



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **83793** (13) **C2**
(51) МПК (2006)
B23P 15/04
F01D 5/14
F01D 5/18
B21D 26/02 (2008.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ПОРОЖНИСТОЇ ЛОПАТКИ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

1

(21) 20040504057
(22) 27.05.2004
(24) 26.08.2008
(31) 03 50185
(32) 27.05.2003
(33) FR
(46) 26.08.2008, Бюл.№ 16, 2008 р.
(72) ФЕРТ ЖАН - П'ЄР, ФРАНШ ЖАН - МІШЕЛЬ, ПАТРИК, МОРИС, ЛОММЕ ДАНІЕЛЬ ГАСТОН, ЛОРІЕ АЛЕН
(73) СНЕКМА МОТОРС
(56) FR 970578, 05.01.1951
GB 2306353, 07.05.1997
EP 1188497, 20.03.2002
SU 1815873, 15.05.1994
US 4882823, 28.11.1989
(57) 1. Спосіб виготовлення заготовки для порожнистої лопатки (1) газотурбінного двигуна, що містить ніжку (2) і перо (4), що включає у себе стадію виготовлення заготовки (14) лопатки, що містить частину (18) для пера і частину (16) для ніжки лопатки, причому стадію виготовлення заготовки (14) здійснюють таким чином, щоб зазначена заготовка містила блок (28) принаймні з двох деталей (30, 32), які накладають одна на одну і з'єднують одна з одною за допомогою дифузійного зварювання, який **відрізняється** тим, що включає у себе такі операції:

2

- виготовлення блока (28) щонайменше із деталей (30, 32), які накладають одна на одну і з'єднують одна з одною за допомогою дифузійного зварювання, таким чином, що цей блок утворює тільки частину (18) заготовки (14) для пера лопатки;
- виготовлення додаткового елемента (34), призначеного для утворення в суцільній формі тільки частини (16) заготовки (14) для ніжки лопатки;
- з'єднання додаткового елемента (34) із блоком (28) для одержання заготовки (14) лопатки.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що операцію з'єднання додаткового елемента (34) із блоком (28) здійснюють шляхом зварювання лінійним тертям і зварювання тертям зі струшуванням ("friction stir welding").
3. Спосіб за одним із пп. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що після стадії виготовлення заготовки (14) лопатки здійснюють такі стадії:
- встановлення заготовки (14) в аеродинамічний профіль;
- заповнення газом під тиском і надпластичне формування заготовки (14), встановленої в аеродинамічний профіль.
4. Спосіб за одним із попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що додатковий елемент (34) для утворення цілісної частини (16) заготовки (14) для ніжки лопатки виконують шляхом протягування через матрицю.

Даний винахід стосується способів виготовлення лопаток газотурбінних двигунів, таких як порожнисті лопатки компресорів, або будь-якого іншого типу лопатки роторів або статорів газотурбінних двигунів.

Звичайно порожниста лопатка компресора газотурбінного двигуна має ніжку відносно великої товщини, призначену для кріплення цієї лопатки в диску ротора. При цьому ніжка простягається в радіальному напрямку, назовні, тонкою аеродинамічною частиною, що зветься пером лопатки.

Із попередніх технічних рішень відомий спосіб

виготовлення такої порожнистої лопатки, який ґрунтується на використанні методу дифузійного зварювання в сполученні з методом надпластичного формування.

Згідно з цим способом спочатку визначали дві або три головні конструктивні деталі лопатки, окремо їх виготовляли, накладали одна на одну і з'єднували за допомогою методу дифузійного зварювання, отримуючи таким чином заготовку для виготовлення лопатки.

Після цього заготовку установлювали в аеродинамічний профіль, заповнювали газом під тис-

(13) **C2**

(11) **83793**

(19) **UA**

ком і піддавали надпластичному формуванню, отримуючи лопатку, що мала практично остаточну форму.

