



УКРАЇНА

(19) UA (11) 84260 (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 ПОРОЖНИСТОЇ ЛОПАТКИ ДЛЯ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

1

(21) 20040504058
(22) 27.05.2004
(24) 10.10.2008
(31) 03 50183
(32) 27.05.2003
(33) FR
(46) 10.10.2008, Бюл.№ 19, 2008 р.
(72) ФЕРТ, ЖАН - П'ЄР, ФРАНШ, ЖАН - МІШЕЛЬ, ПАТРИК, МОРИС, ЛОММЕ, ДАНІЕЛЬ, ГАСТОН, ЛОРІЕ, АЛЕН
(73) СНЕКМА МОТОРС
(56) US 3936920, 10.02.1976
US 4882823, 28.11.1989
US 3768147, 30.10.1973
US 4583274, 22.04.1986
GB 817660, 06.08.1959
US 6331217, 18.12.2001
EP 1481756, 25.05.2004
GB 2306353, 07.05.1997
US 5636440, 10.06.1997
(57) 1. Спосіб виготовлення заготовки для порожнистої лопатки газотурбінного двигуна, яка містить ніжку (2) і перо (4), що включає у себе стадію виготовлення двох зовнішніх деталей (14), кожна з яких містить призначену для пера лопатки частину (18) і призначену для ніжки лопатки частину (16), які, принаймні частково, утворюють заготовку (30) лопатки, стадію з'єднання двох зовнішніх деталей (14) за допомогою дифузійного зварювання для одержання заготовки (30) лопатки, який **відрізняється** тим, що стадія виготовлення двох зовнішніх деталей (14) включає для кожної з цих зовнішніх деталей (14) такі операції: виготовлення куванням первинного елемента (28, 128), що утворює принаймні призначену для пера лопатки частину (18) зовнішньої деталі (14); - виготовлення куванням щонайменше одного вторинного елемента (34, 134, 234) щонайменше для часткового утворення призначеної для ніжки лопатки частини (16) зовнішньої деталі (14); і - з'єднання кожного вторинного елемента (34, 134, 234) з первинним елементом (28, 128) для одержання зовнішньої деталі (14).

2

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що операцію з'єднання кожного вторинного елемента (34, 134, 234) з первинним елементом (28, 128) 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 з'єднання дифузійним зварюванням двох зовнішніх деталей (14) для одержання заготовки (30) лопатки здійснюють такі стадії:
- установлення зазначеної заготовки (30) в аеродинамічний профіль;
- заповнення газом під тиском і надпластичне формування зазначеної заготовки (30), установленної в аеродинамічний профіль.
4. Спосіб за одним із попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що кожний вторинний елемент (34, 134, 234), щонайменше для часткового утворення призначеної для ніжки лопатки частини (16) кожної з двох зовнішніх деталей (14), виготовляють шляхом протягування.
5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що для кожної з двох зовнішніх деталей (14) первинний елемент (128) виконують таким чином, що він утворює тільки призначену для пера лопатки частину (18) зовнішньої деталі (14), а єдиний вторинний елемент (34) виконують таким чином, що він цілком утворює призначену для ніжки лопатки частину (16) заготовки (14).
6. Спосіб за пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що для кожної з двох зовнішніх деталей (14) первинний елемент (128) виконують таким чином, що він утворює призначену для пера лопатки частину (18) зовнішньої деталі (14), а також центральну ділянку призначеної для ніжки лопатки частини (16) зазначеної зовнішньої деталі (14), а вторинний елемент (134, 234) виконують таким чином, що він утворює ділянку призначеної для ніжки лопатки частини (16) зовнішньої деталі (14), коли він зібраний на первинному елементі (128).
7. Спосіб за п. 6, який **відрізняється** тим, що для кожної з двох зовнішніх деталей (14) первинний

(13) C2

(11) 84260

(19) UA

елемент (128) виконують таким чином, що він має зовнішню поверхню (128b), а вторинні елементи

(134, 234) з'єднані на зазначеній зовнішній поверхні (128b) первинного елемента (128).

