

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) 125 256 (13) U1(51) МПК
F01D 5/18 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 02.07.2021)
Пошлина: учтена за 10 год с 30.03.2021 по 29.03.2022.(21)(22) Заявка: 2012112109/06, 29.03.2012(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.03.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.03.2012

(45) Опубликовано: 27.02.2013 Бюл. № 6

Адрес для переписки:

125993, Москва, А-80, Волоколамское
шоссе, 4, МАИ, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Матушкин Антон Алексеевич (RU),
Нестеренко Валерий Григорьевич (RU),
Равикович Юрий Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет)" (МАИ) (RU)

(54) ПОЛЯЯ ОХЛАЖДАЕМАЯ ЛОПАТКА РАБОЧЕГО КОЛЕСА ТУРБИНЫ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к газотурбинным двигателям, в частности к полым охлаждаемым лопаткам рабочего колеса газовых турбин, и может найти применение в авиа двигателестроении и других областях техники, где используются газотурбинные двигатели. Полая охлаждаемая лопатка рабочего колеса турбины, содержащая в стенках лопатки каналы для выпуска охладителя на ее наружную вогнутую поверхность,

отличающаяся тем, что на наружной вогнутой поверхности пера лопатки имеется по крайней мере один канал в виде щели, одна из поверхностей которого образует угол с касательной к наружной поверхности пера лопатки в месте их сопряжения от 0 до 9 градусов, эта щель ориентирована радиально, вдоль высоты лопатки, ширина щели Δ находится в диапазоне от 0,3 до 1 мм, относительная длина щели l/Δ не менее 3-х...5-ти, при этом обе поверхности щели между собой связаны перемычками, которые выполнены с наклоном от 0 до 60 градусов по отношению к оси турбины.

Кроме того, образующая, по которой щель пересекается с вогнутой поверхностью лопатки может иметь криволинейную форму, а так же быть выполненной на части высоты вогнутой поверхности пера лопатки, при этом ее протяженность составляет не менее чем $2/3$ от высоты пера лопатки, а расстояние от корня пера лопатки до щели не более $1/6$ части высоты пера лопатки.

Полезная модель относится к газотурбинным двигателям, в частности к полым охлаждаемым лопаткам рабочего колеса газовых турбин, и может найти применение в авиа двигателестроении и других областях техники, где используются газотурбинные двигатели.

Известны методы охлаждения и конструкции лопаток турбин с пленочной (завесной) системой охлаждения, где для создания пленки (завесы) используются щели или последовательность щелей, через которые охладитель выдувается на охлаждаемые профильные поверхности пера лопатки (А.М.Ахмедзянов.

Проектирование авиационных газотурбинных двигателей, Москва, «Машиностроение», 2000, стр.293; Тепловая защита лопаток турбин / Под редакцией Б.М.Галицейского - М.: Изд-во МАИ, 1996, стр.110 и 111). Конструкция с лопатки с выпуском охлаждающего воздуха через щель на спинку лопатки, приведена в патенте

(US 4664597, F01D 5/18, 1987). Однако охладитель выдувается под углом к обтекающему лопатку основному потоку газа, поэтому его эффективность низкая.

Наиболее близкой к заявляемой конструкции является лопатка, в которой внутренняя полость пера соединена с наружной поверхностью лопатки при помощи цилиндрических каналов, оси которых расположены под углом к образующей профиля (US 5271715, F01D 5/18, 1993).

Недостатком известной конструкции, принятой за прототип, является снижение эффективности охлаждения из-за наличия угла между вдуваемым и основным потоками и возникновением отрыва потока охладителя от поверхности лопатки, вследствие чего он интенсивно перемешивается с потоком горячего газа и тем в большей степени, чем больше дальнобойность струи охладителя, которая зависит от диаметра каналов и перепада давлений между охладителем и горячим газом. Дальнобойность струи охладителя уменьшается с уменьшением диаметра отверстия, однако ее минимальный размер определяется возможностями технологии и зависит от вида выбранного технологического процесса: при эрозионном способе образования отверстий их минимальный размер примерно равен 0,3 мм, а при литье 0,5-0,7 мм.

Техническая задача, на решение которой направлено изобретение, заключается в повышении ресурса и надежности рабочих лопаток турбин за счет более эффективного охлаждения вогнутой части пера лопаток, где температура газа значительно выше, чем на выпуклой поверхности профиля. Это позволяет, в частности, снизить температурный градиент между обеими сторонами пера лопатки.

