



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94986 (13) C2
(51) МПК (2011.01)
F02K 1/38 (2006.01)
F02K 1/48 (2006.01)
B29C 70/00
C04B 35/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЕЛЮСТКОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ЗМІШУВАЧА ПОТОКУ З КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ГАЗОТУРБІННОГО АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА

1

(21) а200908445
(22) 11.02.2008
(24) 25.06.2011
(86) PCT/FR2008/050207, 11.02.2008
(31) 0753201
(32) 12.02.2007
(33) FR
(46) 25.06.2011, Бюл.№ 12, 2011 р.
(72) ФІЛІПП ЕРІК, FR, ЛЯЛЬОНН ЖАН-ДАНІЕЛЬ, FR, ДЮШАРЛЕ ПАСКАЛЬ, FR, КУПЕ ДОМІНІК, FR
(73) СНЕКМА ПРОПУЛЬСЬОН СОЛІД, FR
(56) WO2006/035186 A, 06.04.2006
(57) 1. Спосіб виготовлення пелюсткової конструкції для змішувача потоку для газової турбіни, яка має розташовану вище по потоку кільцеподібну ділянку, що переходить нижче по потоку в ділянку, яка створює багатопелюсткову юбку з великою кількістю пелюсток, розподілених навколо поздовжньої осі пелюсткової конструкції, який **відрізняється** тим, що:
виготовляють з декількох складових елементів волокнистої текстури заздалегідь відформовану волокнисту заготовку з вогнетривких волокон, яка має форму, відповідну формі пелюсткової конструкції, що виготовляється, при цьому вказані складові елементи збирають разом і формують за допомогою інструментального оснащення у форму, відповідну формі пелюсткової конструкції, що виготовляється, з метою одержання зібраної волокнистої відформованої заготовки, яка має першу ділянку заготовки, відповідну кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції, і другу ділянку заготовки, відповідну багатопелюстковій юбці пелюсткової конструкції, причому складові елементи волокнистої заготовки збирають разом, щонайменше частково, вздовж сполучних ліній, що проходять по суті у напрямі потоку за пелюстками ділянки заготовки багатопелюсткової юбки; і
ущільнюють зібрану і відформовану волокнисту заготовку за допомогою матриці, яка виконана, щонайменше частково, керамічною.

2

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що складові елементи заготовки збирають разом зшиванням.
3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що складові елементи заготовки збирають разом шляхом введення ниток, голок або штифтів.
4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що складові елементи заготовки збирають разом вздовж сполучних ліній, які проходять вздовж бічних поверхонь пелюсток другої ділянки заготовки, що відповідає багатопелюстковій юбці.
5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що складові елементи заготовки збирають разом вздовж сполучних ліній, які проходять вздовж зовнішніх вершин пелюсток другої ділянки заготовки, що відповідає багатопелюстковій юбці.
6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що складові елементи заготовки збирають разом з перекриттям їх прилеглих одна до одної кромки.
7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що складові елементи заготовки збирають разом за допомогою сполучних смуг, що перекривають їх прилегли одна до одної кромки.
8. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що складові елементи заготовки виготовляють із зменшеною товщиною в областях перекриття їх прилеглих одна до одної кромки.
9. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що складові елементи волокнистої заготовки виготовляють методом тривимірного тканого армування.
10. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що складові елементи волокнистої заготовки виготовляють з керамічних волокон.
11. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що складові елементи волокнистої заготовки виготовляють з волокон карбіду кремнію.
12. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що виготовляють елемент волокнистої текстури у формі смуги;
виконують надрізи, які проходять через смуги, при цьому надрізи проходять від однієї сторони смуги, по суті, перпендикулярно до вказаної сторони і на певну відстань, меншу ширини смуги;

(19) UA (11) 94986 (13) C2

вирізують з волокнистої текстури елементи у формі сектора;

збирають кожен з секторів із смугою шляхом з'єднання разом кромки сектора і кромки відповідного надрізу в смузі, при цьому кожен сектор виявляється, таким чином, вставленим між кромками надрізу.

13. Спосіб за п. 12, який **відрізняється** тим, що елемент у формі смуги виготовляють методом тривимірного тканого армування таким чином, що товщина на його ділянці, що не має надрізів, перевищує товщину його ділянки, що має надрізи.

14. Спосіб за п. 12, який **відрізняється** тим, що першу ділянку заготовки, відповідну кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції, одержують шляхом накладення на елемент у формі смуги щонайменше одного додаткового кільцеподібного шару волокнистої текстури.

15. Спосіб за п. 14, який **відрізняється** тим, що додатковим кільцеподібним шаром покривають початкові області пелюсток другої ділянки заготовки, що відповідає багатопелюстковій юбці пелюсткової конструкції, на кінцях надрізів, утворених в елементах у формі смуги.

16. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що: виготовляють декілька елементів волокнистої текстури, кожен з яких містить щонайменше один сектор для першого кільцеподібного шару, що створює першу ділянку заготовки, відповідну кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції, і сектор для другої ділянки заготовки, відповідний багатопелюстковій юбці змішувача; і збирають разом елементи щонайменше вздовж прилеглих один до одного кромки секторів другої

ділянки заготовки, відповідної багатопелюстковій юбці.

17. Спосіб за п. 16, який **відрізняється** тим, що для формування першої ділянки заготовки, відповідної кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції, додають щонайменше один додатковий кільцеподібний шар волокнистої текстури, що покриває щонайменше сектори першого кільцеподібного шару.

18. Спосіб за п. 17, який **відрізняється** тим, що додатковим по суті кільцеподібним шаром покривають початкові області пелюсток другої ділянки заготовки, яка відповідає багатопелюстковій юбці, для армування початкових областей пелюсток.

19. Змішувач потоку для газової турбіни, який виконаний з композиційного матеріалу з керамічною матрицею, який **відрізняється** тим, що одержаний шляхом збирання великої кількості секторів, які створюють пелюсткові конструкції, виготовлені способом, охарактеризованим в будь-якому з пп. 1-18.

20. Змішувач потоку для газової турбіни, який виконаний з композиційного матеріалу з керамічною матрицею, який **відрізняється** тим, що утворений пелюстковою конструкцією, виготовленою способом, охарактеризованим в будь-якому з пп. 1-18.

21. Двоконтурний авіаційний газотурбінний двигун, оснащений змішувачем потоку, охарактеризованим в п. 19.

22. Двоконтурний авіаційний газотурбінний двигун, оснащений змішувачем потоку, охарактеризованим в п. 20.

Винахід стосується виготовлення змішувачів потоку з композитного матеріалу з керамічною матрицею (керамічного матричного композиту) для двоконтурних газотурбінних авіаційних двигунів.

У двоконтурному газотурбінному авіаційному двигуні потік повітря, що поступає, пропускається через вентилятор, розділяється на основний потік, який проходить через компресор, камеру згоряння і турбіну, і вторинний потік, або потік від вентилятора, який прямує в обхід компресора, камери згоряння і турбіни. На випуску відбувається змішування «гарячого» основного потоку, який містить газоподібні продукти згоряння, і «холодного» потоку від вентилятора.

Відомим рішенням для зниження шуму від струменя, що викидається, є застосування пелюсткових змішувачів, які сприяють змішуванню потоків.

Для виготовлення таких пелюсткових змішувачів були зроблені пропозиції про використання композиційного матеріалу з керамічною матрицею з метою зведення до мінімуму їх ваги, в той же час при збереженні їх належних механічних характеристик. Композиційні матеріали з керамічною матрицею відомі своїми термоструктурними властивостями, тобто механічними властивостями, які

дозволяють їм діяти як конструкційні елементи, з можливістю зберігати ці властивості при високих температурах.