Як зазначалося вище, у цьому способі на стадії одержання заготовки лопатки потребувалося виготовляти дві зовнішні деталі і, в деяких випадках, центральну деталь, що розташовувалася між цими зовнішніми деталями і забезпечувала потрібну жорсткість виробу.

Зовнішні деталі виготовляли, звичайно, шляхом механічної обробки заготовки для ніжки і заготовки для пера лопатки, які повинні були мати відносно великі розміри в силу того, що ці деталі у кінцевому виробі являли собою радіально протилежні частини, що значно відрізнялися між собою за товщиною.

Таким чином, виготовлення зовнішніх деталей, які, принаймні частково, повинні були утворювати заготовку лопатки і які одержували, наприклад, шляхом прокатування, потребувало великих витрат матеріалу і дорогої механічної обробки, внаслідок чого такий спосіб виготовлення порожнистої лопатки не міг вважатися цілком оптимізованим.

Для усунення цього недоліку було запропоновано виконувати заготовку лопатки за допомогою тільки дифузійного зварювання, що потребувало накладання одну на одну, щонайменше, п'ятих деталей, одні з яких розташовувалися радіально уздовж усієї заготовки, а інші - тільки на рівні її ніжки.

Але недолік цього способу, описаного, зокрема, в документах US-A-4 882 823 і EP-A-1 188 197, полягає саме у використанні методу дифузійного зварювання, головні проблеми якого виявляються при зварюванні набору деталей дуже різної товщини (ніжка/перо), а також у необхідності піддавати такий обробці велику кількість зіставлених одна з одною деталей.

Крім того, не менш серйозною проблемою є забезпечення герметичності на рівні ніжки в наборі зіставлених деталей.

У зв'язку з викладеним вище, метою даного винаходу є створення такого способу виготовлення порожнистої лопатки для газотурбінного двигуна, який би дозволяв, принаймні частково, усунути вищезазначені недоліки відомих способів.

Зокрема, завданням даного винаходу є створення способу виготовлення порожнистої лопатки, у якому стадія виготовлення заготовки лопатки потребує менших матеріальних витрат у порівнянні з відомими способами.

Таким чином, об'єктом даного винаходу є спосіб виготовлення порожнистої лопатки для газотурбінного двигуна, яка містить ніжку і перо, причому запропонований спосіб включає у себе стадію виготовлення заготовки лопатки, що містить частину для пера і частину для ніжки, а здійснюють цю стадію таким чином, щоб заготовка містила сукупність, принаймні, з двох деталей, зіставлених і зварених одна з одною дифузійним методом. Згідно з даним винаходом стадія виконання заготовки лопатки включає у себе такі операції:

- виготовлення блоку, щонайменше, із двох зіставлених одна з одною і з'єднаних за допомогою дифузійного зварювання деталей таким чином,

щоб цей блок цілком утворював тільки частину заготовки для пера лопатки;

- виготовлення додаткового елемента, призначеного для утворення цілком тільки частини заготовки для ніжки лопатки;

- з'єднання додаткового елемента із зазначеним блоком для створення заготовки лопатки.

У кращому варіанті здійснення способу виготовлення відповідно до даного винаходу, блок, складений щонайменше з двох зіставлених одна з одною і з'єднаних дифузійним зварюванням деталей, повинен утворювати не всю заготовку лопатки, а лише частину цієї заготовки, що відповідає перу лопатки.

Отже, виготовлення такого блоку із застосуванням дифузійного зварювання вже не передбачає досить обтяжливого виконання двох зовнішніх деталей, кожна з яких повинна містити дві ділянки різної товщини і визначати собою відповідно частину заготовки для ніжки і частину заготовки для пера лопатки. Скоріше навпаки, оскільки зазначений зварний блок не утворює частину заготовки для ніжки лопатки, то його дві зовнішні деталі можуть бути визначені таким чином, щоб кожна з них мала порівняно однакову товщину, що дозволяє значно скоротити виробничі витрати, зокрема, на матеріал і механічну обробку.

Крім того, перевагою даного винаходу є те, що його стадія дифузійного зварювання не призначається для виконання частини заготовки, яка належить до ніжки лопатки, що дозволяє уникнути проблем застосування цієї технології, що виникають, коли зварюваний блок має змінну товщину (ніжка/перо) і складається з великої кількості зіставлених деталей. Дійсно, одержуваний за допомогою дифузійного зварювання блок утворює тільки частину заготовки для пера лопатки, завдяки чому його легко виготовляти шляхом зіставлення одна з одною двох або трьох деталей практично однакової товщини.

Далі, оскільки етап дифузійного зварювання не передбачає інтеграції частини для ніжки, це значно полегшує задачу забезпечення щільності між зіставленими для зварювання деталями, що є необхідною передумовою для можливості застосування методу дифузійного зварювання. Фахівцям у даній галузі добре відомо, як важко забезпечити потрібну щільність на рівні тієї частини зіставленої збірки, що призначена для ніжки лопатки. Отже, зняття цієї проблеми є суттєвою перевагою даного винаходу.

Крім того, окреме виготовлення додаткового елемента дає можливість виконувати будь-яку проміжну операцію механічної обробки на цьому елементі до його з'єднання з блоком, виготовленим паралельно за допомогою дифузійного зварювання.

З іншого боку, оскільки додатковий елемент призначається для виготовлення не тієї частини заготовки, що відповідає перу лопатки, а тільки тієї частини заготовки, що відповідає ніжці лопатки, то виробничі витрати тут зводяться до мінімуму, зокрема, через незначну радіальну довжину зазначених частин.

Таким чином, винахід передбачає виготовлен-

ня заготовки лопатки із декількох попередньо виготовлених деталей до їх з'єднання, зокрема, шляхом дифузійного зварювання деяких із них, при цьому жодна з цих деталей не простягається на всю радіальну довжину заготовки, що дозволяє усунути недоліки, безпосередньо зв'язані зі значними змінами товщини заготовки лопатки в напрямку її довжини.

У кращому варіанті здійснення винаходу операцію з'єднання кожного додаткового елемента зі згаданим блоком здійснюють за допомогою такого методу, як зварювання лінійним тертям або зварювання у спосіб «friction stir welding» (тертя зі струшуванням), причому ці методи є кращими в силу відносної простоти їх застосування, їх надійності, економічності і того, що вони не погіршують металургійні характеристики виробу.

Після виготовлення заготовки лопатки йдуть такі стадії:

- установлення заготовки в аеродинамічний профіль;
- заповнення заготовки газом під тиском і надпластичного формування заготовки, установлення в аеродинамічний профіль.

Можна передбачити виготовлення додаткового елемента, що повинен утворювати безпосередньо частину заготовки для ніжки лопатки способами протягування або екструзії, що також є великою перевагою з погляду економічності виготовлення. Дійсно, ці недорогі в застосуванні способи полягають в тому, що профіль додаткового елемента, що має необхідну геометричну форму, формують із болванки, яку перепускають через матрицю.

З іншими перевагами і відмінними ознаками даного винаходу можна ознайомитися в наведеному нижче докладному описі, поданому як ілюстративний приклад, що не має обмежувального характеру.

Поданий нижче опис даного винаходу супроводжується посиланнями на додані креслення, на яких зображені:

Фіг.1 - вигляд у перспективі відомої порожнистої лопатки для газотурбінного двигуна;

Фіг.2 - схематичний вигляд у перспективі заготовки лопатки, одержуваної на стадії виготовлення заготовки, що є частиною способу виготовлення відповідно до даного винаходу;

Фіг.3a-3d - схематично етапи кращого варіанта здійснення способу виготовлення відповідно до даного винаходу;

Докладний опис кращих варіантів здійснення

На Фіг.1 показана відома порожниста лопатка 1 для газотурбінного двигуна (не показаний), виконана, наприклад, із титану або його сплаву.

Дана порожниста лопатка 1 типу лопатки з великою хордою для ротора конденсатора, містить ніжку 2, продовжену в радіальному напрямку пером 4.

Перо 4, призначене для роботи в тракті циркуляції повітряного потоку газотурбінного двигуна, має дві зовнішні поверхні 6 і 8, що звуться відповідно поверхнею 6 спинки і поверхнею 8 коритця, сполучені між собою передньою крайкою 10 і задньою крайкою 12.

На Фіг.2 показана заготовка 14 лопатки, яка

отримується на стадії виготовлення заготовки лопатки, що є частиною способу виготовлення відповідно до даного винаходу.

Заготовка 14 містить частину 16 для ніжки лопатки; ця частина має велику змінювану товщину і продовжується в радіальному напрямку частиною 18 для пера лопатки. Як можна бачити на Фіг.2, частина 16 для ніжки лопатки містить внутрішню радіальну ділянку 20 великої середньої товщини Е; ділянка 20 продовжується в радіальному напрямку зовнішньою радіальною ділянкою 22, що має середню товщину „Е", меншу середньої товщини Е. Слід зазначити, що внутрішня радіальна ділянка 20 у подальшому призначається для забезпечення кріплення лопатки в диску ротора газотурбінного двигуна, зокрема, за допомогою двох частин 23a і 23b, що виступають в обидві сторони від центральної частини 23c, виконаної в продовженні зовнішньої радіальної ділянки 22 у частині 16 для ніжки лопатки.

Крім того, частина 18 заготовки 14, що відповідає ніжці лопатки, містить внутрішній радіальний кінець 24 товщиною е', що практично дорівнює середній товщині е, і зовнішній радіальний кінець 26 завтовшки е" менше товщини е'. Водночас частина 18 заготовки 14, що відповідає перу лопатки, має практично рівномірну товщину.

З іншого боку, між радіальним внутрішнім кінцем 24 частини 18, що відповідає перу лопатки, і зовнішньою радіальною ділянкою 22 частини 16 заготовки 14, що відповідає ніжці лопатки, немає чіткої границі в силу того, що ці елементи є практично суцільними. Проте, умовна площина Р стику, показана на Фіг.2, позначає загальноприйняту теоретичну площину поділу між частиною 16 для ніжки і частиною 18 для пера лопатки в її заготовці 14.

У кращому варіанті здійснення способу виготовлення відповідно до даного винаходу стадію виготовлення заготовки 14 лопатки виконують відповідно до опису, викладеного із поясненнями на Фіг.3a-3c.

Отже, спочатку виготовляють блок 28, що складається принаймні з двох деталей 30 і 32, які накладаються одна на одну і з'єднуються одна з одною за допомогою дифузійного зварювання. Деталі 30 і 32, показані на Фіг.3a, є відповідно верхньою і нижньою зовнішніми деталями блока 28. У цьому зв'язку слід зазначити, що між зовнішніми деталями 30 і 32 може також бути вставлена третя деталь (не показана) для надання у подальшому конструкції жорсткості. Дійсно, оскільки блок 28 повинний утворювати тільки і цілком частину 18 заготовки 14 для пера лопатки, його можна виготовляти у відомий спосіб з двох ідентичних зовнішніх деталей з канавками на внутрішніх сторонах або з трьох деталей, із яких дві ідентичні зовнішні деталі мають практично гладкі внутрішні поверхні, що перебувають у контакт з проміжною третьою деталлю.

У цьому варіанті здійснення даного винаходу блок 28, що утворює тільки частину 18 заготовки 14, має практично рівномірну товщину так само, як і дві ідентичні зовнішні деталі 30 і 32, що утворюють цей блок. Тому для даного варіанта здійснен-

ня винаходу виготовлення деталей 30 і 32 методом прокатки є оптимальним і найбільш підходящим з погляду витрат на матеріал і механічну обробку, оскільки заготовки, необхідні для виготовлення деталей 30 і 32, можуть при цьому мати розміри, близькі до остаточних розмірів цих деталей.

У випадку, коли блок 28 утворений тільки двома ідентичними зовнішніми деталями 30 і 32, їх відразу ж після виготовлення в описаний вище спосіб з'єднують одну з одною дифузійним зварюванням, добре відомим і застосовуваним для з'єднання різноманітних деталей заготовок. У зв'язку з цим, слід відзначити, що, як відомо, перед операцією дифузійного зварювання виконують операцію нанесення антидифузійних бар'єрів за шаблоном, причому ці бар'єри утворюють на рівні внутрішніх контактних поверхонь 30а і 32а зовнішніх деталей 30 і 32.

Паралельно з виготовленням порожнистого блока 28, котрий утворює тільки суцільну частину 18 заготовки 14, що відповідає перу лопатки, виготовляють також єдиний додатковий елемент 34, призначений для утворення тільки суцільної частини 16 цієї ж заготовки 14, що відповідає ніжці лопатки. У зв'язку з цим, слід зазначити, що блок 28 і додатковий елемент 34 мають геометричні форми, практично ідентичні відповідним геометричним формам частини 18 пера і частини 16 ніжки заготовки 14, показаної на Фіг.2.

На Фіг.3b можна бачити, що додатковий елемент 34 містить частину 36 значної товщини, аналогічну внутрішній радіальній ділянці 20, показаній на Фіг.2, а також частину 38 меншої товщини, аналогічну зовнішній радіальній ділянці 22, показаній на Фіг.2. Отже, елемент 34 може бути легко виконаний у спосіб протягування або екструзії, тобто за допомогою технології, що вже довела свою економічність, із матеріалу у вигляді болванки. Використовуючи при цьому відповідну матрицю, можна одержати додатковий елемент 34 потрібної геометричної форми. Утворюваний протягуванням або екструзією довгомірний суцільний профіль розрізають по довжині на окремі частини, що відповідають додатковим елементам 34.

Після одночасного виконання блока 28 і додаткового елемента 34, переважно з титанового

сплаву, їх з'єднують між собою таким чином, щоб одержати геометричну форму заготовки 14, як показано на Фіг.3с.

Таке з'єднання може бути виконане за допомогою зварювання. При цьому внутрішню в радіальному напрямку поверхню 40 блока 28 прикладають до зовнішньої в радіальному напрямку поверхні 42 додаткового елемента 34. Поверхні 40 і 42 є практично плоскими і разом визначають плоску контактну зону 44, розташовану в місці, що практично збігається з показаною на Фіг.2 умовною граничною площиною Р між частинами ніжки 16 і пера 18 заготовки 14.

Операцію з'єднання додаткового елемента 34 з блоком 28 виконують, наприклад, за допомогою зварювання методом лінійного тертя або методом тертя зі струшуванням («friction stir welding»). Ці відомі методи зварювання, як правило, дозволяють у зоні зварювання забезпечувати металургійні характеристики, порівняні з отримуваними у способи дифузійного зварювання і надпластичного формування, і забезпечують механічні властивості, що відповідають характеристикам остаточної заготовки.

Зрозуміло, що за операцією зварювання може йти механічна обробка зони зварювання для надання їй більш точної геометричної форми.

По закінченню описаної вище стадії виготовлення заготовки 14 лопатки здійснюють відомі з попереднього рівня техніки виробничі стадії, під час яких заготовку 14 спочатку встановлюють в аеродинамічний профіль для надання їй спіралеподібної форми, як показано на Фіг.3d. Після цього внаслідок виконання відомих стадій наповнення заготовки газом під тиском та її надпластичного формування одержують лопатку 1, показану на Фіг.1. Слід додати, що за цією стадією звичайно слідує фінішні операції механічної обробки для надання лопатці 1 строго необхідного аеродинамічного профілю.

