



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 81716

(13) C2

(51) МПК (2006)

C23C 14/00

C23C 14/06

C23C 28/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД(54) СПОСІБ НАНЕСЕННЯ ГІБРИДНОГО ПОКРИТТЯ, ЯКЕ СТВОРЮЄ ТЕРМІЧНИЙ БАР'ЄР (ВАРІАНТИ),
ТА ПОКРИТИЙ МЕТАЛЕВИЙ КОМПОНЕНТ

1

2

(21) а200607046

(22) 23.06.2006

(24) 25.01.2008

(31) 11/219,157

(32) 01.09.2005

(33) US

(72) ПЕТРАЖКЕВІЧ ЕДВАРД Ф., ШЛІХТІНГ КЕВІН
У., ЛІТТОН ДЕВІД А., ТЕРРІ ХЕЗЕР А.

(73) ЮНАЙТЕД ТЕКНОЛОДЖІЗ КОРПОРЕЙШН

(56) UA 65619, C, 15.04.2004

RU 2232205, C, 10.07.2004

SU 1812238, A, 30.04.1993

US 6434876, B, 20.08.2002

US 6071556, A, 06.06.2000

DE 19934418, A, 25.01.2001

(57) 1. Спосіб нанесення гібридного покриття, яке
створює термічний бар'єр, який включає:маскування принаймні частини першої поверхні
металевого компонента першим маскувальним
шаром;нанесення матеріалу першого покриття, що має
перший показник теплопровідності, на принаймні
частину другої поверхні металевого компонента;
вилучення першого маскувального шару;нанесення матеріалу другого покриття, що має
другий показник теплопровідності, на принаймні
частину першої поверхні металевого компонента,
де перший показник теплопровідності є більшим
ніж або меншим ніж другий показник
теплопровідності,причому нанесенням матеріалу другого покриття
створюють покриття, яке утворює термічний
бар'єр, що має показник теплопровідності
приблизно від 0,145 Вт/(м·К) до 1,45 Вт/(м·К), а
нанесенням матеріалу першого покриття
створюють покриття, яке утворює термічний
бар'єр, що має показник теплопровідності
приблизно від 0,72 Вт/(м·К) до 2,45 Вт/(м·К).

2. Спосіб за п. 1, який додатково включає:

маскування принаймні частини другої поверхні
металевого компонента другим маскувальним
шаром до нанесення матеріалу другого покриття;
вилучення другого маскувального шару, після
нанесення матеріалу другого покриття.3. Спосіб за п. 1, у якому нанесення матеріалу
першого покриття та матеріалу другого покриття
включає застосування способу конденсації з
парової фази.4. Спосіб за п. 3, у якому нанесення матеріалу
першого покриття та матеріалу другого покриття
включає застосування способу електронно-
променевої конденсації з парової фази.5. Спосіб за п. 1, у якому перший показник
теплопровідності є більшим за другий показник
теплопровідності.6. Спосіб за п. 1, у якому другий показник
теплопровідності є більшим за перший показник
теплопровідності.7. Спосіб за п. 1, у якому матеріал другого
покриття перекриває принаймні частину матеріалу
першого покриття.8. Спосіб за п. 1, у якому маскування принаймні
частини першої поверхні включає нанесення
металевого листа принаймні на частину першої
поверхні.9. Спосіб за п. 8, у якому нанесення металевого
листа включає:нанесення металевого листа, що має один або
кілька виступів, принаймні на частину першої
поверхні; і вставлення одного або кількох виступів
в один або кілька отворів уздовж краю на першій
поверхні.10. Спосіб за п. 8, у якому металевий лист містить
будь-який з таких матеріалів: алюмінієвий лист,
алюмінієва стрічка, алюмінієва фольга, лист з
нікелевого сплаву та їх комбінації.11. Спосіб за п. 2, у якому нанесення другого
маскування включає нанесення маскування, яке
має форму, що значною мірою відповідає
негативові другої поверхні компонента і дозволяє
відкривати першу поверхню.12. Спосіб за п. 11, у якому маскування включає
будь-який з наступних матеріалів: алюмінієвий
лист, алюмінієва стрічка, лист з нікелевого сплаву
та їх комбінації.13. Спосіб за п. 1, який додатково включає
нанесення зв'язуючого шару на другу поверхню
металевого компонента перед нанесенням
матеріалу першого покриття.

(13) C2

(11) 81716

(19) UA

14. Спосіб за п. 1, який додатково включає нанесення зв'язуючого шару на першу поверхню металевого компонента перед нанесенням матеріалу другого покриття.