Типові композиційні матеріали з керамічною матрицею містять волокнисте армування, виконане з вогнетривких волокон (вуглецевих або керамічних волокон), ущільнених матрицею, яка є, щонайменше частково, керамічною.

Виконаний з композиційного матеріалу з керамічною матрицею пелюстковий змішувач описаний в документі WO 2006/035186. Описаний в цьому документі змішувач виготовлений з декількох пелюсткових конструкцій у формі секторів, які виготовляють окремо з композиту з керамічною матрицею, а потім збирають разом, при цьому змішувач також оснащений внутрішнім кільцем жорсткості.

Ціль даного винаходу полягає в тому, щоб запропонувати конкретний спосіб, що дозволяє отримати нерозгортану пелюсткову конструкцію з композиційного матеріалу з керамічною матрицею, яка створює сектор пелюсткового змішувача, з ціллю виготовлення готового змішувача шляхом складання разом декількох секторів, або яка навіть створює монолітний пелюстковий змішувач з композиційного матеріалу з керамічною матрицею, тобто змішувач, який не отримують шляхом скла-

дання з декількох секторів, виконаних з композиційного матеріалу з керамічною матрицею.

Дана ціль досягається за допомогою способу виготовлення пелюсткової конструкції для змішувача потоку для газової турбіни, яка має розташовану вище по потоку кільцеподібну ділянку, що переходить нижче по потоку в ділянку, яка створює багатопелюсткову юбку з великою кількістю пелюсток, розподілених навколо поздовжньої осі пелюсткової конструкції, який полягає в тому, що:

- з декількох складових елементів волокнистої текстури виготовляють заздалегідь відформовану волокнисту заготовку з вогнетривких волокон, яка має форму, що відповідає формі пелюсткової конструкції, що виготовляється, які збирають разом і формують за допомогою інструментального оснащення у форму, що відповідає формі пелюсткової конструкції, що виготовляється, з метою одержання зібраної волокнистої відформованої заготовки, що має першу ділянку заготовки, яка відповідає кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції, і другу ділянку заготовки, яка відповідає багатопелюстковій юбці пелюсткової конструкції, причому складові елементи волокнистої заготовки збирають разом, щонайменше частково, вздовж сполучних ліній, що проходять по суті у напрямі потоку за пелюстками ділянки заготовки багатопелюсткової юбки;

- ущільнюють зібрану і відформовану волокнисту заготовку за допомогою матриці, яка виконана, щонайменше частково, керамічною.

Тут термін «кільцеподібна ділянка» використана для позначення сектора кільця (поздовжня вісь є віссю кільця) або замкнутого кільця. Так само, термін «багатопелюсткова юбка» використаний тут для позначення сектора замкнутої багатопелюсткової юбки або замкнутої багатопелюсткової юбки.

Таким чином, волокниста заготовка і пелюсткова конструкція, одержані шляхом ущільнення відформованої заготовки, можуть мати форму, яка відповідає сектору змішувача, що виготовляється, при цьому змішувач отримують шляхом збирання разом декількох пелюсткових конструкцій навколо осі змішувача.

В одному з варіантів волокниста заготовка може мати форму, яка відповідає формі готового змішувача, який підлягає виготовленню, і змішувач отримують відразу після закінчення ущільнення заготовки без необхідності збирати сектори між собою.

Відмітною особливістю винаходу є, зокрема, те, що обмежуються аеродинамічні втрати тиску за рахунок зведення до мінімуму збуджень, які впливають на потік газу, що проходить через змішувач, завдяки збиранню складових елементів пелюсткової заготовки вздовж ліній, які проходять у напрямі течії, і завдяки виготовленню пелюсткової конструкції як єдиної деталі шляхом ущільнення зібраної заготовки, не дивлячись на те, що заготовка має форму, яка не є розгортаною.

Складові елементи волокнистої заготовки можуть бути зібрані вздовж сполучних ліній зшиванням або шляхом введення ниток або голок.

Сполучні лінії переважно проходять вздовж бічних поверхонь пелюсток або вздовж їх зовнішніх вершин.

Складові елементи волокнистої заготовки можуть бути зібрані разом з перекриттям їх прилеглих одна до одної кромки або за допомогою сполучних смуг, які перекривають їх прилеглі одна до одної кромки.

В цьому випадку, при необхідності, складові елементи можуть бути виготовлені із зменшеною товщиною в областях перекриття їх прилеглих одна до одної кромки, щоб уникнути утворення значної додаткової товщини, яка може надавати збуджувальну дію на потік газу.

Елементи волокнистої текстури, з яких виготовляють волокнисту заготовку, можуть бути виготовлені методом тривимірного тканого армування або багатопелюсткового тканого армування, за рахунок чого їм додається належний опір розшаруванню.

Елементи волокнистої текстури, з яких виготовляють волокнисту заготовку, переважно виготовляють з керамічних волокон, зокрема, волокон карбіду кремнію (SiC). Це гарантує те, що композиційний матеріал з керамічною матрицею, одержаний після ущільнення з керамічною матрицею, має високу жорсткість, і тим самим усувається необхідність у виконанні кільця жорсткості для пелюсток, де наявність такого кільця не вигідна з точки зору аеродинаміки.

В одному з варіантів здійснення спосіб включає:

- виготовлення елемента волокнистої текстури у формі смуги;

- виконання надрізів, які проходять через смуги, при цьому надрізи проходять від однієї сторони смуги, по суті, перпендикулярно до вказаної сторони, і на певну відстань, меншу ширини смуги;

- вирізування з волокнистої текстури елементів у формі сектора;

- збирання кожного із секторів із смугою шляхом з'єднання разом кромки сектора і кромки відповідного надрізу в смузі, при цьому кожен сектор виявляється, таким чином, вставленим між кромками надрізу.

Елемент у формі смуги може бути виготовлений методом тривимірного тканого армування з товщиною на його ділянці, що не має надрізів, яка перевищує товщину його ділянки, що має надрізи. Таким чином, можна безпосередньо отримати першу ділянку заготовки, що відповідає кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції і що має товщину, яка перевищує товщину другої ділянки заготовки, що відповідає багатопелюстковій юбці.

В одному з варіантів перша ділянка заготовки, що відповідає кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції, може бути одержана шляхом накладення на елемент у формі смуги щонайменше одного додаткового кільцеподібного шару волокнистої текстури. В цьому випадку додатковий кільцеподібний шар може покривати початкові області пелюсток на ділянці заготовки, що відповідає багатопелюстковій юбці, на кінцях надрізів на елементі у формі смуги з метою армування цих початкових областей пелюсток.

В іншому варіанті здійснення спосіб включає:

- виготовлення декількох елементів волокнистої текстури, кожен з яких має щонайменше один сектор для першого кільцеподібного шару, створюючого першу ділянку заготовки, що відповідає кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції, і сектор для другої ділянки заготовки, що відповідає багатопелюстковій юбці змішувача;

- збирання елементів разом щонайменше вздовж прилеглих одна до одної кромки секторів другої ділянки заготовки, що відповідає багатопелюстковій юбці.

Для формування першої ділянки заготовки, що відповідає кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції, може бути доданий щонайменше один додатковий кільцеподібний шар волокнистої текстури, що покриває щонайменше сектори першого кільцеподібного шару. Тоді додатковий і по суті кільцеподібний шар може покривати початкові області пелюсток другої ділянки заготовки, що відповідає багатопелюстковій юбці, з метою армування початкових областей пелюсток.

Винахід також пропонує виконаний з композиційного матеріалу з керамічною матрицею змішувач потоку для газової турбіни, який одержаний шляхом збирання разом декількох секторів, створюючих пелюсткові конструкції, виготовлені вищепоказаним способом, або який утворений безпосередньо пелюстковою конструкцією, виготовленою у такий спосіб.

