



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2009100686/06**, 11.01.2009(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.01.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
10.01.2008 FR 0850120(43) Дата публикации заявки: **20.07.2010** Бюл. № 20(45) Опубликовано: **10.09.2013** Бюл. № 25(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 3692425 A**, 19.09.1972. **КИРИЛЛОВ И.И. Теория турбомашин. - Ленинград: Машиностроение, 1972, с.81-87, рис.11.25. SU 1460433 A1**, 23.02.1989. **WO 98/31934 A1**, 23.07.1998. **DE 573799 C**, 05.04.1933. **EP 0781929 A1**, 02.07.1997.

Адрес для переписки:

**129090, Москва, ул.Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городиский и
Партнеры", пат.пов. А.В.Мицу, рег.№ 364**

(72) Автор(ы):

РУТЬЕ Паскаль (FR)

(73) Патентообладатель(и):

СНЕКМА (FR)**(54) ДВУХЛОПАСТНАЯ ЛОПАТКА С ПЛАСТИНКАМИ, КОЛЕСО ТУРБИНЫ И
ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, СОДЕРЖАЩИЕ ТАКИЕ ЛОПАТКИ**

(57) Реферат:

Лопатка газотурбинного двигателя содержит первую лопасть, вторую лопасть и, по меньшей мере, одну пластинку. Каждая из первой лопасти и второй лопасти имеет внутреннюю и внешнюю стороны, размещенные между передней и задней кромками. Первая и вторая лопасти расположены рядом таким образом, что внутренняя сторона первой лопасти размещена всей своей поверхностью напротив внутренней стороны второй лопасти. Пластинка связывает внутреннюю сторону первой лопасти и

внутреннюю сторону второй лопасти и размещена до задней кромки лопатки. Задняя кромка лопатки образована задней кромкой первой лопасти и задней кромкой второй лопасти. Задняя кромка первой лопасти выровнена относительно задней кромки второй лопасти и располагается рядом с ней. Другие изобретения группы относятся к колесу турбины и газотурбинному двигателю, содержащим указанные выше лопатки. Изобретение позволяет снизить аэродинамические потери на лопатке. 3 н. и 11 з.п. ф-лы, 5 ил.

RU 2 492 330 C2

RU 2 492 330 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2009100686/06, 11.01.2009**

(24) Effective date for property rights:
11.01.2009

Priority:

(30) Convention priority:
10.01.2008 FR 0850120

(43) Application published: **20.07.2010 Bull. 20**

(45) Date of publication: **10.09.2013 Bull. 25**

Mail address:

**129090, Moskva, ul.B.Spaskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. A.V.Mitsu, reg.№ 364**

(72) Inventor(s):
RUT'E Paskal' (FR)

(73) Proprietor(s):
SNEKMA (FR)

(54) **TWO-BLADED VANE WITH PLATES, TURBINE WHEEL AND GAS TURBINE ENGINE
COMPRISING SUCH VANES**

(57) Abstract:

FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: gas turbine engine vane comprises the first blade, the second blade and at least one plate. Each of the first and second blade has inner and outer sides placed between the front and rear edges. The first and second blades are arranged near in such a manner that the inner side of the first blade is placed with its entire surface opposite to the inner side of the second blade. The plane connects the inner side of the first blade and the

inner side of the second blade and is placed to the rear edge of the vane. The rear edge of the vane is formed with the rear edge of the first blade and the rear edge of the second blade. The rear edge of the first blade is levelled relative to the rear edge of the second blade and is arranged near. Other inventions of the group relate to a turbine wheel and a gas turbine engine, comprising the above vanes.

EFFECT: inventions make it possible to reduce aerodynamic losses on a vane.

14 cl, 5 dwg

RU 2 492 330 C2

RU 2 492 330 C2

Настоящее изобретение касается лопатки, имеющей переднюю кромку и заднюю кромку.

В дальнейшем термины «передняя кромка» и «задняя кромка» определены относительно направления нормальной циркуляции воздуха вдоль лопатки.

5 В газотурбинном двигателе давление воздуха повышается несколькими ступенями лопаток, размещенными аксиально вдоль основной оси газотурбинного двигателя, при этом каждая ступень содержит серию лопаток, расположенных по окружности вокруг указанной основной оси. Такая ступень называется колесом турбины. Лопатки
10 расположены от кольцевой платформы с центром на основной оси Р, по существу, радиально наружу до кольцевого картера. Высота лопатки соответствует радиальному размеру этой лопатки, то есть, по существу, разности между радиусом картера и радиусом платформы.

