



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1000973-6 B1

(22) Data do Depósito: 22/02/2010

(45) Data de Concessão: 04/08/2020



* B R P I 1 0 0 0 9 7 3 B 1 *

(54) Título: DISPOSITIVO O QUAL EM USO É SUBMETIDO AO FLUXO DE FLUIDO, MÉTODO DE OPERAR UMA AERONAVE PELO REFERIDO DISPOSITIVO E AERONAVE

(51) Int.Cl.: B64C 9/10.

(30) Prioridade Unionista: 20/02/2009 GB 0902914.1.

(73) Titular(es): WESTLAND HELICOPTERS LIMITED.

(72) Inventor(es): STEPHEN DAYNES; PAUL WEAVER; KEVIN POTTER.

(57) Resumo: DISPOSITIVO QUE É SUBMETIDO A FLUXO DE FLUIDO Um dispositivo (15) tal como um aerofólio o qual em USO é submetido ao fluxo de fluido, inclui uma parte de superfície externa (24b, 25b) cuja geometria é variável para afetar o fluxo de fluido, o dispositivo (15) incluindo uma estrutura de suporte (31) que suporta a parte de superfície externa (24b, 25b), a estrutura de suporte (31) sendo interna ao dispositivo (15) e incluindo vários membros de suporte (32) de material composto, a geometria da estrutura de suporte (31) podendo ser mudada por um equipamento de acionamento (50) entre uma primeira geometria estável e uma segunda geometria estável para efetuar variação na geometria da parte de superfície externa (24b,25b), os membros de suporte (32) proporcionando rigidez estrutural à parte de superfície externa (24b, 25b).

**DISPOSITIVO O QUAL EM USO É SUBMETIDO AO FLUXO DE FLUIDO,
MÉTODO DE OPERAR UMA AERONAVE PELO REFERIDO DISPOSITIVO E
AERONAVE**

Descrição da Invenção

[001] Essa invenção se refere a uma estrutura a qual em uso é submetida ao fluxo de fluido. Mais particularmente, mas não exclusivamente, a invenção se refere a um dispositivo de aerofólio especialmente de uma aeronave, tal como uma pá de rotor de uma aeronave de asa rotativa tal como um helicóptero, ou uma asa de uma aeronave de asa não-rotativa.

[002] Contudo, a invenção tem aplicação em outros dispositivos de aerofólio, tal como, por exemplo, apenas propulsores e pás e turbina, e ainda mais geralmente a qualquer dispositivo que em uso é submetido ao fluxo de fluido e em que haja uma exigência de se variar a geometria de pelo menos uma parte do dispositivo em uso, para afetar o fluxo de fluido.

[003] Pás de rotor, por exemplo, têm um corpo principal com uma superfície externa que inclui uma superfície de curvatura superior e uma superfície de curvatura inferior, e uma borda anterior e uma borda posterior, uma ponta e pá e uma extremidade de raiz. A borda posterior particularmente da pá pode ter fixada a ela, uma superfície de controle, tal como, por exemplo, apenas um flap, cuja posição é variável para afetar o fluxo de fluido sobre o dispositivo, por exemplo, para melhorar a performance da pá, durante a transição entre ação de pairar e voo avante. Por exemplo, a pá pode ser abaixada a partir de sua posição erguida usual quando o helicóptero está em

voo avante, para uma posição abaixada para aperfeiçoar a performance na ação de pairar.

[004] Dispositivos de aerofólio são conhecidos os quais têm ailerons, abas de guarnição e flaps na borda posterior de um corpo principal do aerofólio, que proporcionam superfícies de controle de fluxo de ar para variar a curvatura efetiva do aerofólio. Tipicamente, tais superfícies de controle são separadas de um corpo de aerofólio principal e são móveis em relação ao corpo de aerofólio principal por intermédio de um ou mais acionadores, os quais quando a superfície de controle é movida para uma posição desejada em relação à estrutura de aerofólio principal, servem para manter a superfície de controle naquela posição. Um exemplo de tal aerofólio da técnica anterior é ilustrado na Figura 2a. Um dispositivo de aerofólio principal, indicado em 15, tem na sua borda posterior 22, uma superfície de controle, isto é, um flap 30 que é girado para o corpo principal 15a da estrutura de aerofólio 15, e é móvel para cima e para baixo para mudar a curvatura efetiva do aerofólio para diferentes condições de voo. A superfície de controle 30 é pivotada por intermédio de um acionador o qual também serve para manter a posição da superfície de controle 30 e, portanto, a curvatura efetiva, em uma posição selecionada.

[005] Foi proposto utilizar para uma superfície de controle de dispositivo de aerofólio, um material compósito biestável para uma parte de superfície externa do dispositivo. A geometria de tal material pode ser mudada entre uma geometria estável e outra por intermédio de algum acionador. Contudo, até o presente, tais proposições

apresentaram dificuldades práticas na obtenção de mudanças seguras entre geometrias biestáveis, enquanto garantindo que o material de parte de superfície externa biestável seja capaz de prover rigidez estrutural suficiente para resistir às distorções geométricas devido às cargas dinâmicas de fluxo experimentadas em uso à medida que o fluido flui sobre a parte de superfície externa.

[006] De acordo com um primeiro aspecto da invenção proporcionamos um dispositivo o qual em uso é submetido ao fluxo de fluido, o dispositivo incluindo uma parte de superfície externa cuja geometria é variável para afetar o fluxo de fluido, o dispositivo incluindo uma estrutura de suporte que sustenta a parte de superfície externa, a estrutura de suporte incluindo um membro de material compósito cuja geometria pode ser mudada por intermédio de um aparelho de acionamento entre uma primeira geometria estável e uma segunda geometria estável para realizar a variação na geometria da parte de superfície externa.