Сущность технического решения заключается в том, что у полый охлаждаемой лопатки рабочего колеса турбины, содержащей в стенках лопатки каналы для выпуска охладителя на ее наружную вогнутую поверхность, согласно предлагаемой полезной модели на наружной вогнутой поверхности пера лопатки имеется по крайней мере один канал в виде щели, одна из поверхностей которого образует угол с касательной к наружной поверхности пера лопатки в месте их сопряжения менее 9 градусов, эта щель ориентирована радиально, вдоль высоты лопатки, ширина щели Δ находится в диапазоне от 0,3 до 1 мм, относительная длина щели $1/\Delta$, где 1 - длина щели, составляет от 3-х до 5-ти, при этом обе поверхности щели между собой связаны перемычками, которые выполнены с наклоном менее 60 градусов по отношению к оси турбины. Кроме того образующие, по которым щель пересекается с вогнутой поверхностью лопатки, имеют криволинейную форму; щели выполнена на части высоты вогнутой поверхности пера лопатки, при этом ее протяженность составляет не менее чем 2/3 от высоты пера лопатки, а расстояние от корня пера лопатки до щели не более 1/6 части высоты пера лопатки

Малый угол отклонения поверхности щели относительно касательной к наружной вогнутой поверхности пера лопатки в месте их сопряжения, составляющий менее 9 градусов, обеспечивает вдув охладителя в пограничный слой лопатки, при минимальном размытии и перемешивании струи охладителя потоком горячего газа. Ширина щели на выходе из лопатки выбирается в диапазоне величин от 0,3 до 1 мм, относительная длина щелевого канала $1/\Delta$ должна составлять от 3...5 для обеспечения максимальной дальнобойности распространения завесы охладителя, поскольку в этом случае выходящая струя охладителя прилегает к корыту пера лопатки и обеспечивает ее наиболее эффективное охлаждение на участке, длина которого зависит от дальнобойности струи. Расположение перемычек под углами ψ менее 60 градусов позволяет регулировать направление выдува охладителя и избегать загромождения канала. Выполнение каналов охлаждения в виде щели позволяет достичь равномерного распределения охладителя по всей высоте щели, тем самым повысить эффективность охлаждения по сравнению с дискретными каналами, расположенными под углом к образующей профиля, где имеет место затекание горячего потока под струи охладителя, а также местные перегревы металла лопатки в местах, где охладитель не подводится.

На фигуре 1 показан вид сбоку на вогнутую поверхность рабочей охлаждаемой лопатки турбины. На фигуре 2 показано сечение А-А фигуры 1, на фигуре 3 показан вариант выполнения щелевого канала, отличающегося его входной частью, специально спроектированного с целью увеличения его относительной длины, на фигуре 4 показан вариант выполнения другого щелевого канала, который имеет криволинейную форму на поверхности вогнутой стороны пера лопатки. На фигуре 5 приведен пример щели не постоянного поперечного сечения, а конфузорной формы. Перемычки, соединяющие прилегающие к щели поверхности лопатки между собой, должны иметь наклон относительно оси двигателя ψ в пределах от 40 до 60 градусов.

Рабочая лопатка 1 состоит из пера 2, ножки 3 и замка 4. Пери 2 включает в себя

входную кромку 5 с множеством цилиндрических отверстий (перфораций) 6, выходную кромку 7, а так же выпуклую поверхность 8 и вогнутую поверхность 9 пера лопатки.

Перо 2 лопатки 1 выполнено с внутренними полостями 10, 11, 12 и 13, в которых установлены наклонные ребра-турбулизаторы 14, повышающие интенсивность охлаждения пера лопатки.

Входная кромка имеет систему охлаждения циклонного типа, с выходом охлаждающего воздуха на спинку профиля. Охлаждающий воздух из полости 11 проходит в полость 10 через дискретные каналы 15 и далее выходит на выпуклую поверхность 8 профильной части пера лопатки 1 через цилиндрические каналы 6.

Из полости 11 через щелевой канал 16 воздух выходит на вогнутую поверхность профиля, касательно к его образующей, и обеспечивает эффективное пленочное (завесное) охлаждение поверхности лопатки, расположенной за выходным сечением щели. В щелевых каналах располагаются перемычки 17, связывающие обе поверхности лопатки, образующие щель, между собой.

За щелевым каналом 16, для выпуска охладителя, располагается щелевой канал 18, обеспечивающие дополнительное пленочное (завесное) охлаждение выходной части вогнутой поверхности лопатки. С этой целью внутри пера лопатки организована дополнительная полость 12, откуда охладитель выходит на выходную часть вогнутой поверхности пера лопатки через щелевой канал 18. Дополнительный щелевой канал 18 выполняется с малым углом выдува охладителя α , не превышающим девяти градусов. Из полости 13 охладитель выходит через щелевой канал 19, расположенный в выходной кромке лопатки, и обеспечивает конвективное охлаждение внутренних поверхностей вогнутой 9, выпуклой поверхности пера 8 и выходной части лопатки 7.

Работает данное устройство следующим образом.

При работе турбины охладитель подводится в полости 11 и 13 разными потоками, причем источник (на чертеже не показан) потоков может быть один или источников может быть много, 2, 3, 4 или т.д., причем часть потоков может иметь отличный от других источник.