15. Спосіб за п. 1, у якому металевим компонентом є лопать або лопатка, де перша поверхня є боком нагнітання, а друга поверхня включає бік всмоктування та платформу.

16. Спосіб за п. 1, у якому металевий компонент містить будь-який з таких матеріалів: суперсплав на основі нікелю, суперсплав на основі кобальту, суперсплав на основі заліза, титановий сплав, мідний сплав та їх комбінації.

17. Спосіб за п. 1, у якому товщина шару другого матеріалу покриття зменшується до краю разом з принаймні частиною першого матеріалу покриття.

18. Спосіб за п. 1, який додатково включає формування зони переходу покриття, що включає матеріал першого покриття та матеріал другого покриття принаймні на частині першої поверхні або частині другої поверхні, або обох поверхнях зазначеного металевого компонента.

19. Спосіб нанесення гібридного покриття, яке створює термічний бар'єр, який включає: нанесення першого матеріалу покриття, яке створює термічний бар'єр і має перший показник теплопровідності, на принаймні частину першої поверхні металевого компонента; і нанесення другого матеріалу покриття, яке створює термічний бар'єр і має другий показник теплопровідності, на принаймні частину другої поверхні металевого компонента, причому перший показник теплопровідності становить приблизно від 0,145 Вт/(м·К) до 1,45 Вт/(м·К), а другий показник теплопровідності становить приблизно від 0,72 Вт/(м·К) до 2,45 Вт/(м·К) або перший показник теплопровідності становить приблизно від 0,72 Вт/(м·К) до 2,45 Вт/(м·К), а другий показник теплопровідності становить приблизно від 0,145 Вт/(м·К) до 1,45 Вт/(м·К).

20. Спосіб за п. 19, у якому другий матеріал покриття, яке створює термічний бар'єр, додатково також наносять на принаймні частину першої поверхні.

21. Спосіб за п. 19, у якому нанесення першого матеріалу покриття, яке створює термічний бар'єр, та другого матеріалу покриття, яке створює термічний бар'єр, включає застосування способу повітряно-плазмового напilenня.

22. Спосіб за п. 19, у якому металевим компонентом є лопать або лопатка, де першою поверхнею є бік нагнітання, а друга поверхня включає бік всмоктування та платформу.

23. Спосіб за п. 19, який додатково включає нанесення зв'язуючого шару принаймні на частину першої поверхні перед нанесенням першого покриття, яке створює термічний бар'єр.

24. Спосіб за п. 19, який додатково включає нанесення зв'язуючого шару принаймні на частину другої поверхні перед нанесенням другого покриття, яке створює термічний бар'єр.

25. Спосіб за п. 19, у якому металевий компонент містить будь-який з таких матеріалів: суперсплав на основі нікелю, суперсплав на основі кобальту,

суперсплав на основі заліза, титановий сплав, мідний сплав та їх комбінації.

26. Спосіб за п. 19, у якому другий матеріал покриття, яке створює термічний бар'єр, перекиває принаймні частину першого матеріалу покриття, яке створює термічний бар'єр.

27. Спосіб за п. 19, у якому товщина шару другого матеріалу покриття, яке створює термічний бар'єр, зменшується до краю разом з принаймні частиною першого матеріалу покриття, яке створює термічний бар'єр.

28. Спосіб за п. 19, який додатково включає формування зони переходу покриття, що включає матеріал першого покриття, яке створює термічний бар'єр, та матеріал другого покриття, яке створює термічний бар'єр, принаймні на частині першої поверхні або частині другої поверхні, або обох поверхнях зазначеного металевого компонента.

29. Металевий компонент, що має: зовнішню поверхню, перше покриття, яке має перший показник теплопровідності, нанесене на принаймні першу частину зовнішньої поверхні, та друге покриття, яке має другий показник теплопровідності, нанесене на принаймні другу частину зовнішньої поверхні, причому перший показник теплопровідності становить приблизно від 0,145 Вт/(м·К) до 1,15 Вт/(м·К), а другий показник теплопровідності становить приблизно від 0,72 Вт/(м·К) до 2,45 Вт/(м·К).

30. Металевий компонент за п. 29, у якому друге покриття також нанесене на першу частину, яка містить перше покриття.

31. Металевий компонент за п. 29, який є компонентом газотурбінного двигуна.

32. Металевий компонент за п. 29, який є компонентом газотурбінного двигуна, що містить: лопать, яка включає нижню платформу, аеродинамічну поверхню, яка включає бік всмоктування та бік нагнітання, і верхню платформу, причому перша частина є боком всмоктування, а друга частина - боком нагнітання.