15 Как изображено на фиг.1, которая представляет часть турбинного колеса, каждая лопатка колеса турбины размещена между радиально внешней поверхностью (стенкой) 81 платформы 80 и радиально внутренней поверхностью (стенкой) 91 картера 90. Такая лопатка 1, образованная одной лопастью, называется однолопастной лопаткой. Радиально внутренний край 8 лопатки 1 жестко соединен с платформой 80. Радиально внешний край 9 лопатки 1 жестко закреплен в картере 90,
20 если речь идет о неподвижной лопатке, и является свободным, если речь идет о подвижной лопатке. Турбинное колесо содержит, таким образом, стенку 81 платформы 80, лопатки 1 и стенку 91 картера 90 в зависимости от того, идет ли речь о лопатках 1 неподвижных или подвижных.

25 Каждая лопатка 1 имеет переднюю кромку 2 и заднюю кромку 3, ось А (ось лопатки), связывающую эти две, по существу, параллельные кромки, которая, по существу, параллельна основной оси Р газотурбинного двигателя, или образует острый угол с этой основной осью Р. Каждая лопатка 1 изогнута относительно своей
30 оси А таким образом, что одна из сторон, связывающая ее переднюю кромку 2 с задней кромкой 3, является выпуклой (выпуклая поверхность 4), тогда как другая сторона, связывающая ее переднюю кромку с ее задней кромкой, является вогнутой (вогнутая поверхность 5).

35 Выбор количества лопаток в турбинном колесе является компромиссом между уменьшением веса турбинного колеса, механическим сопротивлением лопатки (подвергаемой термическим напряжениям и механическим напряжениям вследствие вращения с высокой скоростью турбинного колеса), и аэродинамической отдачей одной лопатки, и, как следствие, аэродинамической отдачей колеса турбины.

40 Существующая геометрия лопаток не позволяет значительно улучшить аэродинамические характеристики колеса турбины колеса, содержащего эти лопатки.

Задачей изобретения является разработка лопаток, которые обладают лучшей аэродинамической отдачей без ухудшения аэродинамического сопротивления этих лопаток.

45 Задача решается тем, что лопатка содержит первую лопасть, имеющую внутреннюю сторону и внешнюю сторону, которые размещены между передне кромкой и задней кромкой лопатки, вторую лопасть, имеющую внутреннюю сторону и внешнюю сторону, которые размещены между своей передней кромкой и своей
50 задней кромкой, и, по меньшей мере, одну пластинку, связывающую внутреннюю сторону первой лопасти и внутреннюю сторону второй лопасти, при этом лопатка простирается, по меньшей мере, до задней кромки.

Благодаря такой конструкции лопатка по изобретению имеет повышенное

механическое сопротивление по сравнению с лопаткой, образованной одной лопастью. Указанное повышенное механическое сопротивление позволяет уменьшить среднюю толщину каждой из лопастей, образующих лопатку. Такое уменьшение толщины способствует улучшению аэродинамической отдачи лопатки, так как естественное течение воздуха между лопастями уменьшает завихрения. Более того, пластинки направляют воздух между двумя лопастями, причем этот направляемый поток воздуха сам способствует протеканию воздуха вдоль внешних стенок двух лопастей в области задней кромки лопатки, в особенности, благодаря тому, что пластинки 30 простираются до задней кромки лопатки. Таким образом, турбулентность течения в области задней кромки минимизирована. Следовательно, аэродинамическая отдача лопатки улучшается.

Предпочтительно, чтобы лопатка содержала, по меньшей мере, три пластинки.

Такое увеличенное число пластинок позволяет увеличить жесткость лопатки и улучшить направление воздуха, протекающего в пространстве между первой лопаткой и второй лопаткой.

Предпочтительно, чтобы лопатка содержала первую пластинку, размещенную между 0% и 30% высоты лопатки, вторую пластинку, размещенную между 70% и 100% высоты лопатки, и пластинку, размещенную, по существу, посередине высоты лопатки, при этом высота в 0% соответствует радиально нижнему краю лопатки, а высота в 100% соответствует радиально верхнему краю лопатки.

Предпочтительно, чтобы толщина, по меньшей мере, одной пластинки уменьшалась от ее середины к ее передней кромке таким образом, что указанная передняя кромка образовывала острый гребень.

Предпочтительно, чтобы толщина, по меньшей мере, одной пластинки уменьшалась от ее середины к ее задней кромке таким образом, что указанная задняя кромка образовывала острый гребень.

Предпочтительно, чтобы упомянутые внешняя сторона первой лопасти, внутренняя сторона первой лопасти, внутренняя сторона второй лопасти и внешняя сторона второй лопасти имели различные профили.

Предпочтительно, чтобы расстояние между внутренней стороной первой лопасти и внутренней стороной второй лопасти, по меньшей мере, было равно трем максимальным толщинам первой или второй лопасти.

Предпочтительно, чтобы указанное расстояние меньше 15 мм.

Предпочтительно, чтобы, по меньшей мере, одна из упомянутых пластинок являлась прямолинейной.

Предпочтительно, чтобы, по меньшей мере, одна из упомянутых пластинок имела, по меньшей мере, один изгиб в плоскости высоты упомянутой пластинки.

