



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 10 2012 031677-3 A2



(22) Data de Depósito: 12/12/2012

(43) Data da Publicação: 21/01/2015  
(RPI 2298)

(54) Título: AEROFÓLIO DE MOTOR DE TURBINA A GÁS E PALHETA VENTONINHA DE MOTOR DE TURBINA A GÁS

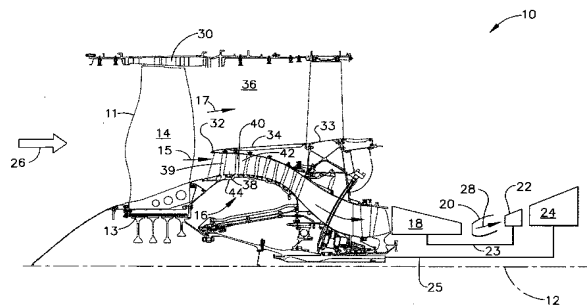
(51) Int.Cl.: F01D5/14

(30) Prioridade Unionista: 20/12/2011 US 13/331,301

(73) Titular(es): GENERAL ELECTRIC COMPANY

(72) Inventor(es): DANIEL EDWARD MOLLMANN,  
DONG-JIN SHIM, NICHOLAS JOSEPH KRAY, TREVOR  
HOWARD WOOD

(57) Resumo: AEROFÓLIO DE MOTOR DE TURBINA A GÁS E PALHETA VENTONINHA DE MOTOR DE TURBINA A GÁS Trata-se de um aerofólio de motor de turbina a gás (45) que inclui bordas dianteira e traseira (LE, TE), lados de pressão e sucção (41, 43) que se estendem a partir da base de aerofólio (49) para a ponta do aerofólio (47), uma blindagem de borda traseira (46) feita de material de blindagem ligado ao núcleo compósito (44) feito de um material compósito, um material de blindagem menos quebradiço que o material compósito, um núcleo compósito (44) que inclui uma porção nuclear central (63) que se estende a jusante a partir da porção de borda dianteira (48) para a porção de borda traseira (50) do núcleo compósito (44), e uma blindagem de borda traseira (46) que inclui uma parede ondulada (70) e uma borda traseira (TE). Flancos laterais de pressão e de sucção (73, 74) da blindagem de borda traseira (46) podem ser ligados às superfícies laterais de pressão e sucção (76, 78) da porção de borda traseira (50). Ondulações (68) da parede ondulada (70) podem se estender de forma perpendicular a e afastada das superfícies laterais de pressão e sucção (76, 78). A blindagem de borda traseira (46) pode incluir protetores ondulados de borda traseira lateral de pressão e sucção (80, 82) que incluem ondulações (68) da parede ondulada (70). O aerofólio (45) pode se estender para fora a partir da plataforma (56) de uma palheta (11). A raiz (54) pode incluir um entalhe em formato de cauda de andorinha integral (58).



# "AEROFÓLIO DE MOTOR DE TURBINA A GÁS E PALHETA VENTONHA DE MOTOR DE TURBINA A GÁS"

## ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

### CAMPO DA INVENÇÃO

5 A invenção refere-se à máquina rotativa e rotor de motor de turbina a gás e aerofólios de estator e, particularmente, a aerofólios de estator e rotores compósitos.

### DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RELACIONADA

10 Os motores de turbinas de aeronaves e outros tipos de máquinas rotativas incluem aerofólios estacionários e rotativos que canalizam um fluxo de ar a jusante. Como resultado, um fluxo de turbilhonar pode ser gerado e canalizado a jusante onde o mesmo pode colidir contra um objeto a jusante dos aerofólios. O impingimento de fluxo turbilhonar pode gerar ruído e/ou carga aeromecânica indesejável. O ruído indesejado pode ser gerado tanto pelo  
15 turbilhão de aerofólio rotativo a montante que se impinge sob um componente de estator ou rotor a jusante do aerofólio rotativo, quanto pelo turbilhão de aerofólio de estator a montante que se impinge sob um aerofólio rotativo a jusante do aerofólio de estator.

