



УКРАЇНА

(19) UA (11) 95597 (13) C2

(51) МПК (2011.01)

D03D 25/00

F01D 5/00

F01D 5/28 (2006.01)

F01D 5/28 (2006.01)

B29B 11/16 (2006.01)

B29B 11/16 (2006.01)

B29C 70/00

B29C 70/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПОЗИТНОЇ ЛОПАТКИ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА ТА ЛОПАТКА, ВИГОТОВЛЕНА ЗА ЦИМ СПОСОБОМ

1

(21) a200611096  
(22) 20.10.2006  
(24) 25.08.2011  
(31) 0510752  
(32) 21.10.2005  
(33) FR  
(46) 25.08.2011, Бюл.№ 16, 2011 р.  
(72) КУП ДОМІНІК, FR, ДАМБРЕН БРУНО, FR, ЛЕВЕК, СТЕФАН, FR, МАЙО ЖАН-НОЕЛЬ, FR  
(73) СНЕКМА, FR  
(56) US 5013216 A, 07.05.1991, US 5672417 A, 30.09.1997, FR 2861143 A1, 22.04.2005, EP 0743165 A2, 20.11.1996, FR 2740379 A1, 30.04.1997, SU 1827982 A1, 20.05.1995, SU 1694405 A1, 30.11.1991, US 6035531 A, 14.03.2000, WO 98/50211 A1, 12.11.1998  
(57) 1. Спосіб виготовлення композитної лопатки газотурбінного двигуна, який має наступні етапи:  
а) формують заготовку шляхом тривимірного ткання ниток (20), що включають нитки основи (20а) та нитки утку (20b), причому зазначена заготовка містить перо (12) і ніжку (14) лопатки,  
б) заготовку розрізають, не торкаючись ряду розмічальних ниток (22), розташованих уздовж контрольної сторони (16) заготовки, при цьому одержують вирізану заготовку (10а), яка може приймати форму й розміри складових частин лопатки;  
в) вирізану заготовку (10а) попередньо деформують, у результаті чого одержують попередньо деформовану заготовку (10b);  
г) здійснюють ущільнення й зміцнення попередньо деформованої заготовки (10b), для отримання зміцненої заготовки (10с);

2

д) готують прес-форму для формування під тиском, у яку поміщають вказану зміцнену заготовку (10с);  
є) у прес-форму впорскують зв'язуюче, що містить термоотверджуючу смолу, для просочення всієї зміцненої заготовки (10с) і збереження відносного розташування між нитками (20) заготовки;  
ж) вказану прес-форму нагрівають;  
з) видаляють із прес-форми сформовану композитну деталь, що має форму й розміри вказаної лопатки,  
який **відрізняється** тим, що на етапі а) нитки (20) містять розмічальні нитки (22), що ідентифікуються візуально й розташовані принаймні на поверхні заготовки.  
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що розмічальні нитки (22) різняться за своїми властивостями від інших ниток (20).  
3. Спосіб за будь-яким з пп. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що на етапі в) попереднє деформування здійснюють, помістивши вирізану заготовку (10а) у фасонну прес-форму (24).  
4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що фасонна прес-форма (24) надає вирізаній заготовці (10а) деформацію крутіння навколо осі, паралельної її головному напрямку.  
5. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що на етапі в) перед установкою вирізаної заготовки (10а) у фасонну прес-форму (24) здійснюють попереднє деформування, яке складається із зсуву в напрямку, паралельному головному подовжньому напрямку вирізаної заготовки (10а), утримуючи вирізану заготовку (10а) у її площині.  
6. Спосіб за п. 5, який **відрізняється** тим, що на етапі г) перед, зміцненням, у процесі зміцнення й після нього здійснюють наступні підетапи:

(13) C2

(11) 95597

(19) UA

г1) здійснюють додаткове ущільнення попередньо деформованої заготовки (10b) у місці розташування передньої кромки;

г2) на попередньо деформовану заготовку (10b) у місці розташування передньої кромки накладають металевий захисний елемент (30), що охороняє передню кромку, який містить два крила (30a, 30b), що покривають ділянку стінок коритця й спинки.

7. Спосіб за п. 6, який **відрізняється** тим, що на етапі г2) захисний елемент (30) укладають у монтажний пристрій (40), виконаний з можливістю розсовування крил (30a, 30b) захисного елемента (30), потім монтажний пристрій (40) установлюють на попередньо деформовану заготовку (10b) таким чином, щоб обидва крила захисного елемента закривали додатково ущільнену передню кромку попередньо деформованої заготовки, після чого крила відпускають.