33. Металевий компонент за п. 32, у якому першим покриттям є покриття, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю, нанесене на бік всмоктування, а другим покриттям є покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю, нанесене на бік нагнітання.

34. Металевий компонент за п. 32, у якому першим покриттям є покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю, нанесене на бік всмоктування, а другим покриттям є покриття, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю, нанесене на бік нагнітання.

35. Металевий компонент за п. 29, який є компонентом газотурбінного двигуна, що містить лопатку, яка має хвостовик, аеродинамічну поверхню, яка включає бік всмоктування та бік нагнітання, і вершину, причому перша частина є боком всмоктування, а друга частина - боком нагнітання.

36. Металевий компонент за п. 35, у якому першим покриттям є покриття, яке створює термічний

бар'єр, з високою теплопровідністю, нанесене на бік всмоктування, а другим покриттям є покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю, нанесене на бік нагнітання.

37. Металевий компонент за п. 35, у якому першим покриттям є покриття, яке створює термічний

бар'єр, з низькою теплопровідністю, нанесене на бік всмоктування, а другим покриттям є покриття, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю, нанесене на бік нагнітання.

Даний винахід стосується способу нанесення покриттів, які створюють термічний бар'єр, зокрема, способу нанесення гібридного покриття, яке створює термічний бар'єр.

Газотурбінні двигуни є добре розробленими механізмами для перетворення хімічної потенційної енергії у формі палива на теплову енергію, а потім на механічну енергію для використання у двигунах літальних апаратів, при виробленні електроенергії, перекачуванні рідин та ін. У даний час головним доступним засобом поліпшення ефективності газотурбінних двигунів є використання більш високих робочих температур. Однак металеві матеріали, які застосовують у компонентах газотурбінних двигунів, нині є максимально наближеними до верхніх меж їхньої термічної стійкості. У найбільш нагрітих місцях сучасних газотурбінних двигунів металеві матеріали застосовують при температурах газу, які перевищують їхню точку плавлення. Вони залишаються неушкодженими завдяки тому, що охолоджуються повітрям. Однак забезпечення повітряного охолодження знижує ефективність двигуна

Відповідно, ведеться активна розробка покриттів, які створюють термічний бар'єр, для застосування з газотурбінним авіаційним обладнанням, яке працює на охолодженому газі. Завдяки застосуванню покриття, яке створює термічний бар'єр, потрібна кількість охолоджувального повітря може бути суттєво знижена, таким чином, забезпечуючи відповідне підвищення ефективності.

Лопаті та лопатки турбін є двома прикладами компонентів газотурбінного авіадвигуна, що працює на охолодженому газі, на яких застосовують покриття, що створюють термічний бар'єр. Лопаті та лопатки турбін у гарячій ділянці газової турбіни, що працює на охолодженому газі, зазвичай вкривають металевим та/або керамічним покриттям, яке створює термічний бар'єр для збільшення їх довговічності.

Керамічні покриття, які створюють термічний бар'єр, наносять у будь-якому місці на товщину від 0,5 до 10 мілів або більше, і вони можуть знижувати температуру на поверхні металевої основи на 300°F або більше. Для типових сучасних систем покриттів, які створюють термічний бар'єр, керамічний матеріал наносять або шляхом плазмового напилення, зазвичай повітряно-плазмового (APS) напилення, або конденсації з парової фази, наприклад, осадження електронним променем (EB-PVD).

Типова небезпека, пов'язана з лопатями та лопатками під час їхньої служби, полягає в

утворенні схильних до окиснення місць перегріву на боці нагнітання аеродинамічної поверхні. У даний час ці місця перегріву вкривають покриттям з низькою теплопровідністю, яке створює термічний бар'єр, наприклад, таким, що має показник теплопровідності, який є на 50-60% нижчим, ніж у нині існуючих покриттів серійного виробництва, які створюють термічний бар'єр, таких як 7YSZ. Однак, оскільки лопаті та лопатки працюють у суворих умовах з великим числом Маха, ще одну небезпеку, яка може виникати у ділянках аеродинамічної поверхні з великим числом Маха, є абразивна ерозія, якої, наприклад, зазнають покриття та основа, на яку його наносять

Таким чином, існує потреба у покритті, яке створює термічний бар'єр і яке забезпечує потрібну теплопровідність, яка є необхідною для запобігання окисненню, а також виявляє властивості стійкості до ерозії для протистояння абразивній ерозії.

