Декілька різальних вставок кріпляться до корпусу долота в заздалегідь визначених положеннях, щоб оптимізувати різання. Корпус долота може бути закріплений на сталевому хвостовику, який звичайно містить з'єднання на основі нарізного ніпеля, за допомогою якого долото кріпиться до привідного вала забійного двигуна або до бурильної труби з дальнього кінця бурильної колони.

Долото зі сталевим корпусом звичайно виготовляють шляхом механічної обробки круглої заготовки до необхідної форми з одержанням необхідних зовнішньої поверхні і внутрішніх елементів. Для нанесення зносостійких матеріалів на передню поверхню корпусу долота та інші важливі зони зовнішньої поверхні можуть бути використані технології наплавлення.

При звичайному способі виготовлення корпусу долота з твердих частинок і зв'язки форму фрезерують або механічно обробляють, щоб задати елементи зовнішньої поверхні корпусу долота. Для створення або поліпшення зовнішньої поверхні корпусу може також виявитися необхідним додатково ручне фрезерування або робота з глиною.

Після одержання форми в її порожнину може встановлюватися заздалегідь відформована заготовка зі сталі, яка призначена для внутрішнього посилення корпусу долота і використовується як матриця при створенні з'єднання за допомогою ніпеля після виготовлення. Крім того, в порожнину форми можуть встановлюватися і інші вставки з піску, графіту, перехідного або вогнетривкого металу, які утворюють внутрішні канали для текучого середовища, гнізда для різальних елементів, виступи, площадки, звужувальні насадки, канавки

для відходів або інші внутрішні або топографічні елементи корпусу долота. Будь-які використовувані вставки повинні мати точне розташування для забезпечення належного позиціонування різальних елементів, насадок, канавок для відходів і т. д. в готовому долоті.

Потім в форму можуть бути засипані необхідні тверді частинки, які ущільнюються до необхідної щільності. Після чого тверді частинки просочуються розплавленою зв'язкою, яка затвердіває з одержанням твердого корпусу долота, що містить дисперсну фазу з твердих частинок в суцільній фазі зв'язки.

Після цього може бути здійснене складання корпусу і інших компонентів бурового долота. Наприклад, до корпусу може бути приварений або іншим чином прикріплений різальний хвостовик, а в гніздах для різальних вставок, наприклад, за допомогою паяння, склеювання або механічного з'єднання можуть бути закріплені різальні елементи або вставки (в типовому випадку з цементованого карбіду вольфраму або алмазу або полікристалічного синтетичного алмазу). Як альтернатива, різальні вставки можуть бути закріплені на передній поверхні корпусу долота під час нагрівання в печі або просочення, якщо використовуються термічно стабільні сорти полікристалічного синтетичного алмазу.

Обертові бурові долота, що використовуються для розвідки нафти і газу, звичайно містять різальні вставки з цементованого карбіду, прикріплені до шарошок, які є частиною долота, що збирається, з конічної шарошки або містять фрезеровані зубці, виконані в різальному елементі за допомогою механічної обробки. У типовому випадку фрезеровані зубці піддають наплавленню з карбіду вольфраму в матриці з легованої сталі. Корпус долота з конічною шарошкою звичайно виготовлений з легованої сталі.

Бурові долота звичайно прикріплюють до кінця бурової колони, яка приводиться у обертання з поверхні або за допомогою гідравлічних забійних двигунів, розташованих безпосередньо над долотом на буровій колоні. Буровий розчин нагнітається донизу крізь порожнисту бурову колону і виходить крізь насадки, виконані в корпусі долота. Буровий розчин охолоджує і змачує долото під час його обертання, а також виносить матеріал, що зрізається цим долотом, на поверхню.

Корпус та інші елементи бурового долота схильні до багатьох типів зносу, оскільки вони працюють в агресивному свердловинному середовищі. Одним з найбільш частих типів зносу є абразивний знос, зумовлений контактом з абразивними породами. У доповнення до цього, буровий розчин, що містить шматочки породи, спричиняє ерозійне зношування долота.

Термін служби бурового долота є функцією не тільки зносостійкості вставок з полікристалічного синтетичного алмазу або цементованого карбіду, але і зносостійкості корпусу долота (у випадку долота з нерухомими різальними елементами) або шарошок (у випадку долота з конічною шарошкою). Одним зі способів збільшення терміну служби бурового долота є використання корпусів або шарошок, виготовлених з матеріалів з поліпшеними комбінаціями міцності, ударної в'язкості і стійкості до абразивного стирання/ерозійного зношування.

Таким чином, існує потреба у вдосконаленому корпусі бурового долота, що має підвищену зносостійкість, міцність і ударну в'язкість.

Суть винаходу

Даний винахід належить до композиції для виготовлення корпусу бурового долота. Корпус долота містить тверді частинки, які включають щонайменше одне з наступного: карбіди, нітриди, бориди, силіциди і оксиди, а також їх тверді розчини, і зв'язку, яка зв'язує разом тверді частинки. Тверді частинки можуть містити щонайменше один карбід перехідного металу, вибраний з карбідів титану, хрому, ванадію, цирконію, гафнію, танталу, молибдену, ніобію і вольфраму або їх твердих розчинів. Тверді частинки можуть бути присутні у вигляді окремих або змішаних карбідів і/або у вигляді спечених цементованих карбідів. Варіанти зв'язки можуть містити щонайменше один метал, вибраний з кобальту, нікелю, заліза, а також їх сплавів. У іншому варіанті зв'язка може додатково містити щонайменше один компонент, що знижує температуру плавлення, вибраний з карбідів перехідного металу із вмістом до 60 вагових відсотків, одного або декількох перехідних металів із вмістом до 50 вагових відсотків, вуглецю із вмістом до 5 вагових відсотків, бору із вмістом до 10 вагових відсотків, кремнію із вмістом до 20 вагових відсотків, хрому із вмістом до 20 вагових відсотків і марганцю із вмістом до 25 вагових відсотків від загальної ваги зв'язки. У одному з варіантів зв'язка містить від 40 до 50 вагових відсотків карбідів вольфраму і від 40 до 60 вагових відсотків щонайменше одного з наступного: заліза, кобальту і нікелю. Відповідно до даного винаходу, перехідні метали являють собою елементи, що належать до груп IVB, VB і VIB періодичної таблиці.

Інший варіант композиції для виготовлення корпусу містить тверді частинки і зв'язку, що має температуру плавлення в діапазоні від 1050°C до 1350°C. Зв'язка також може являти собою сплав, який містить щонайменше одне з наступного: залізо, кобальт і нікель, і щонайменше одне з наступного: карбід перехідного металу, перехідний елемент, вуглець, бор, кремній, хром, марганець, срібло, алюміній, мідь, олово і цинк. У більш пере-

важному випадку зв'язка може являти собою сплав, який містить щонайменше одне з наступного: залізо, кобальт і нікель, і щонайменше одне з наступного: карбід вольфраму, вольфрам, вуглець, бор, кремній, хром і марганець.

Ще одним варіантом даного винаходу є композиція для виготовлення корпусу, яка містить тверді частинки карбідів перехідного металу і зв'язку, що містить щонайменше одне з наступного: нікель, залізо і кобальт, і має температуру плавлення нижче 1350°C. Зв'язка може додатково містити щонайменше одне з наступного: карбід перехідного металу, карбід вольфраму, вольфрам, вуглець, бор, кремній, хром, марганець, срібло, алюміній, мідь, олово і цинк.

При виготовленні корпусу бурового долота тверді частинки і можливо вставки можуть бути розміщені в формі для корпусу долота. Вставки можуть розміщуватися у виробках, відповідних даному винаходу, за допомогою будь-якого способу. Наприклад, вставки можуть встановлюватися в форму перед її заповненням порошковим металом або твердими частинками, і будь-які наявні вставки можуть просочуватися розплавленою зв'язкою, яка затвердіває з утворенням твердої матриці, яка містить дисперсну фазу з твердих частинок в суцільній фазі зв'язки. Варіанти реалізації даного винаходу також включають способи виготовлення виробів, наприклад, корпусів бурових доліт, конічних шарошок і зубців бурових доліт з конічною шарошкою. Один з варіантів реалізації способу виготовлення виробу може включати просочення маси твердих частинок, які містять щонайменше один карбід перехідного металу, зв'язкою, яка містить щонайменше одне з наступного: нікель, залізо і кобальт і має температуру плавлення нижче 1350°C. Інший варіант розкриває спосіб, який включає просочення маси твердих частинок, що містять щонайменше один карбід перехідного металу, зв'язкою, яка має температуру плавлення в діапазоні від 1050°C до 1350°C. Зв'язка може містити щонайменше одне з наступного: залізо, нікель і кобальт, де загальна концентрація заліза, нікелю і кобальту складає від 40 до 99 вагових відсотків, виходячи з ваги зв'язки. Зв'язка додатково може містити щонайменше одне з наступного: карбід вибраного перехідного металу, карбід вольфраму, вольфрам, вуглець, бор, кремній, хром, марганець, срібло, алюміній, мідь, олово і цинк в такій концентрації, яка здатна знизити температуру плавлення заліза, нікелю і/або кобальту. Зв'язка може являти собою евтектичну або близьку до евтектичної суміш. Зменшена температура плавлення зв'язки сприяє належному просоченню маси твердих частинок.

Наступним об'єктом даного винаходу є спосіб виготовлення бурового долота, який включає лиття долота з розплавленої суміші щонайменше одного з наступного: заліза, нікелю і кобальту з карбідом перехідного металу. Суміш може бути евтектичною або близькою до евтектичної. У цих варіантах бурове долото може відливатися напівпрямку без просочення маси твердих частинок.

Якщо не вказане інше, всі числа, що виражають кількість інгредієнтів, час, температури і т. д.,

використовувані в даному описі і пунктах прикладеної Формули винаходу, повинні сприйматися як змінні у всіх випадках із застосуванням терміну "приблизно". Відповідно, якщо не вказане протилежне, числові параметри, вказані в наведеному нижче описі і пунктах прикладеної Формули винаходу, є приблизними величинами, які можуть змінюватися в залежності від необхідних властивостей, які необхідно одержати при використанні даного винаходу. Принаймні, і не як спроба обмежити застосування принципу еквівалентів до об'єму, визначеного пунктами прикладеної Формули винаходу, кожний числовий параметр повинен сприйматися щонайменше з точки зору числа вказаних значущих цифр і із застосуванням звичайних способів округлювання.