8. Спосіб за будь-яким з пп. 6 або 7, який **відрізняється** тим, що перед етапом г2) на попередньо деформовану заготовку (10b) закріплюють захисну плівку (32) на ділянці зовнішньої поверхні стінки коритця, що містить передню кромку.

9. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що захисну плівку (32) виготовляють з поліуретану.

10. Спосіб за будь-яким з пп. 8 або 9, який **відрізняється** тим, що між захисною плівкою (32) і попередньо деформованою заготовкою (10b) вставляють проміжний елемент (34), що утворює стовщення на нитках (20) заготовки.

11. Спосіб за будь-яким з пп. 1-10, який **відрізняється** тим, що на етапі д) у вказану прес-форму для формування під тиском поміщають щонайменше одну колодку (24a) напроти поверхні зміцне-

ної заготовки (10c), призначеної для формування підшви ніжки лопатки.

12. Спосіб за п. 11, який **відрізняється** тим, що на етапах є) і ж) колодку (24a) притискають постійним тиском до поверхні (14a) зміцненої заготовки (10c), призначеної для формування підшви ніжки лопатки.

13. Лопатка газотурбінного двигуна, отримана способом за будь-яким з пп. 1-12, яка **відрізняється** тим, що має можливість бути використаною у вентиляторі.

14. Лопатка за п. 13, яка **відрізняється** тим, що вказана заготовка виготовлена з ниток (20a) основи і ниток (20b) утоку, при цьому напрямок ниток основи утворює подовжній напрямок заготовки, при цьому заготовка має щонайменше першу частину, виконану шляхом першого переплетення й утворюючу перо (12) лопатки, і другу частину, виконану шляхом другого переплетення й утворюючу ніжку (14) лопатки, причому перша й друга частини розділені перехідною зоною, у якій перше переплетення поступово змінюється й переходить у друге переплетення, зі зменшенням щонайменше товщини лопатки між другою частиною і першою частиною.

15. Лопатка за п. 14, яка **відрізняється** тим, що як нитки використано карбонові волокна, скловолокна, волокна з кремнезему, волокна з карбідом кремнію, волокна з глинозему, арамідні волокна й волокна з ароматичних поліамідів.

16. Лопатка за п. 15, яка **відрізняється** тим, що нитки основи й нитки утоку є карбованими волокнами, а розмічальні нитки є скловолокнами.

Даний винахід належить до способу виготовлення композитної лопатки газотурбінного двигуна, а також лопатки, виготовленої за цим способом.

Мова йде про композитну лопатку, що містить заготовку з ниток або волокон, витканих у трьох вимірах, і зв'язуюче, що забезпечує збереження відносного розташування ниток заготовки, при цьому заготовка утворена нитками основи і нитками утоку, при цьому напрямок ниток основи утворює подовжній напрямок заготовки.

Зокрема, даний винахід належить до лопатки вентилятора для газотурбінного двигуна, зокрема турбореактивного двигуна. Разом з тим у рамках даного винаходу передбачається також виготовлення лопатки для компресора низького тиску, робочі температури якого сумісні з термомеханічним опором такого типу лопатки.

Як відомо, лопатки вентиляторів з композитного матеріалу, зокрема з карбованих волокон, виготовляють шляхом формування стопки попередньо просочених односпрямованих складок, які поміщають у прес-форму, додаючи складкам різний напрямок, перед ущільненням і полімеризацією в автоклаві. Ця дуже складна технологія вимагає здійснення ручних операцій по укладанню складок у стопки.

Було також запропоноване готувати сухі заготовки з тканих волокон, які потім з'єднують шляхом зшивання, перш ніж здійснити їхнє просочення смолою, що впорскується в закриту прес-форму. Альтернативою цьому способу є виготовлення тільки однієї заготовки, яку потім з'єднують з однією або декількома суцільними вставками перед формуванням під тиском. Недоліком цих рішень (US 5672417 і US 5013216) є те, що вони вимагають з'єднання декількох деталей, при цьому в місцях з'єднання утворюються зони ослаблення, наприклад зони розшаровування, що призводить до зниження механічної міцності, зокрема, ударній міцності.

Для подолання цих недоліків у документі FR 2861143 запропоновано виготовляти заготовку з ниток або волокон, витканих у трьох вимірах, що дозволяє після можливого розрізування і формування під тиском одержувати з однієї цієї заготовки кінцеву деталь, що містить усі частини лопатки газотурбінного двигуна, не вдаючись до використання вставок або будь-якого іншого елемента, що приєднується.