[007] A presente invenção, mediante uso do material compósito com a geometria biestável para um membro de suporte da estrutura de suporte interna mais propriamente do que a parte de superfície externa do dispositivo provê maior flexibilidade de projeto tanto para garantir mudanças seguras na geometria entre a primeira e a segunda geometria estável do membro de material compósito e, portanto, efetuando variação mais segura na geometria da parte de superfície externa, enquanto proporcionando rigidez suficiente à parte de superfície externa para resistir às distorções geométricas devido às cargas dinâmicas de fluido experimentadas em uso quando o fluido flui sobre a parte de

superfície externa.

[008] Contudo, a invenção tem a vantagem de que o membro de material compósito do dispositivo mantém a primeira ou a segunda geometria estável sem qualquer influência a partir do equipamento de acionamento e quando a geometria é mudada para a segunda ou primeira geometria estável, respectivamente.

[009] Quando o equipamento de acionamento usado na presente invenção não tem que manter a geometria do dispositivo, força não é exigida para manter a geometria, e equipamento mais leve pode ser provido o qual pode exigir menos componentes do que o equipamento de acionamento convencional.

[010] Isso contrasta com os aerofólios convencionais, por exemplo, conforme mostrado na Figura 2a, nos quais um acionador serve não apenas para variar a geometria do aerofólio mediante deslocamento de uma superfície de controle, mas para manter a geometria do aerofólio mediante manutenção da superfície de controle em uma posição selecionada.

[011] Embora qualquer equipamento de acionamento que seja capaz de mudar a geometria do membro de material compósito possa ser usado, tal como um acionador mecânico, um acionador acionado piezoelétrico, ou um acionador elétrico apenas como exemplo, em cada caso preferivelmente o equipamento de acionamento realiza mudanças entre a primeira e a segunda geometria estável mediante aplicação de uma força mecânica a uma parte do membro de material compósito.

[012] Para garantir que a estrutura de suporte

proporcione suficiente rigidez estrutural à parte de superfície externa para resistir às distorções geométricas devido às cargas dinâmicas de fluido experimentadas em uso quando o fluido flui sobre a parte de superfície externa, a estrutura de suporte é preferivelmente interna ao dispositivo, e inclui vários membros de suporte do material compósito.

[013] Em um exemplo, o material compósito do membro de suporte ou de cada membro de suporte é um material compósito laminado incluindo uma pluralidade de camadas de material laminado de fibras embutidas no material de matriz consolidado, pelo menos uma das camadas de material laminado incluindo uma região de fibras que foram submetidas à tensão antes da consolidação do material de matriz. As fibras das camadas de material laminado dos membros ou de cada um dos membros de material compósito são preferivelmente alinhadas substancialmente dentro daquela camada, e quaisquer fibras que sejam fibras previamente submetidas à tensão no membro, ou em cada membro, se estendem preferivelmente em uma direção comum para estabelecer um campo de tensão unidirecional na estrutura interna de suporte.

[014] Mediante estabelecimento de um campo de tensão unidirecional, o membro ou membros de material compósito ao mudar de uma geometria estável para outra geometria estável, são arqueados mais propriamente do que empenados, de modo a obter variação máxima na geometria da parte de superfície externa sustentada pela estrutura de suporte.

[015] Assim, onde há vários membros de material compósito, as geometrias de cada um dos membros podem ser

mudadas por intermédio de uma força do equipamento de acionamento atuando em uma única direção, e os vários membros em conjunto podem proporcionar a rigidez desejada para a parte de superfície externa.

[016] As fibras do material compósito podem ser fibras de vidro ou fibras de carbono, ou outras fibras adequadas que podem não ter sido ainda desenvolvidas, enquanto que o material de matriz preferivelmente é um material que não é afetado pelas mudanças higrotérmicas que podem ser experimentadas em uso, tal como, por exemplo, uma resina epóxi. A estrutura de suporte para a parte de superfície externa pode incluir uma âncora na qual uma extremidade do membro ou de cada membro do material compósito é fixada. A âncora para o membro de material compósito ou para cada membro de material compósito pode ser provida por intermédio de um recesso respectivo em uma longarina do dispositivo, e uma extremidade do membro ou membros de material compósito pode ser fixada nos recessos respectivos por intermédio de qualquer dispositivo de fixação desejada, tal como, por exemplo, um agente de ligação.

[017] Onde a estrutura de suporte interna inclui uma pluralidade de membros de material compósito, as extremidades opostas de cada membro para aquelas extremidades fixadas pela âncora, podem ser mantidas juntas de um modo a permitir o movimento diferencial dos membros nas extremidades opostas. Como as extremidades opostas não são fixadas rigidamente em relação uma à outra (como aquelas extremidades), os membros de material compósito não proporcionarão resistência a uma mudança na geometria dos outros dos membros de material compósito.

[018] Onde o membro de material compósito ou cada membro de material compósito inclui fibras que são todas alinhadas substancialmente com um campo de pré-tensão unidirecional, o membro ou cada membro pode se estender a partir da âncora na direção do campo de tensão.

[019] A invenção foi desenvolvida particularmente, mas não exclusivamente para um dispositivo de aerofólio que inclui um corpo principal o qual tem uma superfície de curvatura superior e uma superfície de curvatura inferior, e uma borda anterior e uma borda posterior. As superfícies de curvatura, superior e inferior, podem ser providas ao menos em parte mediante revestimentos de superfície, superior e inferior, respectivos, pelo menos um dos revestimentos de superfície, superior e inferior, se estendendo continuamente além do corpo principal para prover ao menos uma parte da parte de superfície externa do dispositivo.

[020] Quando a parte de superfície externa é sustentada pela estrutura de suporte interno com uma geometria, a superfície superior e/ou inferior estendida, respectiva do dispositivo de aerofólio pode assim ter uma primeira curvatura efetiva e quando a parte de superfície externa é sustentada com outra geometria, a superfície superior e/ou inferior respectiva do dispositivo de aerofólio pode ter uma segunda curvatura efetiva, alternativa.

[021] Diferentemente de um dispositivo de aerofólio convencional no qual uma superfície de controle, por exemplo, tal como um flap, é pivotada para o corpo de aerofólio principal e assim é um componente separado fixado

ao corpo principal, utilizando a presente invenção o revestimento de superfície superior e/ou inferior do corpo principal é uma parte integral da superfície de controle.

[022] O revestimento não precisa ser suficientemente flexível para permitir variações na geometria da parte de superfície externa.

[023] Convenientemente, ambos os revestimentos de superfície, superior e inferior, se estendem continuamente além do corpo principal cada um para prover, respectivamente, uma parte de superfície externa superior e uma parte de superfície externa inferior do dispositivo, e a estrutura de suporte está localizada ao menos em parte entre a parte de superfície externa superior provida pelo revestimento de superfície superior e a parte de superfície externa inferior provida pelo revestimento de superfície inferior.

[024] Em uma proposição, a parte de superfície externa ou cada parte de superfície externa que é sustentada pela estrutura de suporte está em uma borda posterior do dispositivo de aerofólio. O dispositivo de aerofólio pode ser aquele de uma asa de aeronave e uma pá de rotor que se estende substancialmente diretamente ao longo de sua envergadura, e a parte de superfície externa ou em conjunto as partes de superfície externa, superior e inferior, podem proporcionar uma superfície de controle sendo um aileron, aba de guarnição, ou flap.

[025] A parte de superfície externa ou em conjunto as partes de superfície externa, superior e inferior, podem assim se estender ao longo de uma envergadura do aerofólio.

[026] Em outro exemplo, o dispositivo e aerofólio pode

ser aquele de uma pá de turbina e um propulsor que inclui uma torção ao longo de sua envergadura.

[027] De acordo com um segundo aspecto da invenção proporcionamos um método de operar uma aeronave que inclui um dispositivo do primeiro aspecto da invenção o qual é um dispositivo de aerofólio sendo aquele de uma asa de aeronave e uma pá de rotor que se estende substancialmente diretamente ao longo de sua envergadura, o aerofólio incluindo um corpo principal que tem uma superfície de curvatura superior e uma superfície de curvatura inferior, e uma borda anterior e uma borda posterior nas quais as superfícies de curvatura, superior e inferior, são providas ao menos em parte por intermédio de revestimentos de superfície, superior e inferior, respectivos, pelo menos um dos revestimentos de superfície, superior e inferior, se estendendo continuamente além do corpo principal para prover pelo menos uma parte da parte de superfície externa do dispositivo, o método incluindo, em voo, realizar uma variação na geometria das partes de superfície externa, superior e inferior, do dispositivo de aerofólio, para afetar o fluxo de ar sobre o dispositivo de aerofólio, mediante operação do equipamento de acionamento desse modo para mudar a geometria do membro ou membros do material compósito da estrutura de suporte interna que sustenta as partes de superfície externa, superior e inferior, a partir de uma primeira geometria estável para uma segunda geometria estável.

[028] Onde o dispositivo de aerofólio é uma pá de rotor de uma aeronave de asa rotativa, a variação na geometria das partes de superfície externa, superior e

inferior, pode ser efetuada para diferentes condições de voo; por exemplo, uma geometria pode ser adaptada para ação de pairar e outra geometria para voo avante; por exemplo, durante a transição entre a ação de pairar e o voo avante.

[029] De acordo com um terceiro aspecto da invenção proporcionamos uma aeronave tendo um dispositivo de acordo com o primeiro aspecto da invenção, o dispositivo sendo aquele de uma asa e uma pá de rotor que se estende substancialmente reta ao longo de sua envergadura.

[030] Modalidades da invenção serão descrita agora com referência aos desenhos anexos nos quais:

A Figura 1 é uma vista em perspectiva ilustrativa de uma aeronave de asa rotativa tendo um dispositivo de asa rotativa de acordo com a presente invenção;

As Figuras 2a e 2b são seções transversais ilustrativas respectivamente através de um dispositivo de asa rotativa de um dispositivo de asa rotativa da técnica anterior e um dispositivo de asa rotativa de acordo com a presente invenção;

As Figuras 3a e 3b são ilustrações mostrando as posições alternativas de uma superfície de controle em uma borda posterior da estrutura da Figura 2a obtida por uma estrutura de suporte interna com membros biestáveis;

A Figura 4a ilustra uma etapa em um método de previamente submeter à tensão um material composto;

A Figura 4b é uma ilustração lateral de um membro biestável em dois estados estáveis alternativos;

A Figura 5 é uma vista seccional mais detalhada, similar à Figura 2b;

A Figura 6 é uma vista plana ilustrativa de parte da

asa rotativa da Figura 5.

[031] Com referência à Figura 1, uma aeronave de asa rotativa, por exemplo, um helicóptero 10 inclui um corpo 12 alojando uma fonte de energia, por exemplo, um motor E, para girar um sistema de rotor de sustentação principal 14 em torno de um eixo geralmente vertical A, para gerar força de ascensão e quando desejado deslocar a aeronave 10 pelo ar, ou para permitir que a aeronave 10 realize ação de pairar. O helicóptero 10 do exemplo também inclui um sistema de rotor de cauda T.

[032] O sistema de rotor de sustentação principal 14 nesse exemplo inclui cinco asas ou pás rotativas 15, uma das quais é ilustrada em seção transversal na Figura 2b. Cada pá de rotor 15 é um dispositivo e aerofólio que é substancialmente reto ao longo de sua envergadura a partir de uma extremidade de raiz 19 onde a pá 15 é conectada a um cubo rotativo 18 que é girado através de uma transmissão pelo motor de aeronave E, a uma ponta de pá 20.

[033] Cada pá 50 é um dispositivo de aerofólio, incluindo uma borda anterior 21 e uma borda posterior 22, e a pá 15 gera força de ascensão à medida que o ar flui no sentido da corda sobre uma superfície de curvatura superior 24 e uma superfície de curvatura inferior 25 entre as bordas, anterior e posterior, 21 e 22, como sabido na técnica.

[034] Convencionalmente, tais dispositivos de aerofólio 15 incluem superfícies de controle que são móveis em relação a um corpo de rotor principal 15a para variar a geometria do dispositivo de aerofólio 15 e assim afetar o fluxo de ar sobre o dispositivo de aerofólio 15. Na Figura

2a, é ilustrado tal arranjo convencional no qual na borda posterior 22 da pá de rotor 15, é provida uma superfície de controle separada de um corpo de pá de rotor principal 15a, indicada em 30. A superfície de controle 30 é móvel entre posições, levantada e abaixada por um acionador tal como um motor, acionador hidráulico linear ou rotativo, ou até mesmo um acionador do tipo piezoelétrico, o qual é provido internamente ao corpo de pá de rotor principal 15a. Assim, a geometria ou curvatura efetiva da pá 15 é variada mediante deslocamento da superfície de controle 30, embora as geometrias atuais do corpo de rotor principal 15a e da superfície de controle 30 não variem elas próprias, apenas a posição relativa da superfície de controle 30 para o corpo de rotor principal 15a.

[035] Tais superfícies de controle 30 são móveis para afetar o fluxo de ar sobre o dispositivo de aerofólio 15 para acomodar diferentes condições de voo desse modo para otimizar, por exemplo, a força de ascensão ou a velocidade conforme desejado. A presente invenção foi concebida particularmente para facilitar a variação da geometria de rotor 15 na transição quando o helicóptero 10 está mudando entre a ação de pairar (quando a superfície de controle 30 pode ser abaixada para força de ascensão máxima) e voo avançado (quando a superfície de controle 30 pode ser erguida para minimizar arrasto).

[036] Um dispositivo de aerofólio 15 de acordo com a presente invenção é ilustrado na Figura 2b. Na figura pode ser visto que a superfície de controle 30 tem uma primeira posição abaixada e uma segunda posição erguida. Contudo, a superfície de controle 30 não é separada de um corpo de

rotor principal 15a. Mais propriamente, a geometria das partes de superfície externa, superior e inferior, da superfície de controle 30, é variada entre as posições, abaixada e levantada, mostradas.

[037] Na Figura 5, mais detalhe do dispositivo de aerofólio 15 pode ser visto. A superfície de curvatura superior 24 do dispositivo de aerofólio 15 é provida por um revestimento de superfície superior 24a o qual, nesse exemplo, se estende continuamente a partir de, ou adjacente à borda avançada 21 do dispositivo de aerofólio 15, até a borda posterior 22 e além para prover uma parte de superfície externa superior 24b da superfície de controle 30. A superfície de curvatura inferior 25 do dispositivo de aerofólio 15 é provida por um revestimento de superfície inferior 25a que também se estende, nesse exemplo, continuamente a partir de, ou adjacente à borda anterior 21 do dispositivo de aerofólio 15, até a borda posterior 22 e além para prover uma parte de superfície externa inferior 25b da superfície de controle 30.

[038] Evidentemente para permitir que a superfície de controle 30 se desloque entre suas posições, erguida e abaixada, as partes de superfície externa, superior e inferior, 24b, 25b precisarão ser separadas de uma superfície de controle adjacente ao longo da borda posterior 22, ou dos revestimentos, superior e inferior, 24 e 25 que cobrem a estrutura principal adjacente 15b, na direção da corda, conforme sugerido na Figura 6 em S.

[039] Entre as partes de superfície externa, superior e inferior, 24b e 25b, há uma estrutura de suporte interna 31 que sustenta as partes de superfície externa superior e

inferior 24b, 24b da superfície de controle 30, e cuja estrutura de suporte interna 31 efetua a variação na geometria das partes de superfície externa superior e inferior 24b, 25b entre as posições, erguida e abaixada, da superfície de controle 30.

[040] Com referência também às Figuras 3a e 3b pode ser visto que internamente à superfície de controle 30, a estrutura de suporte 31 inclui vários membros de suporte 32. Esses membros de suporte 32 são feitos individualmente de um material compósito responsivo inteligente, a estrutura de suporte interna 31 nesse exemplo, incluindo ao menos seis de tais membros de suporte 32 cada um dos quais se estende a partir de uma extremidade, onde os membros de suporte 32 são fixados individualmente a uma âncora da estrutura de suporte 31, provida por um recesso respectivo 33a em uma longarina 33 do corpo de rotor principal 15a, até uma extremidade oposta indicada em 32b. A longarina 33 se estende preferivelmente pela extensão de envergadura total da pá 15, mas poderia ser local apenas para a superfície de controle 30 conforme exigido.

[041] Aquelas extremidades dos membros de suporte 32 podem ser retidas em seus recessos respectivos 33a da longarina 33 mediante qualquer dispositivo de fixação desejado, ou como no exemplo, as extremidades podem ser ligadas no recesso 33a com um agente de ligação adequado, por exemplo.