Незважаючи на те, що числові діапазони і параметри, які задають об'єм винаходу, є приблизними величинами, числові значення, вказані в конкретних прикладах, наведені якомога більш точно. Однак будь-яке числове значення може містити певні помилки, які неминуче виникають зі стандартних відхилень, що є при вимірюваннях під час проведення відповідних випробувань.

Фахівцю стануть очевидними наведені нижче деталі і переваги даного винаходу при розгляді подальшого докладного опису варіантів його реалізації. Фахівець може також оцінити такі додаткові деталі і переваги даного винаходу при реалізації на практиці та/або використанні його варіантів.

Короткий опис креслень

Відмітні особливості і переваги даного винаходу можуть бути краще зрозумілі при звертанні до супроводжуючих креслень, на яких зображене наступне:

Фіг. 1 зображує схематичний поперечний переріз одного з варіантів корпусу бурового долота;

Фіг. 2 - графік результатів диференціального термічного аналізу (ДТА) з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1400°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 45% карбіду вольфраму і приблизно 55% кобальту;

Фіг. 3 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1300°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 45% карбіду вольфраму, приблизно 53% кобальту і приблизно 2% бору;

Фіг. 4 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1400°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 45% карбіду вольфраму, приблизно 53% нікелю і приблизно 2% бору;

Фіг. 5 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1200°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 96,3% нікелю і приблизно 3,7% бору;

Фіг. 6 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1300°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 88,4% нікелю і приблизно 11,6% кремнію;

Фіг. 7 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1200°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 96% кобальту і приблизно 4% бору;

Фіг. 8 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1300°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 87,5% кобальту і приблизно 12,5% кремнію;

Фіг. 9 - мікрофотознімок матеріалу, одержаного шляхом просочення маси твердих частинок зв'язкою, що складається фактично з кобальту і бору;

Фіг. 10 - мікрофотознімок матеріалу, одержаного шляхом просочення маси твердих частинок зв'язкою, що складається фактично з кобальту і бору;

Фіг. 11 - мікрофотознімок матеріалу, одержаного шляхом просочення маси твердих частинок зв'язкою, що складається фактично з кобальту і бору;

Фіг. 12 - мікрофотознімок матеріалу, одержаного шляхом просочення маси твердих частинок зв'язкою, що складається фактично з кобальту і бору;

Фіг. 13 - мікрофотознімок матеріалу, одержаного шляхом просочення маси частинок литого карбіду і вставки з цементованого карбіду зв'язкою, що складається фактично з кобальту і бору;

Фіг. 14 - зовнішній вигляд одного з варіантів корпусу долота, відповідно до даного винаходу;

Фіг. 15a, 15b і 15c графіки даних для випробувань на утомлюваність при вигині з обертанням для композицій, які можуть бути використані у варіантах реалізації даного винаходу, включаючи FL-25, що містить приблизно 25 об'ємних відсотків зв'язки (Фіг. 15a), FL-30, що містить приблизно 30 об'ємних відсотків зв'язки (Фіг. 15b), і FL-35, що містить приблизно 35 об'ємних відсотків зв'язки (Фіг. 15c);

Фіг. 16 - зовнішній вигляд одного з варіантів конічної шарошки, відповідно до даного винаходу.

Опис винаходу

Варіанти реалізації даного винаходу стосуються композиції для виготовлення корпусів бурових доліт, конічних шарошок, вставних конічних шарошок, шарошок і зубців бурових доліт з конічної шарошкою, а також способів виготовлення таких виробів. Крім того, спосіб може використовуватися для виготовлення інших виробів. Деякі варіанти корпусу долота, відповідно до даного винаходу, містять щонайменше одну дисперсну тверду фазу і суцільну фазу зв'язки, що зв'язує тверду фазу. Варіанти композицій і способів, що пропонуються даним винаходом, забезпечують збільшений термін служби для одержаних з їх застосуванням корпусу долота, конічних шарошок, вставних конічних шарошок, зубців і шарошок і, таким чином, збільшують термін служби бурового долота або іншого інструмента. Матеріал корпусу долота, конічної шарошки, вставної конічної шарошки забезпечує незмінність властивостей в будь-якій частині виробу. На Фіг. 1 показаний типовий корпус 10 бурового долота з нерухожими

різальними елементами. У загальному випадку корпус 10 містить засіб 11 кріплення на хвостовику 12 і необроблену частину 12A, включену до корпусу 10. Хвостовик 12, необроблена частина 12A і ніпель можуть бути незалежно виготовлені з легваної сталі або щонайменше однієї дисперсної твердої фази і суцільної фази зв'язки, і засіб 11 кріплення, хвостовик 12 і необроблена частина 12A можуть бути прикріплені до корпусу долота за допомогою будь-якого способу, наприклад, паяння, різьбових з'єднань, штифтів, шпонок, гарячої посадки, клеючих речовин, дифузійного зварювання, посадки з натягом або будь-якого іншого механічного або хімічного з'єднання. Однак, у варіантах реалізації даного винаходу хвостовик 12, що містить засіб кріплення, може бути виготовлений з легваної сталі, або тієї ж або відмінної композиції твердих частинок в зв'язці в порівнянні з іншими частинами корпусу долота. По суті, корпус 10 долота може конструктивно мати різні частини, і кожна частина може характеризуватися відмінними концентрацією, складом і розміром кристалів твердих частинок або зв'язки. Це дозволяє регулювати властивості конкретних частин виробу так, як це потрібно в конкретному варіанті застосування. По суті, виріб може бути виконаний таким чином, що властивості або склад при переході від частини до частини можуть змінюватися різко або поступово. Зразковий корпус 10 долота, показаний на Фіг. 1, має три частини. Наприклад, верхня частина 13 може містити дисперсну тверду фазу з вольфраму та/або карбіду вольфраму, середня частина 14 може містити дисперсну тверду фазу з грубозернистих литого карбіду вольфраму (W_2C , WC), карбіду вольфраму та/або спечених частинок цементованого карбіду, а нижня частина 15, якщо така є, може містити дисперсну тверду фазу з дрібнозернистих литого карбіду, карбіду вольфраму та/або спечених частинок цементованого карбіду. Корпус 10 також містить гнізда 16, які розташовані в нижній частині цього корпусу, і в яких можуть бути встановлені різальні вставки. Ці гнізда можуть бути виконані в корпусі безпосередньо при виготовленні форми, при механічній обробці сирової або напівобробленої заготовки, як вставки, наприклад, які встановлюються під час виготовлення корпусу, або як вставки, які прикріплюються після створення корпусу за допомогою паяння або іншого способу кріплення, як описано вище. Корпус 10 може також містити внутрішні канали для текучого середовища, виступи, площадки, насадки, канавки для відходів і будь-які інші звичайні поверхневі елементи корпусу. Як варіант, ці елементи можуть бути задані заздалегідь відформованими вставками, наприклад, вставками 17, які розташовані у відповідних місцях форми для корпусу. Варіанти реалізації даного винаходу включають корпуси бурових доліт, які містять вставки з цементованого карбіду. У звичайному корпусі частинки твердої фази закріплені в матриці зі сплаву на основі міді, такого як латунь або бронза. Варіанти корпусу, відповідно до даного винаходу, можуть містити або бути виготовлені з використанням нових типів зв'язки, щоб додати цьому корпусу підвищені зносостійкість, міцність і ударну в'язкість.

Процес одержання твердих частинок, розміщених у зв'язці, в типовому випадку передбачає ущільнення металургійного порошку (у типовому випадку кераміки у вигляді макрочастинок і металу-зв'язки) зі створенням сирової заготовки. Можуть застосовуватися процеси консолідації порошку, в яких використовуються звичайні технології, такі як механічне або гідравлічне пресування в жорстких прес-формах, а також ізостатичне пресування зволоженої маси або напівсухе ізостатичне пресування. Після чого сира заготовка може зазнавати попереднього або повного спікання для подальших консолідацій і ущільнення порошку. Попереднє спікання приводить тільки до часткових консолідацій і ущільнення деталі. Сира заготовка може зазнавати попереднього спікання при більш низькій температурі в порівнянні з температурою, що досягається під час операції остаточного спікання, щоб одержати заздалегідь спечену заготовку ("напівоброблену заготовку"). Напівоброблена заготовка має відносно низьку твердість і міцність в порівнянні з готовим, повністю спеченим виробом, які значно вищі в порівнянні з сировою заготовкою. При виготовленні виріб може зазнавати механічної обробки як сира заготовка, напівоброблена заготовка або як повністю спечений виріб. У типовому випадку оброблюваність сирової або напівобробленої заготовки істотно краща оброблюваності повністю спеченого виробу. Механічна обробка сирової або напівобробленої заготовки може виявитися вигідною, якщо повністю спечену деталь важко обробляти, або це вимагає шліфування для відповідності вимогам остаточних допусків на розміри. Також можуть використовуватися і інші способи поліпшення оброблюваності деталі, наприклад, додавання речовин, які сприяють механічній обробці, щоб усунути пористість заготовки, типовою такою речовиною є полімер. І, нарешті, може виконуватися спікання при температурі існування рідкої фази в звичайних вакуумних печах або при високому тиску в печі SinterHip. Заготовка може спікатися при надмірному тиску, що становить 300-2000 фунт/кв. дюйм, і температурі 1350°C-1500°C. Попереднє спікання і спікання заготовки приводить до видалення мастильних речовин, відновлення оксидів, ущільнення і поліпшення мікроструктури. Як наведено вище, після спікання корпус долота, конічна шарошка, вставна конічна шарошка або шарошка можуть бути додатково відповідним чином механічно оброблені або відшліфовані для одержання остаточної конфігурації.