Цілком зрозуміло, що фахівець у даній галузі може вносити різноманітні модифікації у запропонований спосіб виготовлення порожнистої лопатки 1, описаний тут лише як ілюстративний приклад здійснення винаходу, що не обмежує ідеї та об'єму останнього.

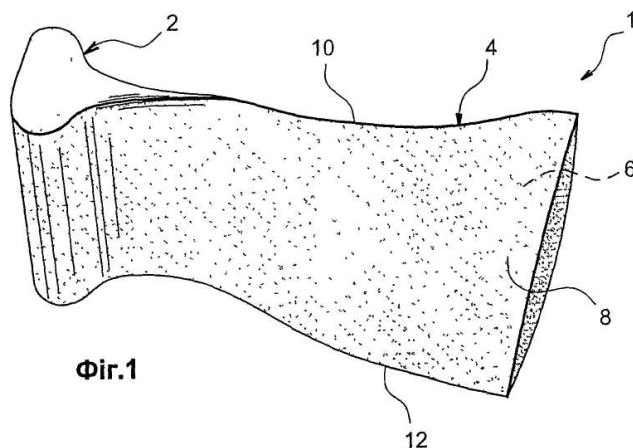


Fig.1

Fig. 2

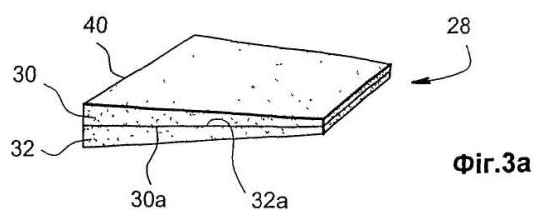
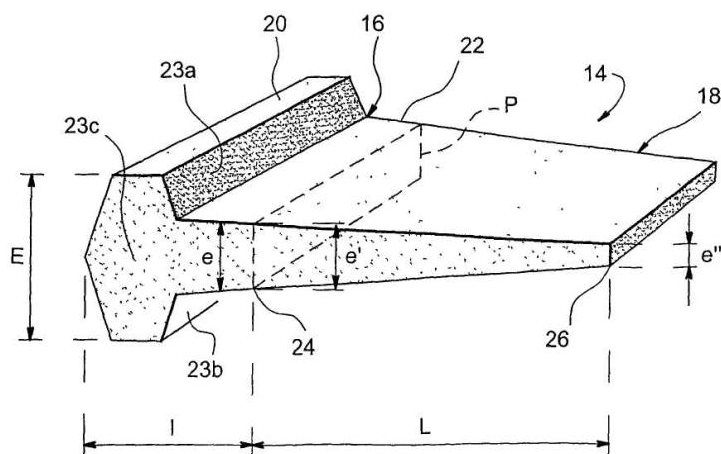


Fig. 3a

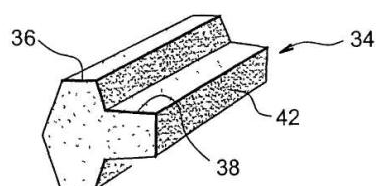


Fig. 3b

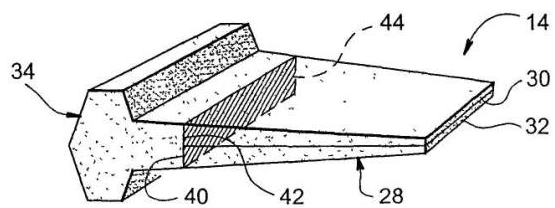


Fig. 3c

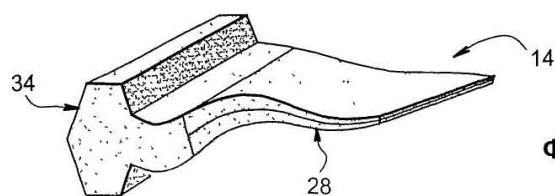


Fig. 3d