20 A geração de tal fluxo turbilhonar pode resultar em uma perda de desempenho do motor e eficiência do motor. A redução da amplitude do fluxo turbilhonar pode reduzir o ruído e a carga aeromecânica gerada quando o turbilhão de ar se impinge contra um objeto a jusante. Um aerofólio designado para reduzir a amplitude e/ou congruência do fluxo turbilhonar, o ruído, e a carga aeromecânica é revelado na patente nº U.S. 8.083.487, intitulada  
25 "AIRFOILS FOR USE IN ROTARY MACHINES AND METHOD FOR FABRICATING SAME", de Trevor Howard Wood e outros, expedida em 27 de dezembro de 2011 e incorporada na presente invenção por referência. O aerofólio inclui lados de sucção e pressão acoplados a uma borda dianteira e

uma traseira, em que o aerofólio inclui uma pluralidade de primeira e segunda seções de corda, cada uma se estendendo entre as bordas dianteira e traseira, em que pelo menos uma das primeiras seções de corda estende-se para fora do lado da pressão do aerofólio na borda traseira, e pelo menos uma das segundas seções de corda se estende para fora do lado de sucção do aerofólio na borda traseira. Realizações particulares do aerofólio são aerofólios ondulados ou dentados.

Pás da ventoinha compósitas são desenvolvidas para motores de turbinas a gás para aeronaves para reduzir o peso e o custo, particularmente para pás de grandes motores. As pás da ventoinha de corda longas compósitas de grandes motores oferecem uma economia de peso significativa para grandes motores tendo pás da ventoinha de corda padrão. O termo compósito conforme aqui usado pode ser definido como um material que contém um reforço tal como fibras ou partículas suportadas em um material ligante ou de matriz. Os compósitos incluem compósitos metálicos e não metálicos. Uma realização particularmente útil para palhetas ventoinhas compósitas é feita de um material de fita unidirecional e uma matriz de resina de epóxi. A palheta ventoinha compósita e outros aerofólios aqui revelados podem incluir materiais compósitos do tipo não metálicos feitos de um material que contém uma fibra tal com um carbonáceo, sílica, metal, óxido de metal, ou fibra de cerâmica incrustado em um material de resina tal como Epóxi, PMR15, BMI, PEEU, etc. Um material mais específico inclui fibras alinhadas de forma unidirecional formando uma fita que é impregnada com uma resina, conformada em uma peça, e curada através de um processo de autoclave ou modelagem por pressão até formar um artigo leve, rígido, relativamente homogêneo com laminados dentro do mesmo.

É altamente desejável apresentar palhetas ventoinhas para motor de turbina a gás de aeronave leves e fortes que também reduzem a amplitude

do fluxo turbilhonar, ruído, e carga aeromecânica.

### **DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO**

Um aerofólio de motor de turbina a gás inclui bordas dianteira e traseira separadas em comprimento de corda, lados de pressão e sucção que se estendem para fora em uma direção da envergadura a partir de uma base de aerofólio até uma ponta do aerofólio, blindagem de borda traseira feita de um material de blindagem aglutinado a um núcleo compósito feito de um material compósito, em que o material de blindagem é menos friável do que o material compósito, em que o núcleo compósito inclui uma porção nuclear central que se estende em comprimento de corda a jusante a partir de uma porção da borda dianteira até uma porção de borda traseira do núcleo compósito, e sendo que a blindagem de borda traseira inclui uma parede ondulada e uma borda traseira.

O aerofólio pode incluir flancos nos lados de pressão e sucção da blindagem de borda traseira aglutinados nas superfícies laterais de pressão e sucção, respectivamente, da porção de borda traseira do núcleo compósito. Ondulações da parede ondulada podem estender-se perpendicularmente a e afastadas das superfícies laterais de pressão e sucção. A blindagem metálica da borda traseira pode incluir protetores ondulados de borda traseira lateral de pressão e sucção estendendo-se no sentido da envergadura, que incluem as ondulações da parede ondulada.

Um revestimento de erosão pode ser usado para cobrir o núcleo compósito e apoiar-se ocultando os ressaltos voltados pra frente sobre flancos laterais de pressão e de sucção da blindagem de borda traseira. Alternativamente, rebaixos podem estender-se para o interior do núcleo compósito e ocultar os ressaltos.

Uma palheta ventoinha de motor de turbina a gás pode incluir o aerofólio que se estende para fora a partir de uma plataforma da palheta. A

palheta pode incluir uma raiz que se estende para dentro a partir da plataforma e a raiz pode incluir um entalhe em formato de cauda de andorinha integral.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

Os aspectos e outras características da invenção, conforme  
5 acima, são explanadas na descrição a seguir, tomadas em conjunto com os  
desenhos anexos, nos quais:

A Figura 1 é uma ilustração em vista diagramática da peça e corte  
seccional da peça longitudinal de uma realização exemplificativa de um motor  
de turbina a gás de turboventilador de aeronave com uma palheta ventoinha de  
10 núcleo compósito que tem uma borda traseira de parede ondulada metálica.

A Figura 2 é uma ilustração em vista perspectiva da palheta  
ventoinha de núcleo compósito ilustrada na Figura 1.

A Figura 3 é uma ilustração em vista diagramática transversal de  
uma borda traseira do núcleo compósito e borda traseira metálica da palheta  
15 tomada através de 3 a 3 na Figura 2.

A Figura 4 é uma ilustração em vista transversal de uma primeira  
realização alternativa da borda traseira do núcleo compósito e borda traseira  
metálica da palheta ilustrada na Figura 3.

A Figura 5 é uma ilustração em vista transversal de uma segunda  
20 realização alternativa da borda traseira do núcleo compósito e borda traseira  
metálica da palheta ilustrada na Figura 3.

#### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

É ilustrado na Figura 1, um motor de turbina a gás de  
turboventilador de aeronave exemplificativo 10 circunscrito em volta de um eixo  
25 geométrico da linha central do motor 12 e projetado adequadamente para ser  
montado a uma asa ou fuselagem de uma aeronave. O motor 10 inclui, em  
comunicação de fluxo em série a jusante, um ventilador 14, um reforçador 16,  
um compressor de alta pressão 18, um combustor 20, uma turbina de alta

pressão (HPT) 22 e uma turbina de baixa pressão (LPT) 24. A HPT ou turbina de alta pressão 22 é unida através de um eixo de acionamento de alta pressão 23 ao compressor de alta pressão 18. A LPT ou turbina de baixa pressão 24 é unida através de um eixo de acionamento de baixa pressão 25 tanto à ventoinha 14 quanto ao reforçador 16.

Em operação típica, o ar 26 é pressurizado por uma fileira de palhetas ventoinhas 11 na ventoinha 14 e produz um fluxo de ar interno 15 canalizado através do reforçador 16 que pressuriza, adicionalmente, o fluxo de ar interno 15. O ar pressurizado em seguida flui para o compressor de alta pressão 18 que pressuriza, adicionalmente, o ar. O ar pressurizado é misturado com o combustível no combustor 20 para gerar gases de combustão quentes 28 que fluem a jusante em curva através da HPT 22 e do LPT 24.

Um divisor de fluxo 34 que envolve o reforçador 16 imediatamente atrás da ventoinha 14 inclui uma borda dianteira afiada 32 que divide o ar da ventoinha 26 pressurizado pela ventoinha 14 em uma corrente radialmente interna (fluxo de ar interno 15) canalizada através do reforçador 16 e uma corrente radialmente externa (fluxo de ar de desvio 17) canalizada através do duto de desvio 36. Um revestimento da ventoinha 30 que envolve a ventoinha 14 é sustentado por um quadro de ventoinha anular 33. O reforçador 16 inclui fileiras anulares alternadas de palhetas de reforço e palhetas 38, 42 que se estendem radialmente para fora e para dentro através de uma trajetória de fluxo do reforçador 39 em um duto de reforço 40. As fileiras anulares de palhetas de reforço 38 são adequadamente unidas à ventoinha 14. O reforçador 16 está localizado à frente do quadro da ventoinha 33 e é disposto radialmente para dentro do divisor de fluxo 34. A ventoinha 14 inclui uma pluralidade de palhetas ventoinhas 11 que se estende de maneira substancial radialmente para fora a partir de um disco de rotor da ventoinha 13.

É ilustrada na Figura 2, uma realização da palheta ventoinha 11

que pode ser usada no motor 10 (ilustrado na Figura 1). A palheta ventoinha 11 inclui um aerofólio 45 que se estende para fora a partir de uma plataforma 56 e uma raiz 54 que se estende para dentro a partir da plataforma 56. Alternativamente, o aerofólio 45 pode ser usado com, mas sem se limitar, 5 palhetas de rotor, palhetas de estator, e/ou conjuntos de bocal. O aerofólio 45 pode também ser usado com OGVs e o reforçador.

Na realização exemplificativa, a raiz 54 inclui um entalhe em formato de cauda de andorinha integral 58 que permite que a palheta ventoinha 11 seja montada ao disco de rotor 13. O aerofólio 45 inclui lados de pressão e 10 sucção 41, 43 que se estendem para fora em uma direção do sentido da envergadura ao longo de uma envergadura S a partir de uma base de aerofólio 49 na plataforma 56 para uma ponta do aerofólio 47. Os lados de pressão e sucção exemplificativos 41, 43 ilustrados no presente documento são respectivamente côncavos e convexos. O aerofólio 45 se estende ao longo de 15 uma corda C entre bordas dianteira e traseira LE, TE separadas no sentido da corda. O aerofólio 45 pode ser montado sobre e integral com um cubo ao invés da plataforma e do disco para formar um rotor integralmente laminado (IBR). Alternativamente, a palheta ventoinha 11 pode ter qualquer forma convencional, com ou sem entalhe em forma de rabo de andorinha 58 ou 20 plataforma 56. Por exemplo, a palheta ventoinha 11 pode ser formada integralmente com o disco 13 em uma configuração do tipo blisk que não inclui o entalhe em forma de rabo de andorinha 58 e a plataforma é anular se estendendo ao redor de todo o blisk.

Referindo-se as figuras 2 e 3, o aerofólio 45 inclui um núcleo 25 compósito 44 e uma blindagem de borda traseira 46 que fornece a borda traseira do aerofólio TE. A linha de demarcação 59 indica a interseção do núcleo compósito 44 e da blindagem de borda traseira metálica 46. O núcleo compósito 44 é feito de um material compósito, geralmente em forma de

aerofólio, e inclui uma porção nuclear central 63 que se estende no sentido da corda a jusante a partir de uma porção de borda dianteira 48 para uma porção de borda traseira 50 do núcleo compósito 44. A blindagem de borda traseira 46 é feita de qualquer material adequado que seja mais forte ou mais dúctil ou  
5 menos quebradiço que o material compósito do núcleo compósito 44.

O material de blindagem de borda traseira é ilustrado no presente documento como sendo metálico. Outro material de blindagem menos quebradiço e adequado é Svidro tal como HS2 e HS4 que são fibras de vidro de alta resistência feitas de silicato de alumínio e magnésio. A porção de borda  
10 dianteira 48 pode ou não ser coberta pela blindagem de borda dianteira 66 feita de um material metálico ou outro material adequado e que definiria, então, a borda dianteira LE do aerofólio 45.

A blindagem de borda traseira 46 inclui uma parede estriada ou ondulada 70 e a borda traseira TE projetada para reduzir ruídos durante a  
15 operação do motor e, assim, diminuir a assinatura acústica do aerofólio 45. A parede ondulada 70 é projetada para misturar turbilhão de ar da palheta para reduzir a interação de turbilhão de ar com as palhetas guias de saída a jusante (OGV). A parede ondulada 70 inclui ondulações 68 tais como denteados ou ondulações 72. Isto permite que a deformação de pico causada pela parede  
20 ondulada 70, que é uma tensão de função da aerodinâmica, seja originada através da blindagem de borda traseira metálica 46. A blindagem de borda traseira metálica 46 é muito mais capaz de suportar a deformação do que o núcleo compósito 44.

Com referência à Figura 3, a blindagem de borda traseira metálica  
25 46 é ligada à porção de borda traseira 50 do núcleo compósito 44. A ligação, por exemplo, usa um adesivo de película. A blindagem de borda traseira 46 inclui flancos laterais de pressão e de sucção 73, 74 que são ligados, respectivamente, às superfícies laterais de pressão e sucção 76, 78 da porção

de borda traseira 50 do núcleo compósito 44. As ondulações 68 da parede ondulada 70 estendem-se perpendicularmente a e afastadas das superfícies laterais de pressão e sucção 76, 78. Assim, a parede ondulada 70, representativa de uma função de borda traseira esculpida (STE), é inteiramente  
5 feita de metal e tem melhor capacidade de resistir a deformações e tensões de pico, que chegam ao máximo na própria função STE, do que aerofólios compósitos ou porções compósitas de aerofólios. As bordas traseiras metálicas têm uma capacidade de deformação mais alta em comparação ao núcleo compósito com base na avaliação da propriedade de material puro. Ligar  
10 funções de STE metálicas ao núcleo compósito permite que tensões transferidas ao núcleo compósito sejam espalhadas ao longo de uma área grande e, assim, diminui deformações e tensões localizadas que podem causar a falência de um aerofólio compósito. O aerofólio 45 com o núcleo compósito 44 e a blindagem de borda traseira metálica 46 fornece um material metálico  
15 mais capaz que aumenta a robustez do aerofólio e fornece vantagens de peso de materiais compósitos.

A realização exemplificativa da blindagem de borda traseira metálica 46 ilustrada na Figura 3 inclui protetores ondulados de borda traseira lateral de pressão e sucção 80, 82 estendendo-se no sentido da envergadura  
20 ou de maneira radial feitos de chapa de metal. Os protetores de borda traseira lateral de sucção e pressão 80, 82 fornecem o formato ondulado da blindagem de borda traseira metálica 46. A blindagem de metal pode ser conformada à quente. Os protetores de borda traseira lateral de sucção e pressão 80, 82 são ligados respectivamente às superfícies laterais de sucção e pressão 76, 78 do  
25 núcleo compósito 44. Porções laterais de sucção e pressão em contato 86, 88 dos protetores de borda traseira lateral de sucção e pressão 80, 82 são ligadas, conforme indicado ao longo da linha de ligação 89.

Os protetores de borda traseira lateral de sucção e pressão 80, 82

ilustrados em forma de diagrama na Figura 3 tem um ressalto do revestimento a montante ou para frente 90 que deveria ser coberto de maneira aerodinâmica. Assim, essa peça da blindagem metálica é mesclada no núcleo compósito 44. A Figura 4 ilustra um modelo para proteger o ressalto 90 fornecendo-se um pequeno rebaixo 92 no núcleo compósito 44 para manter os flancos laterais de pressão e de sucção 73, 74 alinhados ao núcleo compósito 44. Alternativamente, conforme ilustrado em forma de diagrama na Figura 5, um revestimento de erosão 96 que apoia o ressalto 90 pode ser colocado no núcleo compósito 44.

10                   A presente invenção foi descrita de uma maneira ilustrativa. Deve-se entender que a terminologia usada deve ter natureza descritiva ao invés de limitativa. Embora realizações da presente invenção tenham sido descritas no presente documento como realizações exemplificativas e preferidas, outras modificações da invenção serão evidentes àqueles versados na técnica a partir dos ensinamentos do presente documento e deseja-se, portanto, que tais modificações sejam garantidas nas reivindicações anexas, conforme abrangidas pelo verdadeiro espírito e escopo da invenção.

20                   Em conformidade, o que se deseja assegurar pelas Cartas de Patente dos Estados Unidos, é a invenção conforme definida e diferenciada nas seguintes reivindicações.

### REIVINDICAÇÕES

1. AEROFÓLIO DE MOTOR DE TURBINA A GÁS (45), que compreende:

bordas traseira e dianteira espaçadas no sentido da corda (LE, 5 TE),

lados de pressão e de sucção (41, 43) que se estendem para fora em uma direção da envergadura a partir de uma base de aerofólio (49) à ponta de um aerofólio (47),

uma blindagem de borda traseira (46) feita de um material de 10 blindagem ligado a um núcleo compósito (44) feito de um material compósito em que o material de blindagem é menos quebradiço que o material compósito, o núcleo compósito (44) que inclui uma porção nuclear central (63) que se estende a jusante no sentido da corda a partir de uma porção da borda dianteira (48) a uma porção de borda traseira (50) do núcleo compósito 15 (44), e

a blindagem de borda traseira (46) que inclui uma parede ondulada (70) e a borda traseira (TE).

2. AEROFÓLIO (45), de acordo com a reivindicação 1, que compreende, adicionalmente, flancos laterais de pressão e de sucção (73, 74) 20 da blindagem de borda traseira (46) ligados respectivamente as superfícies laterais de pressão e sucção (76, 78) da porção de borda traseira (50) do núcleo compósito (44).

3. AEROFÓLIO (45), de acordo com a reivindicação 1, que compreende, adicionalmente, ondulações (68) da parede ondulada (70) que se 25 estendem perpendicularmente a e afastadas das superfícies laterais de pressão e sucção (76, 78).

4. AEROFÓLIO (45), de acordo com a reivindicação 1, que compreende, adicionalmente, a blindagem de borda traseira metálica (46) que

inclui protetores ondulados de borda traseira lateral de pressão e sucção estendendo-se no sentido da envergadura (80, 82), que incluem as ondulações (68) da parede ondulada (70).

5 5. AEROFÓLIO (45), de acordo com a reivindicação 4, que compreende, adicionalmente, os protetores de borda traseira lateral de pressão e sucção ondulados (80, 82) feitos de chapa de metal.

10 6. AEROFÓLIO (45), de acordo com a reivindicação 5, que compreende, adicionalmente, flancos laterais de pressão e de sucção (73, 74) da blindagem de borda traseira (46) ligada respectivamente às superfícies laterais de pressão e sucção (76, 78) da porção de borda traseira (50) do núcleo compósito (44).

15 7. AEROFÓLIO (45), de acordo com a reivindicação 6, que compreende, adicionalmente, ondulações (68) da parede ondulada (70) que se estendem perpendicularmente a e afastadas das superfícies laterais de pressão e sucção (76, 78).

20 8. AEROFÓLIO (45), de acordo com a reivindicação 6, que compreende, adicionalmente, ressaltos voltados para frente (90) nos flancos laterais de pressão e de sucção (73, 74) da blindagem de borda traseira (46) e um revestimento de erosão (96) que cobre o núcleo compósito (44) e apoia-se contra e protege os ressaltos(90).

25 9. AEROFÓLIO (45), de acordo com a reivindicação 6, que compreende, adicionalmente, ressaltos voltados para frente (90) nos flancos laterais de pressão e de sucção (73, 74) da blindagem de borda traseira (46) e entalhes (92) que se estendem dentro do núcleo compósito (44) e protege os ressaltos (90).

10. PALHETA VENTONINHA DE MOTOR DE TURBINA A GÁS (11), que compreende:

um aerofólio (45) que se estende para fora a partir de uma

plataforma (56) da palheta (11),

o aerofólio (45) que se estende entre bordas traseiras e dianteiras espaçadas no sentido da corda (LE, TE),

o aerofólio (45) que inclui lados de pressão e sucção (41, 43) que se estendem para fora em uma direção da envergadura a partir de uma base de aerofólio (49) na plataforma (56) para a ponta de um aerofólio (47),

o aerofólio (45) que inclui uma blindagem de borda traseira (46) feita de um material de blindagem ligado a um núcleo compósito (44) feito de um material compósito em que o material de blindagem é menos quebradiço que o material compósito,

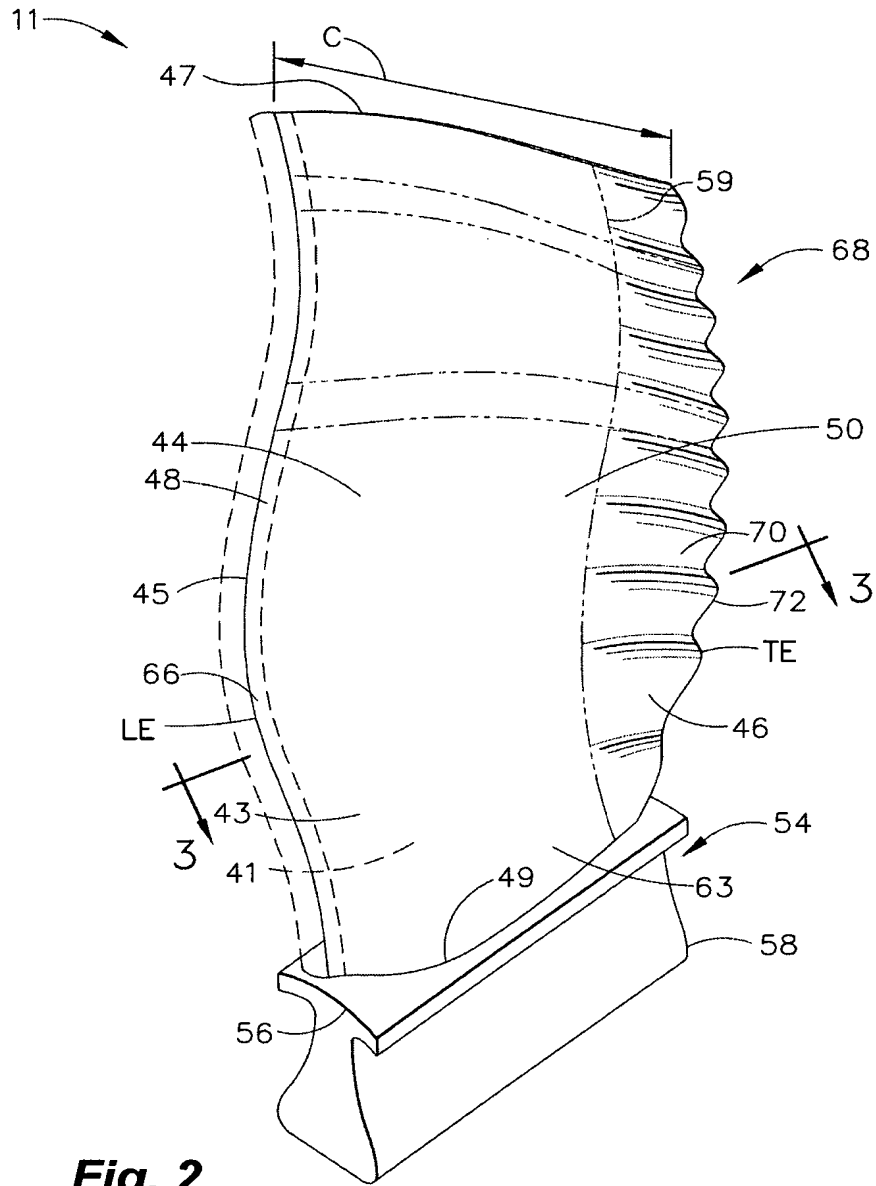
o aerofólio (45) que inclui o núcleo compósito (44) que inclui uma porção nuclear central (63) que se estende no sentido da corda a jusante a partir de uma porção da borda dianteira (48) para uma porção de borda traseira (50) do núcleo compósito (44), e