Однак у цьому випадку, незалежно від способу виготовлення заготовки (багатошарова попередньо просочена заготовка або заготовка, виткана в трьох вимірах), після видалення з форми проміжної деталі, отриманої в результаті формування під

тиском, для одержання кінцевої деталі необхідно додатково здійснити визначене число операцій.

У числі вказаних операцій можна згадати точну механічну обробку, зокрема, для виконання контурів передньої кромки, задньої кромки або ніжки. Дійсно, ці зони повинні відповідати дуже точним конструкційним розмірам. Так, у випадку ніжки лопатки особлива увага приділяється опорним поверхням, а саме поверхням, що піддаються сильним напругам під час обертання в результаті контакту з боковою або пазом диска, у який установлюють ніжку. Зокрема, між цими стичними поверхнями з'являється контактний знос або "фрикційна корозія" у результаті періодичного тертя однієї деталі об іншу, оскільки сили тертя сприяють руйнуванню матеріалу від дії високих температур і інших утомних процесів.

У ході цих наступних операцій установлюють також різні захисні елементи для підвищення термомеханічної міцності композитної лопатки. Так, на передній кромці кріплять металевий захист, наприклад, у вигляді титанової деталі, що наклеюється по всій поверхні передньої кромки і на передній ділянці зовнішніх поверхонь стінок спинки і стінок коритця. Підсилюють також зовнішню сторону стінки коритця шляхом нанесення захисної плівки, що може бути виконана із синтетичного матеріалу (наприклад з поліуретану) і безпосередньо наклеєна на проміжну деталь.

Оскільки мова йде про виконання всіх цих операцій для кожної лопатки вентилятора і, у разі потреби, для всіх лопаток декількох ступенів компресора низького тиску, то істотно збільшується час виготовлення і збільшуються виробничі витрати.

Крім того, при виконанні механічної обробки полімеризованої заготовки може відбутися зниження механічної міцності вказаних зон, тому що при такій обробці обрізується частина ниток вихідної тканиної заготовки, зокрема ниток основи.

Задачею даного винаходу є створення способу, що дозволяє усунути вищевказані недоліки і, зокрема, зберегти в цілісності волокна після формування під тиском, зокрема, під час наступної механічної обробки, шляхом укладання захисних елементів під час етапу формування заготовки під тиском.

Технічним результатом даного винаходу є одержання на виході етапу формування під тиском деталі, що має форму, близьку до форми кінцевої деталі.

Для рішення поставленої задачі в способі відповідно до даного винаходу передбачені наступні етапи:

а) шляхом тривимірного ткання ниток виготовляють заготовку, при цьому вказана заготовка містить одночасні перо і ніжку лопатки, при цьому нитки містять розмічальні нитки, розташовані щонайменше на поверхні заготовки;

б) вказану заготовку розрізають, залишаючи недоторканим ряд розмічальних ниток, розташованих уздовж контрольної сторони заготовки, при цьому одержують вирізану заготовку, яка може приймати форму і розміри складових частин лопатки;

в) вирізану заготовку попередньо деформують, у результаті чого одержують попередньо деформовану заготовку;

г) здійснюють ущільнення і зміцнення вказаної попередньо деформованої заготовки;

д) готують прес-форму для формування під тиском, у яку поміщають вказану зміцнену заготовку;

е) прес-форму нагрівають;

ж) у прес-форму впорскують зв'язуюче, що містить термоотвердїлу смолу, для просочення всієї попередньо деформованої заготовки і для збереження відносного розташування між нитками заготовки; і

з) сформовану і полімеризовану композитну деталь видаляють із прес-форми, при цьому вона власне кажучи має форму і розміри вказаної лопатки.

Таким чином, за рахунок того, що ряд розмічальних ниток уздовж контрольної поверхні не розрізають, тобто, зокрема ниток основи, в основному розташованих у подовжньому напрямку заготовки і, отже, кінцевої деталі, підвищують зчеплення і, отже, механічні властивості цієї контрольної поверхні. Зокрема, ця контрольна поверхня може бути поверхнею зони заготовки, що повинна формувати передню кромку і/або стінку коритця і/або ніжки, або її частини.

