



(19) **UA** (11) **81 896** (13) **C2**
(51)МПК

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
УКРАИНЫ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ УКРАИНЫ

(21), (22) Заявка: 2002086997, 27.08.2002

(24) Дата начала действия патента: 25.02.2008

(30) Приоритет: 28.08.2001 FR 0111189

(46) Дата публикации: 25.10.2008_{F01D} 5/18
20070101CFI20070115RNUA

(72) Изобретатель:

Патрик Эно, FR,
Филип Пико, FR

(73) Патентовладелец:

СНЕКМА МОТЕРС, FR

(54) ЛОПАТКА ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ С КОНТУРАМИ ОХЛАЖДЕНИЯ

(57) Реферат:

Лопатка газовой турбины для авиационного двигателя оборудована по крайней мере первым центральным охлаждающим контуром в центральной части пера, которое содержит по крайней мере первую и вторую полости, вытянутые в радиальном направлении вдоль вогнутой поверхности пера лопатки, по крайней мере одну полость, вытянутую вдоль выпуклой поверхности пера лопатки, впускное отверстие для воздуха на радиальном конце первой полости на вогнутой стороне пера для подачи охлаждающего воздуха в первый охлаждающий контур, первый канал, который соединяет второй радиальный конец первой полости с соседним радиальным

концом полости на выпуклой стороне пера, второй канал, который соединяет второй радиальный конец полости на выпуклой стороне пера с соседним радиальным концом второй полости на вогнутой стороне пера, и выпускные отверстия, которые соединены с названной второй полостью и выходят на вогнутую поверхность пера.

Официальный бюлетень "Промышленная собственность". Книга 1 "Изобретения, полезные модели, топографии интегральных микросхем", 2008, N 4, 25.10.2008. Государственный департамент интеллектуальной собственности Министерства образования и науки Украины.



(19) **UA** (11) **81 896** (13) **C2**
(51) Int. Cl.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF
UKRAINE

STATE DEPARTMENT OF INTELLECTUAL
PROPERTY

(12) **DESCRIPTION OF PATENT OF UKRAINE FOR INVENTION**

(21), (22) Application: 2002086997, 27.08.2002

(24) Effective date for property rights: 25.02.2008

(30) Priority: 28.08.2001 FR 0111189

(46) Publication date: 25.10.2008_{F01D} 5/18
20070101CFI20070115RHUA

(72) Inventor:

Patrice Eneau, FR,
Philippe Picot, FR

(73) Proprietor:

SNECMA MOTEURS, FR

(54) **GAS TURBINE BLADE WITH COOLING CIRCUITS**

(57) Abstract:

A gas turbine blade for an airplane engine, comprising in its central portion at least a first central cooling circuit comprising at least first and second cavities extending radially on the concave side of the blade, at least one cavity extending on the convex side of the blade, an air admission opening at a radial end of the first concave side cavity for feeding the first central cooling circuit with cooling air, a first passage putting the other radial end of the first concave side cavity into communication with an adjacent radial end of the convex side cavity, a

second passage putting the other radial end of the convex side cavity into communication with an adjacent radial end of the second concave side cavity, and outlet orifices opening out into the second concave side cavity and through the concave face of the blade.

Official bulletin "Industrial property". Book 1 "Inventions, utility models, topographies of integrated circuits", 2008, N 4, 25.10.2008. State Department of Intellectual Property of the Ministry of Education and Science of Ukraine.



(19) **UA** (11) **81 896** (13) **C2**
(51)МПК

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

(12) ОПИС ВИНАХОДУ ДО ПАТЕНТУ УКРАЇНИ

(21), (22) Дані стосовно заявки:
2002086997, 27.08.2002

(24) Дата набуття чинності: 25.02.2008

(30) Дані стосовно пріоритету відповідно до Паризької
конвенції : 28.08.2001 FR 0111189

(46) Публікація відомостей про видачу патенту
(деклараційного патенту): 25.10.2008_{F01D} 5/18
20070101CFI20070115RHUA

(72) Винахідник(и):
Патрік Ено, FR,
Філіп Піко, FR

(73) Власник(и):
СНЕКМА МОТЕРС, FR

(54) ЛОПАТКА ГАЗОВОЇ ТУРБІНИ З КОНТУРАМИ ОХОЛОДЖЕННЯ

(57) Реферат:

Лопатка газової турбіни для авіаційного двигуна обладнана принаймні першим центральним охолодним контуром в центральній частині пера, яке містить принаймні першу та другу порожнини, витягнуті в радіальному напрямку уздовж угнутої поверхні пера лопатки, принаймні одну порожнину, витягнуту уздовж опуклої поверхні пера лопатки, впускний отвір для повітря на радіальному кінці першої порожнини на

угнутому боці пера для подачі охолодного повітря в перший охолодний контур, перший канал, що з'єднує другий радіальний кінець першої порожнини з суміжним радіальним кінцем порожнини на опуклому боці пера, другий канал, що з'єднує другий радіальний кінець порожнини на опуклому боці пера з суміжним радіальним кінцем другої порожнини на угнутому боці пера, і випускні отвори, що сполучені з указаною другою порожниною і виходять на угнуту поверхню пера.

Опис винаходу

Даний винахід належить до удосконалення лопаток газової турбіни для авіаційного двигуна. Більш конкретно, винахід стосується контуру охолодження таких лопаток.