a blindagem de borda traseira (46) que inclui uma parede ondulada (70) e a borda traseira (TE).

11. PALHETA (11), de acordo com a reivindicação 10, que compreende, adicionalmente, uma raiz (54) que se estende para dentro a partir da plataforma (56).

12. PALHETA (11), de acordo com a reivindicação 11, que compreende, adicionalmente, a raiz (54) que inclui um entalhe em formato de cauda de andorinha integral (58).





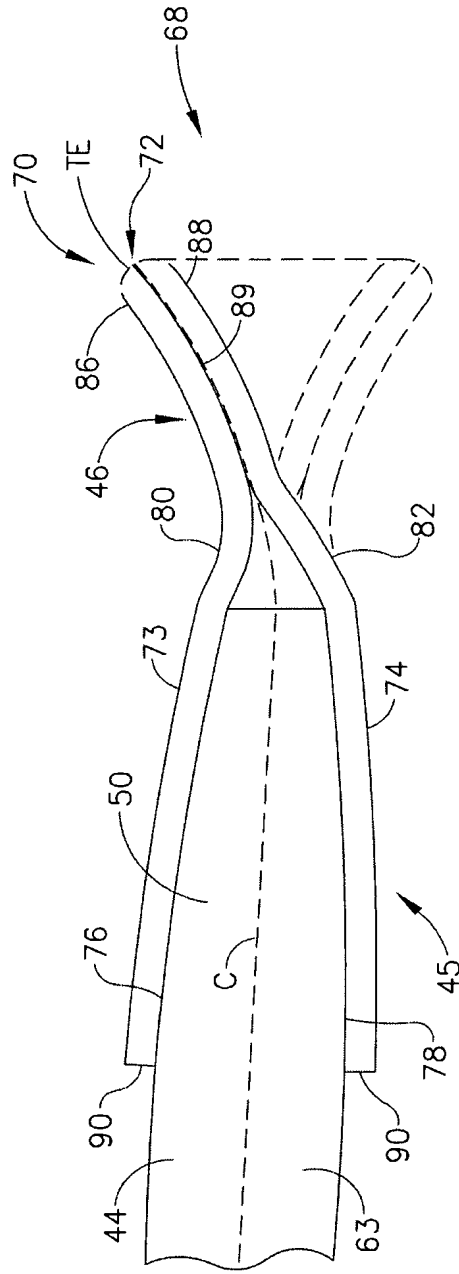
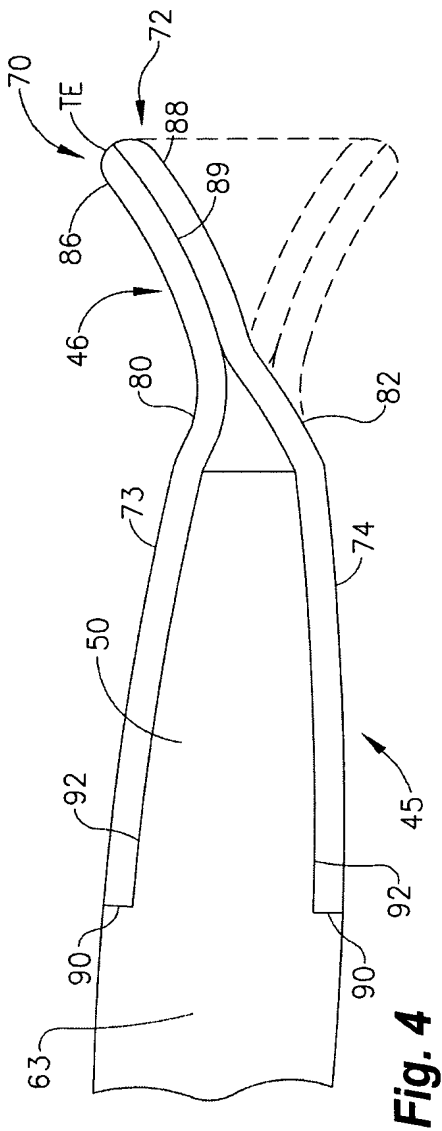
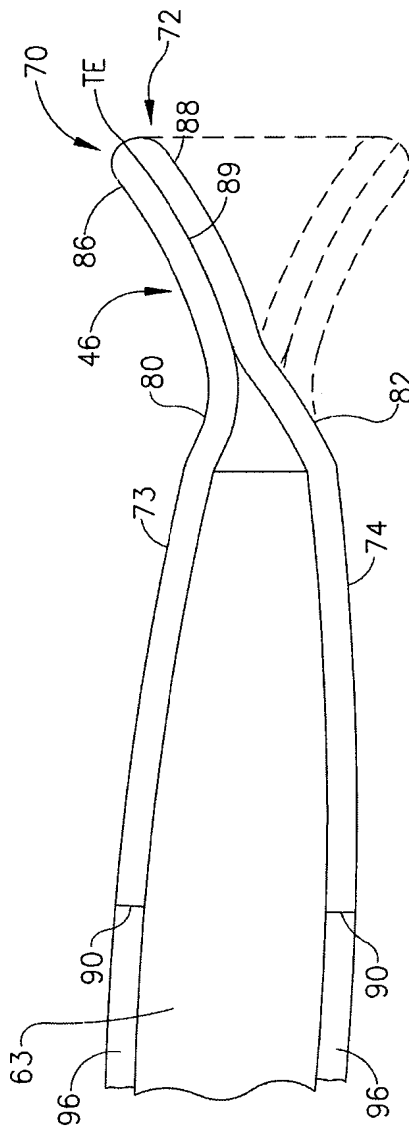


Fig. 3



**Fig. 4**



**Fig. 5**

**RESUMO****"AEROFÓLIO DE MOTOR DE TURBINA A GÁS E PALHETA VENTONHA  
DE MOTOR DE TURBINA A GÁS"**

Trata-se de um aerofólio de motor de turbina a gás (45) que inclui

5 bordas dianteira e traseira (LE, TE), lados de pressão e sucção (41, 43) que se estendem a partir da base de aerofólio (49) para a ponta do aerofólio (47), uma blindagem de borda traseira (46) feita de material de blindagem ligado ao núcleo compósito (44) feito de um material compósito, um material de blindagem menos quebradiço que o material compósito, um núcleo compósito

10 (44) que inclui uma porção nuclear central (63) que se estende a jusante a partir da porção de borda dianteira (48) para a porção de borda traseira (50) do núcleo compósito (44), e uma blindagem de borda traseira (46) que inclui uma parede ondulada (70) e uma borda traseira (TE). Flancos laterais de pressão e de sucção (73, 74) da blindagem de borda traseira (46) podem ser ligados às

15 superfícies laterais de pressão e sucção (76, 78) da porção de borda traseira (50). Ondulações (68) da parede ondulada (70) podem se estender de forma perpendicular a e afastada das superfícies laterais de pressão e sucção (76, 78). A blindagem de borda traseira (46) pode incluir protetores ondulados de borda traseira lateral de pressão e sucção (80, 82) que incluem ondulações

20 (68) da parede ondulada (70). O aerofólio (45) pode se estender para fora a partir da plataforma (56) de uma palheta (11). A raiz (54) pode incluir um entalhe em formato de cauda de andorinha integral (58).