Крім того, здійснюючи попереднє деформування вирізаної заготовки, можна переконаватися в правильному розташуванні і напрямку зон заготовки відносно одна одної, що полегшується за рахунок того, що в цей момент заготовка, отримана після етапів ткання і різання, є відносно гнучкою. Цю деформацію можна здійснювати в кілька етапів з урахуванням необхідності виготовлення різних частин лопатки й у залежності від їхнього шуканого положення і напрямку. Потім це положення попередньої деформації фіксують на етапі г) відносного зміцнення шляхом ущільнення за рахунок присутності замаслюючої речовини, якою покривають волокна для полегшення ткання, при цьому замаслююча речовина може бути доповнена фіксатором, наприклад розведеною епоксидною смолою.

Таким чином, переконуються, що під час формування під тиском за допомогою технології RTM «Resin Transfer Moulding» максимальна кількість розмічальних ниток зберігає правильне положення. Завдяки цьому, згодом зберігається максимальна кількість неторканих ниток, тому що в цій частині або не виконують ніякої механічної обробки, або обробку виконують строго паралельно цим розмічальним ниткам, тому не відбувається розрізування нитки, розташованої паралельно цієї розмічальної нитки, по всій її довжині.

У цілому, завдяки способу відповідно до даного винаходу, можна виготовляти лопатку, зокрема лопатку вентилятора, яка після етапу формування під тиском містить різні частини, що мають форми і розміри, близькі до форм і розмірів кінцевої деталі.

Інші переваги і відмітні ознаки даного винаходу будуть більш очевидні з нижченаведеного опису, наведеного як приклад виконання, з посиланнями на прикладені фігури креслень, у числі яких:

Фіг. 1 зображує загальний вид в ізометрії заготовки після вирізання.

Фіг. 2-6 зображують види в проекції інших етапів здійснення способу відповідно до даного винаходу.

Спосіб відповідно до даного винаходу здійснюють за допомогою заготовки, отриманої в результаті тривимірного ткання, наприклад, відповідно до патенту FR 2861143. Так, на першому етапі а) способу виготовляють тривимірну ткану заготовку, яка містить нитки основи і нитки утку. У цих двох групах ниток передбачають розмічальні нитки, що візуально відрізняються від інших і рівномірно розподілені щонайменше по поверхні заготовки.

Переважно вказана заготовка утворена нитками основи і нитками утку, при цьому напрямком ниток основи утворює подовжній напрямок заготовки, при цьому вказана заготовка містить щонайменше першу частину, виконану шляхом першого переплетення й утворюючи перо лопатки, і другу частину, виконану шляхом другого переплетення й утворюючи ніжку лопатки, при цьому перша частина і друга частина розділені перехідною зоною, у якій перше переплетення поступове міняється і переходить у друге переплетення, за рахунок чого одержують щонайменше зменшення товщини лопатки між другою частиною і першою частиною.

Нитки для ткання вибирають із групи, у яку входять карбонові нитки, скловолокна, волокна з кремнезему, волокна з карбиду кремнію, волокна з глинозему, арамідні волокна і волокна з ароматичних поліамідів.

Цю ткану заготовку, виконану у вигляді єдиної деталі, потім розрізають на етапі б) відповідно до даного винаходу. У тканій заготовці вирізають контур по тривимірному шаблону, виконаному таким чином, щоб після деформування заготовка відповідала формі кінцевої деталі. Операцію різання можна здійснювати водяним струменем і/або механічними засобами (ножиці, різак, пила і т.д.) і/або шляхом лазерного різання.

Одержують вирізану заготовку 10а, показану на фіг. 1. Вона містить частини, призначені для виконання пера 12 і ніжки 14 лопатки. Зокрема, нитки 20 основи й утку, використовувані для тривимірного ткання, є карбованими волокнами, а скловолокна або кевларові волокна утворюють розмічальні нитки 22, розташовані в основному на поверхні заготовки уздовж головного напрямку, паралельного ниткам основи, і уздовж поперечного напрямку, паралельного ниткам утку. Таким чином, розмічальні нитки 22 мають білий колір, що виділяється на тлі іншої частини заготовки чорного кольору, тому розмічальні нитки 22 дуже легко ідентифікувати. Крім того, ці розмічальні нитки можна відслідковувати за допомогою класичних технологій не руйнуючого контролю (типу томографії рентгенівськими променями або ультразвуком), що дозволяють перевіряти відповідність кінцевої деталі.

Зокрема, ці розмічальні нитки 22 присутні в даному випадку на поверхні з двох сторін (частина коритця 17 і частина спинки 18) лопатки в заздалегідь визначених місцях і служать контрольною міт-

кою для позиціонування з метою вирізання і для інших етапів обробки заготовки, що будуть описані нижче.

Відповідно до винаходу під час цього етапу вирізання зберігають ряд розмічальних ниток, що знаходяться на поверхні заготовки щонайменше на одній контрольній стороні 16, яка у даному випадку є стороною, призначеною для виконання передньої кромки.