Предпочтительно, чтобы лопатка дополнительно содержала третью лопасть, размещенную между первой лопастью и второй лопастью, при этом упомянутая третья лопасть имеет первую сторону и вторую сторону, которые расположены между передней кромкой и задней кромкой лопатки, причем упомянутая первая сторона связана с внутренней стороной первой лопасти посредством, по меньшей мере, одной пластинки, а упомянутая вторая сторона связана с внутренней стороной второй лопасти посредством, по меньшей мере, одной пластинки.

Изобретение касается также колеса турбины, содержащего на своей окружности серию лопаток согласно изобретению.

Предпочтительно, чтобы пластинки были размещены, по существу, по линиям струи потока воздуха в пространстве между первой лопастью и второй лопастью

таким образом, чтобы свести к минимуму нарушения этого потока воздуха, как если бы не было пластинок.

Изобретение касается также газотурбинного двигателя, содержащего, по меньшей мере, одну лопатку вышеуказанную лопатку.

5 Улучшение аэродинамической отдачи каждой из лопаток (по сравнению с однолопастной лопаткой) становится возможным благодаря ее геометрии, позволяющей дальше развести лопатки относительно друг друга вдоль окружности платформы колеса турбины по сравнению с расстоянием между однолопастными
10 лопатками колеса турбины из известного уровня техники. В целом, несмотря на тот факт, что одна лопатка по изобретению может иметь вес, превышающий вес однолопастной лопатки, колесо турбины по изобретению может, таким образом, иметь вес, меньший или равный весу турбинного колеса, снабженного
15 однолопастными лопатками, и обладать повышенной отдачей.

В дальнейшем изобретение поясняется нижеследующим описанием, не являющимся ограничительным, со ссылками на сопровождающие чертежи, на которых:

- Фиг.1 изображает вид в аксонометрии лопаток по известному уровню техники,
- Фиг.2 изображает вид в аксонометрии лопатки по изобретению,
- 20 - Фиг.3 изображает поперечный разрез в плоскости III-III лопатки по фиг.2,
- Фиг.4 изображает продольный разрез в плоскости IV-IV лопатки по фиг.3,
- Фиг.5 изображает продольный разрез другого варианта осуществления лопатки по фиг.3.

Фиг.2 изображает лопатку 100 по изобретению, установленную на платформе 80.
25 Лопатка 100 содержит первую лопасть 10, вторую лопасть 20, при этом каждая из этих лопастей подобна однолопастной лопатке и имеет, таким образом, выпуклую сторону, вогнутую сторону, переднюю кромку и заднюю кромку. Эти обе лопасти выровнены относительно друг друга и расположены рядом друг с другом таким
30 образом, что вогнутая сторона 15 первой лопасти 10 размещена, по существу, всей своей поверхностью напротив выпуклой стороны 24 второй лопасти 20. Таким образом, формируют пространство 40 между первой лопастью 10 и второй лопастью 20. Вогнутая сторона 15 называется внутренней стороной 15 первой лопасти 10, а выпуклая сторона 24 называется внутренней стороной 24 второй
35 лопасти 20. Выпуклая сторона 14 первой лопасти 10 и вогнутая поверхность 25 второй лопасти 20 образуют внешние поверхности лопатки 100. Выпуклая поверхность 14 называется, таким образом, внешней стороной 14 первой лопасти 10, а вогнутая сторона 25 называется, таким образом, внешней стороной 25 второй лопасти 20.
40 Лопатка 100 называется лопаткой со сдвоенными лопастями.

Внутренняя сторона 15 первой лопасти 10 и внутренняя сторона 24 второй лопасти 20 связаны между собой одной или несколькими пластинками 30, размещенными в пространстве 40. Каждая пластинка имеет переднюю кромку 32, заднюю кромку 33 и между ними центральную часть с радиально нижней стороной 38
45 (то есть ориентированной к платформе 80) и радиально верхней стороной 39 (то есть ориентированной к картеру 90).

Каждая пластинка 30 является элементом постоянной связи, который связывает обе внутренние стороны, причем этот элемент связи, обеспечивает одновременно усиление сцепления и механического сопротивления лопатки 100 и направление вдоль ее
50 радиально нижней стороны 38 и ее радиально верхней стороны 39 потока воздуха между первой лопастью 10 и второй лопастью 20. Каждая пластинка 30 может быть внутри полый или сплошной.

Пластинки 30 размещены, по существу, от передней кромки 12 первой лопасти 10 и от передней кромки 22 второй лопасти 20 до задней кромки 13 первой лопасти 10 и до задней кромки 23 второй лопасти 20. Передняя кромка 102 лопатки 100 образована, таким образом, передними кромками 12 и 22 первой лопасти 10 и второй лопасти 20 соответственно. Задняя кромка 103 лопатки 100 образована задними кромками 13 и 23 первой лопасти 10 и второй лопасти 20 соответственно. Пластинки 30 ориентированы от передней кромки 102 в направлении задней кромки 103, по существу, перпендикулярно передней кромке 102 и задней кромке 103.

Лопатка 100, содержащая две лопасти, обладает большим механическим сопротивлением по сравнению с однолопастной лопаткой. Повышенное механическое сопротивление способствует уменьшению средней толщины каждой из лопастей, образующих лопатку 100, то есть первая лопасть 10 и вторая лопасть 20 имеет толщину, меньшую толщины однолопастной лопатки. Общий вес лопатки 100 может быть даже, по существу, равным весу однолопастной лопатки 1. Более того, как указано выше, лопатка 100 имеет лучшую аэродинамическую отдачу, чем однолопастная лопатка, благодаря пластинкам 30. На колесе турбины, содержащем лопатки 100 по изобретению, такое улучшение аэродинамической отдачи позволяет больше разнести лопатки 100 между собой по окружности платформы 80 турбинного колеса по сравнению с расстоянием между однолопастными лопатками турбинного колеса из известного уровня техники. В целом, колесо турбины по изобретению может, таким образом, иметь равный или меньший вес по сравнению с турбинным колесом, снабженным однолопастными лопатками. Отсюда следует уменьшение веса газотурбинного двигателя, снабженного колесами турбины по изобретению, то есть снижение потребления топлива.

Более того, лопатка 100 по изобретению обладает лучшей устойчивостью к температуре, чем однолопастная лопатка, так как лопатка 100 имеет большую поверхность теплообмена, чем однолопастная лопатка.

Лопатка 100 может содержать несколько пластинок 30. Например, лопатка может содержать по меньшей мере три пластинки, при этом первая пластинка 30_A размещена между 0% и 30% высоты лопатки 100, вторая пластинка 30_N размещена между 70% и 100% высоты лопатки 100 и одна пластинка размещена, по существу, посередине лопатки 100, при этом высота в 0% соответствует радиально внутреннему краю лопатки, а высота в 100% соответствует радиально внешнему краю лопатки. Дополнительные пластинки в необходимом случае размещены с равномерным интервалом с этими пластинками.

Необходимо, чтобы первая пластинка 30_A не была слишком удалена от платформы 80 (в данном случае, не более 30% от высоты лопатки 100) для того, чтобы иметь возможность более эффективно уменьшать турбулентность в потоке, вызываемую радиально внешней поверхностью 81 платформы 80. Более того, важно, чтобы последняя пластинка 30_N не была очень удалена от картера 90 (в данном случае, не менее 70% от высоты лопатки 100) для того, чтобы иметь возможность более эффективно уменьшать турбулентность в потоке, вызываемую радиально внутренней поверхностью 91 картера 90.

Лопатка 100 может содержать более трех пластинок, например 4, 5, 6, 7 или больше, равномерно распределенных по всей ее высоте. Фиг.2-5 изображают лопатку 100, содержащую пять пластинок 30. Для обеспечения достаточного потока воздуха между первой лопастью 10 и второй лопастью 20 и для минимизации веса лопатки 100 предпочтительно, однако, чтобы количество лопаток не было значительным.

Предпочтительно, чтобы радиальное расстояние между двумя соседними лопатками 30 было больше расстояния D между внутренней стороной 15 первой лопастки 10 и внутренней стороной 24 второй лопастки 20.

5 Расстояние D между внутренней стороной 15 первой лопастки 10 и внутренней стороной 24 второй лопастки 20 не превышает трех максимальных толщин первой или второй лопастки. Например, расстояние D превышает величину этой максимальной толщины.

10 Предпочтительно, чтобы расстояние D между первой лопасткой 10 и второй лопасткой 20 было меньше 15 мм. Например, расстояние D составляет от 2 до 5 мм. Расстояние D может изменяться вдоль пластинки 30 между ее передней кромкой 32 и его задней кромкой 33, в этом случае расстояние D является средним расстоянием между двумя лопастками.

15 В колесе турбины, содержащем лопатки 100, каждая из пластинок 30 имеет такой профиль, что турбуленции/завихрения потока воздуха вдоль этой пластинки 30 минимизированы. Например, пластинки 30 расположены, по существу, вдоль линий струи потока воздуха в пространстве 40 между первой лопасткой 10 и второй лопасткой 20 для того, чтобы свести к минимуму нарушения этого потока воздуха, что
20 могло бы иметь место, если бы пластинок 30 не было.

В частности, профиль и расположение первой пластинки 30_A , которая является наиболее близкой к стенке (радиально внешней поверхности 81) платформы 80, а профиль и расположение последней пластинки 30_N , которая является наиболее близкой к стенке (радиально внутренней поверхности 91) картера 90, имеют особое
25 значение.

Действительно, линии струи потока между лопастками, в частности, определяемые стенкой 81 платформы 80 и стенкой 91 картера 90 на соответственно радиально
30 внешнем и внутреннем краях лопатки, то есть линии потоков вблизи этих стенок, являются, по существу, параллельными этим стенкам. Таким образом, первая пластинка 30_A , по существу, параллельна стенке 81 платформы 80, а вторая пластинка 30_N , по существу, параллельна стенке 91 картера 90, как показано на фиг.4 и 5.