Відомо, що лопатки газової турбіни авіаційного двигуна, що обертаються, особливо лопатки турбіни високого тиску, піддаються під час роботи турбіни дії дуже великих температур газів згорання. Ці температури досягають значень, які суттєво перевищують температури, що здатні витримувати без пошкоджень різні деталі, що входять в контакт з цими газами. Ця обставина обмежує строк роботи подібних деталей.

З іншого боку, відомо, що підвищення температури газів в турбіні високого тиску підвищує ефективність двигуна і, отже, відношення тяги двигуна до ваги літака, який приводять до руху цим двигуном. У зв'язку з цим роблять спроби створити турбінні лопатки, які здатні витримувати все більш високі температури.

Відомий підхід до рішення цієї проблеми шляхом обладнання лопаток контурами охолодження, призначеними для зниження температури лопаток. При використанні таких контурів охолодне повітря, як правило, подають усередину пера лопатки через її кореневу частину (хвостовик), повітря проходить через лопатки за траєкторією, яку визначають порожнини сформовані усередині пера, і виходить через випускні (перфораційні) отвори в поверхні пера.

Але в багатьох випадках виявляється, що теплообмін, який спричиняє потік охолодного повітря, не є однорідним та, як наслідок, призводить до виникнення температурних градієнтів, які скорочують строк роботи лопатки.

Крім цього, випуск охолодного повітря через випускні отвори на опуклому боці пера лопатки пов'язаний з деякими труднощами. Швидкості повітряних потоків біля опуклого боку пера високі, і втрати, обумовлені змішуванням охолодного повітря з повітрям, яке створює зовнішній потік, є значними і, як наслідок, знижують ефективність газової турбіни.

Даний винахід спрямований на подолання указаних недоліків шляхом удосконалення лопаток газових турбін, точніше, їх контурів охолодження таким чином, щоб одержати по суті постійне температурне поле в охолоджуваних зонах лопатки за відмови від випуску повітря через опуклу поверхню пера.

В рамках вирішення указаної задачі винахід передбачає створення покращеної лопатки газової турбіни для авіаційного двигуна. Згідно з винаходом, лопатка характеризується тим, що вона обладнана принаймні першим центральним охолодним контуром в центральній частині пера, який містить принаймні першу та другу порожнини, витягнуті у радіальному напрямку уздовж угнутої поверхні (ночов) пера лопатки, принаймні одну порожнину, витягнуту уздовж опуклої поверхні (спинки) пера лопатки, впускний отвір для повітря на радіальному кінці першої порожнини на угнутому боці пера для подачі охолодного повітря в перший охолодний контур, перший канал, що з'єднує другий радіальний кінець першої порожнини з суміжним радіальним кінцем порожнини на опуклому боці пера, другий канал, що з'єднує другий радіальний кінець порожнини на опуклому боці пера з суміжним радіальним кінцем другої порожнини на угнутому боці пера, та випускні отвори, що сполучені з указаною другою порожниною і виходять на угнуту поверхню пера.

Для забезпечення охолодження центральної частини пера лопатки в ній може бути розміщено декілька контурів описаного типу. Наявність ідентичних контурів, що функціонують подібним чином, призводить до однорідного розподілу температури.

Порожнина, витягнута уздовж опуклої поверхні пера лопатки, в найкращому варіанті має високе характеристичне відношення для збільшення теплопереносу поблизу указаної опуклої поверхні. Більш конкретно, найбільший розмір цієї порожнини в поперечному перерізі принаймні втричі перевищує її інший розмір. Теплоперенос додатково підсилюється завдяки наявності дефлекторів, що дозволяє відмовитися від випуску повітря через опуклу поверхню.

Далі, що важливо для лопатки, що обертається, живлення охолодного контуру здійснюється із кореневої частини лопатки, тобто циркуляція повітря в порожнинах на угнутому боці пера відбувається від кореневої частини до зовнішнього краю пера. Під дією сили Коріоліса повітря намагається притиснутися до тих стінок порожнин, які прилягають до зовнішньої угнутої стінки пера лопатки. Цим забезпечується більш інтенсивний теплоперенос від найбільш гарячої стінки пера. В порожнині на опуклому боці пера повітря тече від зовнішнього краю пера до кореневої частини лопатки. В цьому випадку вплив сили Коріоліса також призводить до підсилення теплопереносу.

Далі, щоб уможливити виготовлення лопатки за допомогою лиття, стержні, що формують порожнини на угнутому та опуклому боках пера, виконуються з'єднаними поблизу їх кінців з'єднувальними частинами для формування з'єднувальних каналів між порожнинами. Завдяки цьому досягається добре керування положенням стержня на угнутому боці пера відносно стержня на його опуклому боці і, отже, забезпечується необхідна товщина стінок при литті.

Перелік фігур креслень

Інші особливості та переваги даного винаходу будуть зрозумілі з наступного докладного опису з посиланнями на креслення, що додаються, на яких поданий один з можливих варіантів здійснення винаходу.

На фіг.1 в перерізі поданий варіант виконання лопатки газової турбіни, обладнаної різними охолодними контурами згідно з винаходом.

На фіг.2 та ж лопатка подана в перерізі за лінією II — II на фіг.1.

На фіг.3А та 3В та ж лопатка подана в розрізах, відповідно, за лініями ПІА - ПІА та ПІВ - ПІВ на фіг.1.

Фіг.4 ілюструє циркуляцію охолодного повітря, що протікає через різні охолодні контури, передбачені в

лопатці за фіг.1.

Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу

Як показано на фіг.1, лопатка газової турбіни для авіаційного двигуна, виконана відповідно до винаходу, в центральній частині свого пера містить, принаймні, перший центральний охолодний контур А.

Але найкраще, якщо центральна частина пера лопатки 1 містить два центральних охолодних контури А і А', розміщених по суті симетрично відносно поперечної площини Р для забезпечення формування в межах охолоджуваних зон пера по суті однорідного температурного поля, тобто поля без будь-яких різких температурних градієнтів. Ця якість сприяє збільшенню строку роботи лопатки.

Кожний з центральних охолодних контурів А і А' має в своєму складі першу та другу порожнини (2, 2' та 4, 4', відповідно), витягнуті у радіальному напрямку поблизу угнутої поверхні 1а пера лопатки 1, та, принаймні, одну порожнину 6, 6', розміщену уздовж опуклої поверхні 1b пера.

Як більш наочно показано на фіг.2, впускний отвір 8, 8' для повітря, яке забезпечує доступ повітря до кожного охолодного контуру А, А', передбачене на радіальному кінці першої порожнини (найкраще поблизу кореневої частини лопатки).

Як можна бачити на фіг.3А і 3В, перший канал 10 з'єднує другий радіальний кінець (біля зовнішнього краю пера) першої порожнини 2 охолодного контуру А на угнутому боці пера з суміжним радіальним кінцем порожнини 6 на опуклому боці пера. Поблизу кореневої частини лопатки передбачений також другий канал 12 для того, щоб з'єднати другий радіальний кінець порожнини 6 на опуклому боці пера з суміжним з суміжним радіальним кінцем другої порожнини 4 на угнутому боці пера. Аналогічне з'єднання має місце також між порожнинами 2, 6' та 4' центрального контуру А'.

Далі, кожен центральний охолодний контур А, А' має вихідні (перфораційні) отвори 14, 14' для випуску охолодного повітря, що з'єднують другу порожнину 4, 4' на угнутому боці пера і угнуту поверхню 1а пера лопатки.

Таким чином, охолодне повітря, що подається до центрального охолодного контуру А або до кожного з центральних охолодних контурів А, А', проходить уздовж порожнин 2, 2', 4, 4' в радіальному напрямку, протилежному радіальному напрямку, в якому він проходить уздовж порожнин 6, 6' на опуклому боці пера.

Найкраще, якщо порожнини 6, 6' на опуклому боці пера, які входять до центральних охолодних контурів А, А', мають високе характеристичне відношення для збільшення внутрішнього теплообміну. Охолодна порожнина розглядається як така, що має високе характеристичне відношення, якщо у своєму поперечному перерізі її найбільший розмір (довжина) принаймні утричі перебільшує її другий розмір (ширину).

Крім того, порожнини 6, 6' на опуклому боці пера в найкращому разі обладнані дефлекторами 34, розміщеними на їх зовнішній стінці, суміжній з опуклою поверхнею пера. Аналогічно, перша та друга порожнини 2, 4, 4' на угнутому боці пера центральних охолодних контурів А, А' обладнані дефлекторами, що розміщені на їх зовнішніх стінках, суміжних з угнутим боком пера.

Дефлектори 34 і 36 виконані як рельєфні ділянки на стінках порожнин, розміщених на траєкторії потоку охолодного повітря. Таким чином, вони призначені для внесення збурень у повітряний потік, що протікає через указані порожнини, тобто підсилюють теплообмін, реалізуючі при цьому перевагу оптимізації втрат напору.

Далі, як показано на фіг.1, лопатка 1 має принаймні один додатковий другий охолодний контур В, який виконаний незалежним від центральних охолодних контурів А, А'.

Цей другий охолодний контур В містить принаймні одну порожнину, але найкраще групу, наприклад, із трьох порожнин 16, 16', 16'', розміщених у задній частині пера лопатки 1, розміщений біля кореневої частини лопатки впускний отвір 18 для повітря, через який живиться другий охолодний контур, і випускні отвори 20, які виходять на угнуту поверхню 1а пера. Повітря надходить в порожнину 16, причому з'єднувальні канали зв'язують порожнини 16 та 16' поблизу зовнішньої крайки пера, а порожнини 16' та 16'' - поблизу кореневої частини лопатки. Випускні отвори 20 зв'язані з порожниною 16''.

Таким чином, другий охолодний контур В призначений для охолодження задньої частини пера лопатки 1. У найкращому варіанті, з метою підсилення теплопереносу уздовж угнутих і опуклих стінок порожнин 16, 16' та 16'' ці порожнини обладнані дефлекторами 38, розміщеними на внутрішніх стінках указаних порожнин напроти один одного.

Додаткові третій та четвертий охолодні контури С та D, виконані незалежно від перших та другого охолодних контурів, призначені для охолодження вхідної крайки 1с пера лопатки 1 і його вихідної крайки 1d відповідно.

Третій охолодний контур С створений принаймні однією порожниною 22, розміщеною біля вхідної крайки 1с пера, і впускним отвором 24 для повітря на одному з радіальних кінців порожнини 22 біля вхідної крайки пера поблизу кореневої частини лопатки. Через цей впускний отвір живиться повітрям третій охолодний контур. Випускні отвори 26 з'єднані з указаною порожниною 22 і виходять на вхідну крайку 1с пера. Ці отвори дають можливість сформувати плівку охолодного повітря на зовнішній стінці вхідної крайки.

Порожнина 22 поблизу вхідної крайки в найкращому варіанті обладнана дефлекторами 40, розміщеними на її стінці, прилеглий до вхідної крайки, з метою підсилення теплопереносу уздовж цієї стінки.

Четвертий охолодний контур D створений принаймні однією порожниною 28, розміщеною біля вхідної крайки 1d пера лопатки 1, і впускним отвором 30 для повітря на одному з радіальних кінців порожнини 28 біля вихідної крайки пера поблизу кореневої частини лопатки. Через цей вхідний отвір відбувається живлення повітрям четвертого охолодного контуру. Випускні отвори 32 сполучаються з указаною порожниною 28 і виходять на вихідну кромку 1d пера для її охолодження.

Порожнина 28 поблизу вихідної крайки у найкращому випадку обладнана дефлекторами 42, розміщеними на її угнутій та опуклій стінках з метою підсилення теплопереносу уздовж цих стінок.

Спосіб охолодження лопатки з очевидністю витікає із наведеного опису її конструкції; тому далі він буде

описаний дуже стисло, в основному з посиланням на фіг.4.

Фіг.4 - це діаграма циркуляції охолодного повітря, яке протікає через різні охолодні контури А - D, виконані в лопатці 1 за цим винаходом. Як уже згадувалось, всі ці чотири контури виконані незалежними один від одного, оскільки кожен з них має свій впускний отвір для охолодного повітря.

До першого центрального охолодного контуру А охолодне повітря надходить через порожнину 2 на угнутому боці пера. Далі охолодне повітря проходить уздовж порожнини 6 на опуклому боці пера, а потім уздовж другої порожнини 4 на угнутому боці пера, перш ніж воно виходить із цієї порожнини через випускні отвори 14, що знаходяться на указаному боці пера.

В найкращому варіанті, у якому використані два центральні охолодні контури А, А', циркуляція охолодного повітря в контурі А' здійснюється аналогічно.

Належить зазначити, що в розглядуваному варіанті виконання центрального охолодного контуру (або контурів) лопатки за винаходом охолодне повітря рухається угору (від кореневої частини лопатки до зовнішнього краю пера) в порожнинах на угнутому боці пера та униз, в порожнині на опуклому боці пера.

Циркуляція повітря у протилежних напрямках на угнутому і на опуклому боках пера в контурах А і А', а також ефективне використання двох охолодних контурів, розміщених по суті симетрично в центральній частині пера лопатки, сприяє формуванню такого температурного поля, яке по суті є однорідним, тобто не має значних температурних градієнтів.

При цьому охолодний контур А (або контури А, А') не передбачає (не передбачають) впуску повітря на опуклому боці пера. Це дозволяє запобігти труднощам, пов'язаним з розподіленням повітря при високих швидкостях.

Оскільки охолодне повітря тече угору від кореневої частини лопатки до зовнішнього краю пера по порожнинах на угнутому боці пера, воно притискається до зовнішніх стінок названих порожнин під дією сили Коріоліса. Це підсилює теплообмін уздовж указаних стінок, тобто поліпшує охолодження гарячої зовнішньої стінки угнутого боку пера.

Далі охолодне повітря рухається від зовнішнього краю пера лопатки до його кореневої частини через порожнини на опуклому боці пера. В результаті дія сили Коріоліса і в цьому випадку сприяє підсиленню теплообміну, тобто більш ефективному охолодженню зовнішньої стінки опуклого боку пера.

Оскільки опуклий бік пера охолоджується з використанням розміщених на цьому боці порожнин, які мають високе характеристичне відношення, зовнішній теплообмін додатково підсилюється, чому сприяє також наявність дефлекторів на зовнішніх стінках порожнин.

Задня частина лопатки 1 охолоджується за допомогою другого охолодного контуру В, який містить три порожнини 16, 16', 16". Як показано на фіг.4, охолодне повітря подається в одну з порожнин (порожнину 16), потім відхиляється біля зовнішнього краю пера, проходить через порожнину 16', після чого надходить до порожнини 16", до того, коли воно виходить з цієї порожнини через випускні отвори 20.

Вхідна (передня) крайка 1с пера лопатки охолоджується з допомогою порожнини 22, розміщеної біля цієї крайки, причому охолодне повітря подається безпосередньо до цієї порожнини. Аналогічно, вихідна (задня) крайка 1d пера лопатки охолоджується за допомогою порожнини 28, розміщеної біля цієї крайки, причому охолодне повітря також подається безпосередньо до цієї порожнини.

В описаному варіанті здійснення лопатка 1 за винаходом виготовляється литтям. В такому випадку положення порожнин звичайно задається за допомогою стержнів, які установлюють у форму перед заливкою металу паралельно один одному. В порожнинах А і А' використовуються стержні, зв'язані між собою поблизу їх кінців з'єднувальними частинами, які призначені для формування каналів між порожнинами. Оскільки положення стержнів легко контролюється, можливо забезпечити точність одержання заданої товщини стінок у процесі лиття.