Після цього відповідно до даного винаходу здійснюють етап в), під час якого виконують попереднє деформування вирізаної заготовки 10а.

Зокрема, під час етапу в) згадане деформування здійснюють, помістивши вирізану заготовку 10а у фасонну прес-форму 24, що містить кілька частин, що обмежують між собою порожнину для установки вирізаної заготовки 10а й утримуючу мітку для правильного позиціонування щонайменше деяких з розмічальних ниток 22.

Можна використовувати різні системи розмітки і позиціонування вирізаної заготовки 10а, зокрема, лазерний випромінювач 27, що направляє світловий пучок в оптимальне місце розмічальної нитки 22 таким чином, щоб згодом можна було легко перемістити відповідну розмічальну нитку 22 для одержання заздалегідь визначеної позиції.

Альтернативно або додатково на заготовці можна розташовувати трафарети, що повторюють контур і/або положення усіх або частини розмічальних ниток 22, для контролю над правильним позиціонуванням.

Як варіант можна передбачити, щоб установка вирізаної заготовки 10а у фасонну прес-форму 24 була достатньою для здійснення комплексу деформацій, необхідних для одержання необхідної кінцевої форми. Однак переважно цей етап в) здійснюють у декілька підетапів.

Зокрема, під час етапу в) перед установкою вирізаної заготовки 10а у фасонну прес-форму 24 здійснюють попереднє деформування, яке складається із зсуву в напрямку, паралельному головному подовжньому напрямку вирізаної заготовки, утримуючи вирізану заготовку 10а в її площині.

Після цього руху зсуву вирізану заготовку 10а поміщають у фасонну прес-форму 24, яка надає вирізаній заготовці нову конфігурацію, деформуючи її ще більше і, крім того, закручуючи її (стрілка 25а) навколо осі XX', паралельної головному напрямку.

Можна також передбачити, щоб фасонна прес-форма 24 містила рухливу частину 24а, виконану знімною і призначену для установки напроти вільного кінця ніжки 14 заготовки, щоб впливати напруженням (стрілка 25b), що забезпечує необхідну деформацію цієї ділянки 14 заготовки або перешкоджаючою деяким видам деформації в цій частині під час деформування інших ділянок заготовки 10а.

Слід зазначити, що для додання форми вирізаній заготовці 10а можна передбачити багато можливостей, завдяки використанню розмічальних ниток 22, як контрольних елементів для позиціонування заготовки 10а у фасонній прес-формі 24.

Стратегія розміщення вирізаної заготовки 10а у фасонній прес-формі 24 зв'язана також із профі-

лем розрізування або вирізання, виконаним раніше в залежності від вибраної(их) контрольної(их) поверхні(онь), зокрема ніжки, головки, передньої кромки 16, задньої кромки або будь-якої іншої попередньо визначеної зони.

У цьому випадку, розбиваючи деформування вирізаної заготовки 10a на декілька підетапів, тобто, розділяючи його, як у вказаному вище прикладі, на зсув і закручування, можна легко контролювати точне позиціонування всіх ділянок цієї заготовки, особливо коли вона має великий розмір.

Як показано на фіг. 3, ніжка 14 попередньо деформованої заготовки 10b має вільну нижню кінцеву сторону 14a, яка не плоска в результаті раніше виконаної деформації зсуву і крутіння, а бічні сторони 14b, контур яких проглядається завдяки присутності розмічальних ниток 22, і які не мають прямолінійного напрямку (показаного пунктирною лінією), а дотримуються криволінійного контуру, отриманого в результаті зсуву (стрілки 25c) і крутіння (стрілка 25a), здійснених під час цього етапу в) попереднього деформування.

Після цього на етапі г) здійснюють ущільнення, яке сприяє зміцненню попередньо деформованої заготовки 10b. Використовувана для цього ущільнювальна прес-форма 28, частково показана на фіг.4, може бути виконана шляхом додаткової комплектації фасонної прес-форми 24 необхідними пристосуваннями. Дійсно, прес-форму 20 необхідно нагрівати до температури порядку 100 °C з частковим створенням розрідження шляхом відкачки розчинника, що випаровується.

Під час цього етапу такому зміцненню сприяють замаслюючі речовини, що вкривають нитки і, які використовуються для полегшення ткани. По суті справи це зміцнення приводить до достатньої фіксації форми, що надається вирізаній заготовці 10a, щоб її можна було легко помістити в прес-форму для формування під тиском без істотної зміни форми.