Згідно з даним винаходом, спосіб нанесення гібридного покриття, яке створює термічний бар'єр, в цілому включає маскування принаймні частини першої поверхні компонента першим маскувальним шаром; нанесення першого матеріалу покриття на принаймні частину другої поверхні компонента; видалення першого маскувального шару; необов'язково маскування принаймні частини другої поверхні компонента другим маскувальним шаром; нанесення другого матеріалу покриття на принаймні частину першої поверхні компонента; і видалення другого маскувального шару.

Спосіб нанесення гібридного покриття, яке створює термічний бар'єр, в цілому включає нанесення першого матеріалу покриття, яке створює термічний бар'єр і має перший показник теплопровідності, на принаймні частину першої поверхні компонента; і нанесення другого покриття, яке створює термічний бар'єр матеріал і має другий показник теплопровідності, на принаймні частину другої поверхні компонента і, необов'язково, принаймні частину першої поверхні, причому другий показник теплопровідності є більшим або меншим за перший показник теплопровідності.

Виріб в цілому включає зовнішню поверхню; перше покриття, яке має перший показник теплопровідності, нанесене на принаймні першу частину вищезгаданої зовнішньої поверхні; та друге покриття, яке має другий показник теплопровідності, нанесене на принаймні другу частину зовнішньої поверхні і, необов'язково, першу частину, яка в цілому включає перше покриття.

Деталі одного або кількох варіантів втілення винаходу викладено на супровідних Фігурах та у представленому нижче описі. Інші особливості, цілі та переваги винаходу стануть зрозумілими після ознайомлення з описом та Фігурами, а також формулою винаходу.

Короткий опис фігур

Фіг.1 є зображенням компонента для застосування в газотурбінному двигуні;

Фіг. 2 є зображенням першого маскувального шару згідно з даним винаходом; і

Фіг. 3 є зображенням другого маскувального шару згідно з даним винаходом.

Однакові номери та позначення на різних Фігурах означають однакові елементи

Описані авторами способи нанесення покриття, які створюють термічний бар'єр, стосуються потреби у компонентах газотурбінних двигунів, здатних протистояти як окисненню, так і абразивній ерозії. Способи згідно з даним винаходом стосуються нанесення комбінації покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю, та покриття, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю; кожного - в кількості, достатній для запобігання окисненню та протистояння абразивній ерозії.

Взагалі, згідно з даним винаходом пропонується виріб, який має конкретне застосування як компонент газотурбінного двигуна. Цей виріб може мати металеву основу та будь-яке з багатьох покриттів з низькою та високою теплопровідністю, які створюють термічний бар'єр і які зазвичай наносять на основу. Ці покриття з низькою та високою теплопровідністю, які створюють термічний бар'єр, можуть бути нанесені з застосуванням будь-якого з багатьох способів, відомих спеціалістам у даній галузі і, в оптимальному варіанті - для застосування при високих температурах, можуть бути нанесені з застосуванням способів конденсації з парової фази та плазмового напылення.

Типовими покриттями, які створюють термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю, передбаченими для застосування як у процесі конденсації з парової фази, так і у процесі плазмового напылення, є, крім інших, повні покриття, які створюють термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю, описані у патенті США № 6,730,422, виданому Litton, et al., переданому United Technologies Corporation, який включено авторами шляхом посилання у повному обсязі. Передбачається, що покриття, які створюють термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю мають показник теплопровідності у межах приблизно від 1 btu in/hr ft²F (0,145Вт/(мК)) до 10 btu in/hr ft²F (1,45Вт/(мК)).

Типовими покриттями, які створюють термічний бар'єр, з високою теплопровідністю, передбаченими для застосування у процесах плазмового напылення, є, крім інших, покриття, які створюють термічний бар'єр, з високою теплопровідністю, описані, наприклад, у патенті США № 4,861,618, виданому Vine et al., переданому United Technologies Corporation, який включено авторами шляхом посилання у повному

обсязі. Передбачається, що покриття, які створюють термічний бар'єр, з високою теплопровідністю мають показник теплопровідності у межах приблизно від 5 btu in/hr ft²F (0,72Вт/(мК)) до 17 btu in/hr ft²F (2,45Вт/(мК)).

Типовими покриттями, які створюють термічний бар'єр, з високою теплопровідністю, передбаченими для застосування у процесі електронно-променевої конденсації з парової фази, є, крім інших, повні покриття, які створюють термічний бар'єр, з високою теплопровідністю, описані у нижчезазначених патентах, переданих United Technologies Corporation і включених авторами шляхом посилання в їх повному обсязі: [Патент США №4,405,660, виданий Ulion et al.; Патент США № 4,585,481, виданий Gupta, et al.; Патент США № 5,087,477, виданий Giggins, Jr., et al.; Патент США № 4,321,311, виданий Strangman; і Патент США № 5,262,245, виданий Ulion et al].