[042] A superfície de controle 30 inclui nesse exemplo, um membro de borda posterior 34 que recebe as extremidades opostas 32b de cada um dos membros de suporte 32 para a longarina 33, e uma maneira conforme descrito

abaixo.

[043] O material compósito biestável dos membros de suporte 32 adota naturalmente e inerentemente uma das duas condições biestáveis, uma delas sendo mostrada na Figura 3a e a outra na Figura 3b.

[044] Esses materiais compostos, em si, são geralmente conhecidos.

[045] No presente exemplo os membros 32 são feitos de uma pluralidade de camadas de material laminado (vide Figura 4a) 35a, 35b, 35c, 35d, as quais são ligadas em conjunto. Cada camada 35a, 35b, 35c, 35d inclui fibras, tipicamente fibras de vidro ou fibras de carbono, embutidas em material de matriz consolidadas, a qual no presente exemplo é a resina epóxi, mas poderia ser outro material adequado que possa ser consolidado o qual não é afetado em uso pelas mudanças higrotérmicas experimentadas em uso.

[046] Pode ser visto que as fibras em cada uma das camadas 35a, 35b, 35c, 35d se estendem em uma única direção dentro daquela camada. No exemplo, as fibras nas duas camadas do meio 35b, 35d se estendem geralmente de forma ortogonal às fibras nas duas camadas externas 35a, 35d. Além disso, as fibras nas regiões das duas camadas externas 35a, 35d no exemplo mostrado para fins ilustrativos na Figura 4a, regiões de bordas opostas R1 e R2, são pré-tencionadas, isto é, as fibras nessas regiões R1 e R2 foram tencionadas longitudinalmente antes de serem embutidas no material de matriz consolidado.

[047] Mediante ação de previamente submeter à tensão as fibras nas camadas externas, 35a e 35, as quais se estendem em uma direção comum, esse método de fabricação

estabelece um campo de tensão unidirecional no material. Esse campo de tensão unidirecional, quando a tensão é liberada quando o material de matriz tiver consolidado, resultado no membro de material composto 32 adotando uma configuração arqueada, por exemplo, conforme indicado em linhas cheias na Figura 4b. Contudo, a configuração do membro de material composto 32 pode ser mudada para a configuração arqueada indicada na Figura 4b por linhas pontilhadas, mediante aplicação de uma força de acionamento (mecânica) ao membro 32, para causar o arqueamento do membro. O campo de tensão unidirecional garante que o membro 32 seja arqueado conforme descrito ao longo de sua extensão, mais propriamente do que, por exemplo, deformado, por exemplo, com uma torção.

[048] Cada um dos seis membros de suporte 32 é arranjado em cima de outro entre as superfícies externas, superior e inferior, 24b e 25b da superfície de controle 30, de modo que os membros 32 se estendem a partir da longarina 33 ou outra âncora a qual suas extremidades são fixadas, com seus campos de tensão, unidirecionais respectivos alinhados, isto é, a direção das fibras pré-tencionadas alinhadas, até suas extremidades opostas 32b para o membro de borda posterior 34.

[049] As partes de extremidade das partes de superfície externa, superior e inferior, 24b e 25b providas pelos revestimentos de superfície, superior e inferior, 24 e 25 do dispositivo de aerofólio 15, e as extremidades opostas 32b dos membros de material composto 32, são recebidas por um canal do membro e borda posterior 34. O membro de borda posterior 34 pode ser fixado às partes de

extremidade de cada uma das partes de superfície externa, superior e inferior, 24b, 25b, por exemplo, por intermédio de um agente de ligação. As extremidades opostas 32b de cada um dos membros de material compósito 32 podem ser presas entre si onde recebidas pelo membro de borda posterior 34, ou podem ser simplesmente retidas por serem presas entre as partes de superfície externa, superior e inferior 24b, 25b. Se as extremidades opostas dos membros de material compósito 32 são presas uma à outra, movimento diferencial de deslizamento entre as extremidades opostas 32b dos membros 32 em suas direções de extensão, deve ser permitido, quando os membros 32 mudam a geometria entre configurações biestáveis, isto é, entre as geometrias estáveis da Figura 3a e da Figura 3b.

[050] Isso pode ser conseguido utilizando um agente de ligação elástico, ou algum outro meio de retenção que permite tal movimento diferencial.

[051] Será considerado que quando os membros de material compósito 32 mudam suas geometrias, isso realizará uma variação em geometria em cada uma das partes de superfície externa superior e inferior 24b, 25b desse modo para variar a curvatura efetiva do dispositivo de aerofólio 15.

[052] A superfície de controle 30 precisa ser movida, isto é, os membros de material compósito 32 precisam ser movidos entre suas geometrias biestáveis, por intermédio de um equipamento de acionamento, mas como a primeira e a segunda geometria dos membros de material compósito 32 são estáveis, isto é, o material arqueia entre uma geometria e a outra e mantém aquela geometria até que seja forçado a

arquear na direção oposta, o equipamento de acionamento não tem que segurar a superfície de controle 30 em qualquer uma de suas posições, erguida ou abaixada.

[053] Como a superfície de controle 30 não é separada da estrutura principal 19, porém a superfície de controle 30 deve se deslocar entre suas posições, erguida e abaixada, quando os membros de material compósito 32 arqueiam entre seus estados biestáveis, os revestimentos de superfície superior e inferior 24 e 25 ao menos na região onde a superfície de controle 30 é adjacente ao corpo principal 15, do dispositivo de aerofólio 15, isto é, a região, citada 45, precisa acomodar variações na geometria e assim os revestimentos de superfície superior e inferior 24, 25 na região 45 precisam ser construídos para permitir o deslocamento da superfície de controle 30 entre suas posições, superior e inferior.