У разі потреби, у форму можна додавати фіксатор, наприклад розведену смолу, зокрема, епоксидну смолу, що разом з замаслюючими речовинами під дією тепла і тиску, створюваних на етапі г) ущільнення, сприяє склеюванню між собою тканих карбонових ниток, щоб попередньо деформована заготовка 10b не могла піддатися будь-якій подальшій деформації, зокрема, на етапі формування під тиском.

Ущільнювальна прес-форма 28 містить гніздо, розміри й об'єм якого дозволяють ущільнювати ткану заготовку до питомої щільності порядку 55-58%, по суті відповідає питомій щільності кінцевої деталі. У представленому прикладі виконання класичну ущільнювальну прес-форму 28 модифікують у місці, призначеному для розміщення контрольної сторони 16 заготовки, яка надалі повинна утворити передню кромку.

У цьому місці розміри ущільнювальної прес-форми 28 змінюють таким чином, щоб здійснити додаткове ущільнення з досягненням питомої щільності волокон порядку 65 %. В альтернативному варіанті це додаткове ущільнення можна здійснити після ущільнення і зміцнення в незміне-

ній прес-формі 28 шляхом використання спеціального інструмента, призначеного для додаткового ущільнення тільки в зоні попередньо деформованої заготовки 10b, призначеної для утворення передньої кромки.

У прикладі виконання, показаному на фіг. 5, перед етапом формування під тиском і після вказаного етапу додаткового ущільнення на ущільнену заготовку 10c укладають різні захисні елементи.

Для цього спочатку на додатково ущільненій контрольній стороні 16 закріплюють (за допомогою клею) металевий захисний елемент 30 передньої кромки, наприклад, з титану.

Цей захисний елемент 30 має вигляд подовжньої півгільзи, що накладається на додатково ущільнену зону заготовки 10c і має велику товщину у зоні, що утворює загострення передньої кромки 16 по обидві сторони від ділянок, що утворюють крила 30a, 30b.

З усього вищесказаного випливає, що на етапі г) перед, під час і після зміцнення здійснюють наступні підетапи:

г1) здійснюють додаткове ущільнення попередньо деформованої заготовки 10b у місці розташування передньої кромки;

г2) на попередньо деформовану заготовку 10b на місці передньої кромки накладають металевий захисний елемент 30, що охороняє передню кромку, який має два крила, що покривають стінки коритця і спинки.

Зокрема, для полегшення установки захисного елемента 30, на етапі г2) вказаний захисний елемент 30 укладають у монтажний пристрій 40, виконаний з можливістю розсовування згаданих крил 30a, 30b (стрілки 31) згаданого захисного елемента 30, потім вказаний монтажний пристрій 40 установлюють на попередньо деформовану заготовку 10c таким чином, щоб обидва крила 30a, 30b згаданого захисного елемента 30 закривали додатково ущільнену передню кромку попередньо деформованої заготовки 10b, після чого вказані крила 30a, 30b відпускають.

Необхідно відзначити, що на відповідну поверхню додатково ущільненої передньої кромки 16 попередньо деформованої заготовки 10b попередньо наносять клей.

Це монтажний пристрій 40, виконаний у вигляді форми, що утворює розсувний пристрій, який розводить крила захисного елемента, щоб полегшити введення заготовки 10c усередину гнізда, обмеженого подовжнім захисним елементом 30.

Для цього в монтажному пристрої 40 частково створюють вакуум за допомогою системи 33 часткового розрідження таким чином, щоб, при установці металевих захисних елементів 30 усередині гнізда цього монтажного пристрою 40, розрідження дозволяло розвести крила 30a, 30b захисного елемента (див. стрілки 31), що дозволяє легко розмістити заготовку, а точніше ділянку 16 цієї заготовки, призначену для виконання передньої кромки, усередині захисного елемента 30 між крилами 30a, 30b (див. фіг. 6).

Крім того, відповідно до прикладу виконання, перед етапом г2) на попередньо деформованій

заготовці закріплюють захисну плівку 32 на ділянці зовнішньої поверхні стінки коритця, що містить передню кромку. Цю захисну плівку 32, наприклад, виконану з поліуретану, переважно наклеюють, і вона повинна виконувати функцію захисту проти ерозії стінки коритця, на яку діє повітряний потік, що надходить усередину вентилятора.

Така захисна плівка 32 переважно дозволяє також поліпшити поверхневі механічні властивості стінки коритця 17, яка є частиною лопатки, найбільш підданий впливу з боку вхідного повітряного потоку.