Поток охладителя, входящий в полость 11 через ряд каналов 15, поступает в полость 10, после чего струи охладителя выдуваются на выпуклую поверхность профиля 8 через каналы перфорации 6, при этом также охлаждается внутренняя поверхность входной кромки 5 вихревым потоком по циклонной схеме. Одновременно, поток охладителя, поступающий в полость 11, выдувается через щель 16 на вогнутую поверхность профиля 9, касательно к ее образующей, обеспечивая максимальную эффективность завесной пелены по сравнению с выдувом охладителя под углом к основному потоку горячего газа. Часть потока поступает в полость 12 и выдувается через щелевой канал 18, на поверхность выходной части вогнутой поверхности профильной части пера лопатки 9.

Поток охладителя, поступающий в полость 13, выдувается через щелевой канал 19, охлаждая выходную кромку 7.

Таким образом, повышение эффективности пленочного (завесного) охлаждения вогнутой поверхности пера лопатки турбины газотурбинного двигателя, достигается путем проектирования такого щелевого канала, который обеспечивает: непрерывный, а не дискретный выдув охладителя, касательно к образующей профиля пера лопатки, в результате чего имеется минимальное перемешивание вдуваемых струй охладителя с потоком горячего газа;

необходимую дальнобойность струи за счет ширины щели D и ее относительной длины $1/\Delta$, где 1 - длина щели. Все это позволяет выравнивать температурное поле вдоль обводов профиля и снизить величины термических напряжений, вызванных градиентом температур между вогнутой и выпуклой сторонами лопатки.

В том случае, когда выбранная при проектировании толщина стенки профиля лопатки и форма поверхностей, образующих его вогнутую сторону, не обеспечивают проектирование щелевого канала с отношением $1/\Delta$ в диапазоне от 3 до 5, где 1 - длина щели, то требуемый размер относительной длины щелевого канала может быть реализован за счет местного утолщения стенки профиля, как это изображено на фигуре 3.

Суммарный максимальный расход охладителя через лопатку может определяться как суммой площадей каналов на входе в лопатку, так и проходных сечений охлаждаемых каналов на выходе из лопатки, в зависимости от геометрических размеров реальных конструкций хвостовика и профильной части пера лопатки. Ширина щели и количество щелевых каналов дифференцируются в зависимости от требуемой глубины охлаждения, при этом длина, ширина и местоположение щелевого

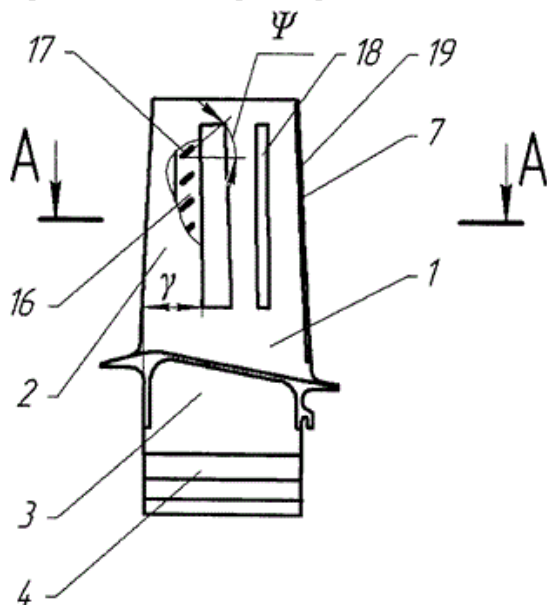
канала на вогнутой поверхности пера определяется распределением температуры газа и протяженностью зоны максимальных температур при имеющейся в данном конкретном случае радиальной неравномерности температурного поля горячего газа на входе в рабочее колесо турбины.

Формула полезной модели

1. Полая охлаждаемая лопатка рабочего колеса турбины, содержащая в стенках лопатки каналы для выпуска охладителя на ее наружную вогнутую поверхность, отличающаяся тем, что на наружной вогнутой поверхности пера лопатки имеется по крайней мере один канал в виде щели, одна из поверхностей которого образует угол с касательной к наружной поверхности пера лопатки в месте их сопряжения меньше 9° , эта щель ориентирована радиально, вдоль высоты лопатки, ширина щели Δ находится в диапазоне от 0,3 до 1 мм, относительная длина щели l/Δ , где l - длина щели, составляет 3-5, при этом обе поверхности щели между собой связаны перемычками, которые выполнены с наклоном менее 60° по отношению к оси турбины.

2. Полая охлаждаемая лопатка рабочего колеса турбины по п.1, отличающаяся тем, что образующие, по которым щель пересекается с вогнутой поверхностью лопатки, имеют криволинейную форму.

3. Полая охлаждаемая лопатка рабочего колеса турбины по п.1 или 2, отличающаяся тем, что щель выполнена на части высоты вогнутой поверхности пера лопатки, при этом ее протяженность составляет не менее чем $2/3$ от высоты пера лопатки, а расстояние от корня пера лопатки до щели не более $1/6$ части высоты пера лопатки.



ФАКСИМИЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Реферат:



Описание:



Рисунки:

