



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

**B29B 11/16 (2019.05)**

(21)(22) Заявка: 2017141278, 26.04.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.04.2016

Дата регистрации:  
27.09.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
29.04.2015 FR 1553851

(43) Дата публикации заявки: 29.05.2019 Бюл. № 16

(45) Опубликовано: 27.09.2019 Бюл. № 27

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 29.11.2017

(86) Заявка РСТ:  
FR 2016/050982 (26.04.2016)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2016/174346 (03.11.2016)

Адрес для переписки:  
109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО  
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):

ДЕ ГАЙАР Тома Ален (FR),  
БЕРДУ Каролин Жаклин Дениз (FR),  
БУАССОН Александр Бернар Мари (FR),  
ЖИМА Метьё Арно (FR)

(73) Патентообладатель(и):

САФРАН ЭРКРАФТ ЭНДЖИНЗ (FR)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 122679 U1, 10.12.2012. RU 2225902  
C1, 20.03.2004. RU 2530378 C2, 10.10.2014. FR  
2953885 A1, 17.06.2011. US 20030056847 A1,  
27.03.2003. US 4686134 A1, 11.08.1987. US  
20100105269 A1, 29.04.2010. US 6446675 B1,  
10.09.2002.

(54) ЛОПАТКА, ОСНАЩЕННАЯ ПОЛКАМИ, ИМЕЮЩИМИ ПОДДЕРЖИВАЮЩИЙ ПОДКОС

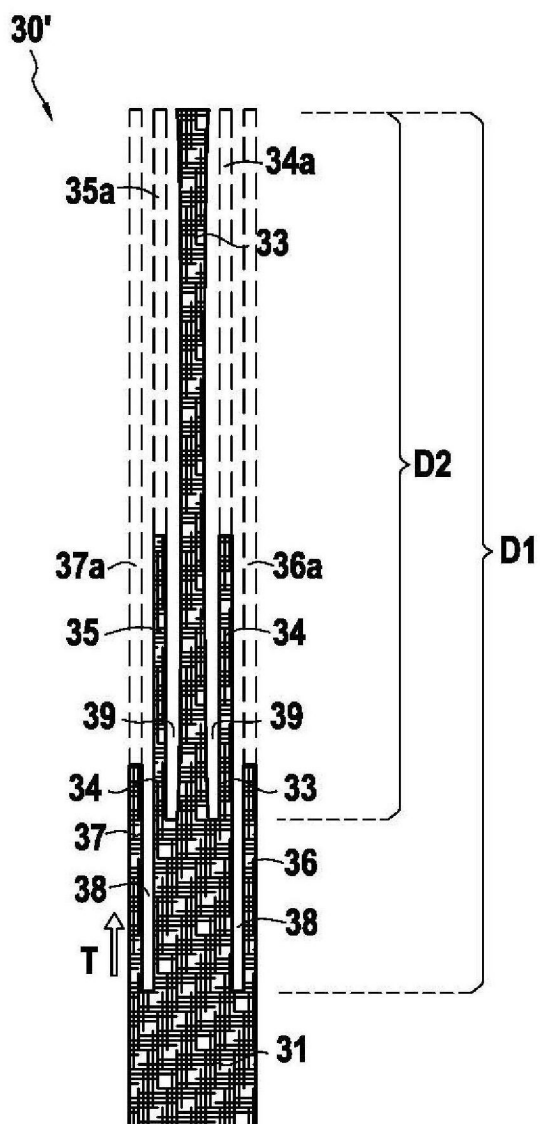
(57) Реферат:

Изобретение относится к заготовке для лопатки газотурбинного двигателя, а также к моноблочной лопатке, которую можно выполнить при помощи такой заготовки, к лопаточному колесу и к газотурбинному двигателю, содержащему такую лопатку. Заготовка лопатки газотурбинного двигателя, полученная посредством трехмерного тканья, содержит первый продольный участок (31), второй продольный участок (32), третий продольный участок (33), первый поперечный участок (34). Первый продольный участок (31) выполнен с возможностью образовать по

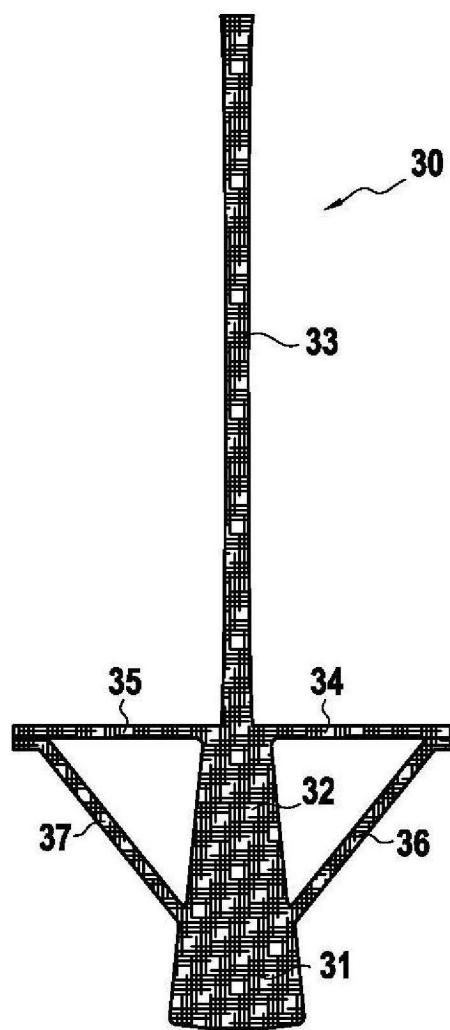
меньшей мере часть хвостовика лопатки. Второй продольный участок (32) продолжает вверх первый продольный участок и выполнен с возможностью образовать по меньшей мере часть ножки. Третий продольный участок (33) продолжает вверх второй продольный участок и выполнен с возможностью образовать перьевую часть. Первый поперечный участок (34) проходит поперечно от соединения между вторым и третьим продольными участками и выполнен с возможностью образовать первую полку. Первый наклонный участок (36) проходит от соединения между первым и вторым продольными участками

до первого поперечного участка и выполнен с возможностью образовывать поддерживающий подкос для первой полки. Изобретение позволяет

повысить жесткость полки и уменьшить ее деформации во время работы. 4 н. и 7 з.п. ф-лы, 7 ил.