У цьому випадку під захисною плівкою 32 можна використовувати клей, наприклад, типу поліуретану, що має низьку в'язкість й опір температурам під час формування під тиском і випалу (відповідно порядку 160 °C і 180 °C).

Як показано на фіг. 5, у даному прикладі виконання між захисною плівкою 32 і попередньо деформованою заготовкою 10b вставляють проміжний елемент 34, що утворює під захисною плівкою 32 стовщення на нитках 20 заготовки, які знаходяться на поверхні заготовки.

Дійсно, за допомогою цього проміжного елемента 34 уникають або щонайменше зводять до мінімуму можливість деформування захисної плівки в залежності від стану поверхні заготовки, яке залежить від положення і діаметра тканих ниток 20.

Для цього як проміжний елемент, що поміщається між тканими нитками 20 і захисною плівкою 32, можна використовувати м'який проміжний елемент 34,

наприклад, попередньо просочена суха тканина або нетканий матеріал, переважно виконаний з карбонових волокон, або більш тверду оболонку, виконану тільки з смоли або із суміші смоли і волокон.

У результаті перерахованих вище етапів одержують тверду заготовку (на кресленнях не показана), що має остаточну конфігурацію, що містить різні види захисту, а саме металевий захисний елемент 30 передньої кромки і захисну плівку 32 стінки коритця 17, під якою розташовують проміжний елемент 34.

Під час етапу д) підготовки прес-форми для формування під тиском у вказану прес-форму поміщають щонайменше одну колодку (не показана) напроти поверхні зміцненої заготовки, призначеної для формування підшви ніжки лопатки.

У цьому випадку на етапах е) і ж), під час яких відбувається формування під тиском, вказану колодку притискають постійним тиском до поверхні зміцненої заготовки, призначеної для формування підшви ніжки лопатки, зокрема, до поверхні 14a,

що утворює вільну кінцеву поверхню ніжки (див. фіг. 3). Наприклад, як показано на фіг. 2, використовують колодку, утворену деталлю, аналогічної рухливій частині 24a фасонної прес-форми 24 і виконаної з можливістю переміщення ковзанням у напрямку, паралельному головному подовжньому напрямку лопатки.

Таким чином, на цю колодку можна діяти відповідним ущільнювальним тиском щоб забезпечити добре формування опорних поверхонь ніжки 14.

Очевидно, що використання цієї колодки під тиском замінює технологію, яка застосовувалася дотепер і складається в розміщенні восьми-п'ятнадцяти заздалегідь просочених аркушів під ніжкою під час формування і яка вимагає коректування розмірів шляхом механічної обробки і, насамперед, використання вставки, яка не зчіплюється своїми волокнами/нитками щонайменше з іншою частиною заготовки, що може привести до відшаровування й утворення зон механічного ослаблення під час роботи.

Останній етап являє собою класичний етап формування під тиском з упорскуванням смоли усередину прес-форми для формування під тиском, яка у цьому окремому випадку містить попередньо деформовану заготовку 10c, що містить захисні елементи.

У даному випадку необхідно мати на увазі, що на етапі е), під час якого прес-форму нагрівають, зона 16, додатково ущільнена і зміцнена під час етапів г) і г1), а саме додатково ущільнена передня кромка попередньо деформованої заготовки 10c, розм'якшується. Дійсно, відбувається усадка, тобто ослаблення тканиї структури, яка займає, таким чином, об'єм, що додається їй прес-формою, що забезпечує тісний контакт між передньою кромкою, клеєм і захисними елементами, зокрема, між передньою кромкою і гніздом захисного елемента 30.

Можна передбачити, щоб прес-форма для формування під тиском містила інші колодки, зокрема колодки, які встановлюють по краю гнізда, у яке вставляють заготовку, і які видаляють у першу чергу після формування під тиском під час охолодження, щоб уникнути появи напруг і ослаблення лопатки, зокрема, у деяких зонах через різницю коефіцієнтів теплового розширення матеріалів прес-форми, яку часто виготовляють з металу, і смоли, що впорскується.

Таким чином, зрозуміло, що спосіб відповідно до даного винаходу дозволяє одержати на виході прес-форми для формування під тиском лопатку, що вже містить різні типи захисту передньої кромки і стінки коритця, при цьому опорні поверхні її ніжки мають остаточні розміри кінцевої деталі.