Винахід у цілому належить до способів виготовлення лопаток для газотурбінних двигунів, таких як порожнисті лопатки компресора, або будь-якого іншого типу лопаток ротора чи статора газотурбінного двигуна.

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 тиском 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 в [патенті Великобританії GB-A-2306353 було запропоновано дві зовнішні деталі заготовки лопатки виготовляти шляхом розрізання прямокутної призми в напрямку довжини й вздовж похилої площини таким чином, щоб дві поверхні, отримані під час операції розрізання, могли утворити дві сторони двох зовнішніх деталей, що у подальшому повинні стати поверхнею спинки і поверхнею коритця порожнистої лопатки.

З іншого боку, запропонувалося також виконувати дві зовнішні деталі заготовки лопатки шляхом

кування, як описано у [патенті США US-A-5636440]. Проте така технологія виготовлення за допомогою кування є відносно дорогою в застосуванні, оскільки в цьому випадку також необхідно виготовляти деталі нерівномірної товщини.

Метою даного винаходу є створення способу виготовлення порожнистої лопатки для газотурбінного двигуна, що дозволяє, принаймні частково, усунути вищезазначені недоліки відомих технічних рішень.

Зокрема, метою даного винаходу є створення способу виготовлення порожнистої лопатки, у котрому стадія виготовлення двох зовнішніх деталей заготовки лопатки потребує значно нижчих виробничих витрат порівняно з відомими способами.

Для досягнення поставленої цілі винаходом пропонується спосіб виготовлення порожнистої лопатки для газотурбінного двигуна, що містить ніжку і перо, який включає у себе стадію виготовлення двох зовнішніх деталей, що містять кожна частину для пера і частину для ніжки лопатки, призначені для утворення, принаймні частково, заготовки лопатки, при цьому даний спосіб включає у себе, крім того, стадію з'єднання зазначених двох зовнішніх деталей за допомогою дифузійного зварювання для одержання заготовки лопатки. Відповідно до даного винаходу стадія виготовлення двох зовнішніх деталей включає у себе для кожної з цих зовнішніх деталей такі операції:

- виготовлення куванням, переважно прокатуванням, первинного елемента, що утворює, принаймні, частину для пера зовнішньої деталі;

- виготовлення куванням, переважно протягуванням, принаймні одного вторинного елемента, призначеного для, принаймні часткового, утворення частини для ніжки зовнішньої деталі; і

- з'єднання кожного вторинного елемента з первинним елементом для одержання зовнішньої деталі.

Перевагою нового способу виготовлення лопатки і, зокрема, заготовки лопатки є те, що він не потребує дорогих процесів виготовлення двох зовнішніх суцільних деталей, кожна з котрих призначена для утримання двох ділянок суттєво різної товщини, які повинні визначати собою, відповідно, частину для ніжки і частину для пера зазначеної зовнішньої деталі.

Згідно з новим способом, навпаки, кожна зовнішню деталь виконують із первинного елемента, що не утворює цілком частину для ніжки даної деталі, а також, щонайменше, з одного вторинного елемента, що утворює тільки і, принаймні, частково частину для ніжки цієї ж зовнішньої деталі. Таким чином, первинні елементи зовнішніх деталей заготовки лопатки можуть бути визначені як такі, що мають порівняно рівномірну товщину, що, зрозуміло, сприяє значному скороченню виробничих витрат, зокрема, на матеріали і механічну обробку.

З іншого боку, оскільки згідно з новим способом кожний вторинний елемент не призначається для утворення частини для пера відповідної зовнішньої деталі, а тільки і, принаймні, частково утворює частину для ніжки цієї ж деталі, очевидно, що виробничі витрати можуть бути також зведені до мінімуму, зокрема, завдяки невеликій радіальній довжині цих елементів.