ФИГ.5



ФИГ.6



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

**B29B 11/16** (2019.05)(21)(22) Application: **2017141278, 26.04.2016**(24) Effective date for property rights:  
**26.04.2016**Registration date:  
**27.09.2019**

Priority:

(30) Convention priority:  
**29.04.2015 FR 1553851**(43) Application published: **29.05.2019 Bull. № 16**(45) Date of publication: **27.09.2019 Bull. № 27**(85) Commencement of national phase: **29.11.2017**(86) PCT application:  
**FR 2016/050982 (26.04.2016)**(87) PCT publication:  
**WO 2016/174346 (03.11.2016)**Mail address:  
**109012, Moskva, ul. Ilinka, 5/2, OOO "Soyuzpatent"**

(72) Inventor(s):

**DE GAJAR Toma Alen (FR),  
BERDU Karolin Zhaklin Deniz (FR),  
BUASSON Aleksandr Bernar Mari (FR),  
ZHIMA Mete Arno (FR)**

(73) Proprietor(s):

**SAFRAN ERKRAFT ENDZHINZ (FR)**(54) **BLADE EQUIPPED WITH SHELVES, HAVING SUPPORTING LEG**

(57) Abstract:

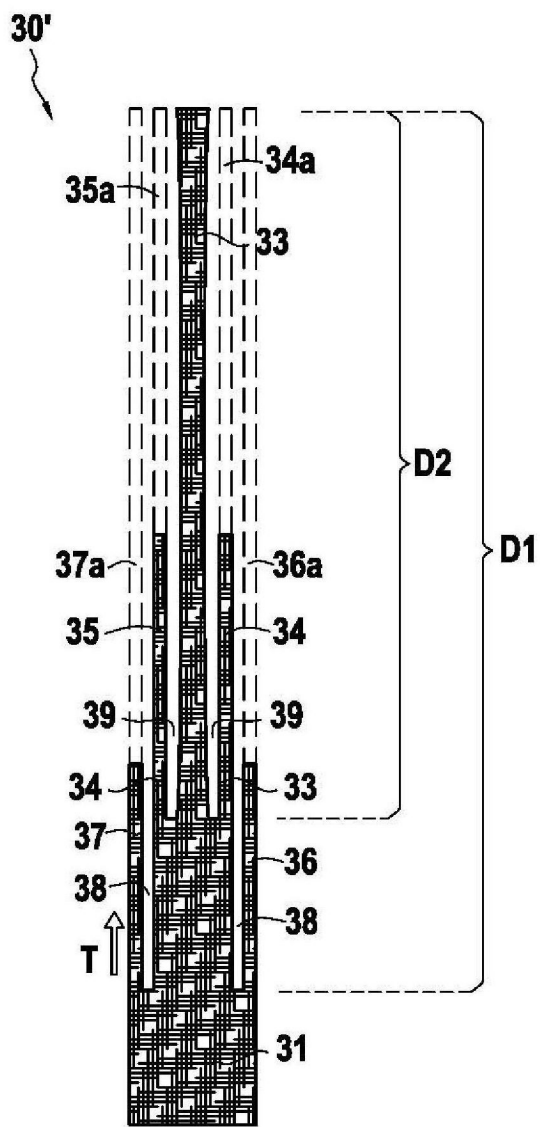
FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention relates to a workpiece for a gas turbine engine blade, as well as to a single-piece blade, which can be made using such a workpiece, to a blade wheel and to a gas turbine engine containing such a blade. Proposed blank of gas turbine engine comprises first lengthwise section (31), second lengthwise section (32), third lengthwise section (33) and first crosswise section (34). First longitudinal section (31) is configured to form at least a portion of the shank of the blade. Second longitudinal section (32) continues upward the first longitudinal section and is configured to form at least part of leg. Third longitudinal section (33) continues upwards the second

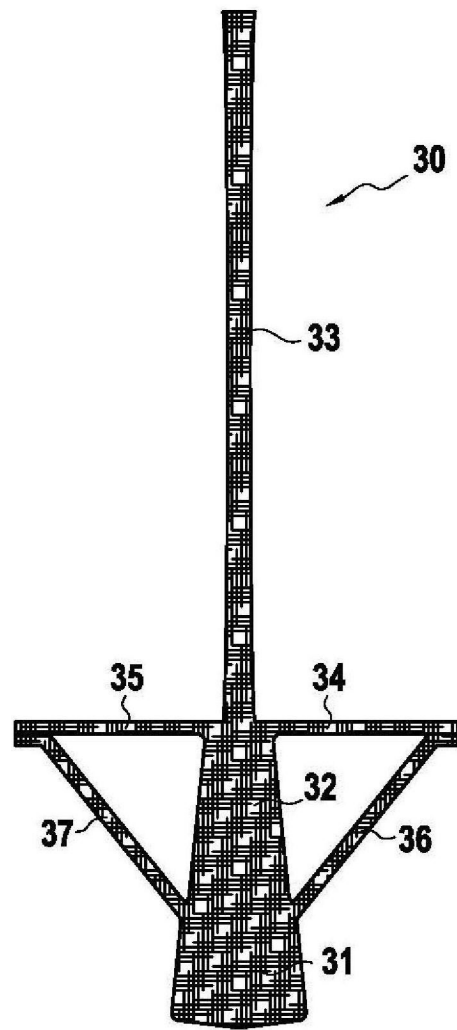
longitudinal section and is made with possibility to form the feather part. First cross-section (34) extends transversely from the connection between the second and third longitudinal sections and is configured to form a first flange. First inclined section (36) passes from the connection between the first and the second longitudinal sections to the first cross-section and is made with possibility to form a supporting strut for the first shelf.

EFFECT: invention makes it possible to increase flange rigidity and to reduce its deformation during operation.

11 cl, 7 dwg



ФИГ.5



ФИГ.6

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к заготовке для лопатки газотурбинного двигателя, а также к моноблочной лопатке, которую можно выполнить при помощи такой заготовки, к лопаточному колесу и к газотурбинному двигателю, содержащим такую лопатку.

5 Такую заготовку можно использовать для выполнения лопаток, содержащих аэродинамические полки, оснащенные поддерживающими подкосами. Такие лопатки могут быть, в частности, лопатками вентилятора авиационного турбореактивного двигателя, хотя это является всего лишь одним из примеров.

Уровень техники

10 Для уменьшения массы авиационных турбореактивных двигателей и, следовательно, для снижения расхода топлива этих турбореактивных двигателей, как известно, некоторые лопатки двигателя изготавливают из композиционного материала, который является намного более легким, чем традиционно используемый до настоящего времени металл.

15 Для этого, как известно, в настоящее время применяют технологии трехмерного тканья с целью получения волокнистых заготовок и, в конечном счете, композитных лопаток очень высокого качества. В частности, в документе WO 2014/076408 описан способ тканья волокнистой заготовки, позволяющий получать моноблочные лопатки, имеющие полки корытца и спинки, причем эти полки имеют постоянную толщину.

20 Однако эти полки должны отвечать многим требованиям и обеспечивать многочисленные функции. В основном такие полки должны обеспечивать аэродинамическую функцию для образования проточного тракта и направления воздушного потока в турбореактивном двигателе. Вместе с тем, они должны также обеспечивать механическую прочность, гарантированную для всех фаз полета, а также  
25 логичное интегрирование в окружающую среду двигателя, в частности, избегая возмущений воздушного потока на выходе. Следовательно, необходимо очень точно контролировать геометрию площадок, причем в течение всей работы двигателя и независимо от фазы полета.

В ходе испытаний и моделирования на таких лопатках авторы изобретения  
30 установили, что различные зоны этих площадок, полученных посредством трехмерного тканья, деформируются более или менее значительно под влиянием центробежных усилий, действующих во время работы газотурбинного двигателя. Авторы изобретения заметили, в частности, что деформация зоны полки тем больше, чем дальше эта зона вынесена относительно пера.

35 Во время работы эти полки имеют неровности формы, которые могут нарушать воздушный поток и, следовательно, влиять на КПД двигателя. Кроме того, авторы изобретения отметили, что прогиб зависит, кроме всего прочего, от длины консольной части. Таким образом, поскольку консольность различается между полками спинки и корытца двух последовательных лопаток, происходит нарушение непрерывности  
40 прогиба в этом граничном месте и появляется риск перекрывания площадок.

Таким образом, существует реальная потребность в волокнистой заготовке, лопатке, лопаточном колесе и газотурбинном двигателе, не имеющих вышеупомянутых недостатков известных систем.

Раскрытие сущности изобретения

45 Объектом изобретения является заготовка лопатки газотурбинного двигателя, полученная посредством трехмерного тканья, содержащая первый продольный участок, выполненный с возможностью образовать по меньшей мере часть хвостовика лопатки, второй продольный участок, продолжающий вверх первый продольный участок и

выполненный с возможностью образовать по меньшей мере часть ножки, третий продольный участок, продолжающий вверх второй продольный участок и выполненный с возможностью образовать перьевую часть, первый поперечный участок, проходящий поперечно от соединения между вторым и третьим продольными участками и  
 5 выполненный с возможностью образовать первую полку, и первый наклонный участок, проходящий от соединения между первым и вторым продольными участками до первого поперечного участка и выполненный с возможностью образовать поддерживающий подкос для первой полки.

Благодаря такой заготовке, можно получить моноблочную лопатку, содержащую  
 10 хвостовик лопатки, ножку, перьевую часть и по меньшей мере одну полку, оснащенную поддерживающим подкосом, позволяющим удерживать полку с преодолением центробежной силы во время работы газотурбинного двигателя. Это позволяет повысить жесткость полки и уменьшить ее деформации во время работы.

Действительно, центробежные усилия, действующие на полку, воспринимаются  
 15 поддерживающим подкосом и передаются на хвостовик или на ножку лопатки, которые являются конструктивными частями лопатки. При этом во время работы полка сохраняет относительно стабильный профиль, не мешающий или лишь в незначительной степени мешающий прохождению воздушного потока.

Благодаря этой заготовке, можно использовать преимущества моноблочной лопатки,  
 20 выполненной посредством трехмерного тканья (выигрыш в массе; уменьшение числа деталей; упрощение монтажа и обслуживания и т.д.), одновременно обеспечивая аэродинамическую стабильность воздушного потока.

Кроме того, эта конфигурация позволяет также уменьшить нарушение непрерывности, обычно отмечаемое во время работы на границе раздела между соседними полками.

Кроме того, поддерживающий подкос позволяет также уменьшить риск перекрытия  
 25 полки соседней полкой, например, в случае попадания в двигатель птицы.

В настоящем описании термины «продольный», «поперечный», «нижний», «верхний» и производные от них термины определены относительно главного направления рассматриваемой лопатки, при этом хвостовик лопатки находится с нижней стороны  
 30 лопатки в соответствии с такой системой отсчета; термины «ближний», «дальний» и производные от них термины определены относительно пера лопатки; термины «осевой», «радиальный», «тангенциальный» и производные от них термины определены относительно главной оси колеса, содержащего эти лопатки, то есть, как правило, оси газотурбинного двигателя. Под «осевой плоскостью» следует понимать плоскость,  
 35 проходящую через главную ось газотурбинного двигателя, а под «радиальной плоскостью» - плоскость, перпендикулярную к этой главной оси; под «продольной плоскостью» следует понимать плоскость, параллельную главному направлению лопатки и перпендикулярную к направлению расширения хвостовика лопатки: следовательно, такая продольная плоскость является радиальной плоскостью в системе  
 40 координат газотурбинного двигателя. Кроме того, термины «вход» и «выход» определены относительно прохождения воздуха в газотурбинном двигателе.

Наконец, под «трехмерным тканьем» следует понимать технологию тканья, при которой нити утка проходят внутри матрицы нитей основы, образуя трехмерную сетку нитей с трехмерным переплетением: все слои нитей такой волокнистой структуры  
 45 выполняют на одном этапе тканья внутри трехмерного ткацкого станка.

В некоторых вариантах осуществления первый наклонный участок является сплошным от входного конца до выходного конца полки. Таким образом, полка поддерживается по всей своей длине, что позволяет более эффективно уменьшить ее

деформации.

В других вариантах осуществления первый наклонный участок содержит несколько лапок, распределенных от входа к выходу. Эта конфигурация позволяет уменьшить массу заготовки и, следовательно, конечной лопатки. Она облегчает также извлечение лопатки из пресс-формы после затвердевания заготовки.

В некоторых вариантах осуществления дальний конец первого наклонного участка проходит вдоль дальнего конца первого поперечного участка. Таким образом, центробежные усилия воспринимаются на уровне полки, где они являются самыми значительными, то есть где полка имеет наибольший вынос относительно перьевой части.

В некоторых вариантах осуществления дальний конец первого наклонного участка связан с первым поперечным участком. Это облегчает придание формы заготовке с целью ее затвердевания, чтобы получить конечную лопатку, в которой полка и поддерживающий подкос неподвижно соединены между собой. Это крепление можно осуществить при помощи любого средства крепления, например, сшивания, склеивания, заклепок или скрепок.

В некоторых вариантах осуществления первый наклонный участок является по существу плоским. Это облегчает передачу усилий до хвостовика или до ножки лопатки.

В некоторых вариантах осуществления первый продольный участок имеет по существу постоянную длину от входного конца до выходного конца заготовки. Это облегчает выполнение пропуска переплетения для разделения второго продольного участка и первого наклонного участка.

В некоторых вариантах осуществления длина второго продольного участка увеличивается от входного конца заготовки до ее выходного конца. Это представляет особый интерес в случае лопатки вентилятора для обеспечения непрерывности проточного воздушного тракта между входной обечайкой небольшого диаметра и выходным барабаном большего диаметра.

В некоторых вариантах осуществления волокнистая заготовка содержит второй поперечный участок, проходящий поперечно от соединения между вторым и третьим продольными участками в продолжении и противоположно первому поперечному участку и выполненный с возможностью образовать вторую полку, и заготовка дополнительно содержит второй наклонный участок, проходящий от соединения между первым и вторым продольными участками до второго поперечного участка и выполненный с возможностью образовать поддерживающий подкос для второй полки.

Понятно, что все отличительные признаки, упомянутые выше для первого поперечного участка и для первого наклонного участка, можно транспонировать на второй поперечный участок и на второй наклонный участок.

В других вариантах осуществления волокнистая заготовка содержит только один поперечный участок и только один наклонный участок. В этом случае конечная лопатка имеет единственную полку, проходящую до соседней лопатки, что улучшает равномерность воздушного потока между двумя соседними лопатками. В этом случае предпочтительно полка находится со стороны спинки: это облегчает придание формы и затем извлечение лопатки из пресс-формы после затвердевания заготовки.

В некоторых вариантах осуществления заготовка содержит переходный элемент на уровне соединения между вторым и третьим продольными участками на ее поверхности, противоположной первому поперечному элементу. Этот переходный элемент обеспечивает взаимодействие с соответствующей полкой соседней лопатки. В зависимости от своей конфигурации он может защищать лопатку, полученную из этой

заготовки, в случае столкновения с соседней лопаткой, например, при попадании птицы в двигатель, и/или может блокировать положение полки соседней лопатки в противодействие центробежным силам.

В некоторых вариантах осуществления переходный элемент представляет собой присоединяемую металлическую полосу. Эту полосу можно, например, закрепить на заготовке перед этапом совместного литья.

В некоторых вариантах осуществления переходный элемент представляет собой тканую полосу, проходящую от соединения между вторым и третьим продольными участками.

В некоторых вариантах осуществления нити, используемые для тканья заготовки, являются углеродными нитями. Вместе с тем, речь может идти о любом другом типе нитей, например, о стекловолокнах или о кевларе.

В некоторых вариантах осуществления переплетение, применяемое для трехмерного тканья заготовки, является переплетением типа интерлок 3D. Вместе с тем, тканье наружных поверхностей заготовки может быть в основном двухмерным, например, типа сатина.

Объектом настоящего изобретения является также лопатка для газотурбинного двигателя, содержащая хвостовик лопатки, ножку, проходящую вверх от хвостовика лопатки, перьевую часть, проходящую вверх от ножки, полку, проходящую поперечно к перьевой части на уровне соединения между ножкой и перьевой частью, и поддерживающий подкос, проходящий между хвостовиком или ножкой, с одной стороны, и полкой, с другой стороны.

Понятно, что эта лопатка соответствует тому, что можно получить при помощи описанной выше заготовки. Вместе с тем, такую лопатку можно также получить при помощи другого способа и выполнить из другого материала: например, такую лопатку можно выполнить, например, из металла при помощи соответствующего способа литья. В любом случае все описанные выше отличительные признаки и преимущества напрямую относятся к этой лопатке, какой бы ни была технология ее получения.

В некоторых вариантах осуществления лопатка выполнена моноблочной из композиционного материала при помощи волокнистой заготовки согласно любому из вышеуказанных вариантов осуществления, при этом указанной заготовке придана форма в пресс-форме, и она погружена в матрицу.

В некоторых вариантах осуществления матрица является органической. В частности, речь может идти об эпоксидной смоле.

Объектом настоящего изобретения является также лопаточное колесо для газотурбинного двигателя, содержащее множество лопаток согласно любому из предыдущих вариантов осуществления.

Речь может идти о колесе ротора, таком как вентилятор, в котором лопатки расположены в угловом направлении вокруг вращающейся ступицы, или о колесе статора, в котором лопатки расположены в угловом направлении внутри неподвижной обечайки.

Объектом настоящего изобретения является также газотурбинный двигатель, содержащий по меньшей мере одну лопатку или одно лопаточное колесо согласно любому из предыдущих вариантов осуществления.

Вышеуказанные, а также описанные ниже отличительные признаки и преимущества будут более очевидны из нижеследующего подробного описания примеров осуществления предложенных заготовки, лопатки, лопаточного колеса и газотурбинного двигателя. Это подробное описание представлено со ссылками на прилагаемые чертежи.

### Краткое описание чертежей

Прилагаемые чертежи являются схематичными и призваны иллюстрировать принципы изобретения. На этих чертежах от одной фигуры к другой идентичные элементы (или части элемента) имеют одинаковые обозначения. Кроме того, элементы (или части элемента), принадлежащие к разным примерам осуществления, но имеющие аналогичную функцию, обозначены на фигурах цифровыми позициями, увеличенными на 100, 200, и т.д.

На фиг. 1 показан заявленный газотурбинный двигатель в плоскости осевого разреза; на фиг. 2 схематично показана часть заявленного лопаточного колеса, вид в

10 радиальном разрезе;

на фиг. 3 показана часть лопатки согласно примеру осуществления, вид в перспективе;

на фиг. 4 показана часть лопатки, изображенной на фиг. 3, вид в перспективе под другим углом;

на фиг. 5 схематично показана заготовка, соответствующая этому примеру лопатки, перед приданием ей формы;

на фиг. 6 схематично показана заготовка, соответствующая этому примеру лопатки, после придания ей формы;

на фиг. 7А схематично показан второй пример заготовки перед приданием ей формы;

на фиг. 7В схематично показана заготовка согласно этому второму примеру после придания ей формы.

### Осуществление изобретения

Для более конкретного описания изобретения ниже со ссылками на прилагаемые чертежи детально представлены примеры его осуществления. Вместе с тем, необходимо напомнить, что изобретение не ограничивается этими примерами.

25 На фиг. 1 представлен вид в разрезе по вертикальной плоскости, проходящей через главную ось А, заявленного двухконтурного турбореактивного двигателя 1. От входа к выходу по направлению прохождения воздушного потока он содержит вентилятор 2, компрессор 3 низкого давления, компрессор 4 высокого давления, камеру 5 сгорания, турбину 6 высокого давления и турбину 7 низкого давления.

30 Как показано на фиг. 2, вентилятор 2 оснащен множеством лопаток 10 вентилятора, установленных в угловом направлении вокруг оси А на диске 11, установленном на валу низкого давления газотурбинного двигателя 1.

Такая лопатка вентилятора показана на фиг. 3 и 4. Она содержит хвостовик 21 лопатки типа «ласточкин хвост», выполненный с возможностью захождения в паз 12 диска 11 для своего крепления на диске 11. Этот хвостовик 21 лопатки продолжен вверх ножкой 22, затем пером 23, имеющим поверхность 23е спинки и поверхность 23i корытца, каждая из которых расположена от входа к выходу между передней кромкой 23а и задней кромкой 23f.

Кроме того, лопатка 10 содержит полку 24 спинки, расположенную поперечно со стороны спинки лопатки, начиная от соединения между ножкой 22 и пером 23, и полку 25 корытца, расположенную поперечно со стороны корытца лопатки, начиная от соединения между ножкой 22 и пером 23.

45 Лопатка 10 дополнительно содержит поддерживающий подкос 26 спинки, проходящий от соединения между хвостовиком 21 лопатки и ножкой 22 до дальнего конца полки 24 спинки, и, аналогично, поддерживающий подкос 27 корытца, проходящий от соединения между хвостовиком 21 лопатки и ножкой 22 до дальнего конца полки 25 корытца. Таким образом, с каждой стороны лопатки 10 каждая полка 24, 25 образует вместе с поддерживающим подкосом 26, 27 и ножкой 22 полый кессон 29, имеющий по

существу треугольный профиль.

Как показано на фиг. 3 и 4, зона соединения между хвостовиком 21 лопатки и ножкой 22 находится по существу на постоянной высоте вдоль всей лопатки 10 от входа к выходу. С другой стороны, высота ножки 22 увеличивается от входа к выходу таким образом, что кессоны 29 имеют форму воронки, открывающейся в сторону выхода лопатки 10.

В этом примере лопатка 10 выполнена моноблочно посредством трехмерного тканья волокнистой заготовки 30, придания формы этой заготовке 30 и нагнетания органической смолы в соответствии с процессом RTM ("resin transfer molding"-литье смолы под давлением), известным специалисту в данной области.

На фиг. 5 показана полученная посредством трехмерного тканья первичная заготовка 30' этой заготовки 30, позволяющая реализовать этот пример лопатки 10. На фиг. 6 показана конечная заготовка 30 после обрезания и придания формы этой первичной заготовке 30'. Эта первичная заготовка 30' будет описана снизу вверх, то есть от входа к выходу в направлении T тканья. Вместе с тем, понятно, что тканье можно осуществлять, начиная от другого конца и в другом направлении.

В этом примере осуществления заготовка 30 выткана посредством трехмерного тканья из углеродных волокон в соответствии с переплетением интерлок 3D. При этом только поверхности заготовки 30 выполнены посредством двухмерного тканья в соответствии с переплетением типа сатина.

На нижнем конце тканье начинается с выполнения первого продольного участка 31, который в дальнейшем образует хвостовик 21 лопатки 10.

Над этим первым продольным участком 31 начинается первая зона D1 пропуска переплетения, в которой выполняют нижнюю свободную стенку 36а, второй продольный участок 32 и вторую свободную стенку 37а посредством трехмерного тканья с пропуском переплетения совместно с плоскостями 38 пропуска переплетения. Методы тканья, обеспечивающие такой пропуск переплетения, хорошо известны в области трехмерного тканья. Предпочтительно эти первая и вторая свободные стенки имеют толщину двух или трех слоев нитей, то есть толщину примерно 2 или 3 мм. Эта первая зона пропуска переплетения может начинаться на любой высоте будущей ножки.

Над вторым продольным участком 32 начинается вторая зона D2 пропуска переплетения, в которое выполняют продолжение первой свободной стенки 36а, третью свободную стенку 34а, третий продольный участок 33, четвертую свободную стенку 35а и продолжение второй свободной стенки 37а посредством трехмерного тканья с пропуском переплетения совместно с двумя новыми плоскостями 39 пропуска переплетения, которые добавляются к первым плоскостям 38 пропуска переплетения, тканье которых продолжается дальше.

После завершения тканья третью и четвертую свободные стенки 34а и 35а обрезают, чтобы получить первый поперечный участок 34, который образует в дальнейшем полку 24 спинки лопатки 10, и второй поперечный участок 35, который образует в дальнейшем полку 25 корытца лопатки 10.

Первую и вторую свободные стенки 36а и 37а тоже обрезают, чтобы получить первый наклонный участок 36, который образует в дальнейшем поддерживающий подкос 26 спинки лопатки 10, и второй наклонный участок 37, который образует в дальнейшем поддерживающий подкос 27 лопатки.