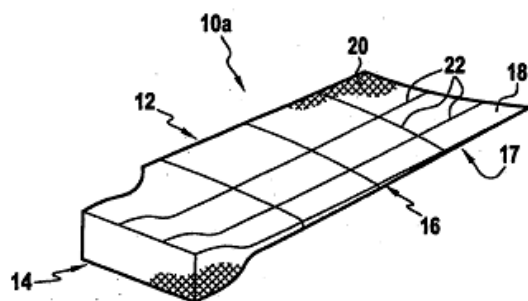


Fig. 1

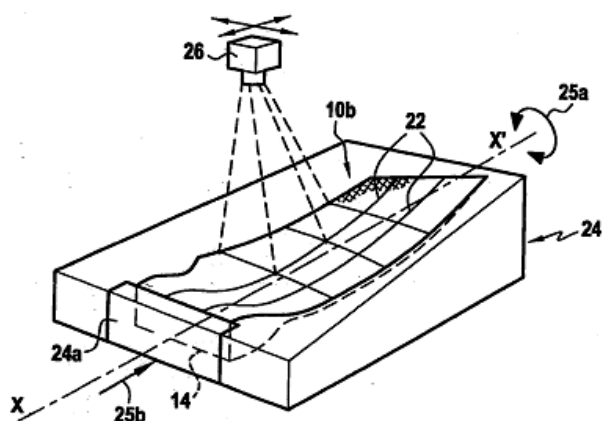


Fig. 2

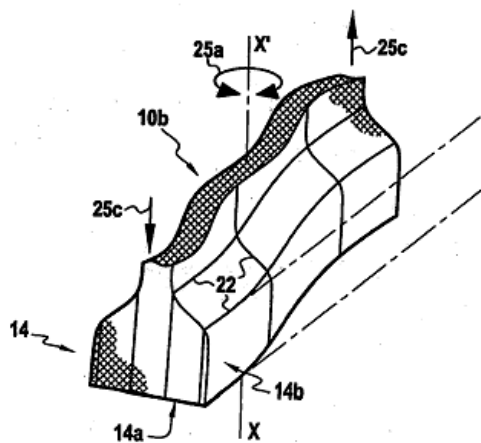


Fig. 3

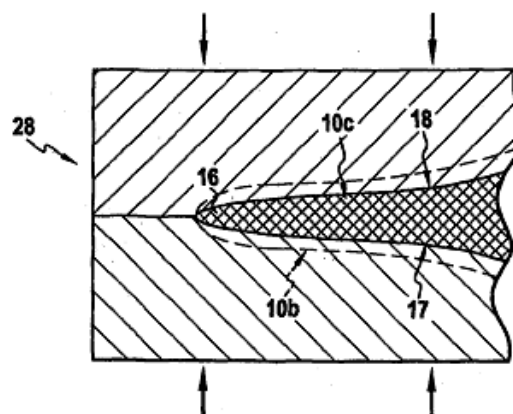


Fig. 4

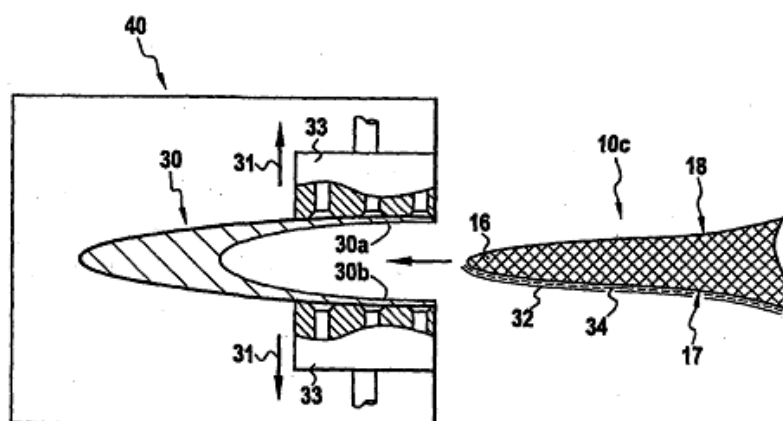


Fig. 5

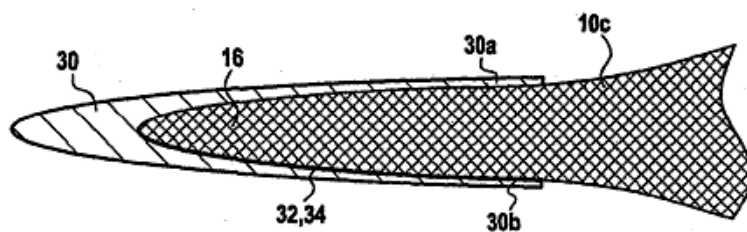


Fig. 6