Очевидно, що даний винахід не обмежується тільки описаним варіантом здійснення, але, навпроти, охоплює будь-які можливі модифікації. Наприклад, описані охолодні контури можуть бути передбачені як в нерухомих, так і в лопатках, що обертаються.

Формула винаходу

1. Лопатка (1) газової турбіни для авіаційного двигуна, яка відрізняється тим, що вона обладнана принаймні першим центральним охолодним контуром (А) в центральній частині пера, яке містить принаймні першу та другу порожнини (2, 4), витягнуті в радіальному напрямку уздовж угнутої поверхні (1а) пера лопатки (1), принаймні одну порожнину (6), витягнуту уздовж опуклої поверхні (1b) пера лопатки, впускний отвір (8) для повітря на радіальному кінці першої порожнини (2) на угнутому боці пера для подачі охолодного повітря в перший охолодний контур (А), перший канал (10), що з'єднує другий радіальний кінець першої порожнини (2) з суміжним радіальним кінцем порожнини (6) на опуклому боці пера, другий канал (12), що з'єднує другий радіальний кінець порожнини (6) на опуклому боці пера з суміжним радіальним кінцем другої порожнини (4) на угнутому боці пера, і випускні отвори (14), що сполучені з указаною другою порожниною і виходять на угнуту поверхню (1а) пера.

2. Лопатка за п. 1, яка відрізняється тим, що вона додатково обладнана принаймні другим охолодним контуром (В), незалежним від центрального охолодного контуру і таким, що містить принаймні одну порожнину (16), розміщену в задній частині пера лопатки (1), впускний отвір (18) для повітря на радіальному кінці указаної порожнини для подачі охолодного повітря в другий охолодний контур (В) і випускні отвори (20), які сполучені з указаною порожниною і виходять на угнуту поверхню (1а) пера.

3. Лопатка за п. 2, яка відрізняється тим, що вона додатково обладнана принаймні третім охолодним

контуром (С), незалежним від першого і другого охолодних контурів (А, В) і таким, що містить принаймні порожнину (22), розміщену біля вхідної крайки (1с) пера лопатки (1), впускний отвір (24) для повітря на радіальному кінці указаної порожнини для подачі охолодного повітря до третього охолодного контуру (С) та випускні отвори (26), що сполучені з указаною порожниною і виходять на вхідну крайку (1с) пера.

4. Лопатка за п. 3, яка відрізняється тим, що вона додатково обладнана принаймні четвертим охолодним контуром (D), незалежним від першого, другого та третього охолодних контурів (А, В, С) і таким, що містить принаймні порожнину (28), розміщену біля вхідної крайки (1d) пера лопатки (1), впускний отвір (30) для повітря на радіальному кінці указаної порожнини для подачі охолодного повітря до четвертого охолодного контуру (D) та випускні отвори (32), що сполучені з указаною порожниною і виходять на вихідну крайку (1d) пера.

5. Лопатка за п. 4, яка відрізняється тим, що порожнина (28) біля вихідної крайки пера четвертого охолодного контуру (D) обладнана дефлекторами (42), розміщеними на її угнутій та опуклій бокових стінках для підсилення теплопереносу уздовж указаних стінок.

6. Лопатка за будь-яким з пп. 3 - 5, яка відрізняється тим, що порожнина (22) поблизу вхідної крайки пера третього охолодного контуру обладнана дефлекторами (40), розміщеними на її стінці, яка примикає до вхідної крайки (1с) пера лопатки (1) для підсилення теплопереносу уздовж указаної стінки.

7. Лопатка за будь-яким з пп. 2 - 6, яка відрізняється тим, що порожнина (16) другого охолодного контуру (В) обладнана дефлекторами (38), розміщеними один напроти одного на її угнутій та опуклій бокових стінках для підсилення теплообміну уздовж указаних стінок.

8. Лопатка за будь-яким з попередніх пунктів, яка відрізняється тим, що порожнина (6) на опуклому боці пера першого охолодного контуру (А) має високе характеристичне відношення для збільшення внутрішнього теплопереносу.

9. Лопатка за будь-яким з попередніх пунктів, яка відрізняється тим, що порожнина (6) на опуклому боці пера першого охолодного контуру (А) обладнана дефлекторами (34), розміщеними на її зовнішній стінці, що примикає до опуклої поверхні пера лопатки, для підсилення теплопереносу уздовж указаної стінки при забезпеченні оптимальних втрат напору.

10. Лопатка за будь-яким з попередніх пунктів, яка відрізняється тим, що перша та друга порожнини (2, 4) на угнутому боці пера першого охолодного контуру (А) обладнані дефлекторами (36), розміщеними на їх зовнішніх стінках, що примикають до угнутої поверхні пера лопатки, для підсилення теплопереносу уздовж указаних стінок при забезпеченні оптимальних втрат напору.

11. Лопатка за будь-яким з попередніх пунктів, яка відрізняється тим, що вона обладнана принаймні двома центральними охолодними контурами (А, А'), розміщеними, по суті, симетрично для забезпечення формування, по суті, однорідного температурного поля в центральній частині пера лопатки.