[054] Em outro exemplo, o material de uma ou outra das partes de superfície externa, superior e inferior, 24b e 25b pode ser um material compósito com características biestáveis como os membros de suporte 32, mas é a provisão da estrutura de suporte dos membros 32, internamente à superfície de controle 30, que proporciona segurança para variar a geometria das partes de superfície externa superior/inferior 24b, 25b e que proporciona a rigidez necessária para as partes de superfície externa superior/inferior 24b, 25b para resistir à distorção geométrica quando a superfície de controle 30 experimenta cargas dinâmicas de fluido em uso.

[055] Um exemplo de um equipamento de acionamento adequado que pode ser provido para variar a geometria da

superfície de controle 30 será descrito agora com referência à Figura 5.

[056] O corpo principal 15a do dispositivo de aerofólio 15 (o qual nesse exemplo é uma pá de rotor de helicóptero 15) inclui uma estrutura alveolar interna sobre a maior parte de seu volume entre a borda anterior 21 e a borda posterior 22. Em outro dispositivo de aerofólio, tal como uma asa fixa da aeronave, a asa pode acomodar tanques de armazenamento de combustível e/ou outro equipamento.

[057] No caso de um dispositivo de rotor 15, no entanto, é desejável que o dispositivo de rotor 15 seja equilibrado em uma posição aproximadamente a 25% do comprimento de corda. Consequentemente o equipamento de acionamento a ser descrito e ilustrado em 50, ou ao menos os componentes do equipamento 50 que contêm mais peso, são acomodados no sentido da borda anterior 21 do dispositivo de rotor 15, em uma cavidade adequada 51 distante no sentido da corda a partir da superfície de controle 30, em uma posição de modo a não comprometer o equilíbrio do rotor 15.

[058] O dispositivo de acionamento 50 pode incluir uma unidade motriz 52, tal como, apenas como exemplo, um motor elétrico, um motor ou acionador de fluido hidráulico ou pneumático, ou um dispositivo piezoelétrico, e um par de elementos de tração, no exemplo, conectando cabos flexíveis 54, 55. Cada um dos cabos flexíveis 54, 55 é conectado em uma extremidade ao dispositivo motriz 52 de tal modo que cada cabo 54, 55 pode ser seletivamente puxado pela operação apropriada da unidade motriz 52. Em outro exemplo, os elementos de tração poderiam ser elementos rígidos ou

semi-rígidos, ou podem ser parcialmente rígidos e parcialmente flexíveis ao longo de seus comprimentos. Onde rígidos, a força necessária para mudar os membros 32 a partir de um estado estável para outro, pode ser aplicada mediante ação de empurrar em vez de puxar.

[059] Um dos cabos 54, um cabo superior, se estende por intermédio de um primeiro percurso de acionamento, em direção à borda posterior 22 do dispositivo de aerofólio 15, e então o cabo superior 54 é guiado estreitamente embaixo da parte de superfície externa superior 24 da superfície de controle 30. O outro cabo 55, um cabo inferior, similarmente se estende por intermédio de um segundo percurso de acionamento, em direção à borda posterior 22 do dispositivo de aerofólio 15, e então o cabo inferior 55 é guiado estreitamente acima da parte de superfície externa inferior 25b da superfície de controle 30.

[060] Cada um dos cabos 54, 55 é conectado ao membro de borda posterior 34 conforme indicado em C.

[061] Será considerado que quando a unidade motriz 52 é operada para puxar o cabo superior 54, uma força mecânica será transmitida a cada um dos membros de material compósito 32 e a geometria estável mostrada na Figura 3a, com a superfície de controle 30 em uma condição erguida, será obtida. Mediante operação da unidade motriz 52 para puxar o cabo inferior 55, uma força mecânica será transmitida a cada um dos membros de material compósito 32 e a outra geometria estável mostrada na Figura 3b, com a superfície de controle 30 em uma posição abaixada será obtida. Evidentemente, ao puxar qualquer um dos cabos 54,

55 com a unidade motriz 52, o outro cabo 55, 54 precisa poder se deslocar de modo a não resistir à mudança em geometria dos membros de suporte 32.

[062] O equipamento de acionamento 50 pode ser operado por um controlador o qual pode ser automaticamente responsivo às condições de operação do helicóptero 12, e/ou ao controle do piloto/operador, para operar o equipamento e acionamento 50 para efetuar uma mudança na posição da superfície de controle 30 entre as posições, erguida e abaixada, mediante deslocamento dos membros de suporte 32 entre sua primeira e segunda geometria estável.

[063] Muitas modificações podem ser feitas sem se afastar do escopo da invenção. Por exemplo, a configuração da estrutura de suporte interna 31 conforme mostrado nas Figuras 3a, 3b e Figura 5 é puramente ilustrativa e exemplar. Qualquer número de membros de suporte 32 necessários para efetuar uma variação na geometria das partes de superfície externa, superior e inferior, 24b e 25b da superfície de controle 30 podem ser providos, e esses podem ser de comprimento e configuração diferentes dos membros 32 mostrados e descritos. Além disso, qualquer número apropriado de membros 32 pode ser selecionado para que se obtenha a rigidez necessária das partes de superfície externa superior e inferior 24b, 25b para resistir à distorção geométrica ao se experimentar cargas dinâmicas de fluido, as quais poderiam de outro modo efetuar uma mudança indesejável da geometria dos membros de suporte 32 de outro modo do que sob controle do piloto.