Даним винаходом також пропонується спосіб виготовлення корпусу бурового долота, конічної шарошки, вставної конічної шарошки або шарошки з частинами, склад яких має різні властивості. Один з варіантів способу включає розміщення першого металургійного порошку в першій частині порожнини форми і другого металургійного порошку у другій частині порожнини форми. У деяких варіантах форма може бути розділена на дві або більше частин, наприклад, шляхом установа фізичної перегородки, такої як папір або полімерний матеріал, в порожнині форми для відокремлення згаданих частин. Металургійні порошки можуть вибрати таким чином, щоб забезпечити

після консолідації і спікання одержання цементованих карбідів, що мають необхідні властивості, описані вище. У іншому варіанті частина щонайменше першого металургійного порошку і другого металургійного порошку розміщується всередині форми в контакт, без перегородок. Для створення окремих частин без використання фізичних перегородок разом з металургійними порошками може застосовуватися віск або інша зв'язка.

Виріб з поступовою зміною у властивостях або складі також може бути одержаний, наприклад, шляхом розміщення першого металургійного порошку в першій частині форми. Друга частина форми може потім бути заповнена металургійним порошком, що містить суміш згаданого першого металургійного порошку і другого металургійного порошку. Ця суміш приведе до одержання виробу, щонайменше одна з властивостей якого є проміжною між аналогічними властивостями у виробі, виготовленому при використанні першого і другого металургійних порошків незалежно. Цей процес може повторюватися до одержання в формі необхідного градієнта складу або композиційної структури і в типовому випадку завершиться заповненням частини форми другим металургійним порошком. Варіанти цього процесу можуть також виконуватися з використанням або без використання фізичних перегородок. Додаткові частини можуть бути заповнені відмінними матеріалами, наприклад, третім металургійним порошком або навіть виробом, який раніше був просочений мідним сплавом. Потім до форми може бути застосоване ізостатичне стиснення для консолідації металургійних порошків з одержанням заготовки. Цю заготовку надалі спікають для подальшого її ущільнення і створення внутрішніх зв'язків між згаданими частинами.

Як описано раніше, може використовуватися будь-яка зв'язка, така як нікель, кобальт, залізо і сплави нікелю, кобальту і заліза. У доповнення до цього, в певних варіантах реалізації даного винаходу зв'язка, що застосовується для одержання корпусу долота, може мати температуру плавлення від 1050°C до 1350°C. Тут мається на увазі, що точка плавлення або температура плавлення являє собою солідус конкретної композиції. В інших варіантах реалізації даного винаходу зв'язка містить сплав щонайменше одного з наступного: кобальту, заліза і нікелю, який має температуру плавлення нижче 1350°C. В інших варіантах композиції, відповідно до даного винаходу, вона містить щонайменше одне з наступного: кобальт, нікель і залізо, а також компонент, що знижує температуру плавлення. Чистий кобальт, нікель і залізо характеризуються високими температурами плавлення (приблизно 1500°C), і, отже, просочення шарів твердих частинок чистим розплавленим кобальтом, залізом або нікелем важко здійснити відповідним чином без одержання надмірної пористості або небажаних фаз. Однак, сплав з: щонайменше одного з наступного: кобальту, заліза і нікелю може використовуватися, якщо він містить достатню кількість щонайменше одного компонента, який знижує температуру плавлення. Даний компонент може являти собою щонайменше одне

з наступного: карбід перехідного металу, перехідний елемент, вольфрам, вуглець, бор, кремній, хром, марганець, срібло, алюміній, мідь, олово і цинк, а також інші елементи, які окремо або в комбінації можуть бути додані в кількостях, які в достатній мірі знижують температуру плавлення зв'язки, внаслідок чого ця зв'язка може використовуватися ефективно для одержання корпусу долота вибраним способом. Зв'язка може ефективно чинити використання для одержання корпусу долота, якщо її властивості, наприклад, температура плавлення, в'язкість в розплавленому стані і інтервал просочення такі, що корпус долота може бути відлитий без одержання надмірної пористості. В переважному варіанті компонент, що знижує температуру плавлення, являє собою щонайменше одне з наступного: карбід перехідного металу, перехідний метал, вольфрам, вуглець, бор, кремній, хром і марганець. Може виявитися переважним комбінувати два або більше зі згаданих вище компонентів, що знижують температуру плавлення, для одержання зв'язки, здатної ефективно просочувати масу твердих частинок. Наприклад, вольфрам і вуглець можуть додаватися разом, щоб одержати більш значне зниження температури плавлення в порівнянні з тим, що одержується при додаванні тільки вольфраму, і в цьому випадку вольфрам і вуглець можуть додаватися у вигляді карбіду вольфраму. Аналогічно можуть бути додані і інші компоненти, що знижують температуру плавлення.

Один або декілька компонентів, що знижують температуру плавлення, можуть бути додані окремо або в комбінації з іншими складовими зв'язки, в будь-якій кількості, що забезпечує склад зв'язки, ефективний для виготовлення корпусу долота. Крім того, можуть додаватися такі один або декілька компонентів, що знижують температуру плавлення так, що зв'язка є евтектичним або близьким до евтектичного складом. Забезпечення зв'язки з евтектичною або близькою до евтектичної концентрацією інгредієнтів гарантує, що зв'язка буде мати більш низьку температуру плавлення, що може полегшити лиття і просочування шару твердих частинок. У певних варіантах реалізації даного винаходу переважно, щоб один або декілька компонентів, що знижують температуру плавлення, були присутнім у зв'язці в наступному відсотковому вмісті від загальної ваги зв'язки: вольфрам - до 55%, вуглець - до 4%, бор - до 10%, кремній - до 20%, хром - до 20% і марганець - до 25%. У деяких інших варіантах реалізації даного винаходу може виявитися переважним, щоб один або декілька компонентів, що знижують температуру плавлення, були присутнім в зв'язці в наступному відсотковому вмісті від загальної ваги зв'язки: вольфрам - від 30% до 55%, вуглець - від 1,5% до 4%, бор - від 1% до 10%, кремній - від 2% до 20%, хром - від 2% до 20% і марганець - від 10% до 25%. У деяких інших варіантах композиції, відповідно до даного винаходу, компонентом, що знижує температуру плавлення, може бути карбід вольфраму, присутній в кількості від 30 до 60 вагових відсотків. При певних умовах лиття і концентрації зв'язки весь або частина карбіду вольфраму

буде виділятися зі зв'язки при твердінні і утворювати тверду фазу. Ця тверда фаза, що виділилася, може стати доповненням до будь-якої твердої фази, яка є в формі у вигляді твердих частинок. Однак, якщо в формі або її частині не розміщені тверді частинки, то всі частинки твердої фази в корпусі долота або її секції можуть бути одержані як карбід вольфраму, що виділився під час лиття.

Варіанти виробів, відповідно до даного винаходу, можуть містити 50 або більше об'ємних відсотків твердих частинок або твердої фази, в деяких варіантах може виявитися переважним, щоб тверді частинки або тверда фаза складала від 50 до 80 об'ємних відсотків виробу, і більш переважно для таких варіантів, щоб тверда фаза складала від 60 до 80 об'ємних відсотків виробу. По суті, в деяких варіантах фаза зв'язки може складати менше 50 об'ємних відсотків виробу або, переважно, від 20 до 50 об'ємних відсотків виробу. У деяких варіантах зв'язка може складати від 20 до 40 об'ємних відсотків виробу.

Варіанти реалізації даного винаходу також включають корпуси бурових доліт і інші вироби, що містять карбіди перехідного металу, в яких об'ємна частка карбіду вольфраму перевищує 75%. Тепер стало можливим виготовлення корпусів доліт з такою об'ємною часткою, наприклад, карбіду вольфраму, завдяки способу, що пропонується даним винаходом, варіанти якого описані нижче. Один з варіантів способу включає просочування шару твердих частинок карбіду вольфраму зв'язкою, яка є евтектичною або близькою до евтектичної композицією щонайменше одного з наступного: кобальту, заліза і нікелю з карбідом вольфраму. Передбачається, що корпуси доліт з концентрацією карбіду вольфраму в дисперсній фазі до 95 об'ємних відсотків можуть бути одержані за допомогою способів, що пропонуються даним винаходом, якщо шар вольфраму просочують розпавленою евтектичною або близькою до евтектичної композицією з карбіду вольфраму і щонайменше одного з наступного: кобальту, заліза і нікелю. На протилежність цьому, звичайні способи просочування для виготовлення корпусів доліт можуть використовуватися тільки для виготовлення корпусів, що містять максимум приблизно 72 об'ємних відсотки карбіду вольфраму. Заявники виявили, що об'ємна концентрація карбіду вольфраму в литому корпусі бурового долота і інших виробках може бути від 75% до 95%, якщо як просочення використовується евтектична або близька до евтектичної композиція з карбіду вольфраму і щонайменше одного з наступного: кобальту, заліза і нікелю. У цей час існують обмеження в об'ємному вмісті твердої фази, яка може бути утворена в корпусі бурового долота через обмеження в щільності заповнення форми твердими частинками і труднощі при просочуванні щільно упакованої маси твердих частинок. Однак, виділення карбіду з просочувальної зв'язки, що містить евтектичну або близьку до евтектичної композицію, дозволяє уникнути цих ускладнень. При затвердінні зв'язки в формі для корпусу долота додаткова тверда фаза утворюється за рахунок виділення з розпавленої просочувальної речовини під час охолодження.

Таким чином, в корпусі долота виникає більш висока концентрація твердої фази, ніж та, яка може бути досягнута при використанні розпавленої зв'язки з недостатністю розчиненого карбіду вольфраму. Використання композицій розпавлена зв'язка/просочувальна речовина з евтектичним або близьким до евтектичного складом робить можливим більш високий об'ємний вміст твердої фази в корпусах доліт і інших виробках в порівнянні з тим, який можна було одержати раніше.

Об'ємний вміст карбіду вольфраму в корпусі долота може бути додатково збільшений за рахунок вміщення в корпус вставок з цементованого карбіду. Вставки з цементованого карбіду можуть використовуватися для створення внутрішніх каналів для текучого середовища, гнізд для різальних елементів, виступів, площадок, звукувальних насадок, каналів для відходів або інших топографічних елементів корпусу долота, або просто для забезпечення конструктивної опори, жорсткості, ударної в'язкості, міцності або зносостійкості у вибраних місцях корпусу або тримача. Звичайні вставки з цементованого карбіду можуть містити від 70 до 99 об'ємних відсотків карбіду вольфраму у випадку виготовлення з використанням звичайних технологій одержання цементованого карбіду. Для вставок в корпус долота може використовуватися будь-який відомий цементований карбід, наприклад, композиції з карбідів щонайменше одного з наступного: титану, цирконію, гафнію, ванадію, ніобію, танталу, хрому, молібдену і вольфраму в поєднанні з щонайменше одного з наступного: кобальту, заліза і нікелю, але не обмежуючись перерахованим. У цементованих карбідах можуть бути присутні додаткові легуючі елементи, які відомі в даній галузі техніки.

Варіанти композицій для виготовлення корпусу долота також включають щонайменше один тип твердих частинок. Як указано вище, корпус долота може також містити частини, що містять різні типи і/або концентрації твердих частинок. Наприклад, корпус 10 долота на Фіг. 1 може містити нижню частину 15 з більш твердого зносостійкого матеріалу дисперсної твердої фази з невеликим розміром частинок і середню частину 14 з більш в'язкого матеріалу дисперсної твердої фази з відносно великим розміром частинок. Тверда фаза або тверді частинки в будь-якій частині можуть містити щонайменше одне з наступного: карбід, нітрид, борид, оксид, літій карбід, цементований карбід, їх суміші, а також їх тверді розчини. У деяких варіантах реалізації даного винаходу тверда фаза може містити щонайменше один цементований карбід, що містить щонайменше одне з наступного: титан, цирконій, гафній, ванадій, ніобій, тантал, хром, молібден і вольфрам.

Цементовані карбіди можуть мати будь-який відповідний розмір або форму частинок, наприклад, неправильну, сферичну, сплюснуту і витягнуту форму. Марки цементованого карбіду з карбідом вольфраму в кобальтовій зв'язці мають комерційно привабливу комбінацію міцності, тріщиностійкості і зносостійкості. "Міцність" - це напруження, при якому матеріал дає тріщину або руйнується. "Ударна в'язкість" - це здатність мате-

ріалу поглинати енергію і пластично деформуватися перед руйнуванням. Ударна в'язкість пропорційна площі під кривою "напруження-деформація" від початку координат до точки розриву. Див. McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms (5-th edition, 1994). "Зносостійкість" - здатність матеріалу протистояти пошкодженню поверхні. Знос звичайно включає поступову втрату матеріалу через відносне переміщення між матеріалом і контактуючою поверхнею або речовиною. Див. Metals Handbook Desk Edition (2-d edition, 1998). "Тріщиностійкість" - це критичне напруження в вершині тріщини, необхідне для її поширення, і звичайно характеризується "Критичним коефіцієнтом інтенсивності напружень" (K_{Ic}).

Міцність, ударна в'язкість і зносостійкість цементованого карбиду пов'язані з середнім розміром зерна дисперсної твердої фази і об'ємною (або ваговою) часткою фази зв'язки, присутньої в звичайному цементованому карбіді. У загальному випадку збільшення середнього розміру зерна карбиду вольфраму і/або збільшення об'ємної частинки кобальтової зв'язки буде приводити до збільшення тріщиностійкості. Однак це збільшення в'язкості в загальному випадку супроводжується зниженням зносостійкості. Таким чином, від фахівця в галузі металургії цементованих карбідів вимагається створювати карбіди як з високою зносостійкістю, так і з високою ударною в'язкістю при розробці марок для галузей застосування, що пред'являють підвищені вимоги.

Корпус 140 бурового долота, показаний на Фіг. 14, може містити секції, які містять різні концентрації або композиції компонентів, для забезпечення різних властивостей в певних місцях корпусу, наприклад, зносостійкість, ударну в'язкість або корозійну стійкість. Наприклад, області 141 гнізд для вставок в зоні навколо різальних вставок 142 бурового долота, площадка 143 для вимірювальних приладів або область 144 випускного отвору насадки, область різальної кромки конічної шарошки або зовнішня поверхня списоподібної вершини 145 можуть містити більш зносостійкі матеріали. На доповнення до цього, варіанти корпусу долота, відповідно до даного винаходу, можуть мати області з високою ударною в'язкістю, наприклад, внутрішня область різальної кромки 146, внутрішня область конічної шарошки, щонайменше внутрішня область хвостовика або шийки або область поблизу хвостовика. Властивості різних областей корпусу бурового долота, конічної шарошки, вставної конічної шарошки або шарошки також можуть регулюватися для забезпечення їх легкої оброблюваності або корозійної стійкості.

Варіанти корпусу бурового долота, конічної шарошки, вставної конічної шарошки або шарошки можуть мати унікальні властивості, яких не можна досягнути в звичайних корпусах бурових доліт, конічних шарошках, вставних конічних шарошках. Для випробувань були виготовлені зразки, що мають склад, придатний для використання в даному винаході. Номінальні склади випробувальних зразків наведені в Таблиці 1.

Таблиця 1

| Зразок | Кобальт, % за вагою | Нікель, % за вагою | WC, % за вагою |
|--------|---------------------|--------------------|----------------|
| FL-25 | 15 | 10 | Баланс |
| FL-30 | 18 | 12 | Баланс |
| FL-35 | 21 | 14 | Баланс |

Як можна бачити з Таблиці 2, варіанти реалізації даного винаходу містять матеріали, що мають міцність при поперечному вигині, яка перевищує 300×10^3 фунт/кв. дюйм. Звичайні корпуси бурових доліт, що містять матеріали зі сталі або тверді частинки, просочені латунню або бронзою, не мають настільки високу міцність при поперечному вигині, як варіанти реалізації даного винаходу.

Фіг. 15a, 15b і 15c зображують графіки даних для випробувань на утому при вигині з обертанням для тестових зразків з композицією, придатною для використання у варіантах реалізації даного винаходу, наведених в Таблиці 1. Як можна бачити, тестові зразки характеризуються повністю знакозмінним напруженням при вигині, яке перевищує 100×10^3 фунт/кв. дюйм при 107 циклах.

Деякі властивості матеріалів корпусу в певних областях інструментів для буріння свердловин сприяють збільшенню терміну служби цього інструмента. Ці властивості включають міцність, жорсткість, зносостійкість або стійкість до абразивного стирання і міцність від утомленості, але можуть не обмежуватися перерахованим. Корпус бурового долота, конічна шарошка, вставна конічна шарошка або шарошка можуть містити декілька областей, кожна з яких містить різні матеріали. Міцність в типовому випадку вимірюється як міцність при поперечному вигині або межа міцності при розтягненні. Жорсткість може бути виміряна як модуль пружності. Властивості варіантів реалізації даного винаходу і матриць на основі міді, відповідних відомому рівню техніки, наведені в Таблиці 2. Як можна бачити, варіанти реалізації даного винаходу мають значення міцності при поперечному вигині, перевищуючі 250 фунт/кв. дюйм, в деяких варіантах міцність при поперечному вигині може перевищувати 300×10^3 фунт/кв. дюйм або навіть 400×10^3 фунт/кв. дюйм. Модуль пружності варіантів реалізації даного винаходу перевищує 55×10^6 фунт/кв. дюйм і в переважному випадку для деяких галузей застосування, що вимагають більш високої жорсткості, варіанти реалізації даного винаходу можуть мати модуль пружності, що перевищує 75×10^6 фунт/кв. дюйм або навіть 90×10^6 фунт/кв. дюйм. На доповнення до відповідних значень міцності при поперечному вигині і модуля пружності, варіанти реалізації даного винаходу характеризуються збільшеною твердістю. Варіанти реалізації даного винаходу можуть бути вибрані таким чином, щоб мати твердість більше 65 по шкалі А. Роквелла або, наприклад, за рахунок зменшення концентрації зв'язки твердість в конкретних варіантах може бути досягнута вище 75 або навіть вище 85 по шкалі А. Роквелла в певних варіантах.

Стійкість до абразивного стирання, виміряна у відповідності зі стандартом В611 Американського товариства по випробуванню матеріалів для варіантів матеріалів, відповідних даному винаходу, може перевищувати 1,0 або навіть 1,4. У деяких галузях застосування або частинах інструмента для буріння надр варіанти матеріалів, відповідних даному винаходу, можуть мати стійкість до абразивного стирання в діапазоні від 2 до 14.

Варіанти реалізації даного винаходу включають матеріали, які також містять комбінації властивостей, застосовані для корпусів бурових доліт, конічних шарошок, вставних конічних шарошок і шарошок. Наприклад, варіанти реалізації даного

винаходу можуть містити матеріал, що має міцність при поперечному вигині, яка перевищує 200×10^3 фунт/кв. дюйм або навіть 250×10^3 фунт/кв. дюйм, разом з модулем пружності, що перевищує 40×10^6 фунт/кв. дюйм. Інші варіанти реалізації даного винаходу можуть містити матеріал, що має міцність від утомленості, що перевищує 30×10^3 фунт/кв. дюйм, в комбінації з модулем пружності, що перевищує 30×10^6 фунт/кв. дюйм. Такі комбінації властивостей забезпечують одержання інструментів для буріння, які в певних областях застосування будуть мати більш тривалий термін служби в порівнянні зі звичайними виробами.

Таблиця 2

Порівняння властивостей матеріалів

| | | | Відомий рівень техніки | Спосіб випробувань |
|---|------------------|---------------|------------------------|--------------------|
| Властивість | Карбід, 6-16% Со | Карбід (FL30) | Матриця (загалом) | |
| Щільність, г/см ³ | 13,94 14,95 | 12,70 | 10,0-13,5 | Стандартний |
| Знос | 2-14 | 1,47 | Немає даних | ASTMB611-85 |
| Межа міцності при поперечному вигині, $\times 10^3$ фунт/кв. дюйм | 300-500 | 339 | 100-175 | ASTM B-406-96 |
| Стиснення, $\times 10^3$ фунт/кв. дюйм | 400-800 | 388 | 136-225 | ASTM E0-89 |
| Межа пропорційності, $\times 10^3$ фунт/кв. дюйм | 125-350 | 69 | 28-54 | |
| Модуль пружності, $\times 10^6$ фунт/кв. дюйм | 75-95 | 60 | 27-50 | ASTM E494-95 |
| Твердість | 84-92 HRA | 78HRA | 10-50 HRC | ASTM B94-92 |

На доповнення до цього, певні варіанти композиції, відповідно до даного винаходу, можуть містити від 30 до 95 об'ємних відсотків твердої фази і від 5 до 70 об'ємних відсотків фази зв'язки. Ізольовані області корпусу бурового долота можуть характеризуватися більш широким діапазоном концентрації твердої фази, наприклад, від 30 до 99 об'ємних відсотків. Цього можна досягнути, наприклад, шляхом розміщення твердих частинок з різною щільністю заповнення в певних місцях форми або шляхом розміщення вставок з цементованого карбіду в формі до відливання корпусу бурового долота або іншого виробу. На доповнення до цього, корпус може бути виготовлений шляхом лиття в форму з використанням більш ніж однієї зв'язки.

Труднощі при виготовленні корпусу або тримача, що містять зв'язку, яка включає щонайменше одне з наступного: кобальт, залізо і нікель, шляхом просочування зумовлені відносно високими температурами плавлення кобальту, заліза і нікелю. Температура плавлення кожного з цих металів при атмосферному тиску становить приблизно 1500°C. На доповнення до цього, оскільки кобальт, залізо і нікель мають високу розчинність в рідкому стані для карбіду вольфраму, важко запобігти передчасному твердінню, наприклад, розплавленого сплаву карбід вольфраму - кобальт або

карбід вольфраму - нікель, при просочуванні шару частинок карбіду вольфраму в процесі лиття корпусу долота для буріння надр. Це явище може привести до утворення мікроотворів в литті навіть при використанні високих температур, наприклад, вище 1400°C, в процесі просочування.

При використанні варіантів способу, відповідно до даного винаходу, можна подолати труднощі, пов'язані з литими композитами, просоченими кобальтом, залізом і нікелем, шляхом застосування заздалегідь легованої евтектичної або близької до евтектичної композиції з кобальту і карбіду вольфраму (30-60 вагових відсотків карбіду вольфраму і 40-70 вагових відсотків кобальту). Наприклад, кобальтовий сплав, що має концентрацію приблизно 43 вагових відсотки карбіду вольфраму, має температуру плавлення приблизно 1300°C (див. Фіг. 2). Більш низька температура плавлення евтектичного або близького до евтектичного сплаву відносно кобальту, заліза і нікелю разом з малим діапазоном затвердіння евтектичної або близької до евтектичної композиції можуть значною мірою полегшити виготовлення корпусів бурових доліт на основі карбіду вольфраму-кобальту, а також бурових доліт з конічною шарошкою з цементованого карбіду. Можна очікувати, що, наприклад, евтектичні або близькі до евтектичних суміші сплавів кобальт - карбід вольфраму, нікель - карбід вольф-

раму, кобальт - нікель - карбід вольфраму і залізо - карбід вольфраму будуть демонструвати значно більш високі рівні міцності і ударної в'язкості в порівнянні з композитами на основі латуні і бронзи при еквівалентних рівнях стійкості до абразивного стирання/ерозійного зношення. Можна також чекати, що ці сплави будуть добре оброблятися з використанням звичайних різальних інструментів.

Певні варіанти способу, відповідно до даного винаходу, включають просочування маси твердих частинок зв'язкою, яка є евтектичною або близькою до евтектичної композицією, що містить щонайменше одне з наступного: кобальт, залізо і нікель, а також карбід вольфраму, і де зв'язка має температуру плавлення нижчу 1350°C. Тут маєтись на увазі, що термін "близька до евтектичної концентрація" означає, що концентрація основних складових композиції не відрізняється більш ніж на 10 вагових відсотків від евтектичних концентрацій цих складових. Евтектична концентрація карбіду вольфраму в кобальті становить приблизно 43 вагових відсотки. Евтектичні композиції добре відомі або можуть бути легко визначені фахівцем в даній галузі техніки. Лиття евтектичної або близької до евтектичної композиції може виконуватися з використанням або без використання твердих частинок в формі. Однак може виявитися переважніше, щоб при кристалізації композиція утворювала тверду фазу, що виділилася, з карбіду вольфраму і фазу зв'язки. Зв'язка може додатково містити легуючі елементи, такі як щонайменше одне з наступного: бор, кремній, хром, марганець, срібло, алюміній, мідь, олово і цинк.

Варіанти реалізації даного винаходу можуть включати як одну з відмітних особливостей виготовлення корпусів і шарошок з евтектичних або близьких до евтектичних композицій з використанням декількох різних способів. Варіанти цих способів містять наступні.

1. Просочування шару або маси твердих частинок, що містять суміш частинок карбіду перехідного металу і щонайменше одне з наступного: кобальт, залізо і нікель (тобто цементований карбід), розплавленою просочувальною речовиною, яка є евтектичною або близькою до евтектичної композицією з карбіду і щонайменше одного з наступного: кобальту, заліза і нікелю.

2. Просочування шару або маси частинок карбіду перехідного металу розплавленою просочувальною речовиною, яка є евтектичною або близькою до евтектичної композицією з карбіду і щонайменше одного з наступного: кобальту, заліза і нікелю.

3. Лиття розплавленої евтектичної або близької до евтектичної композиції з карбіду, наприклад, карбіду вольфраму, і щонайменше одного з наступного: кобальту, заліза і нікелю, з одержанням заданого або близького до заданого профілю корпусу долота, конічної шарошки або шарошки.

4. Змішування порошкової зв'язки і твердих частинок, розміщення суміші в формі, нагрів порошок до температури, що перевищує температуру плавлення зв'язки, і охолодження, щоб в процесі лиття виготовити корпус бурового долота, конічної шарошки або шарошку. Цей, так званий

спосіб "лиття на місці" може дозволити використати зв'язки з відносно низькою здатністю до просочування маси твердих частинок, оскільки зв'язка змішується з твердими частинками до плавлення, і, таким чином, для одержання виробу потрібні менші інтервали просочування.

У певних способах, відповідно до даного винаходу, просочування твердих частинок може включати завантаження ливникової лійки зв'язкою, плавлення зв'язки і введення зв'язки в форму з твердими частинками і можливо вставками. Як розглянуто вище, зв'язка може являти собою евтектичну або близьку до евтектичної композицію, або може містити щонайменше одне з наступного: кобальт, залізо і нікель, а також щонайменше одну складову, яка знижує температуру плавлення.

Інший спосіб, відповідно до даного винаходу, включає підготовку форми і лиття евтектичної або близької до евтектичної суміші з щонайменше одного з наступного: кобальту, заліза і нікелю, а також компонента твердої фази. По мірі охолодження евтектичної суміші згаданий компонент може виділятися з неї з утворенням твердої фази. Цей спосіб може виявитися корисним при виготовленні конічних шарошок і зубців в тришарошкових бурових долотах.

Ще один варіант реалізації даного винаходу включає згадане вище лиття на місці. Один з прикладів цього варіанту включає підготовку форми, додавання в неї суміші з твердих частинок і зв'язки і нагрів форми до температури, вищої температури плавлення зв'язки. Цей спосіб дозволяє відливати на місці корпус бурового долота, конічну шарошку і зубці для тришарошкових бурових доліт. Цей спосіб може виявитися переважним, якщо передбачуваний інтервал просочування зв'язкою недостатній для задовільного просочування твердих частинок звичайним шляхом.

Тверді частинки або тверда фаза можуть містити один або декілька з наступних матеріалів: карбіди, оксиди, бориди і нітриди, а фаза зв'язки може складатися з одного або більше металів VIII групи періодичної таблиці, а саме, Co, Ni та/або Fe. За морфологією тверда фаза може являти собою частинки неправильної, рівновісної або сферичної форми, волокна, ниткоподібні кристали, пластинки, призми, або може бути будь-якої іншої придатної форми. У деяких варіантах сплави кобальту, заліза і нікелю, які корисно використовувати в цьому винаході, можуть містити додаткові елементи, такі як бор, хром, кремній, алюміній, мідь, марганець або рутеній в загальній кількості до 20 вагових відсотків від пластичної суцільної фази.

Фіг. 2 - Фіг. 8 являють собою графіки результатів диференціального термічного аналізу (ДТА) для варіантів зв'язок, відповідно до даного винаходу. Фіг. 2 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1400°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 45% карбіду вольфраму і приблизно 55% кобальту (відносний вміст усюди наведений у вагових відсотках, якщо не вказане інше). На графіку показано, що

температура плавлення сплаву становить приблизно 1339°C.

Фіг. 3 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1300°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 45% карбіду вольфраму, приблизно 53% кобальту і приблизно 2% бору. На графіку показано, що температура плавлення сплаву становить приблизно 1151°C. У порівнянні з ДТА для сплаву на Фіг. 2 заміна приблизно 2% кобальту бором знижує температуру плавлення сплаву на Фіг. 3 майже на 200°C.

Фіг. 4 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1400°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 45% карбіду вольфраму, приблизно 53% нікелю і приблизно 2% бору. На графіку показано, що температура плавлення сплаву становить приблизно 1089°C. У порівнянні з ДТА для сплаву на Фіг. 3 заміна кобальту нікелем знижує температуру плавлення сплаву на Фіг. 4 майже на 60°C.

Фіг. 5 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1200°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 96,3% нікелю і приблизно 3,7% бору. На графіку показано, що температура плавлення сплаву становить приблизно 1100°C.

Фіг. 6 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1300°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 88,4% нікелю і приблизно 11,6% кремнію. На графіку показано, що температура плавлення сплаву становить приблизно 1150°C.

Фіг. 7 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1200°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 96% кобальту і приблизно 4% бору. На графіку показано, що температура плавлення сплаву становить приблизно 1100°C.

Фіг. 8 - графік результатів ДТА з двома циклами при нагріванні від 900°C до 1300°C зі швидкістю збільшення температури 10°C/хв. в атмосфері аргону для зразка, що містить приблизно 87,5% кобальту і приблизно 12,5% кремнію. На графіку показано, що температура плавлення сплаву становить приблизно 1200°C.

На Фіг. 9-Фіг. 11 наведені мікрофотознімки матеріалів, виготовлених з використанням варіантів способів, відповідно до даного винаходу. Фіг. 9 являє собою мікрофотознімок, одержаний за допомогою растрового електронного мікроскопа, матеріалу, виготовленого в результаті заливання зв'язки, що складається фактично з евтектичної суміші кобальту і бору, де бор присутній в кількості приблизно 4 вагових відсотки від загальної ваги

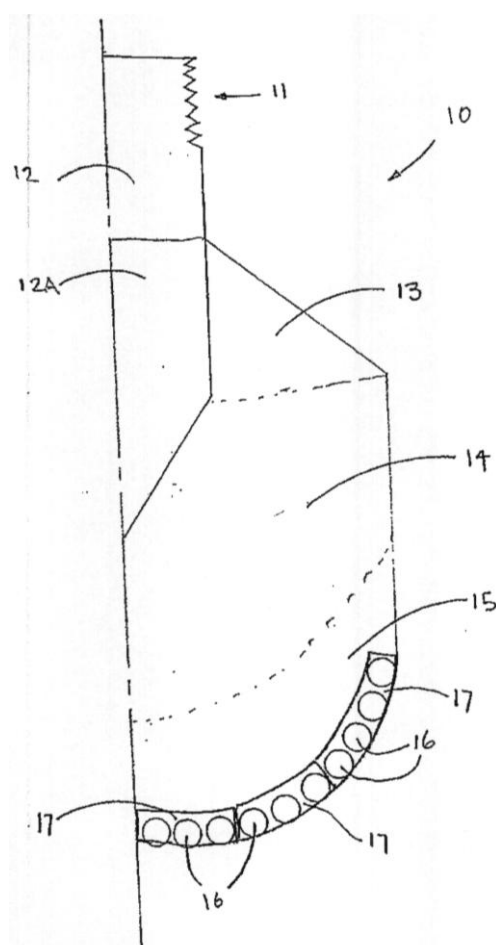
зв'язки. Більш світла фаза 92 являє собою Co_3B , а більш темна фаза 91 - фактично кобальт. Суміш кобальту і бору була розплавлена шляхом нагрівання до приблизно 1200°C з подальшим охолодженням на повітрі до кімнатної температури і кристалізацією.

Фіг. 10-Фіг. 12 - мікрофотознімки, одержані за допомогою растрового електронного мікроскопа, різних місць і різних особливостей мікроструктури для того ж матеріалу. Матеріал був виготовлений шляхом просочування твердих частинок зв'язкою. Тверді частинки являли собою наповнювач з литого карбіду (W_2C , WC), що складає приблизно 60-65 об'ємних відсотків від загального об'єму матеріалу. Наповнювач був просочений зв'язкою, що містить приблизно 96 вагових відсотків кобальту і 4 вагових відсотки бору. Температура просочування становила приблизно 1285°C.

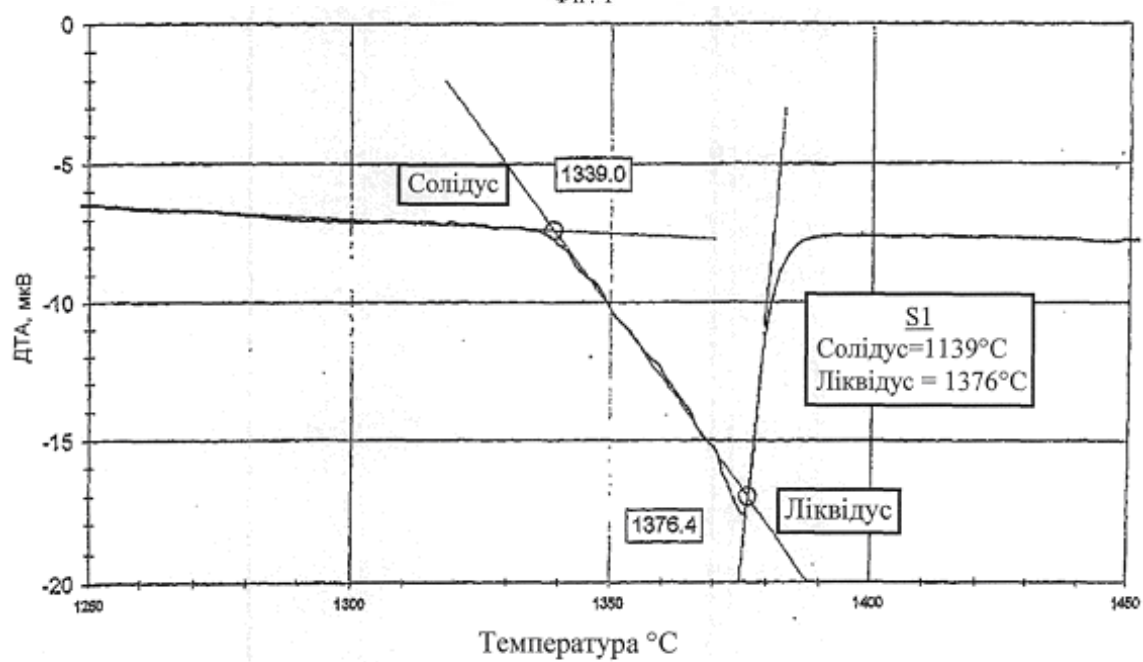
Фіг. 13 - мікрофотознімок матеріалу, виготовленого шляхом просочування маси частинок 130 литого карбіду і вставки 131 з цементованого карбіду зв'язкою, що складається фактично з кобальту і бору. Щоб виготовити матеріал, показаний на Фіг. 13, вставка 131 з цементованого карбіду з діаметром 3/4" і висотою 1,5" була розміщена в формі до просочування маси твердих частинок 130 литого карбіду зв'язкою, що містить кобальт і бор. Як можна бачити на Фіг. 13, просочувальна зв'язка і зв'язка з цементованого карбіду змішуються з утворенням однієї суцільної матриці 132, яка зв'язує як литі карбіди, так і карбіди з цементованого карбіду.

Крім того, у варіантах реалізації даного винаходу може бути додана наплавка твердим сплавом. Наплавка може бути додана при виготовленні корпусів доліт, конічних шарошок, вставних конічних шарошок і шарошок, якщо потрібна підвищена зносостійкість. Наприклад, конічна шарошка 160, показана на Фіг. 16, може мати наплавку на зубцях 161 і в зоні 162 вершини. Корпус конічної шарошки може також мати наплавку, наприклад, в зоні навколо насадок. Якщо звернутися до Фіг. 14, корпус долота може мати наплавку, наприклад, в зонах насадок 144, площадки 143 для вимірювальних приладів і гнізд 141 для вставок. Типовий матеріал наплавки містить карбід вольфраму в матриці з легованої сталі.

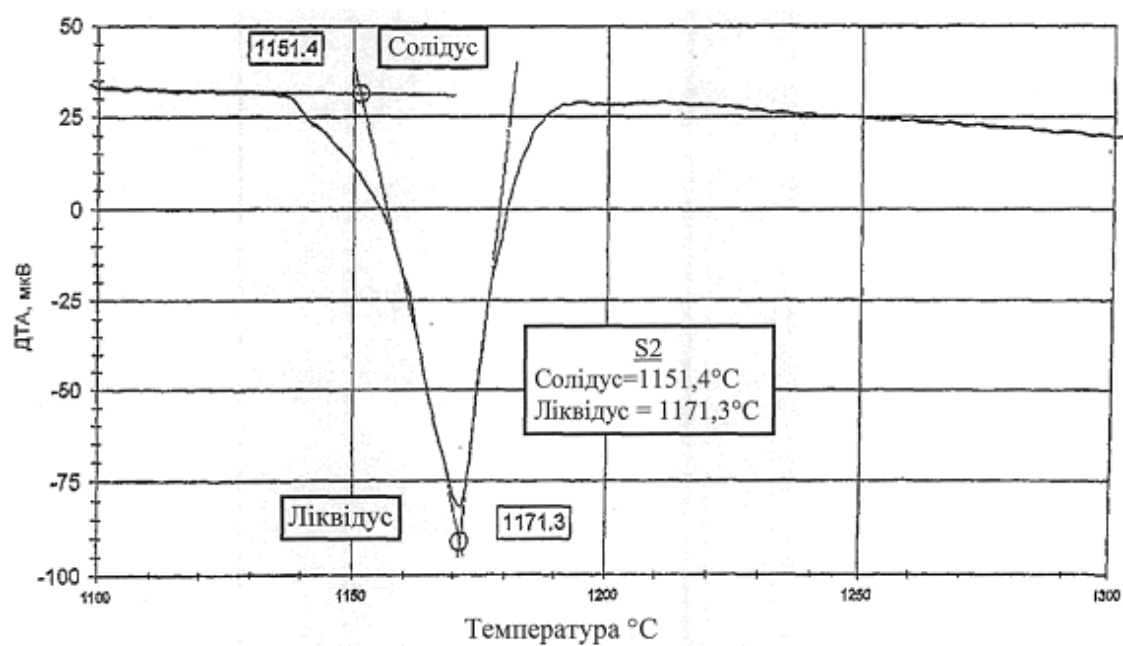
Необхідно розуміти, що даний опис ілюструє ті аспекти винаходу, які пов'язані з його чітким розумінням. Деякі аспекти даного винаходу, які можуть бути очевидні фахівцям в даній галузі техніки і, отже, не сприяють полегшенню його розуміння, не представлені, щоб спростити даний опис. Хоча тут описані варіанти реалізації даного винаходу, фахівець в даній галузі техніки після ознайомлення з наведеним вище описом зрозуміє, що може бути здійснена множина модифікацій і змін цього винаходу. Передбачається, що всі подібні модифікації і зміни охоплені наведеним вище описом і пунктами прикладеної Формули винаходу.