Покриття, які створюють термічний бар'єр, з високою теплопровідністю можуть мати різні мікроструктури, залежно від потрібних характеристик, наприклад, запобігання окисненню, протистояння ерозії і т. ін. Покриття, які створюють термічний бар'єр, з високою теплопровідністю можуть мати монокристалічну мікроструктуру, як описано у [патенті США №4,719,030, виданому Duhl et al., переданому United Technologies Corporation], який включено авторами шляхом посилання в повному обсязі, або структуру стовпчастого кристала, як описано, наприклад, у публікаціях Strangman et al. та Ulion et al., або рівновісній структурі.

Покриття, які створюють термічний бар'єр, з низькою та високою теплопровідністю наносять безпосередньо на поверхню основи або наносять на вирівнювальний шар, нанесений на одну або кілька поверхонь основи. В оптимальному варіанті покриття, які створюють термічний бар'єр, з високою та низькою теплопровідністю наносять або безпосередньо на поверхню, або на напылений вирівнювальний шар, застосовуючи способи конденсації з парової фази або повітряно-плазмового напылення. Основа може включати суперсплав на основі нікелю, суперсплав на основі кобальту, залізний сплав, такий як сталь, титановий сплав, мідний сплав та їх комбінації.

Вирівнювальний шар може включати будь-який придатний вирівнювальний шар, відомий спеціалістам. Наприклад, вирівнювальний шар може бути утворений з матеріалу, що містить алюміній, алюмініду, алюмініду платини, керамічного матеріалу, такого як стабілізований 7мас.% ітрію двоокис цирконію або матеріал MCrAlY, які є загальновідомими серед спеціалістів у даній галузі. В оптимальному варіанті вирівнювальний шар утворюють, застосовуючи плазмові напылення під низьким тиском. Якщо потрібно, вирівнювальний шар може мати окалину на зовнішній поверхні перед напыленням композицій термічного бар'єру; окалина зазвичай включає глинозем. Окалина сприяє прилипанню покриття, які створюють термічний бар'єр, з низькою та/або високою теплопровідністю до вирівнювального шару.

У деяких варіантах втілення виріб може мати вищезгадану окалину на його поверхні, і одне або кілька покриттів з високою або низькою теплопровідністю, які створюють термічний бар'єр, можуть бути нанесені безпосередньо на окалину і зв'язані з нею з застосуванням відповідного способу осадження, відомого спеціалістам, включаючи, крім іншого, процеси дифузії, конденсацію з парової фази та/або хімічне осадження з парової фази. В оптимальному варіанті покриття, які створюють термічний бар'єр, з високою та низькою теплопровідністю наносять на окалину і зв'язують з нею, за її наявності, застосовуючи конденсацію з парової фази або плазмове напилення.

Хоча можна розглядати й застосовувати багато відомих спеціалістам у даній галузі способів напилення, для нанесення покриття з низькою та високою теплопровідністю, які створюють термічний бар'єр, згідно з описаними авторами способами, перевагу віддають електронно-променевої конденсації з парової фази та повітряно-плазмовому напиленню. Спосіб електронно-променевої конденсації з парової фази описано, наприклад, у патенті [477, виданому Giggins, Jr., et al.], а спосіб повітряно-плазмового напилення описано, наприклад, у [патенті 618, виданому Vine et al.].

На Фіг.1 показано, що процес електронно-променевої конденсації з парової фази ("EB-PVD") в цілому включає поміщення та підвішування компонента (показано), який піддають вкриванню, у напилювальній камері традиційного пристрою для EB-PVD (не показано). Необов'язково вищезгаданий вирівнювальний шар, який включає описані авторами матеріали вирівнювального шару, може бути напилений на платформи 12, 18 та сторону всмоктування 14 з застосуванням способу EB-PVD. Також необов'язково може бути утворена вищезгадана глиноземна окалина шляхом окиснення поверхні вирівнювального шару. Як приклад, який не обмежує обсягу винаходу, компонент газотурбінного двигуна може бути лопаттю або лопаткою. Лопать 10 включає нижню платформу 12, аеродинамічну поверхню, яка має сторону всмоктування 14, сторону нагнітання 16 та верхню платформу 18, причому сторона всмоктування 14 та сторона нагнітання 16 мають передній край 20 та задній край 22, які в цілому обмежують аеродинамічну поверхню лопаті 10. Традиційні лопаті та лопатки також включають певну кількість охолоджувальних отворів 23 уздовж їх задніх країв.

Відразу після напилення необов'язкового вирівнювального шару та глиноземної окалини на компонент один або кілька маскувальних шарів або маскувальних агентів наносять на один або кілька частин компонента з метою нанесення на компонент одного або кількох покриттів, які створюють термічний бар'єр, зі змінними показниками теплопровідності. Перший маскувальний шар 24 може включати будь-який тип матеріалу, який значною мірою вкриває і/або повністю вкриває поверхню деталі, яку піддають вкриванню, і може витримувати умови процесу

вкривання. До придатних матеріалів для першого маскувального шару 24 належать, крім інших, металевий лист, наприклад, алюмінієвий лист, алюмінієва стрічка, алюмінієва фольга, лист з нікелевого сплаву, комбінації, які включають принаймні один з попередніх компонентів, і т. ін., в оптимальному варіанті - алюмінієва фольга, завдяки її низькій вартості, пружності та ефективності.

Як приклад, який не обмежує обсяг винаходу, перший маскувальний шар 24 може включати лист 26 матеріалу, який має певну кількість виступів 28 які виступають від поверхні листа 26 поблизу від першого краю 30. У цьому прикладі перший маскувальний шар 24 може бути нанесений на сторону нагнітання 16 таким чином, щоб виступи 28 вставлялися в охолоджувальні отвори лопаті 10 для закріплення першого маскувального шару 24 на лопаті 10. Як стане зрозуміло звичайному спеціалістові в даній галузі, що перший маскувальний шар 24 взагалі може утворюватися таким чином, щоб підходити до різних компонентів газотурбінного двигуна, а не лише до лопаті. Відразу після нанесення першого маскувального шару 24 лопать 10 підготовляють для нанесення покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою або високою теплопровідністю, як відомо спеціалістам у даній галузі. В оптимальному варіанті матеріал покриття, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю, який включає один з вищезгаданих описаних авторами матеріалів для покриття та їх комбінації, напилюють на необов'язковий вирівнювальний шар або поверхню платформ 12, 18 та сторону всмоктування 14, застосовуючи спосіб EB-PVD, відомий спеціалістам у даній галузі. Відразу по завершенню напилення покриття, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю перший маскувальний шар 24 може бути видалений.

Після цього на лопать 10 наносять другий маскувальний шар 32. Другий маскувальний шар 32 може включати оболонку 34, як представлено на ФІГ. 3. На ФІГ. 3 показано, що другий маскувальний шар 32 має форму, яка значною мірою відповідає стороні всмоктування 14 та платформам 12, 18 вищезгаданої лопаті таким чином, щоб платформи 12, 18 входили в оболонку 34, і дозволяє відкривати сторону нагнітання 16. Як стане зрозуміло спеціалістам у даній галузі, оболонка 34 може бути побудована таким чином, щоб підходити до різних компонентів газотурбінного двигуна, а не лише до лопаті. Другий маскувальний шар 24 може бути виконаний з будь-яких матеріалів, придатних для витримання робочого середовища та умов передбаченого процесу напилення, наприклад, процесів EB-PVD. Придатними матеріалами для оболонки 34 є, крім інших, алюмінієвий лист, алюмінієва стрічка, лист з нікелевого сплаву, комбінації, які включають принаймні один з попередніх компонентів і т. ін. Наприклад, при застосуванні процесу EB-PVD оболонка 34 може включати лист з нікелевого сплаву, такого як Inconel 625 (IN625®), який може витримувати

робочі умови процесу. Відразу після напилення вирівнювального шару та необов'язкової глиноземної окалини і нанесення другого маскувального шару 34 лопать 10 підготовляють для нанесення покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою або високою теплопровідністю, як відомо спеціалістам у даній галузі. В оптимальному варіанті матеріал покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю, який включає один з вищезгаданих керамічних описаних авторами матеріалів для покриття та їх комбінації, напилюють на необов'язковий вирівнювальний шар або безпосередньо на поверхню сторони нагнітання 16, застосовуючи спосіб EB-PVD, як відомо спеціалістам у даній галузі. Відразу по завершенню напилення покриття, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю, другий маскувальний шар 34 може бути видалений.

В альтернативному варіанті другий маскувальний шар може бути необов'язковим при нанесенні покриття з низькою та високою теплопровідністю, які створюють термічний бар'єр, із застосуванням описаного авторами способу електронно-променевої конденсації з парової фази. Замість нанесення другого маскувального шару або маскувального агента, як описано авторами, вищезгадане покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю може бути нанесене на задану ділянку, яка включає частину, вкриту покриттям, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю. Відразу після видалення першого маскувального шару або маскувального агента вищезгадане покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю може бути нанесене на весь компонент і частково перекривати принаймні частину, вкриту покриттям, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю. Передбачається також, що покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю може бути нанесене першим, а потім наносять покриття, яке створює термічний бар'єр, з більш високою теплопровідністю без застосування другого маскувального шару або маскувального агента.

Для полегшення опису іншого способу згідно з даним винаходом спосіб комбінованого плазмового напилення під низьким тиском / повітряно-плазмового напилення також буде описано з посиланням на фіг. 1-3. Традиційний спосіб плазмового напилення під низьким тиском для застосування у даному винаході описано у патенті 481, виданому Gupta et al., а традиційний спосіб повітряно-плазмового напилення для застосування у даному винаході описано у патенті 618, виданому Vine et al. Необов'язковий вирівнювальний шар, який наносять на всю лопать або лопатку, в оптимальному варіанті може бути нанесений із застосуванням способу плазмового напилення під низьким тиском. Покриття з низькою та високою теплопровідністю, які створюють термічний бар'єр, наносять, застосовуючи спосіб повітряно-плазмового напилення.

При застосуванні способу повітряно-плазмового напилення маскувальний шар та/або маскувальний агент не вимагається. Спеціалістові у даній галузі стане зрозуміло, що плазмове напилення може бути порівняно точно відрегульоване для напилення матеріалу першого покриття на компонент, а потім матеріалу другого покриття на компонент без необхідності у маскувальному шарі або маскувальному агенті. Як стане зрозуміло спеціалістові у даній галузі, певна кількість матеріалу другого покриття може бути нанесена з частковим перекриттям на матеріал першого покриття. Ділянка, яка містить обидва матеріали покриття, може бути названа ділянкою подвійного напилення або зоною переходу покриття, в якій матеріал першого покриття та матеріал другого покриття накладаються один на інший, зменшуючись за товщиною ближче до країв.

При здійсненні передбаченого авторами способу лопать 10 підготовляють для нанесення необов'язкового матеріалу вирівнювального шару, застосовуючи традиційний спосіб повітряно-плазмового напилення, як стане зрозуміло спеціалістові у даній галузі. Необов'язковим матеріалом вирівнювального шару в оптимальному варіанті є один з вищезгаданих матеріалів вирівнювального шару, описаних авторами, та їх комбінації. Матеріал вирівнювального шару напилюють принаймні на частину першої поверхні лопаті 10, наприклад, сторону всмоктування 14 та платформи 12, 18. В оптимальному варіанті матеріал вирівнювального шару напилюють на всю першу поверхню лопаті 10. Необов'язково може бути утворена вищезгадана глиноземна окалина шляхом окиснення поверхні вирівнювального шару. В оптимальному варіанті покриття, яке створює термічний бар'єр, з більш високою теплопровідністю застосовують на стороні всмоктування 14. Відразу після нанесення вирівнювального шару лопать 10 підготовляють для нанесення одного з вищезгаданих покриттів, які створюють термічний бар'єр, з низькою або високою теплопровідністю, які описано авторами. Матеріал покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою або високою теплопровідністю напилюють на необов'язковий вирівнювальний шар поверхні платформ 12, 18 та сторони всмоктування 14, застосовуючи спосіб повітряно-плазмового напилення, як відомо спеціалістам у даній галузі. Відразу по завершенню напилення покриття, яке створює термічний бар'єр, з першою теплопровідністю лопать 10 підготовляють для нанесення покриття, яке створює термічний бар'єр, з другою теплопровідністю.

Необов'язковий вирівнювальний шар, який включає один з вищезгаданих описаних авторами матеріалів вирівнювального шару та їх комбінації, напилюють на сторону нагнітання 16 застосовуючи спосіб EB-PVD, як відомо спеціалістам у даній галузі. Необов'язкову вищезгадану глиноземну окалину утворюють шляхом окиснення поверхні вирівнювального шару. Відразу після напилення необов'язкового вирівнювального шару лопать 10

підготовляють для нанесення одного з вищезгаданих покриттів, які створюють термічний бар'єр, з низькою або високою теплопровідністю, описаного авторами як покриття, яке створює термічний бар'єр, з другою теплопровідністю. Покриття, яке створює термічний бар'єр, з другою теплопровідністю має відрізнятися від покриття, яке створює термічний бар'єр, з першою теплопровідністю, тобто, покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю віддають перевагу перед покриттям, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю, і навпаки. Покриття, яке створює термічний бар'єр, з другою теплопровідністю напильють на необов'язковий вирівнювальний шар або поверхню сторони нагнітання 16, застосовуючи спосіб EB-PVD як відомо спеціалістам у даній галузі.