Інакше кажучи, спосіб відповідно до винаходу передбачає виготовлення кожної зовнішньої деталі заготовки лопатки з множини елементів, один або декілька з котрих не простягаються по всій радіальній довжині цієї зовнішньої деталі, що дозволяє легко усунути недоліки, безпосередньо пов'язані зі значною зміною товщини зовнішніх деталей в їх радіальному напрямку.

Операцію з'єднання кожного вторинного елемента з первинним елементом здійснюють, переважно, у такі способи, як зварювання лінійним тертям і зварювання тертям зі струшуванням («friction stir welding»), які є порівняно простими в застосуванні, надійними, не коштовними і не погіршують металургійні характеристики виробу.

По завершенню стадії з'єднання двох зовнішніх деталей у спосіб дифузійного зварювання і одержання, таким чином, заготовки лопатки, здійснюють такі стадії:

- установлення заготовки в аеродинамічний профіль;

- заповнення газом під тиском і надпластичне формування заготовки, встановленої в аеродинамічний профіль.

Вторинні елементи, призначені для утворення, принаймні частково, відповідних нижніх частин вищезазначених двох зовнішніх деталей, можна виготовляти у спосіб протягування. Цей недорогий в застосуванні спосіб полягає в тому, що профіль вторинного елемента потрібної геометричної форми одержують перепусканням сировинної болванки через відповідну фільтр.

У першому кращому варіанті здійснення способу виготовлення відповідно до даного винаходу даний спосіб застосовують для кожної з двох зовнішніх деталей таким чином, що одержуваний у результаті первинний елемент утворює тільки частину для пера зовнішньої деталі, а одержуваний в результаті єдиний вторинний елемент цілком утворює частину для ніжки цієї заготовки.

У другому і третьому кращих варіантах здійснення способу виготовлення відповідно до винаходу даний спосіб застосовують для кожної з двох зовнішніх деталей таким чином, що одержаний у результаті первинний елемент утворює частину для пера зовнішньої деталі, а також центральну ділянку частини для ніжки цієї зовнішньої деталі, а одержаний у результаті, принаймні, один вторинний елемент утворює ділянку частини для ніжки зовнішньої деталі, коли він зібраний на первинному елементі.

Отже, для кожної з двох зовнішніх деталей заготовки лопатки можна передбачити виготовлення первинного елемента таким чином, щоб він утворював зовнішню поверхню, а виготовлення вторинних елементів - таким чином, щоб вони збиралися на цій самій зовнішній поверхні.

З іншими перевагами і відмітними ознаками даного винаходу можна ознайомитися із наведеного нижче докладного опису, поданого як ілюстративний приклад, що не несе з собою жодних обмежень.

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 - вигляд у перспективі зовнішньої деталі заготовки лопатки, одержаної на стадії виготовлення двох зовнішніх деталей, що є частиною способу виготовлення відповідно до даного винаходу.

Фіг.3а-3е - ілюстрація стадій першого кращого варіанта здійснення способу виготовлення відповідно до даного винаходу;

Фіг.4 і 5 - зовнішня деталь заготовки лопатки, одержаної на стадії виготовлення двох зовнішніх деталей, що є частиною способу виготовлення відповідно до даного винаходу у другому і третьому кращих варіантах його здійснення відповідно.

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

Порожниста лопатка 1 типу лопатки з великою хордою для ротора компресора 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 спинки 6 і поверхнею коритця 8, сполучені між собою передньою крайкою 10 і задньою крайкою 12.

На Фіг.2 показана зовнішня деталь 14 заготовки лопатки, отримувана на стадії виготовлення двох зовнішніх деталей 14 заготовки лопатки, що є частиною способу виготовлення відповідно до даного винаходу.

Зовнішня деталь 14 містить призначену для ніжки частину 16 великої товщини, що змінюється, продовжену в радіальному напрямку частиною 18 для пера лопатки. Як можна бачити на Фіг.2, призначена для ніжки лопатки частина 16 містить внутрішню радіальну ділянку 20 що має велику середню товщину Е і продовжується в радіальному напрямку, назовні, зовнішньою радіальною ділянкою 22, що має середню товщину е, меншу середньої товщини Е. Слід зазначити, що внутрішня радіальна ділянка 20 призначена у подальшому забезпечувати кріплення лопатки в диску ротора газотурбінного двигуна, зокрема, за допомогою частини 23а, що виступає і жорстко сполучається з центральною частиною 23b, виконаною в продовженні зовнішньої радіальної ділянки 22 частини 16 для ніжки лопатки.

Крім того, призначена для пера лопатки частина 18 зовнішньої частини 14 має внутрішній радіальний кінець 24 завтовшки е', що практично дорівнює середній товщині е, і зовнішній радіальний кінець 26 завтовшки е" менше за товщину е'. Водночас, призначена для пера лопатки частина 18 заготовки 14 має практично рівномірну товщину.

З іншого боку, слід зазначити, що внутрішній у радіальному напрямку кінець 24 утворює границю поділу між частиною 18 для пера лопатки і зовніш-

ньою радіальною ділянкою 22 призначеної для ніжки лопатки частини 16 зовнішньої деталі 14, показану на Фіг.2 умовною площиною Р контакту.

У першому кращому варіанті здійснення способу виготовлення відповідно до даного винаходу стадію виготовлення двох зовнішніх деталей 14 заготовки лопатки здійснюють відповідно до опису, викладеного з поясненнями на Фіг.3а-3с. У зв'язку з цим, слід зазначити, що оскільки обидві зовнішні деталі 14 звичайно виготовляють в однаковий спосіб, далі розглядається процес виготовлення тільки однієї із двох деталей 14.

Таким чином, щоб одержати зовнішню деталь 14 заготовки лопатки, спочатку виготовляють первинний елемент 28, що має внутрішню поверхню 28а і зовнішню поверхню 28b. У першому кращому варіанті здійснення даного винаходу первинний елемент 28 виготовляють таким чином, що він утворює тільки призначену для пера частину зовнішньої деталі 14. Отже, товщина первинного елемента 28 є практично рівномірною, і для його виготовлення застосовують спосіб кування, переважно прокатування, що є оптимальними з погляду вартості матеріалів і механічної обробки. Це пояснюється тим, що заготовка для його виготовлення може мати розміри, близькі до остаточних розмірів самого елемента 28.

Паралельно з виготовленням первинного елемента 28, що утворює тільки призначену для пера частину 18 зовнішньої деталі 14, виготовляють єдиний вторинний елемент 34, який у першому кращому варіанті здійснення повинен цілком утворювати призначену для ніжки частину 16 цієї ж деталі 14. Таким чином, слід уточнити, що і первинний елемент 28, і вторинний елемент 34 мають геометричні форми, практично ідентичні геометричним формам відповідних частин 18 для ніжки і 16 для пера показаної на Фіг.2 зовнішньої деталі 14.

Як показано на Фіг.3d, вторинний елемент 34 містить частину 36, що має велику товщину подібно внутрішній радіальній ділянці 20, показаній на Фіг.2, а також частину 38, що має меншу товщину подібно зовнішній радіальній ділянці 22, показаній на Фіг.2. Отже, елемент 34 можна легко виготовити у спосіб протягування або будь-який інший спосіб кування, серед яких кращим є спосіб протягування або екструзії, що не є дорогим і полягає в тому, що при його використанні вторинний елемент 34 необхідного профілю отримують із болванки, яку перепускають через відповідну матрицю. Таким чином, утворюваний протягуванням або екструзією суцільний довгомірний продукт потрібного профілю просто розрізають по довжині на окремі частини, що відповідають вторинним елементам 34.

Після одночасного виготовлення первинного елемента 28 і вторинного елемента 34, переважно з титанового сплаву, їх з'єднують між собою, одержуючи зовнішні 14 деталі практично необхідної геометричної форми, як показано на Фіг.3с.