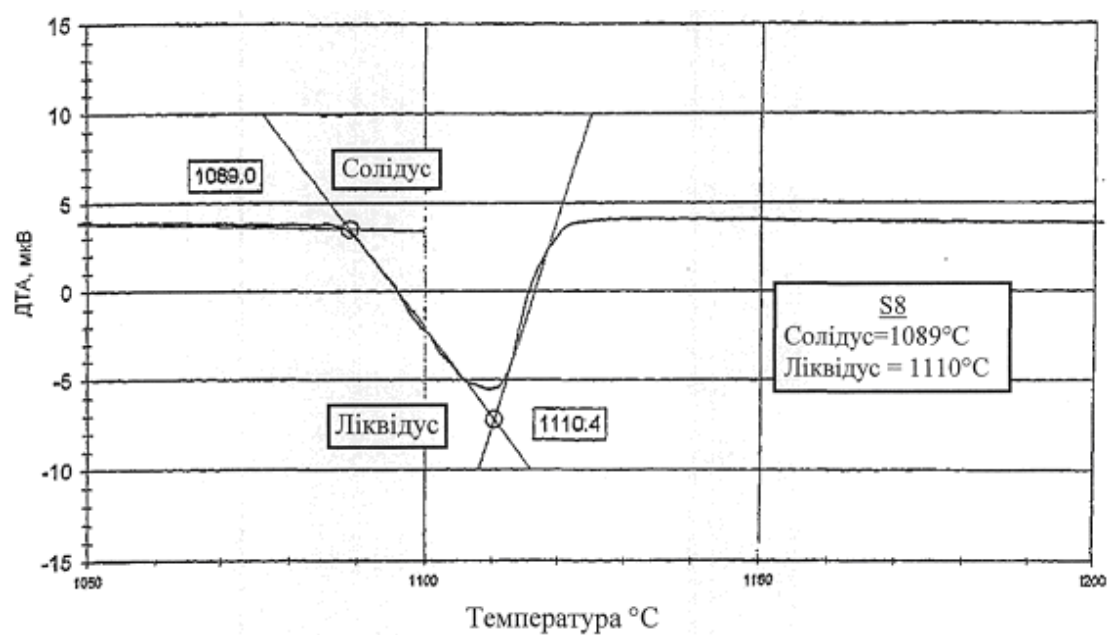
Фиг. 1



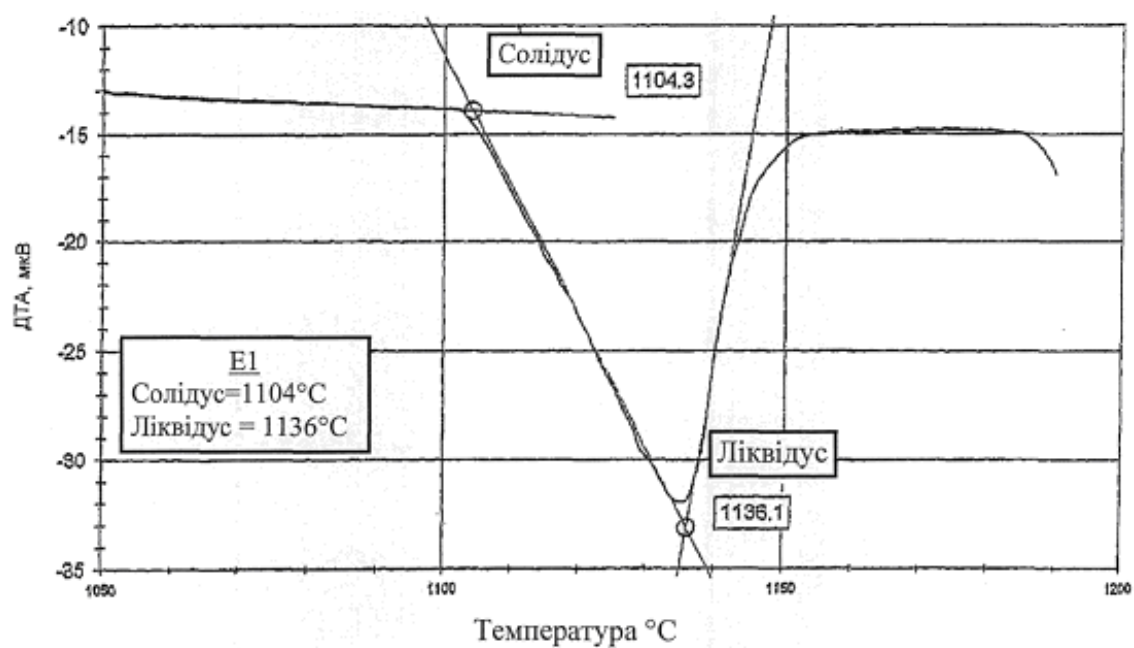
Фиг. 2



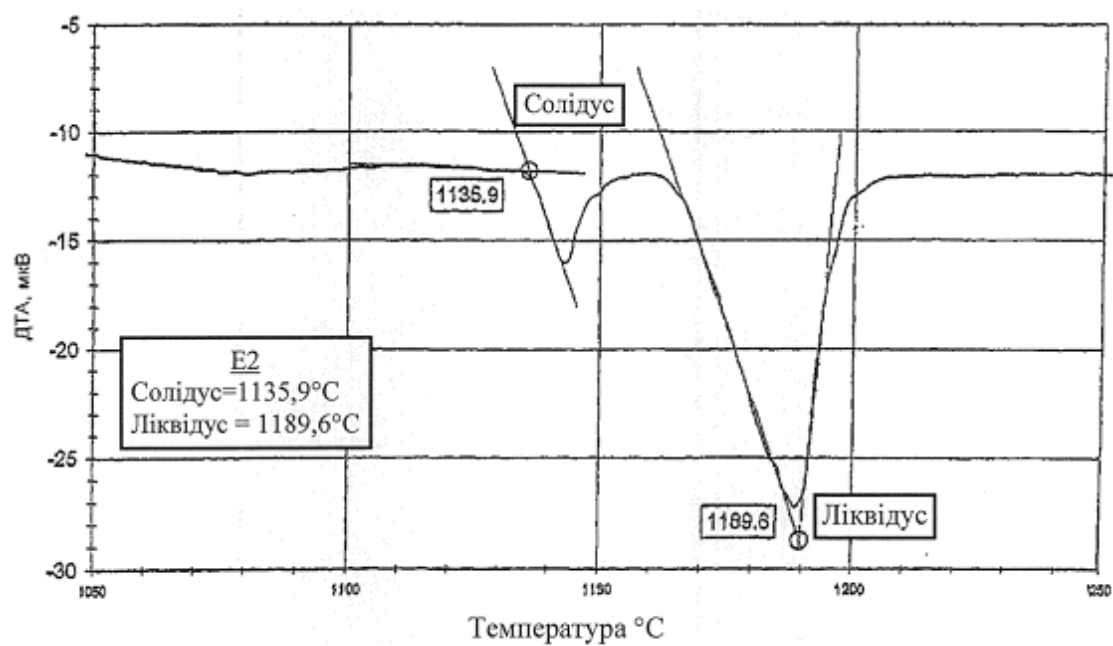
Фіг. 3



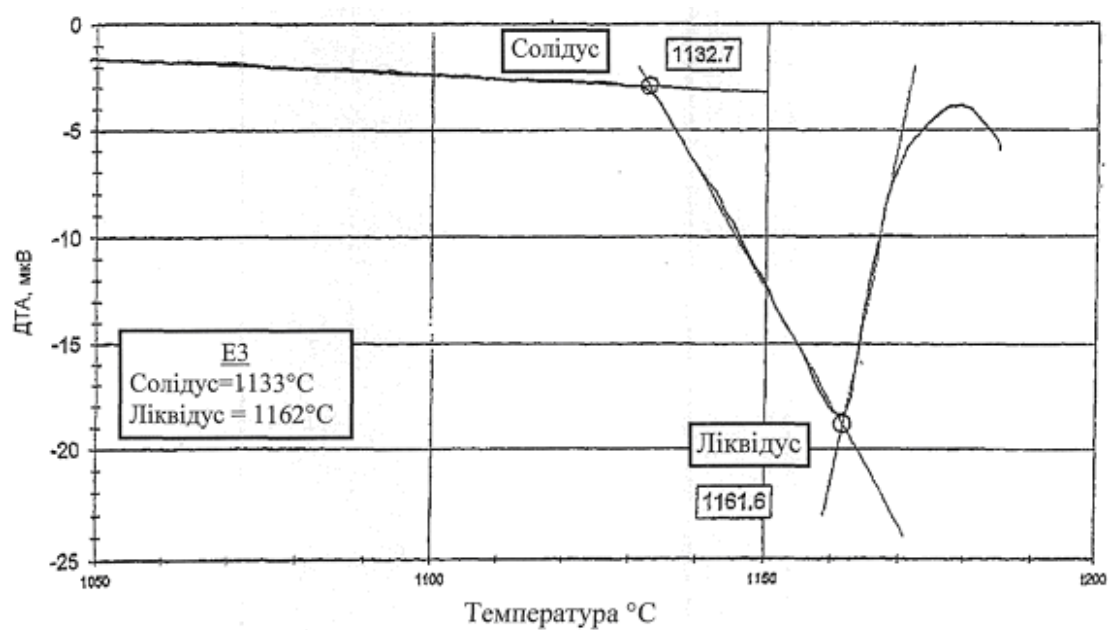
Фіг. 4



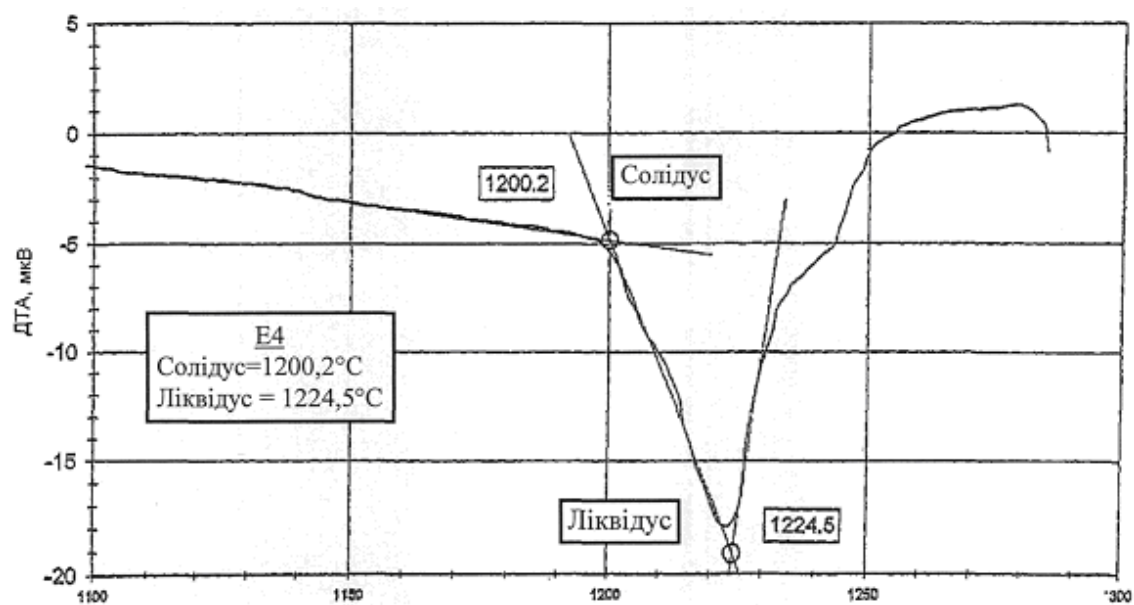
Фіг. 5



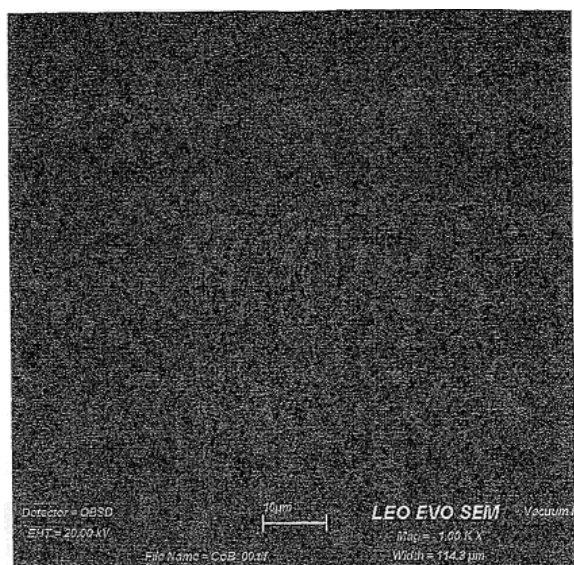
Фіг. 6



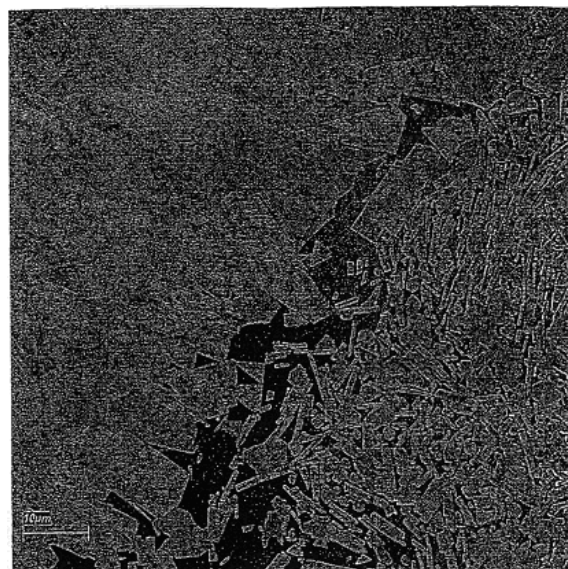
Фіг. 7



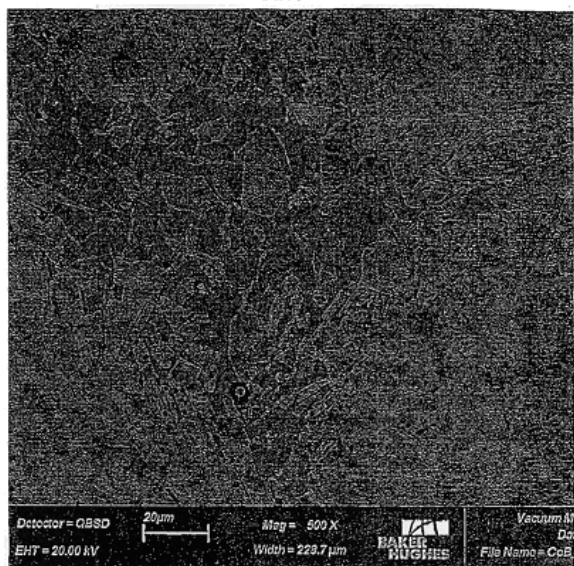
Фіг. 8



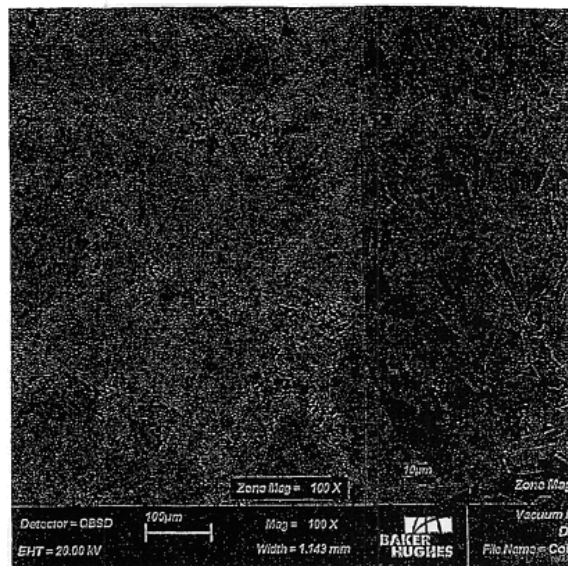