Також винаходом передбачений двоконтурний авіаційний газотурбінний двигун, оснащений таким виконаним з композиційного матеріалу з керамічною матрицею змішувачем.

Короткий опис креслень

На фіг. 1 показаний перспективний вид пелюсткового змішувача типу, який може бути одержаний запропонованим способом згідно з винаходом;

На фіг. 2 показаний схематичний місцевий розріз, що ілюструє один із способів встановлення змішувача, показаного на фіг. 1;

На фіг. 3-5 показані схематичні перспективні види елементів інструментального оснащення, відповідні для використання для здійснення способу згідно з винаходом;

На фіг. 6 показаний частковий вид елемента у вигляді смуги з надрізами, що створює складовий елемент волокнистої заготовки для пелюсткової конструкції в першому варіанті здійснення винаходу;

На фіг. 7 і 8 показані перерізи в січних площинах VII-VII і VIII-VIII, показаних на фіг. 6;

На фіг. 9 показаний частковий вид, що ілюструє волокнисту текстуру, з якої можуть бути вирізані елементи у формі сектора для утворення складових елементів волокнистої заготовки для пелюсткової конструкції в першому варіанті здійснення винаходу;

На фіг. 10 показаний частковий розріз в січній площині X-X₁ позначений на фіг. 9;

На фіг. 11 показаний частковий схематичний вид елемента у формі смуги, показаного на фіг. 6, в процесі його збирання з елементом у формі сектора, вирізаним з волокнистої текстури, показаним на фіг. 9, в першому варіанті здійснення винаходу;

На фіг. 12 показаний детальний вид в перерізі у збільшеному масштабі, що ілюструє збірку з перекриттям між прилеглими одна до одної кромками елемента у формі сектора і надрізом елемента у формі смуги, в першому варіанті здійснення винаходу;

На фіг. 13-15 показані переплетення для складових елементів при тривимірному тканому армуванні волокнистої заготовки для пелюсткової конструкції;

На фіг. 16 показаний детальний вид у перерізі, виконаний у збільшеному масштабі, що ілюструє збірку між прилеглими одна до одної кромками елемента у формі сектора і надрізом елемента у формі смуги, з використанням сполучної смуги, згідно з різновидом першого варіанту здійснення винаходу;

На фіг. 17 показаний частковий схематичний вид в аксонометричній проекції, що ілюструє волокнисту заготовку для пелюсткової конструкції, одержану шляхом збирання складових елементів, згідно з першим варіантом здійснення винаходу, в процесі його накладення з формуванням на елемент інструментального оснащення, показаний на фіг. 3;

На фіг. 18 показаний місцевий схематичний вид в аксонометричній проекції, що ілюструє застосування додаткового кільцеподібного шару волокнистої текстури для ділянки заготовки, що відповідає кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції;

На фіг. 19 і 20 показані місцеві перерізи, виконані в січних площинах XIX-XIX і XX-XX, позначених на фіг. 18;

На фіг. 21 показаний вид складового елемента волокнистої заготовки для пелюсткової конструкції згідно з другим варіантом здійснення винаходу;

На фіг. 22 показаний місцевий розріз в січній площині XXII-XXII, позначений на фіг. 21;

На фіг. 23 показаний місцевий схематичний вид, що ілюструє, яким чином проводять збирання створюючих сектор елементів, показаних на фіг. 21, згідно з другим варіантом здійснення винаходу;

На фіг. 24 показаний детальний вид в перерізі, виконаний у збільшеному масштабі, що ілюструє з'єднання з перекриттям між прилеглими одна до одної кромками створюючих сектор елементів в другому варіанті здійснення винаходу;

На фіг. 25 показаний детальний вид в перерізі, виконаний у збільшеному масштабі, що ілюструє з'єднання між прилеглими одна до одної кромками створюючих сектор елементів, здійснюване з використанням сполучної смуги, згідно з різновидом другого варіанту здійснення винаходу;

На фіг. 26 показаний місцевий схематичний вид в аксонометрії, що ілюструє волокнисту заготовку для пелюсткової конструкції, утворену шляхом збирання разом складових елементів згідно з другим варіантом здійснення винаходу, в процесі його накладення з формуванням на елемент інструментального оснащення, показаний на фіг. 4;

На фіг. 27 і 28 показані місцеві перерізи в площинах XXVII-XXVII і XXVIII-XXVIII, позначених на фіг. 26, які ілюструють, зокрема, додаткові шари волокон, використовувані для ділянки заготовки,

що відповідає кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції;

На фіг. 29 показаний місцевий схематичний вид в аксонометрії пелюсткової конструкції, що одержується в першому або другому варіантах здійснення винаходу;

На фіг. 30 показаний місцевий схематичний вид в аксонометрії пелюсткової конструкції, що одержується в іншому варіанті здійснення винаходу.

Здійснення винаходу

На фіг. 1 показаний пелюстковий змішувач потоку для газотурбінного авіаційного двигуна типу, який може бути одержаний запропонованим згідно з даним винаходом способом.

Загальна форма такого змішувача, як така, відома. Змішувач містить кільцеподібну ділянку 2, яка нижче по потоку переходить у ділянку 3, що створює замкнуту багатопелюсткову конструкцію, або юбку, що містить декілька пелюсток 13, розподілених по колу навколо поздовжньої осі 5 змішувача. Терміни «вгору по потоку» і «вниз по потоку» використані тут відносно звичайного напрямку протікання струменя газу через змішувач. Пелюстки 13 мають схожу форму, можливо, за винятком однієї пелюстки 13а, яка знаходиться в області, де двигун приєднаний до опорної стійки, і ця пелюстка має зовнішню вершину, яка розширена і має плоскішу форму.

У контексті даного винаходу змішувач 1 виготовлений з композиційного матеріалу з керамічною матрицею, причому використання даного терміну охоплює матеріали, що містять армуючі елементи у вигляді волокон, виконані з вогнетривких волокон (вуглецевих або керамічних) і ущільнені матрицею, яка сама, щонайменше частково, є керамічною, причому щонайменше зовнішня фаза матриці виконана з кераміки, при цьому зрозуміло, що тут терміном «кераміка» охоплюються сполуки типу вогнетривких оксидів. Типовими прикладами таких композиційних матеріалів є матеріали на основі вуглецю/карбіду кремнію (C/SiC) (армуючі елементи у вигляді вуглецевих волокон і матриця з карбіду кремнію), матеріали типу «карбід кремнію - карбід кремнію» (армуючі волокна і матриця виконані з карбіду кремнію) і матеріали типу «вуглець - сполука вуглецю з карбідом кремнію» (армування вуглецевими волокнами, і матриця, що складається як з вуглецю (у вигляді, близькому до волокон), так і з карбіду кремнію). Між волокнами і матрицею може бути введений міжфазний шар, виконаний, наприклад, з піролітичного вуглецю або з нітриду бору. У контексті даного винаходу для формування волокон армуючих елементів краще використовувати волокна з карбіду кремнію, при цьому вказані волокна з карбіду кремнію заздалегідь можуть бути покриті міжфазним покриттям з піролітичного вуглецю.