35 Например, по меньшей мере, одна из пластинок 30 является прямолинейной.

Например, по меньшей мере, одна из пластинок 30, имеет, по меньшей мере, одно искривление в плоскости, размещенной по высоте упомянутой лопатки (то есть в радиальной плоскости, содержащей основную ось R газотурбинного двигателя).

40 Возможен также вариант, при котором пластинки 30 не влияют на струю потока в пространстве 40, как если бы этих пластинок 30 не было, и, напротив, пластинки усиливают поток воздуха к основанию лопатки 100. Действительно, известно, что обычно происходит расхождение потока воздуха между двумя лопатками (то есть, поток воздуха, циркулирующий между двумя соседними лопатками, имеет тенденцию
45 подниматься от основания к вершине лопатки, когда он идет вдоль этих лопаток), что является нежелательным. Заставляя поток воздуха проходить в пространстве 40 в большей степени к основанию лопатки 100, влияют на поток воздуха между двумя соседними лопатками 100 и способствуют, таким образом, уменьшению расхождения этого потока воздуха.

50 На фиг.2 и 4 каждая из пластинок 30 имеет постоянную толщину между своей входной кромкой 32 и своей задней кромкой 33 (толщина одной пластинки 30 имеет размер в соответствии с высотой лопатки 100, с которой она соединена). Как следствие, передние кромки 32 и задние кромки 33 пластинок 30 являются, по

существо, прямолинейными. Альтернативно толщина одной пластинки 30 может уменьшаться от середины к передней кромке 32 таким образом, что эта передняя кромка 32 образует острый гребень. Более того, или альтернативно, толщина пластинки 30 может уменьшаться от середины к задней кромке 33 таким образом, что эта задняя кромка 33 образует острый гребень. Исходя из этого, нарушения потока воздуха в пространстве 40 между первой лопастью 10 и второй лопастью 20 уменьшены по сравнению с пластинкой постоянной толщины.

Такое уменьшение толщины пластинки 30 может быть возрастающим или толщина может быть, по существу, постоянной по длине пластинки 30 и уменьшаться только вблизи концов (передняя кромка 32 и/или задняя кромка 33), как изображено на фиг.5.

Профиль внутренней/внешней стороны лопатки или лопасти определяется как геометрия поверхности этой стороны. Например, профили внутренней стороны 15 первой лопасти и внутренней стороны 24 второй лопасти являются идентичными и профили внешней стороны 14 первой лопасти и внешней стороны 25 второй лопасти являются идентичными. Однако различная геометрия лопатки 100 по изобретению по сравнению с однолопастной лопаткой вызывает изменение аэродинамических характеристик лопатки 100. Предпочтительно, чтобы внешняя сторона 14 первой лопасти 10, внутренняя сторона 15 первой лопасти 10, внутренняя сторона 24 второй лопасти 20 и внешняя сторона 25 второй лопасти 20 имели различные профили таким образом, чтобы поток воздуха в пространстве 40 между первой лопастью 10 и второй лопастью 20 и вокруг лопатки 100 был оптимизирован. Более того, профиль внешней стороны 14 первой лопасти 10 отличен от профиля выпуклой стороны 4 однолопастной лопатки, и профиль внешней стороны 25 второй лопасти 20 отличен от профиля вогнутой стороны 5 однолопастной лопатки из известного уровня техники. В частности, профили внутренней и внешней сторон первой лопасти 10 и профили внутренней и внешней сторон второй лопасти 20 соответственно отличаются от профилей внутренней и внешней сторон первой лопасти и профилей внутренней и внешней сторон второй лопасти, которые были бы размещены одна вблизи другой без пластинок 30, связывающих их между собой.

Пластинки 30 размещены от передней кромки 102 до задней кромки 103 лопатки 100, как изображено на фиг.5. Альтернативно, пластинки 30 могут начинаться на некотором расстоянии от передней кромки 102, доходя до задней кромки 103, как изображено на фиг.4. Таким образом, передняя кромка 32 пластинок 30 начинается с отступлением на расстояние d относительно передней кромки лопатки 100. Это расстояние d является, например, меньшим 10% расстояния между передней кромкой 102 и задней кромкой 103.

Плоскость или поверхность, включающая пластинку 30, является, по существу, перпендикулярной внутренним сторонам 15, 24 лопастей, которые соединяются этой пластинкой 30. Альтернативно, пластинка 30 может быть искривлена вокруг средней кривой, которая соединяет переднюю кромку 32 пластинки с ее задней кромкой 33. Это искривление предназначено для того, чтобы пластинки 30 следовали, по существу, по линиям струи потока воздуха в пространстве 40 между первой лопастью 10 и второй лопастью 20 с тем, чтобы свести к минимуму искажения потока воздуха, так как если бы эти пластинки 30 отсутствовали.