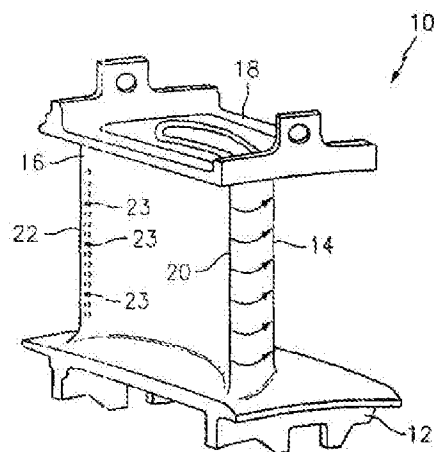
Одержані в результаті вкриті вироби, виготовлені описаними авторами способами, забезпечують чіткі переваги порівняно з існуючим рівнем техніки. Раніше вкриті вироби, наприклад, лопаті та лопатки, просто вкривали покриттям, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю, не зважаючи на те, чи є необхідність у вкриванні всієї лопаті або лопатки. Такий підхід був економічно неефективним і, зрештою, призводив до надмірної витрати матеріалів. При застосуванні описаних авторами способів вкриті вироби мають покриття, які створюють термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю у необхідних місцях, тобто, у ділянках, які зазнають високого теплового навантаження, таких як сторона нагнітання та передній край лопаті або лопатки, а не по всій поверхні деталі. В результаті з'являється можливість заощадження матеріалу покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю при застосуванні натомість високоефективних і дешевших покриттів, які створюють термічний бар'єр, з високою теплопровідністю з нанесенням їх на ділянки, які не зазнають великого теплового навантаження, такі як сторона всмоктування лопаті або лопатки.

При застосуванні даних способів покриття, які створюють термічний бар'єр, з високою теплопровідністю наносять на сторону всмоктування виробу, який піддають вкриванню, наприклад, лопаті або лопатки, де абразивна ерозія загрожує обмеженням терміну служби, а покриття, які створюють термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю наносять на сторону нагнітання, де ділянки місцевого перегріву загрожують обмеженням терміну служби. Покриття, які створюють термічний бар'єр, з високою теплопровідністю, які мають показник теплопровідності у передбачених авторами межах, також виявляють ефективне протистояння ерозії.

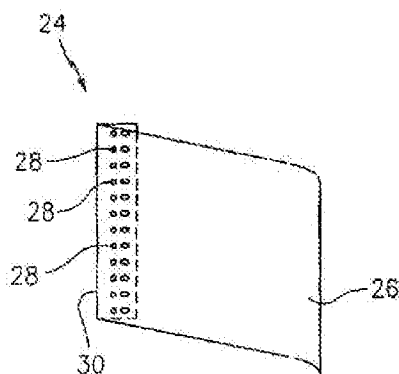
Описана авторами процедура гібридного покриття, яке створює термічний бар'єр, найбільш ефективно може бути застосована при частковому перекриванні таких покриттів, які створюють термічний бар'єр, з високою та низькою теплопровідністю. Наприклад, якщо ділянку часткового перекриття на виробі, який піддають

вкриванню, визначають як високоерозійну ділянку, покриття, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю наносять першим, а покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю наносять на нього для часткового перекриття. Якщо ж, з іншого боку, ділянку часткового перекриття на виробі, який піддають вкриванню, визначають як ділянку місцевого перегріву, покриття, яке створює термічний бар'єр, з низькою теплопровідністю наносять першим, а покриття, яке створює термічний бар'єр, з високою теплопровідністю наносять на нього для часткового перекриття.

Слід розуміти, що винахід не обмежується описаними і показаними авторами поясненнями, які слід вважати лише такими, що пояснюють оптимальні режими здійснення винаходу і які можуть зазнавати модифікацій щодо форми, розміру, порядку розташування деталей та подробиць функціонування. Винахід скоріше має на меті охоплення всіх цих модифікацій, які відповідають сутності та обсягові, визначеним формулою винаходу.



ФІГ. 1



ФІГ. 2

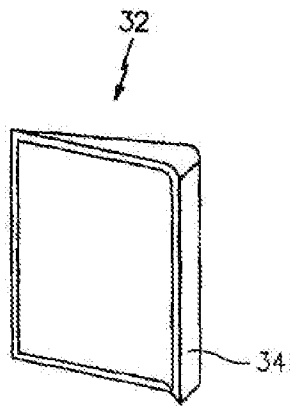


FIG. 3