Таке з'єднання може бути виконане шляхом зварювання. При цьому внутрішню в радіальному напрямку поверхню 40 первинного елемента 28 прикладають до зовнішньої в радіальному напрямку поверхні 42 вторинного 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 площиною Р контакту між частинами ніжки 16 і пера 18 зовнішньої деталі 14.

Операцію з'єднання вторинного елемента 34 із первинним елементом 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 готової зовнішньої деталі.

Зрозуміло, що за операцією зварювання може йти механічна обробка зони зварювання для надання їй більш точної геометричної форми з метою одержання зовнішньої деталі 14, внутрішня поверхня 14а і зовнішня поверхня 14b якої мають розраховану геометричну форму.

По закінченню описаної вище стадії виготовлення двох зовнішніх деталей 14, що відбувається одночасно і практично забезпечує їх ідентичність, виконують стадію з'єднання цих двох деталей 14 дифузійним зварюванням, одержуючи в результаті заготовку 30 лопатки, показану на Фіг.3d.

У цьому зв'язку слід зазначити, що заготовка 30 може бути виготовлена у відомий спосіб із двох ідентичних зовнішніх деталей 14 із внутрішніми сторонами 14а, що містять канавки, або з трьох деталей, із яких дві ідентичні зовнішні деталі 14 мають практично гладкі внутрішні поверхні 14а, що перебувають у контакті з третьою, проміжною, деталлю (не показана), яка у подальшому виконує роль елемента жорсткості.

Таким чином, у випадку, коли заготовка 30 складається тільки з двох ідентичних зовнішніх деталей 14, відразу ж після їх виготовлення в описаний вище спосіб їх з'єднують між собою за допомогою дифузійного зварювання аналогічно відомим із методів, застосовуваним для з'єднання різноманітних деталей, що утворюють заготовку. Для цього, як відомо, перед операцією дифузійного зварювання здійснюють операцію нанесення антидифузійних бар'єрів (не показані) за визначеним рисунком; при цьому бар'єри виконують на рівні стичних одна з одною внутрішніх поверхонь 14а зовнішніх деталей 14.

Крім того, у випадку, коли заготовка 30 містить три накладені одна на одну деталі, із яких одна є проміжною, стадію з'єднання дифузійним зварюванням виконують у спосіб, аналогічний відомим способам, вставляючи цю проміжну деталь між двома зовнішніми деталями 14 і закріплюючи ці деталі на проміжній деталі дифузійним зварюванням.

По закінченню описаної вище стадії виготовлення заготовки 30 лопатки здійснюють відомі стадії, в ході яких, насамперед, заготовку 30 встановлюють в аеродинамічний профіль для надання їй практично спіралеподібної форми, як показано на Фіг.3е. Після цього, внаслідок виконання відомих стадій наповнення заготовки газом під тиском та її надпластичного формування, одержують лопатку

1, показану на Фіг.1. Далі, звичайно, проводять фінішну механічну обробку для надання лопатці 1 необхідного аеродинамічного профілю.

На Фіг.4 показана зовнішня деталь 14, отримана в результаті виконання стадії виготовлення двох зовнішніх деталей 14 при застосуванні способу виготовлення відповідно до другого кращого варіанта здійснення даного винаходу.

У другому кращому варіанті здійснення тільки стадія виготовлення двох зовнішніх деталей 14 відрізняється від відповідної стадії у способі виготовлення відповідно до описаного вище першого кращого варіанта здійснення, а всі інші стадії є практично ідентичними.

Дійсно, первинний елемент 128 тут одержують аналогічно первинному елементу 28, за винятком того, що первинний елемент 128 призначений для утворення частини 18 для пера зовнішньої деталі 14, а також центральної ділянки частини 16 для ніжки цієї ж деталі 14. У зв'язку з цим, слід відзначити, що центральну ділянку частини 16 для ніжки, не позначену на Фіг.2, слід вважати як утворену практично всією зовнішньою радіальною ділянкою 22, а також центральною частиною 23b внутрішньої радіальної ділянки 20.

Таким чином, як очевидно з Фіг.4, первинний елемент 128 виконаний по всій радіальній довжині деталі 14, зберігаючи при цьому рівномірну товщину. Отже, і в даному випадку одержання деталей 128 у спосіб прокатування є найбільш підходящим і оптимальним з погляду на вартість матеріалу і механічної обробки в силу того, що заготовки, необхідні для виготовлення цих зовнішніх деталей 128, можуть мати розміри, близькі до остаточних розмірів деталей 128.

З іншого боку, у цьому варіанті здійснення даного винаходу єдиний вторинний елемент 134 виконують таким чином, що він утворює ділянку призначеної для ніжки частини 16 деталі 14, коли він з'єднаний з первинним елементом 128.

Як можна бачити на Фіг.4, у цьому варіанті здійснення вторинний елемент 134 виконують і з'єднують із зовнішньою поверхнею 128b первинного елемента 128; при цьому останній має форму паралелепіпеду і призначений для утворення частини 23a, що видається, внутрішньої радіальної ділянки 20 призначеної для ніжки частини 16, показаної на Фіг.2. Слід зазначити, що спрощена геометрична форма вторинного елемента 134 у порівнянні з геометричною формою вторинного елемента 34 дозволяє ще більше полегшити виготовлення цього елемента, переважно, за допомогою того ж, зазначеного вище методу протягування.

Після одночасного виготовлення, переважно, з титанового сплаву первинного елемента 128 і вторинного елемента 134 їх з'єднують, одержуючи геометричну форму, що практично відповідає зовнішній деталі 14, як показано на Фіг.4. Крім того,

операцію з'єднання вторинного елемента 134 з первинним елементом 128 виконують, як правило, у спосіб зварювання лінійним тертям або тертям зі струшуванням («friction stir welding»).

Виготовлені в описаний вище спосіб зовнішні деталі 14 з'єднують за допомогою відомого способу дифузійного зварювання, отримуючи в результаті цільову заготовку 30.

На Фіг.5 показана зовнішня деталь 14, отримана в результаті здійснення стадії виготовлення двох зовнішніх деталей 14 при застосуванні способу виготовлення відповідно до третього кращого варіанта здійснення даного винаходу.

У цьому кращому варіанті здійснення тільки стадія виготовлення двох зовнішніх деталей 14 трохи відрізняється від відповідної стадії, здійснюваної при застосуванні способу виготовлення відповідно до другого кращого варіанта здійснення даного винаходу. Усі ж інші стадії є практично ідентичними.

Дійсно, первинний елемент 128 виготовляють аналогічно другому кращому варіанту здійснення таким чином, що він утворює призначену для пера частину 18 деталі 14, а також центральну ділянку призначеної для ніжки частини 16 цієї ж зовнішньої деталі 14.

Таким чином, як показано на Фіг.5, первинний елемент 128 тут простягається також по всій радіальній довжині деталі 14, зберігаючи при цьому рівномірну товщину.

Проте, на відміну від другого кращого варіанта здійснення способу відповідно до даного винаходу, у якому на зовнішній поверхні 128b первинного елемента 128 передбачений тільки один вторинний елемент 134, третій кращий варіант здійснення передбачає виготовлення і з'єднання на зазначеній поверхні 128b двох вторинних елементів 234 також для одержання форми, практично ідентичної опуклій формі частини 23a внутрішньої радіальної ділянки 20 нижньої частини 16.

Таким чином, розрізання частини 23a, що видається, на два вторинних елементи 234 дозволяє полегшити операції зварювання лінійним тертям елементів 234 на первинному елементі 128 і не потребує складного промислового устаткування в порівнянні з другим кращим варіантом способу відповідно до даного винаходу.

У цьому зв'язку слід зазначити, що, як було описано, частину 23a, що видається, можна виконувати у вигляді двох вторинних елементів 234. Водночас вона може бути також виконана і з більшої кількості елементів, не виходячи при цьому за рамки даного винаходу.

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.