Лопатка может быть выполнена из различных материалов: стали, суперсплава на основе никеля или кобальта, титанового сплава, алюминиевого сплава, композитного материала с использованием, например, в качестве основы полимерной, керамической или металлической основы, усиленной волокнами, например, волокнами углерода,

кевлара, стекла или металла.

Лопатка 100 по изобретению может быть изготовлена с использованием различных способов в зависимости от материала, из которого изготовлена лопатка 100.

В представленном выше описании лопатка 100 содержит две лопасти.

5 Альтернативно, лопатка 100 может содержать более двух лопастей. Например, лопатка 100 может дополнительно содержать, третью лопасть, расположенную между первой лопастью 10 и второй лопастью 20, при этом третья лопасть имеет первую сторону и вторую сторону, которые размещены между передней кромкой 102 и задней кромкой 103 лопатки 100, причем первая сторона связана с внутренней стороной 15 первой лопасти 10 посредством, по меньшей мере, одной пластинки 30, и вторая сторона связана с внутренней стороной 24 второй лопасти 20 посредством, по меньшей мере, этой пластинки 30.

15 Таким образом, лопатка 100 содержит три лопасти, при этом третья лопасть размещена между первой лопастью 10 и второй лопастью 20. Эти три лопасти выровнены таким образом, что вогнутая сторона 15 первой лопасти 10 расположена, по существу, всей своей поверхностью напротив выпуклой стороны (первой стороны) третьей лопасти и что выпуклая сторона 24 второй лопасти 20 расположена, по существу, всей своей поверхностью напротив вогнутой стороны третьей лопасти. Пластинки 30, соединяющие первую лопасть 10 со второй лопастью 20, пересекают третью лопасть (или отлиты с этой третьей лопастью с пересечением третьей лопасти в зависимости от способа изготовления лопатки). Можно также предположить, что каждая пластинка 30 выполнена из двух частей, при этом первая часть связывает 25 первую лопасть 10 и третью лопасть и, в продолжение этой первой части, вторая часть связывает третью лопасть и вторую лопасть 20.

Такая трехлопастная лопатка 100 с точки зрения аэродинамики является более эффективной, чем двухлопастная лопатка, так как течение воздуха между этими лопатками и вдоль наружной части этой лопатки лучше направлено. Как следствие, 30 можно уменьшить общее количество лопаток 100 на колесе турбины, разнося их дальше в пространстве, для получения более легкого турбинного колеса, чем колесо турбины с однолопастными лопатками.

Изобретение используется в случае газотурбинного двигателя, содержащего, по меньшей мере, одну лопатку 100 по изобретению.

Изобретение было описано для случая подвижных или неподвижных неохлаждаемых лопаток турбины низкого давления. Изобретение используется также для подвижных или неподвижных неохлаждаемых лопаток турбины высокого 40 давления.

Формула изобретения

1. Лопатка (100) газотурбинного двигателя, содержащая переднюю кромку (102) и заднюю кромку (103), первую лопасть (10) с внутренней стороной (15) и внешней стороной (14), которые размещены между упомянутой передней кромкой (102) и 45 задней кромкой (103), вторую лопасть (20) с внутренней стороной (24) и внешней стороной (25), которые размещены между передней кромкой (102) и задней кромкой (103), при этом упомянутая первая лопасть (10) и упомянутая вторая лопасть (20) расположены рядом таким образом, что упомянутая внутренняя сторона (15) первой лопасти (10) размещена, по существу, всей своей поверхностью напротив упомянутой внутренней стороны (24) второй лопасти (20), и, по меньшей мере, одну пластинку (30), связывающую упомянутую внутреннюю сторону (15) 50

первой лопасти (10) и упомянутую внутреннюю сторону (24) второй лопасти (20), при этом, по меньшей мере, одна упомянутая пластинка (30) размещена до упомянутой задней кромки (103), причем задняя кромка (103) образована задней кромкой (13) первой лопасти (10) и задней кромкой (23) второй лопасти (20), при этом задняя кромка (13) первой лопасти (10) выровнена относительно задней кромки (23) второй лопасти (20) и располагается рядом с ней.

2. Лопатка (100) по п.1, отличающаяся тем, что содержит, по меньшей мере, три пластинки (30).

3. Лопатка (100) по п.2, отличающаяся тем, что она содержит первую пластинку (30_A), размещенную между 0% и 30% высоты лопатки (100), вторую пластинку (30_N), размещенную между 70% и 100% высоты лопатки (100), и пластинку 30, размещенную, по существу, посередине высоты лопатки (100), при этом высота в 0% соответствует радиально нижнему краю лопатки (100), а высота в 100% соответствует радиально верхнему краю лопатки (100).

4. Лопатка (100) по одному из пп.1-3, отличающаяся тем, что толщина, по меньшей мере, одной пластинки (30) уменьшается от ее середины к ее передней кромке (32) таким образом, что указанная передняя кромка (32) образует острый гребень.