12. Лопатка за будь-яким з попередніх пунктів, яка відрізняється тим, що вона виготовлена литтям, причому положення указаних порожнин на угнутому та опуклому боках пера лопатки задане за допомогою стрижнів, установлених паралельно один одному і зв'язаних між собою поблизу їх кінців з'єднувальними частинами для формування з'єднувальних каналів між порожнинами та забезпечення заданого взаємного розміщення стрижнів.

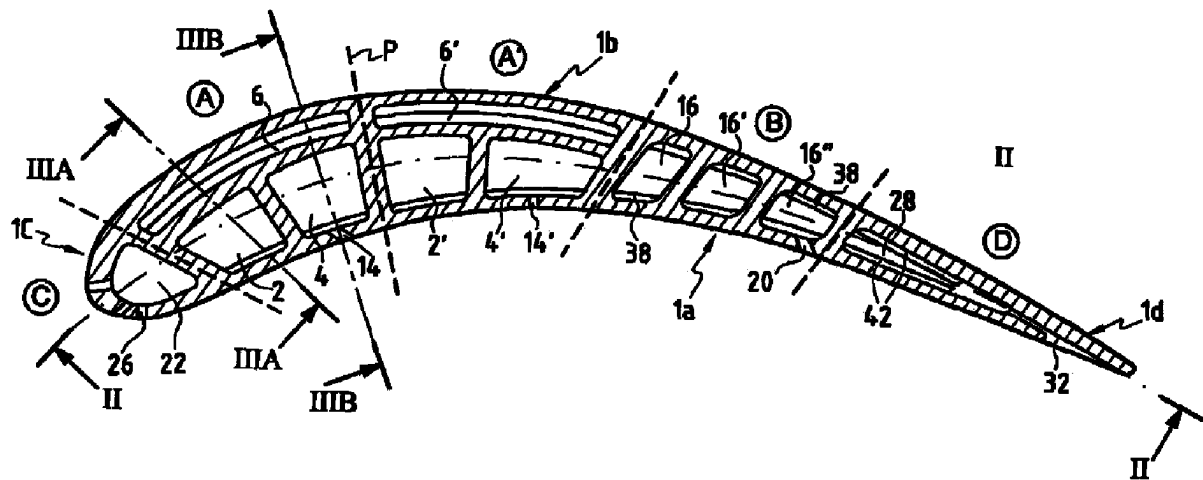


Fig. 1

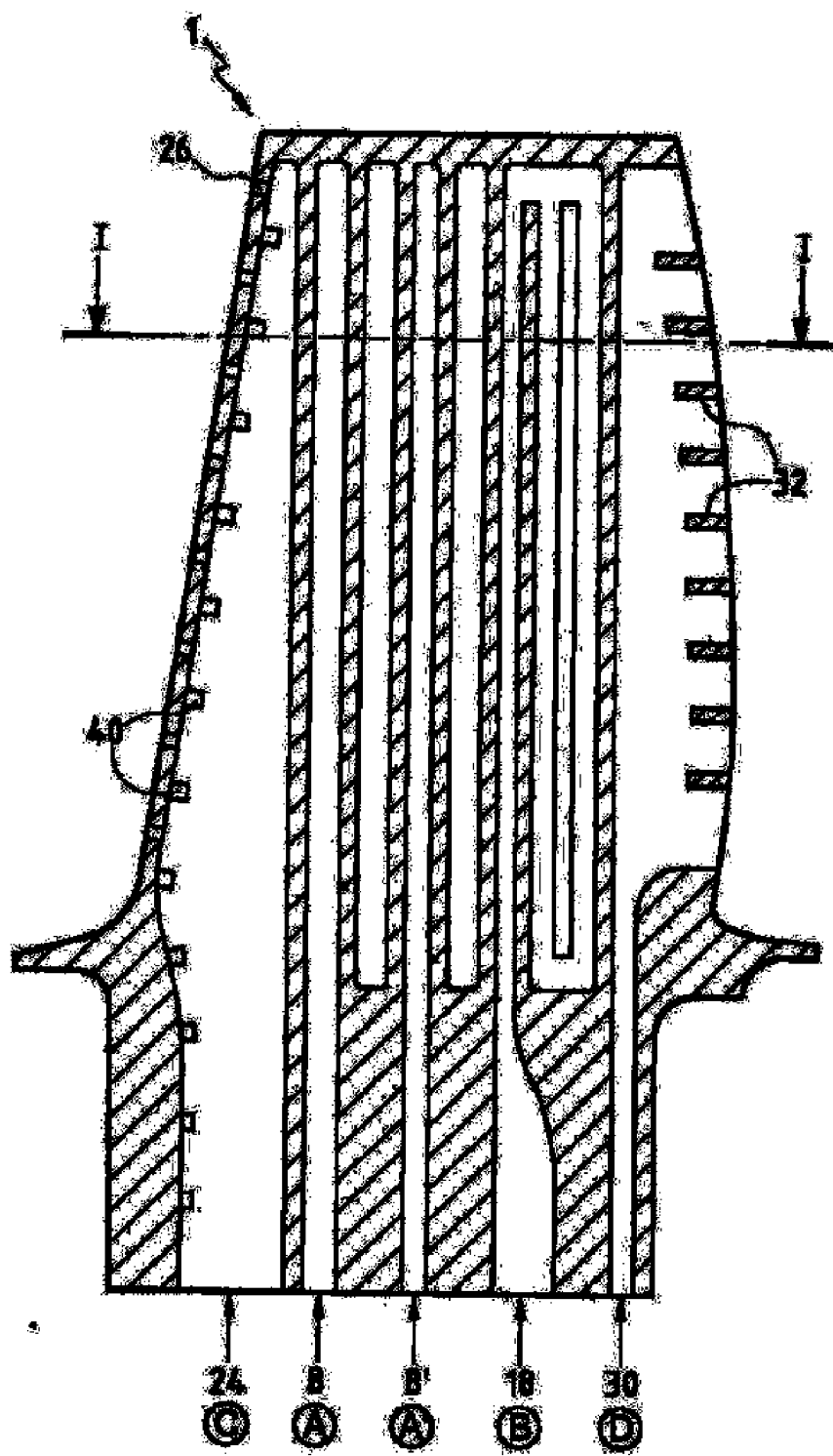


Fig. 2

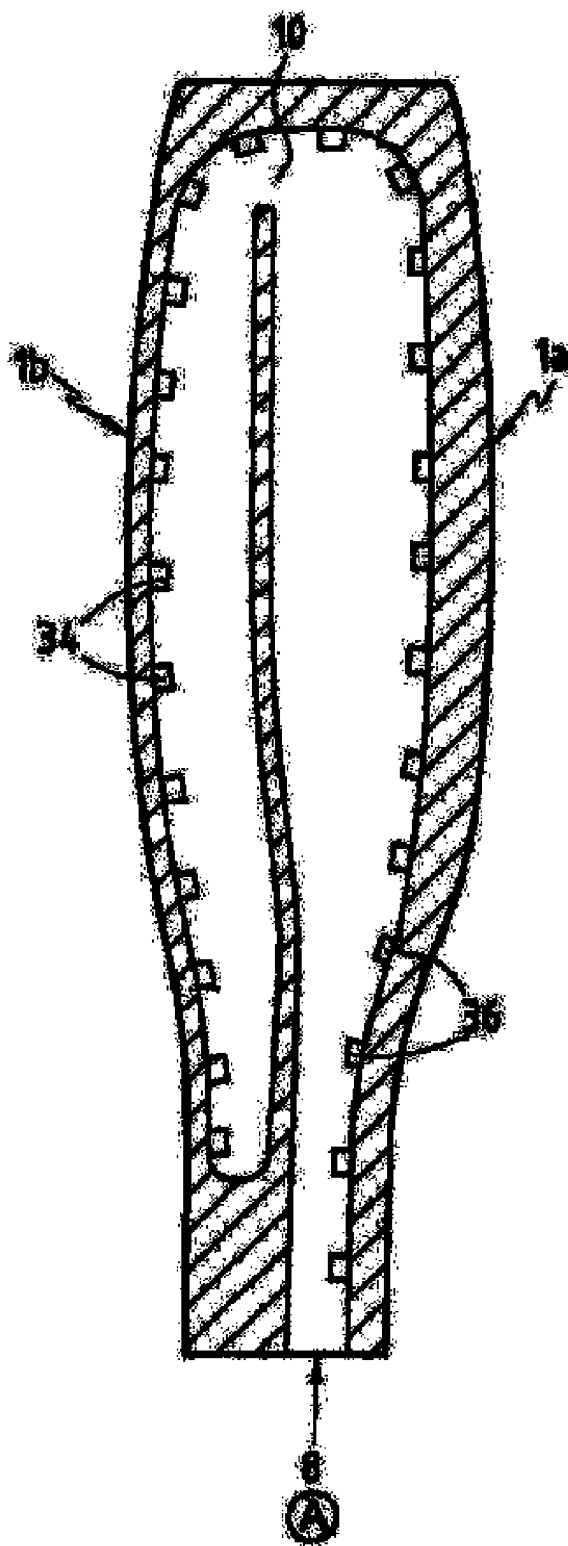


Fig. 3A

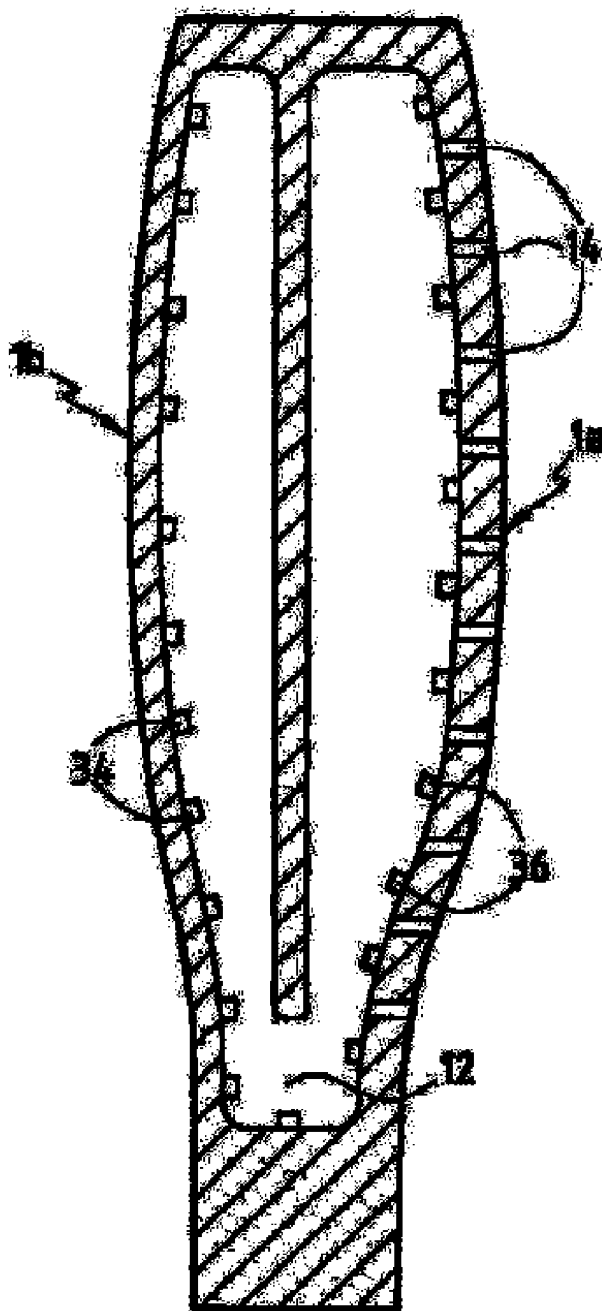