Следует отметить, что в данном случае определения «наклонный», «поперечный» и «продольный» приведены в зависимости от конечного положения рассматриваемого участка заготовки 30, при этом тканье поперечных и наклонных участков обязательно

производят в продольном направлении, после чего их сгибают соответственно в поперечном и наклонном направлениях.

Затем первичную заготовку 30' можно увлажнить для ее размягчения и для более легкого разделения волокон. После этого первичную заготовку 30' помещают в формовочную пресс-форму, внутреннее пространство которой соответствует требуемой для заготовки 30 геометрии.

После этого заготовку 30 сушат, чтобы она затвердела, что позволяет зафиксировать геометрию, заданную во время формовки. Как показано на фиг. 6, дальний конец каждого наклонного участка 36, 37 проходит вдоль дальнего конца соответствующего поперечного участка 34, 35. Концы этих участков можно сшить для их прочного соединения.

Наконец, заготовку 30 помещают в пресс-форму для литья под давлением, размеры которой соответствуют размерам конечной лопатки 10. Кроме того, в кессоны, образованные поперечными 34, 35 и наклонными 36, 37 участками помещают вставки, чтобы сохранить форму этих участков и помещать матрицу заполнять внутренний объем этих кессонов. Затем нагнетают матрицу, в данном случае эпоксидную смолу. Такое нагнетание можно, например, производить в рамках известного процесса RTM ("resin transfer molding"). После затвердевания из кессонов 29 удаляют вставки и получают необходимую лопатку 10.

Естественно, описанный выше пример является лишь одним примером среди многих других возможных примеров, которые специалист в данной области может легко определить. В частности, можно предусмотреть другие пропуски переплетения или применять другие технологии тканья, такие как перекрещивание слоев, выходы слоев или переходы толщины, чтобы получить аналогичную геометрию заготовки. В частности, специалист в данной области может найти многочисленные примеры тканья в документе WO 2014/076408.

В частности, в варианте осуществления первую и вторую свободные стенки 36а и 37а обрезают в определенных местах до зоны соединения между первым и вторым продольными участками. В этом случае полученные наклонные участки 36, 37 по сути образованы множеством отстоящих друг от друга лапок.

На фиг. 7А и 7В показан второй пример заготовки 130. В этом втором примере заготовка 130 содержит только один поперечный участок 134 и только один наклонный участок 136, предусмотренные со стороны спинки. Таким образом, лопатка, полученная из такой заготовки 130, имеет только одну полку, предусмотренную на ее стороне спинки. Эта полка и ее поддерживающий подкос являются в этом случае более длинными, чтобы заполнить любое пространство, разделяющее две последовательные лопатки внутри вентилятора.

Таким образом, метод тканья первичной заготовки 130' этой заготовки 130 является аналогичным методу тканья из первого примера, за исключением того, что только первую и третью свободные стенки 136а, 134а выполняют посредством тканья с пропуском переплетения вместе с продольными участками 132 и 133 первичной заготовки 130'. Кроме того, эти свободные стенки 134а и 136а обрезают на большей высоте, чтобы поперечный 134 и наклонный 136 участки имели более значительную длину.

Кроме того, в этом втором примере вдоль всей заготовки 130 крепят металлическую полосу 141 на уровне соединения между вторым и третьим продольными участками 132, 133 на стороне, противоположной поперечному участку 134. Во время нагнетания матрицы эта металлическая полоса 141 оказывается заключенной в поверхность лопатки

и образует, таким образом, переходный элемент, выполненный с возможностью взаимодействия с дальним концом полки соседней лопатки.

Описанные в настоящей заявке варианты или примеры осуществления представлены в качестве иллюстрации и не являются ограничивающими, и на основании этой заявки специалист в данной области может легко изменять эти варианты или примеры осуществления или предусмотреть другие варианты или примеры, не выходя при этом за рамки объема изобретения.

Кроме того, различные отличительные признаки этих вариантов или примеров осуществления можно использовать отдельно или в комбинации. Если эти отличительные признаки комбинируют, их комбинации могут соответствовать описанным выше или другим, поскольку изобретение не ограничивается конкретными комбинациями, описанными в настоящей заявке. В частности, если только не указано иное, отличительный признак, описанный в связи с одним вариантом или примером осуществления, можно аналогично применить для другого варианта или примера осуществления.

#### (57) Формула изобретения

1. Заготовка лопатки газотурбинного двигателя, полученная посредством трехмерного тканья и содержащая:

первый продольный участок (31), выполненный с возможностью образовать по меньшей мере часть хвостовика (21) лопатки,

второй продольный участок (32), продолжающий вверх первый продольный участок (31) и выполненный с возможностью образовать по меньшей мере часть ножки (22),

третий продольный участок (33), продолжающий вверх второй продольный участок (32) и выполненный с возможностью образовать перьевую часть (23),

первый поперечный участок (34), проходящий поперечно от соединения между вторым и третьим продольными участками (32, 33) и выполненный с возможностью образовать первую полку (24), и

первый наклонный участок (36), проходящий от соединения между первым и вторым продольными участками (31, 32) до первого поперечного участка (34) и выполненный с возможностью образовать поддерживающий подкос (26) для первой полки (24).

2. Заготовка по п. 1, в которой дальний конец первого наклонного участка (36) проходит вдоль дальнего конца первого поперечного участка (34).

3. Заготовка по п. 1 или 2, в которой дальний конец первого наклонного участка (36) связан с первым поперечным участком (34).

4. Заготовка по любому из пп. 1-3, в которой первый продольный участок (31) имеет, по существу, постоянную длину от входного конца до выходного конца заготовки (30), при этом длина второго продольного участка (32) увеличивается от входного конца заготовки до ее выходного конца.

5. Заготовка по любому из пп. 1-4, содержащая:

второй поперечный участок (35), проходящий поперечно от соединения между вторым и третьим продольными участками (32, 33) в продолжении и противоположно первому поперечному участку (34) и выполненный с возможностью образовать вторую полку (25), и

второй наклонный участок (37), проходящий от соединения между первым и вторым продольными участками (31, 32) до второго поперечного участка (35) и выполненный с возможностью образовать поддерживающий подкос (27) для второй полки (25).

6. Заготовка по любому из пп. 1-4, содержащая переходный элемент (141) на уровне

соединения между вторым и третьим продольными участками (132, 133) на ее поверхности, противоположной первому поперечному участку (134).

7. Заготовка по п. 6, в которой переходный элемент представляет собой присоединяемую металлическую полосу (141).

5 8. Лопатка для газотурбинного двигателя, содержащая:  
хвостовик (21) лопатки,  
ножку (22), проходящую вверх от хвостовика (21) лопатки,  
перьевую часть (23), проходящую вверх от ножки (22),  
полку (24), проходящую поперечно к перьевой части (23) на уровне соединения между  
10 ножкой (22) и перьевой частью (23), и  
поддерживающий подкос (26), проходящий между хвостовиком (21) или ножкой (22)  
с одной стороны и полкой (24) с другой стороны.

9. Лопатка по п. 8, выполненная моноблочной из композиционного материала из  
заготовки (30) согласно любому из пп. 1-7, при этом указанной заготовке (30) была  
15 придана форма в пресс-форме, и она была погружена в матрицу, которая  
предпочтительно является органической.

10. Лопаточное колесо газотурбинного двигателя, содержащее множество лопаток  
(10) по п. 8 или 9.

11. Газотурбинный двигатель, содержащий по меньшей мере одну лопатку (10) по  
20 одному из пп. 8 или 9 или одно лопаточное колесо (2) по п. 10.

25

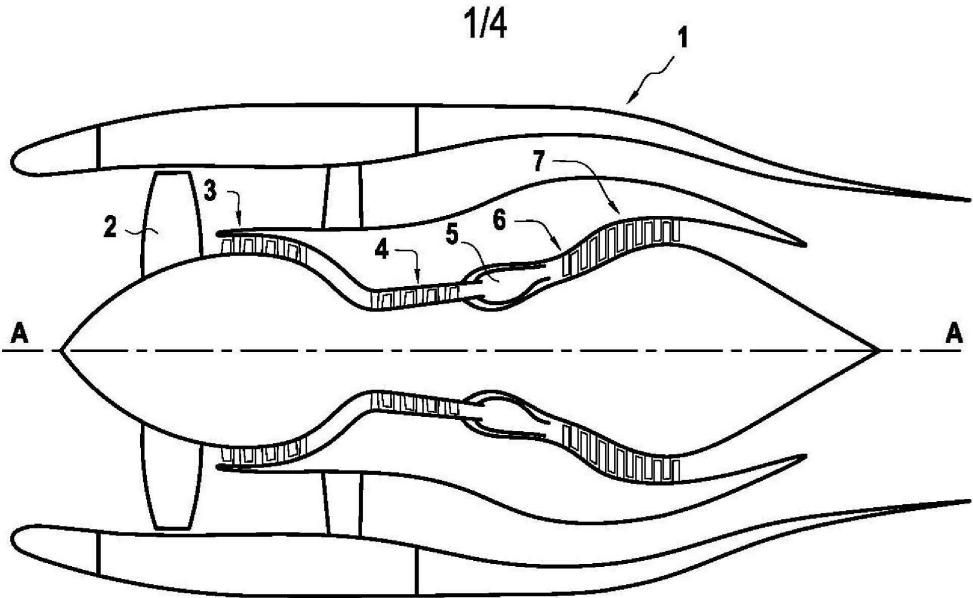
30

35

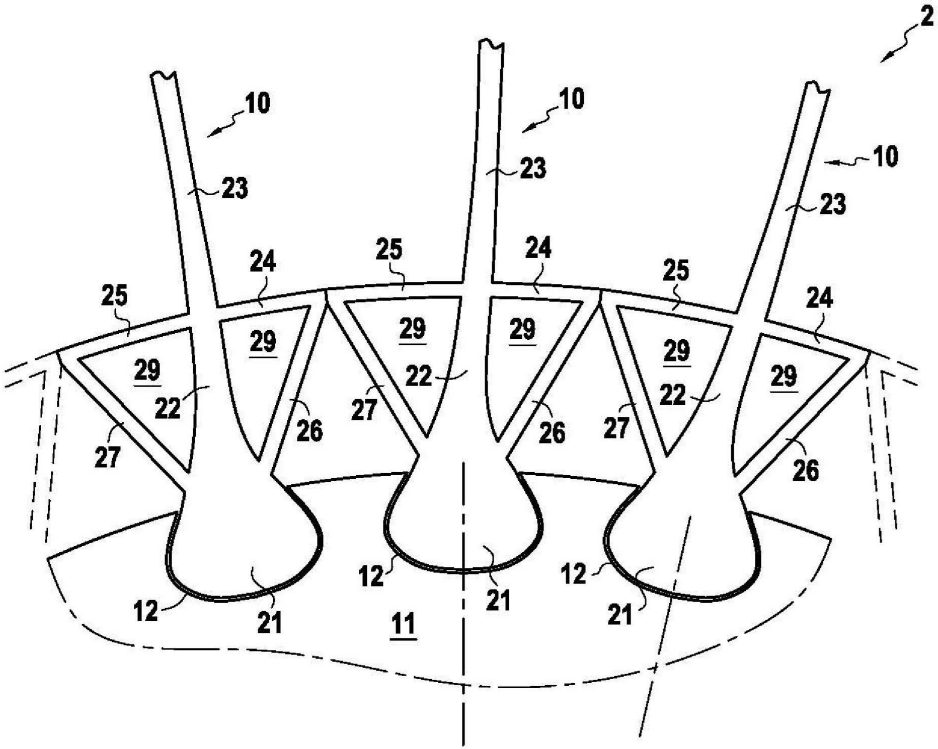
40

45

1



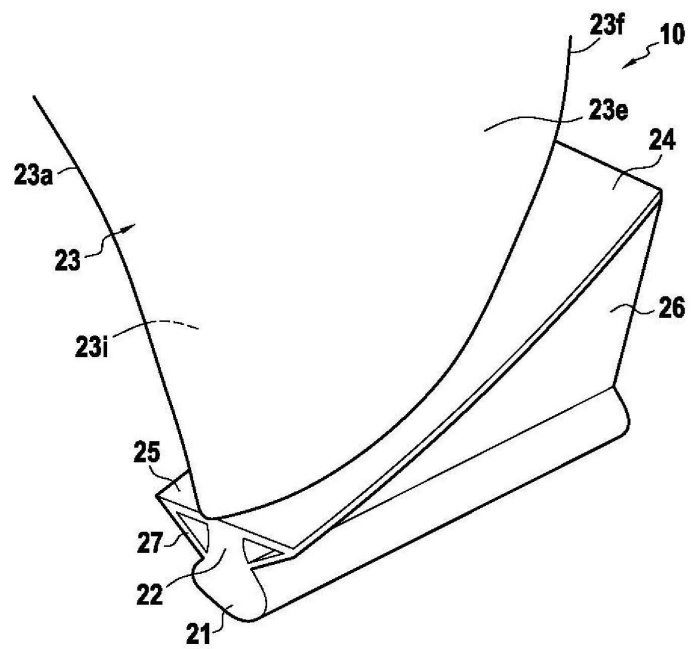
ФИГ.1



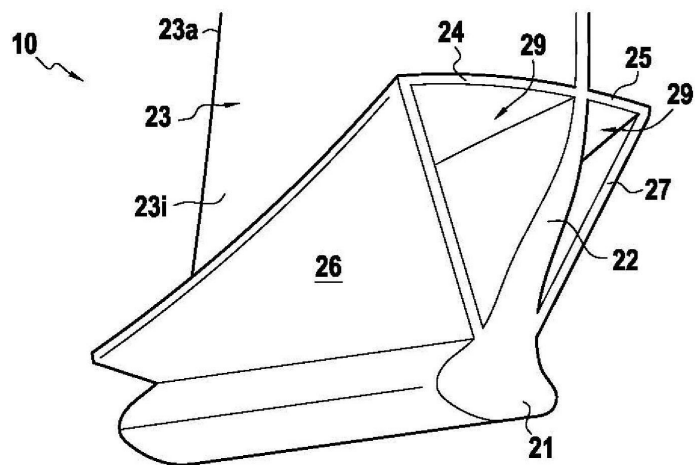
ФИГ.2

2

2/4

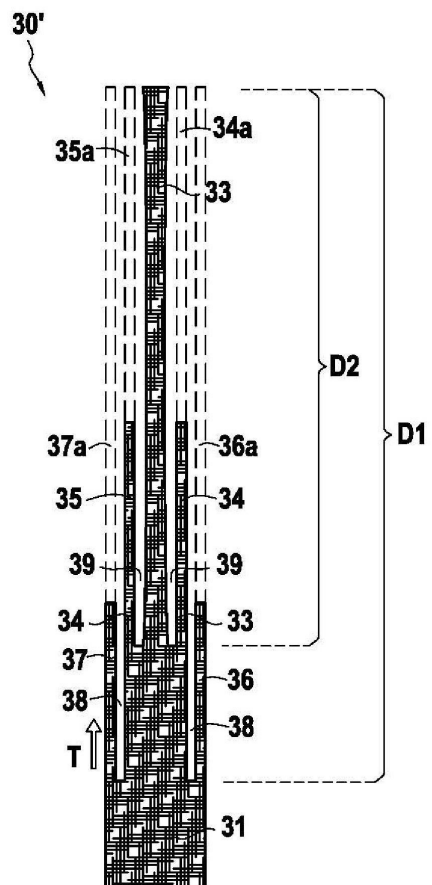


ФИГ.3

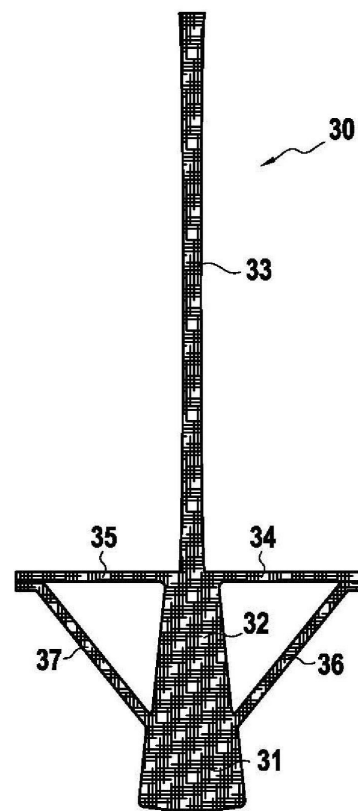


ФИГ.4

3/4

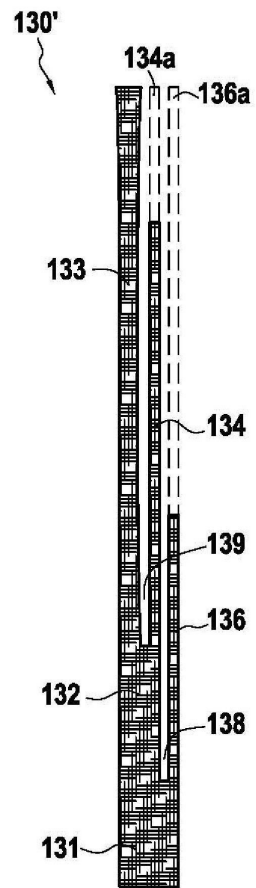


ФИГ.5

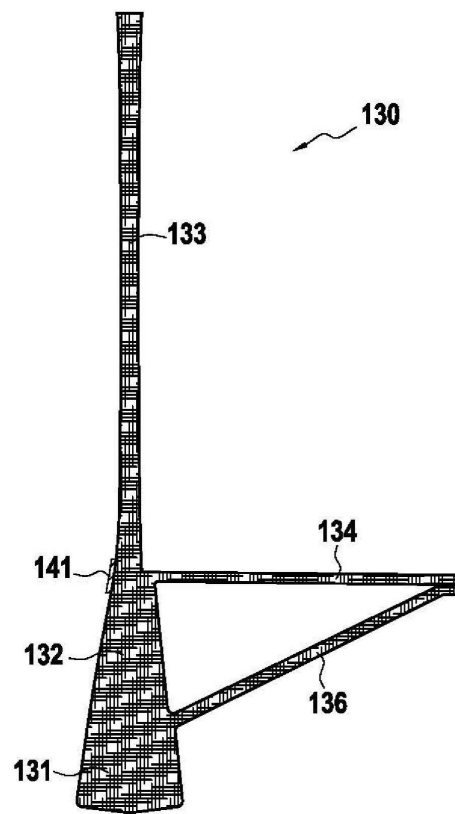


ФИГ.6

4/4



ФИГ.7А



ФИГ.7В