5. Лопатка (100) по п.1, отличающаяся тем, что толщина, по меньшей мере, одной пластинки (30) уменьшается от ее середины к ее задней кромке (33) таким образом, что указанная задняя кромка (33) образует острый гребень.

6. Лопатка (100) по п.1, отличающаяся тем, что упомянутые внешняя сторона (14) первой лопасти (10), внутренняя сторона (15) первой лопасти (10), внутренняя сторона (24) второй лопасти (20) и внешняя сторона (25) второй лопасти (20) имеют различные профили.

7. Лопатка (100) по п.1, отличающаяся тем, что расстояние (D) между внутренней стороной (15) первой лопасти и внутренней стороной (24) второй лопасти, по меньшей мере, равно трем максимальным толщинам первой (10) или второй (20) лопасти.

8. Лопатка (100) по п.7, отличающаяся тем, что расстояние (D) меньше 15 мм.

9. Лопатка (100) по п.1, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, одна из упомянутых пластинок (30) является прямолинейной.

10. Лопатка (100) по п.1, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, одна из упомянутых пластинок (30) имеет, по меньшей мере, один изгиб в плоскости высоты упомянутой пластинки.

11. Лопатка (100) по п.1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит третью лопасть, размещенную между первой лопастью (10) и второй лопастью (20), при этом упомянутая третья лопасть имеет первую сторону и вторую сторону, которые расположены между передней кромкой (102) и задней кромкой (103) лопатки (100), причем упомянутая первая сторона связана с внутренней стороной (15) первой лопасти (10) посредством, по меньшей мере, одной пластинки (30), а упомянутая вторая сторона связана с внутренней стороной (24) второй лопасти (20) посредством, по меньшей мере, одной пластинки (30).

12. Колесо турбины, содержащее на своей окружности серию лопаток (100) по одному из пп.1-11.

13. Колесо турбины по п.12, отличающееся тем, что пластинки (30) размещены, по существу, по линиям струи потока воздуха в пространстве (40) между первой лопастью (10) и второй лопастью (20) таким образом, чтобы свести к минимуму нарушения этого потока воздуха, как если бы не было пластинок (30).

14. Газотурбинный двигатель, содержащий, по меньшей мере, одну лопатку (100) по

одному из пп.1-11.