Як показано на фіг. 2, змішувач 1 підтримується за рахунок з'єднання з внутрішньою металевою обичайкою 6 за допомогою металевих сполучних планок 7. На одному кінці сполучні планки прикріплені болтами до фланця, утвореного як єдине ціле з внутрішньою обичайкою 6. На своїх зовнішніх кінцях сполучні планки 7 прикріплені болтами до

кільця 2 змішувача. Сполучні планки 7 мають криволінійну форму для того, щоб мати здатність пружно деформуватися, і тим самим служать для пристосування до диференціальних розширень теплового характеру між змішувачем, виготовленим з композиційного матеріалу з керамічною матрицею, і внутрішньою обичайкою, виготовленою з металу. Для приєднання внутрішньої обичайки 6 до зовнішньої обичайки 8 із сполучними планками 7 чергуються інші виконані з можливістю пружної деформації сполучні планки (не показані). Обичайки 6 і 8 служать для підтримки змішувача 1 в корпусі вихлопної області газового сопла. Такий вузол описаний у вищезазначеному документі WO 2006/035186.

У показаному прикладі змішувач 1 утворений шляхом складання разом декількох секторів 10, виконаних з композиційного матеріалу з керамічною матрицею, в даному випадку трьох секторів. Сектори можуть охоплювати кути, які по суті рівні. Кожен сектор 10 утворює пелюсткову конструкцію з кільцеподібною ділянкою 11, що створює сектор кільця 2 змішувача, і багатопелюстковою юбкою 12, яка містить декілька пелюсток 13 і створює сектор багатопелюсткової юбки 3 змішувача. Сектори 10 зібрані разом вздовж їх прилеглих одна до одної кромки, наприклад, за допомогою болтового з'єднання або на заклепках.

Згідно з відмітною ознакою запропонованого способу заздалегідь формовану волокнисту заготовку, що створює армування пелюсткової конструкції 10 з композиційного матеріалу, виготовляють із складових елементів заготовки волокнистої текстури, при цьому для утворення закінченої заготовки пелюсткової конструкції вказані елементи збирають разом і формують на елементі інструментального оснащення.

Такий елемент інструментального оснащення, або формувальний елемент 20, що має форму, відповідну формі пелюсткової конструкції 10, яку належить виготовити, можна бачити на фіг. 3. Він містить кільцеподібну ділянку 21, що відповідає кільцеподібній ділянці 11 пелюсткової конструкції, і багатопелюсткову ділянку 22, що відповідає багатопелюстковій юбці 12 пелюсткової конструкції, з декількома пелюстками 23, розподіленими по частині кола навколо осі 25 і відповідними пелюсткам 13 пелюсткової конструкції.

Також передбачені формоутворювальні елементи, які дозволяють проводити формування волокнистої заготовки шляхом забезпечення щільного контакту з рельєфом формувального елемента 20 в процесі формування заготовки або у той час, поки проводиться її зміцнення за рахунок часткового ущільнення.

Таким чином, на фіг. 4 показаний формоутворювальний елемент 30. Він має ділянку 31 у формі обичайки і виступаючу ділянку 33, що має форму, відповідну для форми пелюстки 23 елемента 20 інструментального оснащення для того, щоб він міг входити між зовнішніми вершинами двох сусідніх пелюсток 23, тим самим надаючи форму волокнистій текстурі (не показана), поміщеній між декількома елементами 30 і формувальним елементом 20. Коли пелюсткова конструкція, яка

повинна бути виготовлена, має пелюстки різної форми, то тоді застосовують формоутворювальні елементи відповідної різної форми. У показаному прикладі елемент 30 займає сектор, відповідний кроку між пелюстками 23 у напрямі кола. Також можуть бути використані елементи, які охоплюють сектори більшого розміру, якщо форма багатопелюсткової конструкції 22 дає таку можливість.

На фіг. 5 показана відносно товста гнучка мембрана 40, наприклад, виконана з еластомера, така, що має форму, відповідну формі пелюсткової конструкції, що виготовляється. Нижче детально описане те, яким чином використовують елементи 30 і мембрану 40.

Далі, з посиланнями на фіг. 6-12, приводиться опис того, як в першому варіанті здійснення винаходу отримують волокнисту заготовку для пелюсткової конструкції 10.

Виготовляють смугу 101 з волокнистої текстури, і по всій товщині смуги від однієї з її поздовжніх бічних кромки 101a формують прорізи або надрізи 102 у напрямі, який по суті перпендикулярний кромці 101a. Надрізи 102 мають однакову довжину і проходять вздовж тільки частини ширини смуги 101 з тим, щоб залишити область 110 без надрізів вздовж кромки 101b, протилежній кромці 101a. Крок p надрізів відповідає кроку по колу, через який розташовані початки пелюсток заготовки, що виготовляється, для пелюсткової конструкції, тобто відповідає кроку між місцями 13b початку (див. фіг. 1) пелюсток 13 пелюсткової конструкції, що виготовляється.

Область 110 смуг 101 призначена для утворення першої ділянки заготовки для пелюсткової конструкції, яка відповідає кільцеподібній ділянці 11 і тягнеться по суті аж до місця з'єднання з пелюстками 13. Як показано на фіг. 7, область 110 може мати товщину $e1$ вздовж щонайменше частини її ширини, починаючи від кромки 101b, яка перевищує товщину $e2$ решти частини 120 смуг 101, з метою одержання більшої товщини в кільці 2, за допомогою якого кріпиться змішувач.

Як показано на фіг. 8, смуга 101 у своїй області 120, призначеній для утворення другої ділянки заготовки для пелюсткової конструкції, відповідної багатопелюстковій юбці 12, в крайніх областях 104a і 106a, розташованих вздовж кромки надрізів 102, може мати товщину $e3$, яка менше, ніж товщина $e2$. Тоді складання з іншими складовими елементами волокнистої заготовки для пелюсткової конструкції може здійснюватися з перекриттям в крайніх областях 104a і 106a без утворення значної додаткової товщини, як описано детальніше нижче.

Іншими складовими елементами волокнистої заготовки для пелюсткової конструкції, пов'язаними із смугою 101, є елементи 130 у формі сектора, які переважно можуть бути одержані шляхом вирізування із смуги волокнистої текстури, такої як смуга 105, показана на фіг. 9.

На фіг. 9 штрих-пунктирними лініями показані лінії, вздовж яких вирізують елементи 130. Елементи 130 мають в цілому по суті трикутну форму, при цьому кожен з них має основу 132 і дві кромки 134 і 136, причому основи 132 елементів 130 про-

ходять по черзі вздовж сторони 105a смуги 105 і вздовж протилежної сторони 105b. Як можна бачити на фіг. 10, смуга 105 має товщину $e4$, яка по суті дорівнює товщині $e2$ області 120 смуг 101, за винятком крайніх областей 134a і 136a меншої товщини $e5$, розташованих вздовж кромки 134 і 136 елементів 130. Ширина крайніх областей 134a і 136a по суті дорівнює ширині крайніх областей 104a і 106a.

Елементи 130, що створюють сектори, сполучають із смугою 101 шляхом розкриття надрізів 102 за рахунок розсовування в сторони їх кромки 104 і 106 для вставлення елементів 130, вирізаних із смуги 105, як показано на фіг. 11. Тоді крайні області 104a і 134a обопільно перекриваються, і те ж саме стосується крайніх областей 106a і 136a. Ширину смуги 105 вибирають так, щоб елементи 130 займали простір між кромками 104 і 106 надрізів 102 по всій довжині вказаних кромки, при цьому використовують стільки елементів 130, скільки є надрізів 102, при цьому кожен елемент 130 виявляється вставленим між кромками відповідного надрізу.

На фіг. 12 показано з'єднання внапуск крайніх областей 104a і 106a з, відповідно, крайніми областями 134a і 136a. Товщини $e3$ і $e5$ вибирають, наприклад, рівними один одному таким чином, що їх сумарне значення по суті дорівнює товщині $e2$ і $e4$, щоб уникнути утворення значної додаткової товщини. З'єднання між елементами 130 і смугою 101 переважно виконують шляхом зшивання в їх накладених крайніх областях з використанням зшиваючої нитки 140. Зшивання може бути здійснене з використанням човникового стібка або ланцюгового стібка. Можуть бути передбачені інші способи з'єднання, такі як введення ниток, як описано, наприклад, в документі US 4 628 847, або шляхом введення голок або штифтів, як описано в документі WO 97/06948, або за допомогою клею, при цьому з'єднання завершується сумісним ущільненням складових елементів волокнистої заготовки після їх з'єднання разом.