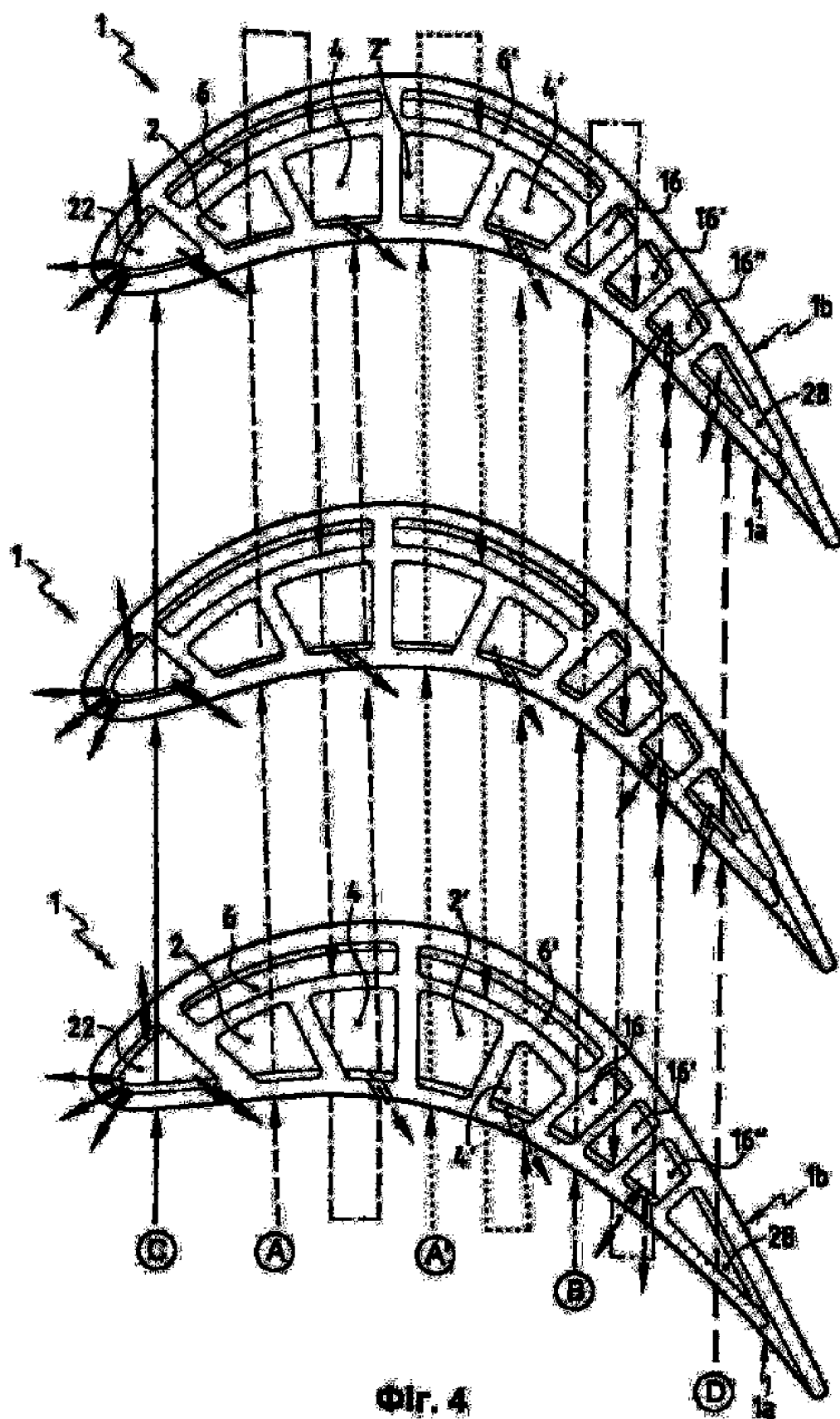


Fig. 3B



Фиг. 4

Офіційний бюлетень "Промислова власність". Книга 1 "Винаходи, корисні моделі, топографії інтегральних мікросхем", 2008, N 4, 25.10.2008. Державний департамент інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України.