5

10

15

20

25

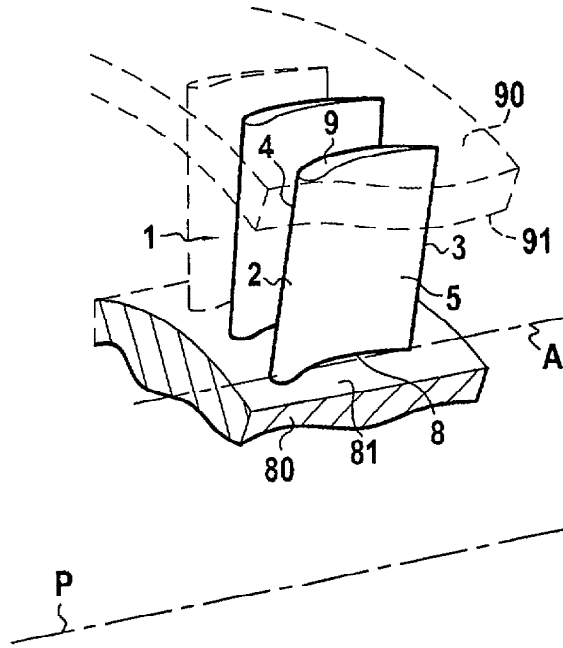
30

35

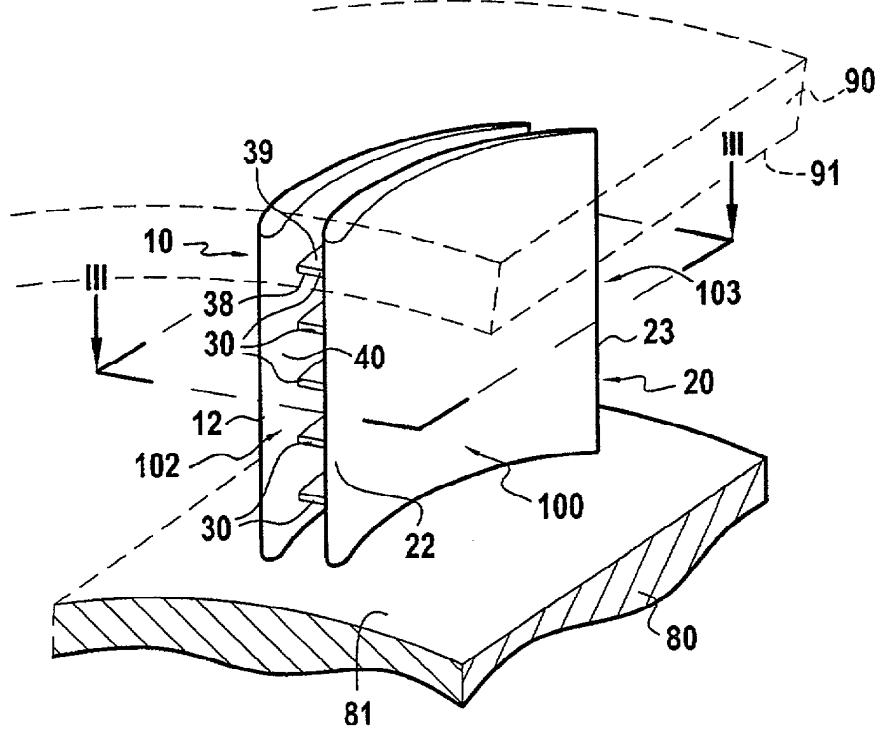
40

45

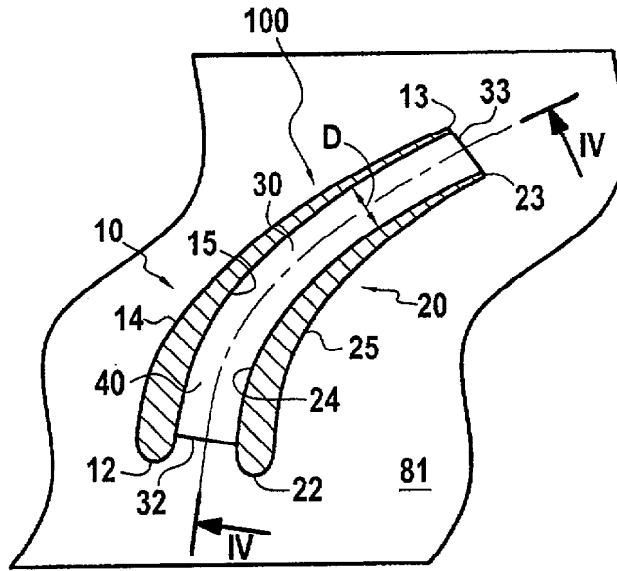
50



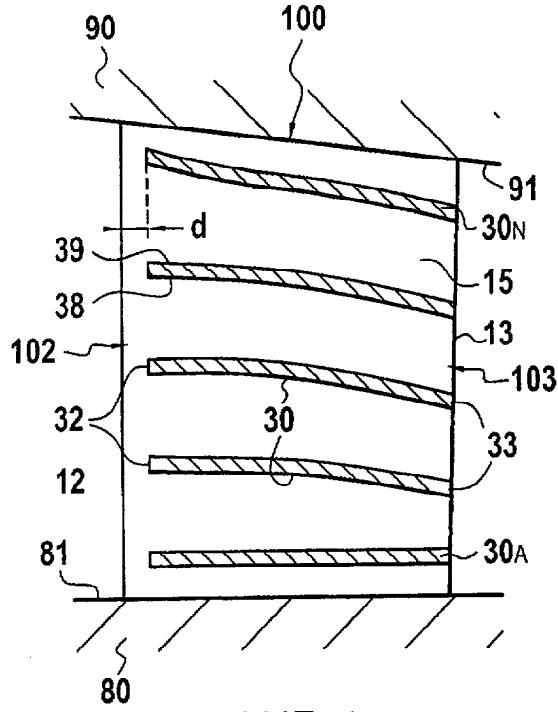
ФИГ. 1



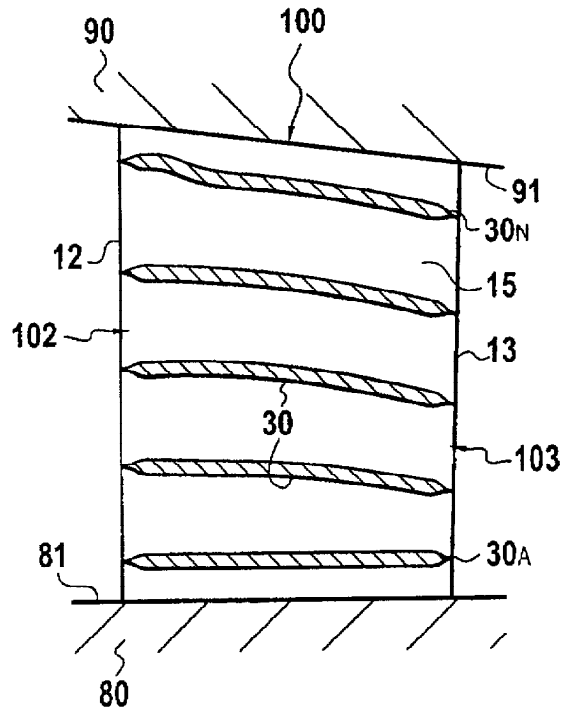
ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5