Смуги 101 і 105 переважно виготовляють методом тривимірного тканого армування двоеластичного (інтерлочного) типу із змінною товщиною.

Як згадано вище, волокнисту заготовку переважно виготовляють з керамічних волокон, зокрема, з волокон карбіду кремнію. Тоді процес тканого армування може бути виконаний з використанням нитки, що продається японською компанією-постачальником «Ube Industries Ltd» під торговою маркою «Tyranno ZMI», або з використанням нитки, що продається японським постачальником «Nippon Carbon» під торговою маркою «Nicalon». Для спрощення процесу тканого армування і усунення пошкодження нитки в процесі тканого армування можна покривати нитку матеріалом, який може бути згодом видалений і який при цьому не діє на нитку з карбіду кремнію, наприклад, вона може бути покрита ниткою, виготовленою з полівінілового спирту, яка може бути видалена шляхом розчинення у воді.

На фіг. 13-15 показані основні переплетення, використовувані з такою ниткою, відповідно, для одержання матеріалу з товщиною $e1 \approx 3$ мм,

$e_2=e_4\approx 1,5$ мм і $e_3=e_5\approx 0,75$ мм, причому в перерізі показані нитки утку.

Тривимірне ткане армування з переплетенням типу двоеластичного є процесом тканого армування, в якому кожна нитка основи з'єднується разом з декількома шарами ниток утку, при цьому траєкторії ниток основи ідентичні.

Перехід від однієї товщини до іншої може бути здійснений поступово шляхом видалення або додавання шарів основи і ниток утку.

Можуть бути використані інші методи тривимірного тканого армування, наприклад, багат шарове ткане армування з переплетеннями типів, вживаних для виготовлення багат шарового полотна, атласу або саржі. Такі переплетення, підходящі для тканого армування волокнистих текстур змінної товщини, описані, зокрема, в документі PCT FR 2006/050617.

Коли волокна волокнистої текстури виконані з кераміки, зокрема, з карбїду кремнію, нитка 140, що зшиває, також може бути виконана з карбїду кремнію, наприклад, вона може бути аналогічною, яка використовується для виготовлення волокнистої текстури. Рівним чином можна використовувати зшиваючу нитку, виконану з вуглецю.

На фіг. 16 показаний різновид варіанту здійснення, в якому елементи 130 сполучають із смугою 101 за допомогою сполучних смуг 150, які накривають крайні області 104а і 134а, а також 106а і 136а, і в цьому випадку крайні області розташовані кромка до кромки, і їх накладення не відбувається. Смуги 150 вирізують з волокнистої текстури, наприклад, одержаною методом тривимірного тканого армування, і того ж самого виду, як волокниста текстура смуги 101 і елементів 130. Товщину сполучної смуги вибирають з метою уникнути виникнення значної додаткової товщини. З'єднання між смугою 101 і елементами 130 виконують, наприклад, шляхом зшивання сполучних смуг 150 з крайніми областями 104а і 134а, і 106а і 136а за допомогою зшиваючої нитки 160.

Після здійснення збирання смуги 101 з елементами 130 одержаний вузол піддають формуванню на формувальному елементі 20 для одержання необхідної волокнистої заготовки для пелюсткової конструкції, що виготовляється. Область 110 смуги 101 накладають на кільцеподібну ділянку 21, і вузол, утворений областю 120 смуги 101 і створюваними сектори елементами 130, накладають на багатопелюсткову ділянку 22 формувального елемента 20 для одержання ділянки волокнистої заготовки, відповідної багатопелюстковій юбці 12 пелюсткової конструкції. Волокниста заготовка може бути одержана формуванням за допомогою формоутворювальних елементів 30 (фіг. 4) і/або за допомогою мембрани 40 (фіг. 5).

На фіг. 17 показана ділянка одержаної таким чином волокнистої заготовки 100 для пелюсткової конструкції. Заготовка 100 має кільцеподібну ділянку 111 заготовки, що відповідає кільцеподібній ділянці 11 пелюсткової конструкції і утворена шляхом формування області 110 смуги 101 на кільцеподібній ділянці 21 формувального елемента 20, і багатопелюсткову ділянку 112 заготовки, що відповідає багатопелюстковій юбці 12 пелюсткової

конструкції і утворена шляхом формування на ділянці 22 формувального елемента 20.

У показаному на фіг. 17 прикладі волокниста заготовка 100 була розташована на формувальному елементі 20 таким чином, що сполучні лінії 121 між складовими елементами заготовки (тобто, крайніми областями, зшитими вздовж кромки надрізів, утворених в смузі 101) проходять вздовж бічних поверхонь пелюсток 113 ділянки 112 заготовки. Таке розташування є переважним, оскільки в змішувачі, виготовленому шляхом складання пелюсткових конструкцій, одержаних після проведення ущільнення заготовок 100, ці сполучні лінії розташовуються в областях змішувача, які піддаються дії найменшого механічного навантаження.

В альтернативному варіанті здійснення сполучні лінії між складовими елементами заготовки можуть бути розташовані вздовж зовнішніх вершин пелюсток 113. Така конфігурація також має перевагу, оскільки в цьому випадку в отримуваному в результаті змішувачі сполучні лінії розташовуються в областях змішувача, які піддаються дії найнижчих температур.

У будь-якому випадку, сполучні лінії проходять по суті у напрямі протікання струменя газу, що проходить через отримуваний в результаті змішувач, таким чином, що будь-які неоднорідності поверхні, викликані наявністю сполучних ліній, не здійснюють значного збудження на протікання струменя газу.

Розміри смуги 101 і елементів 130, що створюють сектори, природно, вибирають так, щоб отримати заготовку 100 тієї форми, яка відповідає формі пелюсткової конструкції, що виготовляється, можливо, з урахуванням можливої остаточної механічної обробки, яка здійснюється після ущільнення заготовки. Таким чином, довжину смуги 101 вибирають як функцію довжини кола, необхідного для ділянки 111 заготовки, тоді як ширину смуги 101 вибирають залежно від розміру, необхідного для заготовки 100 в осьовому напрямі після формування пелюсток 113. Крім того, довжини основ 132 елементів 130, що створюють сектори, вибирають так, щоб при додаванні до довжини смуги 101 отримати загальну довжину, яка відповідає розгорнутій довжині кривої, утвореної кромкою ділянки 112 заготовки, розташованої на кінці, що знаходиться нижче по потоку.

На фіг. 18 показаний різновид варіанту здійснення, в якому на ділянці 111 заготовки смуга 101 має товщину, яка дорівнює товщині ділянки 112 заготовки (окрім крайніх областей біля надрізів 102, виконаних з меншою товщиною).

В цьому випадку додаткова товщина ділянки заготовки, що відповідає кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції, може бути забезпечена шляхом додавання додаткового шару 107 волокон, наприклад, того ж самого виду, що смуга 101. Як показано на фіг. 19 і 20, шар 107 виконаний з шириною, яка змінюється між першою величиною, по суті відповідній ширині області 110, і шириною другої зони, що перевищує першу ширину, при якій він доходить до рівня надрізів 102, з метою покриття і армування початкових областей пелюсток 113, розташованих у надрізах 102.

Додатковий шар 107 волокон може бути приєднаний до смуги 101 таким же самим чином, як елементи 130, наприклад, декількома стібками, шляхом введення голок або штифтів або ж за допомогою клею.

Нижче з посиланнями на фіг. 21-26 описаний другий варіант здійснення винаходу.

У цьому другому варіанті здійснення волокнисту заготовку для пелюсткової конструкції виготовляють шляхом збирання і формування декількох складових елементів, кожен з яких містить сектор із щонайменше одного шару, що створює першу ділянку заготовки, відповідну кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції, і сектор другої ділянки заготовки, що відповідає багатопелюстковій юбці пелюсткової конструкції.

На фіг. 21 зображена схема такого складового елемента 201, виготовленого як монолітна деталь волокнистої текстури, такого, що має два створюючих сектори елемента 210 і 220, при цьому ділянка 220 проходить вздовж кута β , більшого, ніж кут α , вздовж якого проходить ділянка 210.

Елемент 201 має постійну товщину e_6 , за винятком крайніх областей 204а і 206а, які мають меншу товщину e_7 вздовж своїх поздовжніх кромок 204 і 206, що можна бачити на фіг. 22.

Декілька елементів 201 у формі сектора збирають разом із взаємним перекриттям крайніх областей, які проходять вздовж їх прилеглих кромок, як схематично показано на фіг. 23 і 24. Зібрані разом елементи 201 приєднують один до одного, наприклад, зшиванням вздовж крайніх областей, які взаємно перекриваються, за допомогою використання зшиваючої нитки 240, яка, можливо, має той же самий тип, як і використана у волокнистій текстурі, що створює елементи 201. Також можуть бути застосовані інші технології збирання, зокрема, введення голок або штифтів, або використання клеїв. Товщина e_7 може бути вибрана такою, щоб вона по суті дорівнювала половині товщини e_6 , для усунення виникнення в результаті значної додаткової товщини при взаємному перекритті крайніх областей 204а і 206а.

В результаті отримують волокнистий вузол, що має, в загальному випадку, форму сектора кільця з кільцеподібною ділянкою, утвореною за рахунок об'єднання кільцевих ділянок 210, що створюють сектори, і з гофрованою ділянкою (що не має можливості бути розгорненою), утвореною об'єднанням секторів 220.

Елементи 201, що складають волокнисту заготовку, можуть бути виготовлені методом тривимірного тканого армування, наприклад, типу двоеластичного, з використанням тонших крайніх областей таким чином, як описано вище для першого варіанту здійснення винаходу. Для виготовлення елементів 201 можна використовувати нитку того ж самого виду, як було згадано вище, подібно до першого варіанта здійснення.

На фіг. 25 показаний різновид варіанту здійснення, в якому елементи 201 збирають разом за допомогою сполучних смуг 250, які перекривають крайні області 204а і 206а, розташовані в цьому випадку не так, щоб перекривати одна іншу, а кромка до кромки. Смуги 250 вирізують з волокни-

стої текстури, яка одержана, наприклад, методом тривимірного тканого армування, і яка має той же самий тип, що і волокниста текстура елементів 201. Товщина сполучних смуг 250 може бути вибрана такою, щоб уникнути виникнення в результаті виникнення якої-небудь значної додаткової товщини. З'єднання між елементами 201 і сполучними смугами 250 виконують, наприклад, шляхом зшивання сполучних смуг 250 з крайніми областями 204а і 206а за допомогою зшиваючих ниток 260. Також можливе виконання з'єднання шляхом введення голок або штифтів, або за рахунок використання клеїв.

Після завершення збирання і з'єднання разом елементів 201 одержаний вузол формують на формувальному елементі 20 з метою одержання необхідної заготовки для пелюсткової конструкції, що виготовляється. Зібрані ділянки 210 у формі сектора накладають на кільцеподібну ділянку 21 формувального елемента 20 для одержання шару, що створює ділянку 211 заготовки, відповідну кільцеподібній ділянці пелюсткової конструкції. Зібрані ділянки 220 у формі сектора накладають на багатопелюсткову ділянку 22 формувального елемента 20, можливо, за допомогою формоутворювальних елементів 30 або мембрани 40 з метою одержання багатопелюсткової ділянки 212 заготовки, що відповідає багатопелюстковій юбці пелюсткової конструкції, що виготовляється.

На фіг. 26 показана ділянка одержаної таким чином заготовки 200 для пелюсткової конструкції. Товщина ділянки 211 заготовки може бути посилена шляхом додавання додаткового шару 207 волокон, наприклад, того ж самого виду, як елементи 201. Як показано на фіг. 26-28, шар 207 виконаний такої ширини, яка змінюється між першим значенням, що відповідає по суті ширині ділянки 210 заготовок, і більшим другим значенням таким чином, що він доходить до початкових областей пелюсток 213 заготовки 200 для армування цих областей. На протилежній стороні ділянок 211 заготовки може бути розташований інший додатковий шар 208, подібний шару 207, але який може мати постійну ширину, відповідну ширині ділянки 210, причому шар 208 розміщують на кільцеподібній ділянці 21 формувального елемента 20 перед накладенням вузла із зібраних разом елементів 201. Шари 207 і 208 можуть бути приєднані до створюючої сектор ділянки 210, наприклад, шляхом зшивання, введення голок, штифтів або з використанням клею.

Слід зазначити, що елементи 201 можуть бути виконані з більшим значенням товщини в секторах 210 для того, щоб відразу отримати кільцеподібну ділянку 211 заготовки, що має більшу товщину, без необхідності додавання додаткових шарів.

Під час формування волокнистої заготовки 200 її розміщують на формувальному елементі 20 таким чином, що сполучні лінії між створюючими сектор ділянками 220 переважно проходять вздовж бічних поверхонь пелюсток або вздовж зовнішніх вершин пелюсток (як показано на фіг. 26), по причинах, викладених вище відносно заготовки 100.

Розміри елементів 201 вибирають для одержання заготовки 200 пелюсткової конструкції такої

форми, яка відповідає формі пелюсткової конструкції, яка виготовляється, можливо, з урахуванням остаточної механічної обробки, що проводиться при необхідності після ущільнення заготовки. Зокрема, необхідно, щоб ділянки 220 у формі сектора охоплювали кут β , достатньо великий для того, щоб дозволити формування необхідних пелюсток 213.

Згідно з викладеним вище передбачається, що крайнім областям складових елементів волокнистої заготовки, які з метою збирання заготовки перекривають одна іншу або перекриті сполучними смугами, додають меншу товщину. Проте, це не є суттєвим, і немає необхідності в тому, щоб товщина крайніх областей, що перекриваються, була меншою, за умови, що додаткова товщина, яка виникає в процесі збирання складових елементів заготовки, не надає значної дії на аеродинамічну поведінку отримуваного у результаті змішувача.

Волокниста заготовка 100 або 200 може бути одержана з елементів сухої (тобто такої, що не піддана просоченню) волокнистої текстури або з елементів заздалегідь просоченої волокнистої текстури.

Коли текстуру не піддають попередньому просоченню, і перед ущільненням заготовки з матрицею, яка щонайменше частково виконана з кераміки, може бути виконаний попередній крок зміцнення волокнистої заготовки шляхом часткового ущільнення із зміцнюючою матрицею. Цей крок зміцнення може полягати у просоченні волокнистої заготовки рідким складом, що є зв'язувальною речовиною для кераміки або вуглецю, наприклад, смолою, при необхідності розчиненою в розчиннику, а після цього у перетворенні цієї початкової речовини шляхом теплової обробки, після усунення розчинника, якщо такий застосований, і після затвердіння смоли. Прикладами зв'язувальної речовини для карбиду кремнію є смоли типу полікарбосилану, політитанокарбосилану, полісилазану або полісилоксану, тоді як зв'язувальна речовина для вуглецю є, наприклад, смолою з відносно високим вмістом коксу, такою як фенольна смола. Способи затвердіння волокнистих заготовок описані, зокрема, в документах WO 2006/090087, FR 06/54542 і US 5 846 379, які включають, де необхідно, формування між волокнами і матрицею міжфазного покриття. Таке міжфазне покриття, наприклад, з піролітичного вуглецю або нітриду бору, також може бути заздалегідь утворено на волокнистій текстурі, використовуваний для виготовлення складових елементів заготовки, або воно може бути утворене після завершення збирання елементів разом. У такому разі утворення міжфазного покриття може бути виконане шляхом хімічної інфільтрації з газоподібної фази.

Сушу волокнисту заготовку 100 або 200 для цілей зміцнення формують на формувальному елементі 20, утворюючому охоплювану частину форми, наприклад, за допомогою формоутворювальних елементів 30, утворюючих охоплювальні елементи форми. Формоутворювальні елементи витягують, і ставлять на місце мембрану 40. Волокнисту заготовку просочують рідкою зв'язувальною речовиною для зміцнюючої матриці.

Просоченню заготовки можуть сприяти шляхом створення вакууму в просторі між формувальним елементом 20 і мембраною 40, і в цьому випадку мембрану, можливо, покривають непроникною плівкою.

Після того, як смола висохла і затверділа, здійснюють теплову обробку для перетворення смоли, що є зв'язувальною речовиною, в кераміку або вуглець шляхом піролізу, тим самим отримуючи зміцнену волокнисту заготовку, яка частково ущільнена керамічною або вуглецевою матрицею. Зміцнену заготовку «заморожують» у необхідній формі, яка визначається формувальним елементом 20 і мембраною 40. Застосування мембрани 40, виконаної з еластомера, сприяє доданню відносно гладкого зовнішнього вигляду, ослабленню неоднорідностей, таких як ті, що виникають в результаті з'єднань, виконаних між складовими елементами заготовки.

При використанні заздалегідь просоченої волокнистої текстури, попереднє просочення може бути здійснене зв'язувальною речовиною для кераміки або вуглецю, яка є смолою згаданого вище типу, при цьому смола, можливо, піддають попередній полімеризації після видалення розчинника, використовуваного для цілей просочення, якщо такий застосований.

Волокнисту заготовку, одержану шляхом збирання елементів із заздалегідь просоченої волокнистої текстури, формують на формувальному елементі 20, наприклад, за допомогою мембрани 40. Формуванню заготовки можуть сприяти за рахунок здійснення перепаду тиску, і згодом смола повністю твердне.

Потім виконують перетворення тепловою обробкою шляхом піролізу смоли, яка є зв'язувальною речовиною, в кераміку або вуглець, і отримують зміцнену волокнисту заготовку, яка частково ущільнена керамічною або вуглецевою матрицею.

У будь-якому випадку, ущільнення зміцненої заготовки продовжують шляхом формування керамічної матриці, наприклад, в процесі хімічної інфільтрації з газоподібної фази.

Керамічна матриця може бути вогнетривкою керамікою, такою як карбід кремнію, або переважно вона може бути керамічною матрицею, яка «самозагоюється». Керамічну матрицю, що «самозагоюється», отримують за рахунок виготовлення щонайменше однієї складової фази матриці з матеріалу, який при переході до в'язкого стану в межах деякого діапазону температур має здатність до заповнення, або «рубцювання» тріщин, що утворюються в матриці, зокрема, під впливом циклічних температурних дій. Композиціями, що мають властивості «самозагоювання», є, зокрема, склоподібні композиції, наприклад, алюмініосилікатного типу, або склади, які здатні до утворення склоподібних композицій під впливом окиснення. Фази матриці, виконані з карбиду бору (B_4C) або з трійкової системи кремній-бор-вуглець, утворюють зв'язувальні речовини для склоподібних композицій.

Після ущільнення з керамічною матрицею отримують пелюсткову конструкцію з композиційного матеріалу, таку як конструкція 10, показана на

фіг. 29, що створює сектор пелюсткового змішувача.

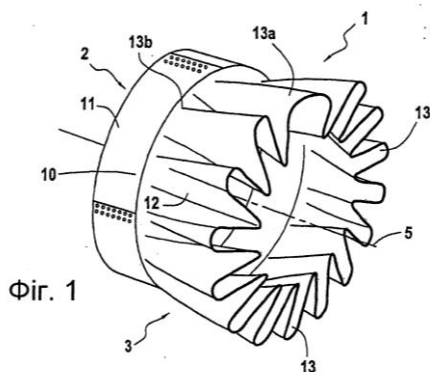
Слід зазначити, що у разі сухої волокнистої заготовки її зміцнення може бути одержане шляхом використання хімічної інфільтрації з газоподібної фази, а не рідинною технологією (просоченням рідкими початковими речовинами для зміцнюючої матриці, за яким слідує твердіння, а потім піроліз). При таких обставинах для формувального елемента 20 і формоутворювальних елементів 30 використовують жорсткі елементи інструментального оснащення, які підходять як для утримання волокнистої заготовки при необхідній формі, так і, переважно, які мають велику кількість виконаних в них отворів, для сприяння доступу до заготовки газоподібної фази.

В описаному прикладі змішувач отримують шляхом збирання разом трьох секторів. Природно, число секторів, з яких виконують змішувач і кожен з яких є пелюстковою конструкцією, може відрізнятися від трьох, і використовуване для виготовлення заготовок інструментальне оснащення пристро-

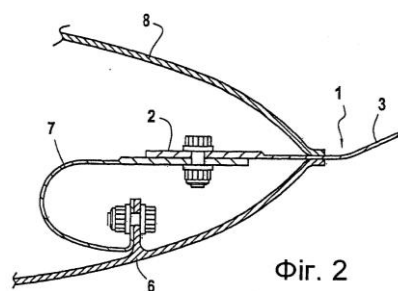
совують до форм пелюсткових конструкцій, що виготовляються.

Також можна виготовити змішувач 19 з композиційного матеріалу з керамічною матрицею як одну деталь шляхом ущільнення закінченої волокнистої заготовки для змішувача. Такий змішувач показаний на фіг. 30. В цьому випадку для формування волокнистої заготовки застосовують формувальний елемент і мембрану, які мають форми, що відповідають формі готового змішувача, який необхідно отримати. В цьому випадку у варіанті виконання, показаному на фіг. 6-12, два кінці області 120 смуг 101 волокнистої текстури обробляють як кромки надрізу, а два кінці області 110 смуг 101 волокнистої текстури сполучають разом через їх крайні області, таким же чином, як збирають разом складові елементи заготовки, тим самим формуючи повне кільце.

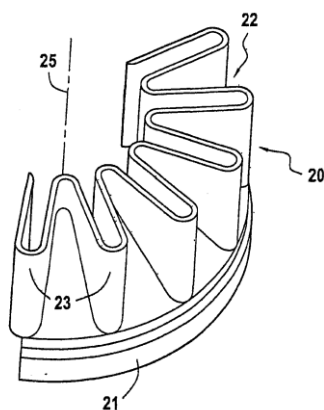
Таким чином, в описі і формулі винаходу під терміном «пелюсткова конструкція» слід розуміти закінчений пелюстковий змішувач або тільки сектор такого змішувача.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

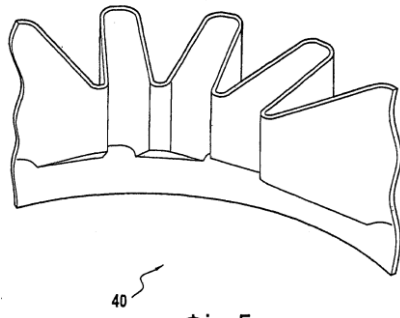


Fig. 5



Fig. 7

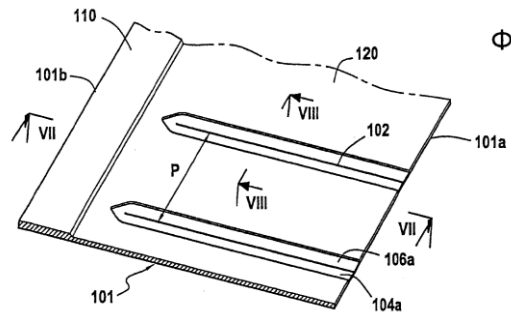


Fig. 6

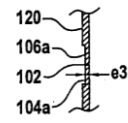


Fig. 8

Fig. 9

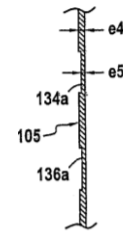
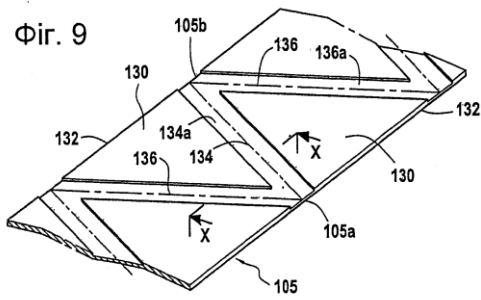


Fig. 10

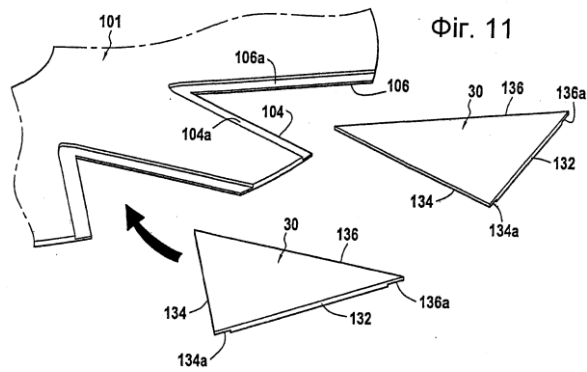


Fig. 11

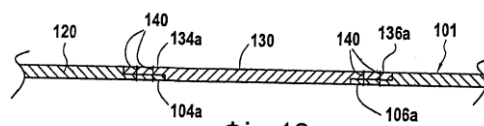


Fig. 12

23

94986

24

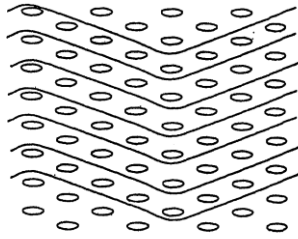


Fig. 13

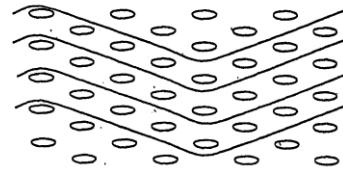


Fig. 14

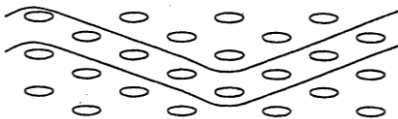


Fig. 15

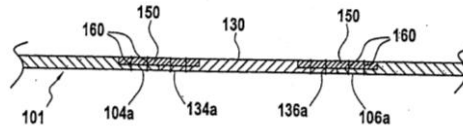


Fig. 16

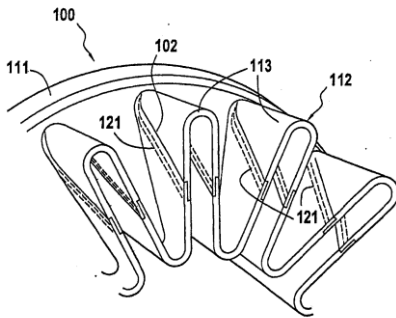


Fig. 17

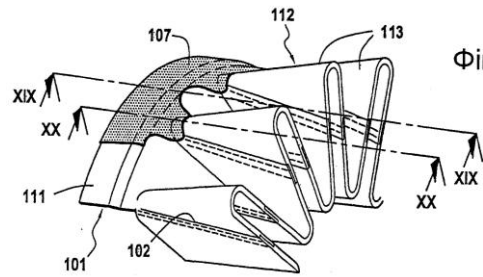


Fig. 18

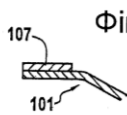


Fig. 19

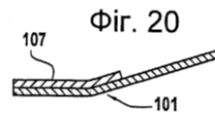


Fig. 20

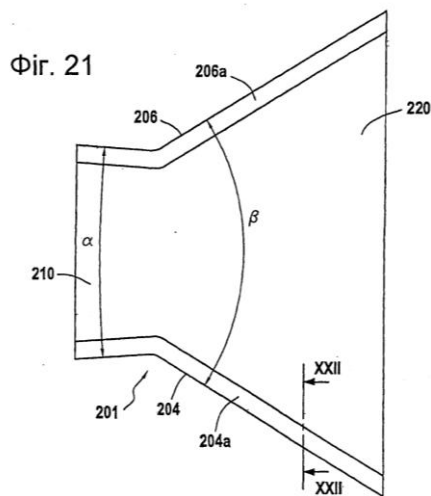


Fig. 21

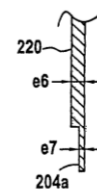


Fig. 22

Fig. 23

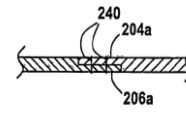
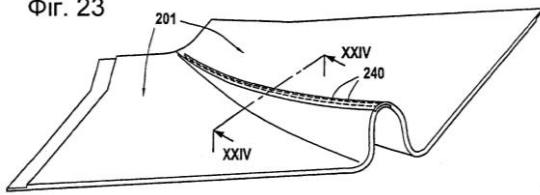


Fig. 24

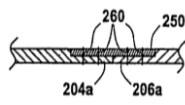


Fig. 25

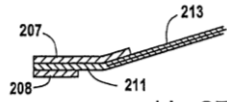


Fig. 27

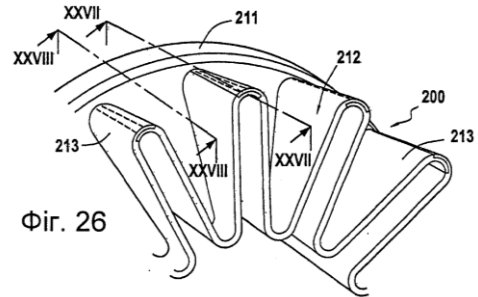


Fig. 26

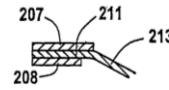


Fig. 28

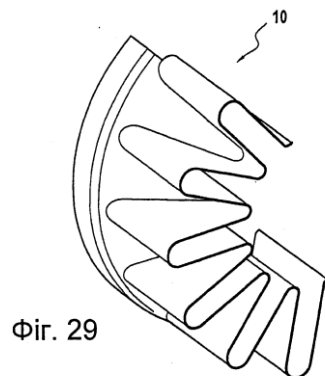


Fig. 29

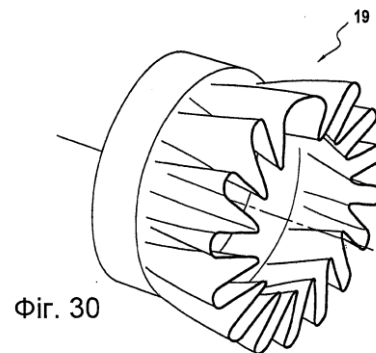


Fig. 30