Φir. 9



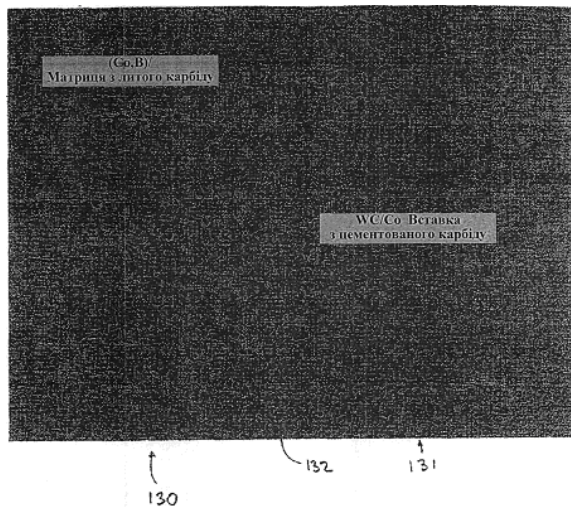
Φir. 10



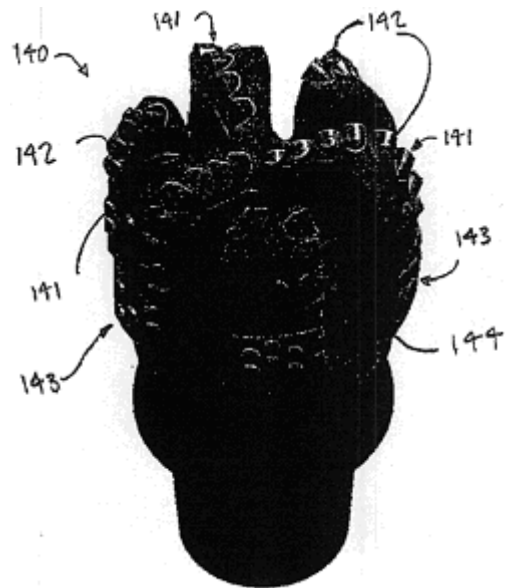
Φir. 11



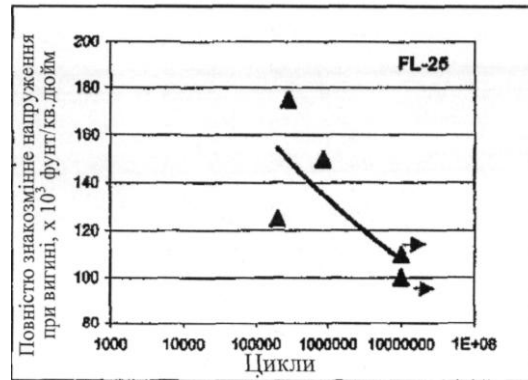
Φir. 12



Фіг. 13

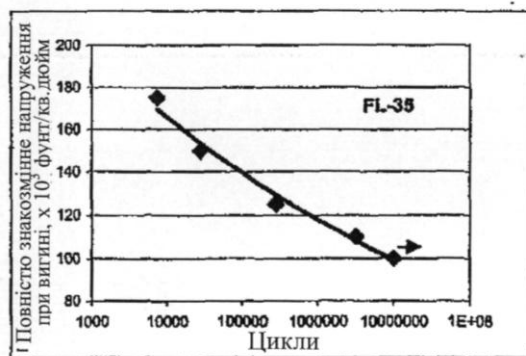


Фіг. 14

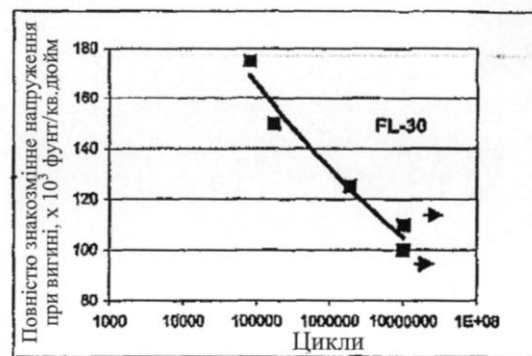


Фіг. 15A

Дані випробувань на утомленість при вигині з обертанням



Фіг. 15C



Фіг. 15B

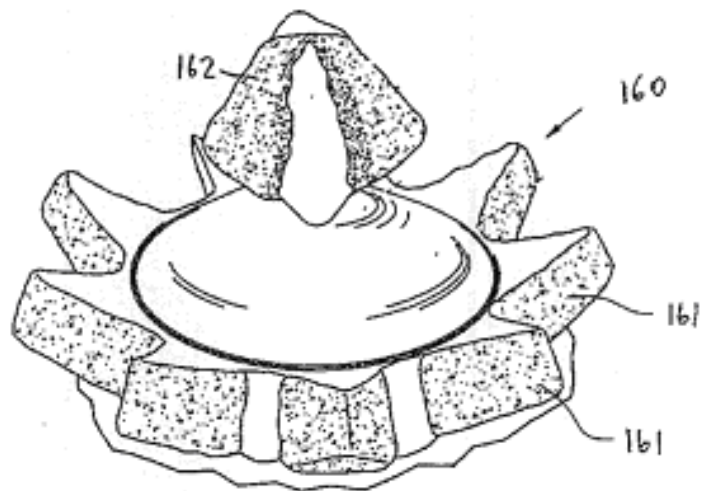


Fig. 16