[064] Conforme pode ser visto a partir da Figura 6, a superfície de controle 30 se estende ao longo de parte da

envergadura da pá 15. Onde a extensão da envergadura da superfície de controle 30 é longa, o equipamento de acionamento 50 pode ter mais do que um cabo superior e inferior 54, 55 ou outros membros de tração ao longo da envergadura, para aplicar as forças necessárias à estrutura de suporte para efetuar a variação na geometria das partes de superfície externa superior e inferior, 24b e 25b da superfície de controle 30 ao longo de sua extensão total.

[065] Onde a extensão da envergadura da superfície de controle 30 é pequena, de modo que a superfície de controle é uma aba, por exemplo; conforme sugerido na Figura 6; várias abas independentemente acionáveis ao longo da extensão da envergadura, cada uma delas tendo uma geometria variável de acordo com a invenção, podem ser utilizadas.

[066] A invenção foi descrita particularmente em relação à variação da geometria das partes de superfície externa superior e inferior 24b, 25b de uma superfície de controle 30 em uma borda posterior 22 de uma pá de rotor de helicóptero 15, mas como entendido a partir da introdução desse relatório descritivo, a invenção tem aplicação muito mais ampla incluindo em superfícies de controle em uma borda avançada 21 de um aerofólio 15, e geralmente a uma asa de um aerofólio de uma aeronave de asa não-giratória tal como uma asa fixa. A aeronave pode ser operada por um piloto ou pode ser uma aeronave não-tripulada.

[067] O aerofólio não precisa ser uma asa 15, porém poderia ser uma pá de rotor do sistema de rotor de cauda T do helicóptero 15, ou poderia ser qualquer outro aerofólio ou outro dispositivo sobre o qual o fluido flui em uso, tal como uma pá de propulsor ou turbina.

[068] Em vez de prover um membro de borda posterior 34, ou, além disso, se desejado, o revestimento de superfície externa do aerofólio 24, 25, pode se estender em torno da estrutura de suporte 31, ou as extremidades opostas 32b dos membros de suporte de material compósito 32 podem não ser encerrados na borda posterior 22 do aerofólio 15 mediante qualquer revestimento ou membro de borda posterior 34.

[069] Para exemplo adicional a invenção pode ser utilizada para mudar a configuração de uma parte de superfície de uma admissão ou exaustão de ar, ou de uma carenagem de fluxo de ar. A invenção pode ser utilizada para um dispositivo o qual é uma carenagem de um veículo, por exemplo, uma unidade de trator de vagão, para variar a geometria de uma parte de superfície externa da carenagem utilizando uma estrutura de suporte tendo um ou mais membros de material compósito cuja geometria pode ser mudada entre estados biestáveis para performance ótima dependendo de se a unidade de trator está rebocando ou não um reboque.

[070] Assim, considerando o exemplo descrito no qual a invenção é aplicada a uma superfície de controle 30 tendo ambas, uma parte de superfície externa superior 24b e uma parte de superfície externa 25b, a invenção pode ser aplicada a um dispositivo o qual tem apenas uma única parte de superfície externa.

[071] A invenção é aplicável não apenas aos helicópteros de rotor de sustentação principal individual tal como mostrado na Figura 1, mas também aos helicópteros de rotor e sustentação em balanço.

[072] As características reveladas na descrição anterior, ou nas reivindicações a seguir, ou nos desenhos anexos, expressas em suas formas específicas ou em termos de um meio para realizar a função revelada, ou um método ou processo para obter o resultado revelado, conforme apropriado podem, separadamente, ou em qualquer combinação de tais características, ser utilizadas para realizar a invenção em suas formas diversas.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo (15) o qual em uso é submetido ao fluxo de fluido, o dispositivo (15) que inclui uma parte de superfície externa (24b, 25b) cuja geometria é variável para afetar o fluxo de fluido, o dispositivo (15) incluindo uma estrutura de suporte (31) que suporta a parte de superfície externa, a estrutura de suporte (31) sendo interna ao dispositivo (15) e **caracterizada** pelo fato de que a estrutura de suporte (31) inclui uma pluralidade de membros de suporte (32) de material compósito, a geometria dos membros de suporte (32) podendo ser mudada por intermédio de um equipamento de acionamento (50) entre uma primeira geometria estável e uma segunda geometria estável para efetuar a variação na geometria da parte de superfície externa (24b, 25b), os membros de suporte (32) proporcionando rigidez estrutural para a parte de superfície externa (24b, 25b), e em que a estrutura de suporte (31) da parte de superfície externa (24b, 25b) inclui uma âncora (33a) a qual uma extremidade de cada membro (32) do material compósito é fixada, as extremidades opostas de cada membro de suporte (32) sendo mantidas juntas de uma maneira a permitir movimento diferencial dos membros (32) nas extremidades opostas.

2. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o material compósito dos membros de suporte (32) mantém a primeira ou segunda geometria estável sem qualquer influência a partir do equipamento acionador (50) quando a geometria é mudada para a segunda ou para a primeira geometria estável, respectivamente.

3. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que o equipamento de acionamento (50) efetua mudanças entre a primeira e a segunda geometria estável mediante aplicação de uma força mecânica a uma parte do membro de material compósito.

4. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado** pelo fato de que o material compósito de cada membro de suporte (32) é um material compósito laminado incluindo uma pluralidade de camadas de material laminado (35a-35d) de fibras embutidas no material de matriz consolidado, ao menos uma das camadas de material laminado (35a-35d) incluindo uma região (R_1 , R_2) de fibras (35b, 35d) que foram submetidas à tensão antes da consolidação de material de matriz, as fibras das camadas de material laminado de cada um dos membros de suporte (32) de material compósito sendo substancialmente alinhadas dentro daquela camada, e quaisquer fibras (35b, 35d) que são fibras pré-tencionadas no ou em cada membro (32) se estendem em uma direção comum e estabelecem um campo de tensão unidirecional na estrutura de suporte interna.

5. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que as fibras são fibras de vidro ou de carbono e o material de matriz é um material tal como uma resina epóxi, que não é afetado pelas mudanças higrotérmicas.

6. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que cada membro de suporte (32) se estende a partir da âncora (33a) na direção do campo de tensão unidirecional.

7. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo (15) é um dispositivo de aerofólio incluindo um corpo principal (15a) o qual tem uma superfície de curvatura superior (24) e uma superfície de curvatura inferior (25), e uma borda anterior (21) e uma borda posterior (22), e as superfícies de curvatura, superior e inferior, (24, 25) são providas ao menos em parte pelos revestimentos de superfície superior e inferior, respectivos, ao menos um dos revestimentos de superfície, superior e inferior, (24, 25) se estende continuamente além do corpo principal (15a) para prover ao menos uma parte da parte de superfície externa (24b, 25b) do dispositivo (15).

8. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que ambos os revestimentos de superfície superior e inferior (24, 25), cada um, se estende continuamente além do corpo principal (15a) para prover respectivamente, uma parte de superfície externa superior (24b) e uma parte de superfície externa inferior (25b) do dispositivo (15), e a estrutura de suporte (31) está localizada ao menos em parte entre a parte de superfície externa superior (24b) provida pelo revestimento de superfície superior e a parte de superfície externa inferior (25b) provida pelo revestimento inferior.

9. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7 ou 8, **caracterizado** pelo fato de que a ou cada parte de superfície externa (24b, 25b) que é suportada pela estrutura de suporte (31) está em uma borda posterior (22) do dispositivo de aerofólio (15).

10. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 7 a 9, **caracterizado** por ser um de uma asa de aeronave e uma pá de rotor (15) que se estende substancialmente reto ao longo de sua envergadura, a parte de superfície externa ou em conjunto com as partes de superfície externa superior e inferior, proporcionando uma superfície de controle sendo um aileron, aba de guarnição, ou flap que se estende ao longo de parte de uma envergadura do aerofólio.

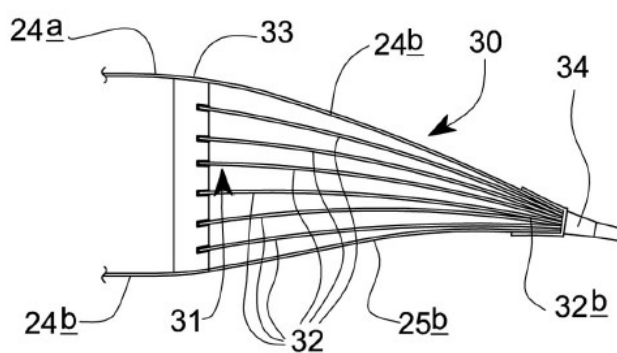
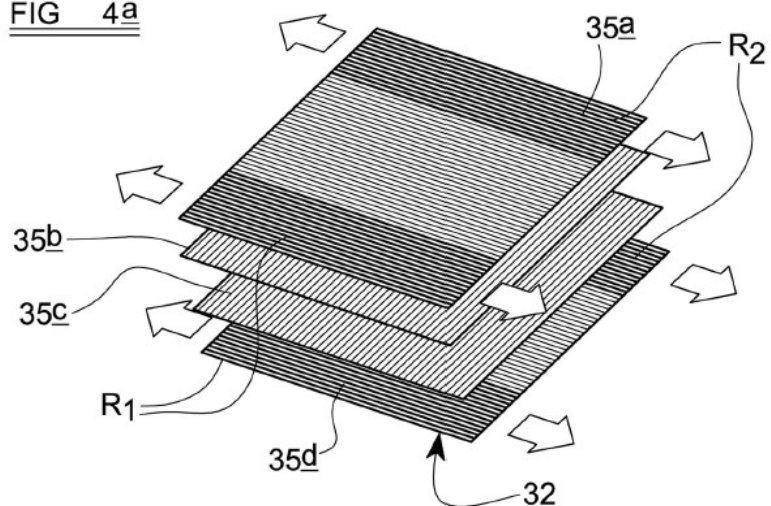
11. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado** por ser um de uma pá de turbina e um propulsor que inclui uma torção ao longo de sua envergadura.

12. Método de operar uma aeronave (10) a qual inclui um dispositivo de aerofólio (15) conforme definido na reivindicação 10, o método **caracterizado** por incluir, em voo, a realização de uma variação na geometria das partes de superfície externa, superior e inferior, (24b, 25b) do dispositivo de aerofólio (15) para afetar o fluxo de ar sobre o dispositivo de aerofólio (15), mediante operação do equipamento de acionamento (50) desse modo para mudar a geometria dos membros de suporte (32) do material compósito da estrutura de suporte interna (31) que sustenta as partes de superfície externa superior e inferior (24b, 25b), a partir de uma primeira geometria estável para uma segunda geometria estável.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo de aerofólio é uma pá de rotor (15) de uma aeronave de asa giratória (10), e a variação na geometria das partes de superfície externa, superior e inferior, (24b, 25b) é efetuado de modo que a

geometria é adotada para ação de pairar e outra para voo avante.

14. Aeronave (10) caracterizado pelo fato de que tem um dispositivo (15), conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 11, o dispositivo (15) sendo aquele de uma asa e uma pá de rotor que se estende substancialmente reta ao longo de sua envergadura.

FIG 3bFIG 4aFIG 4b

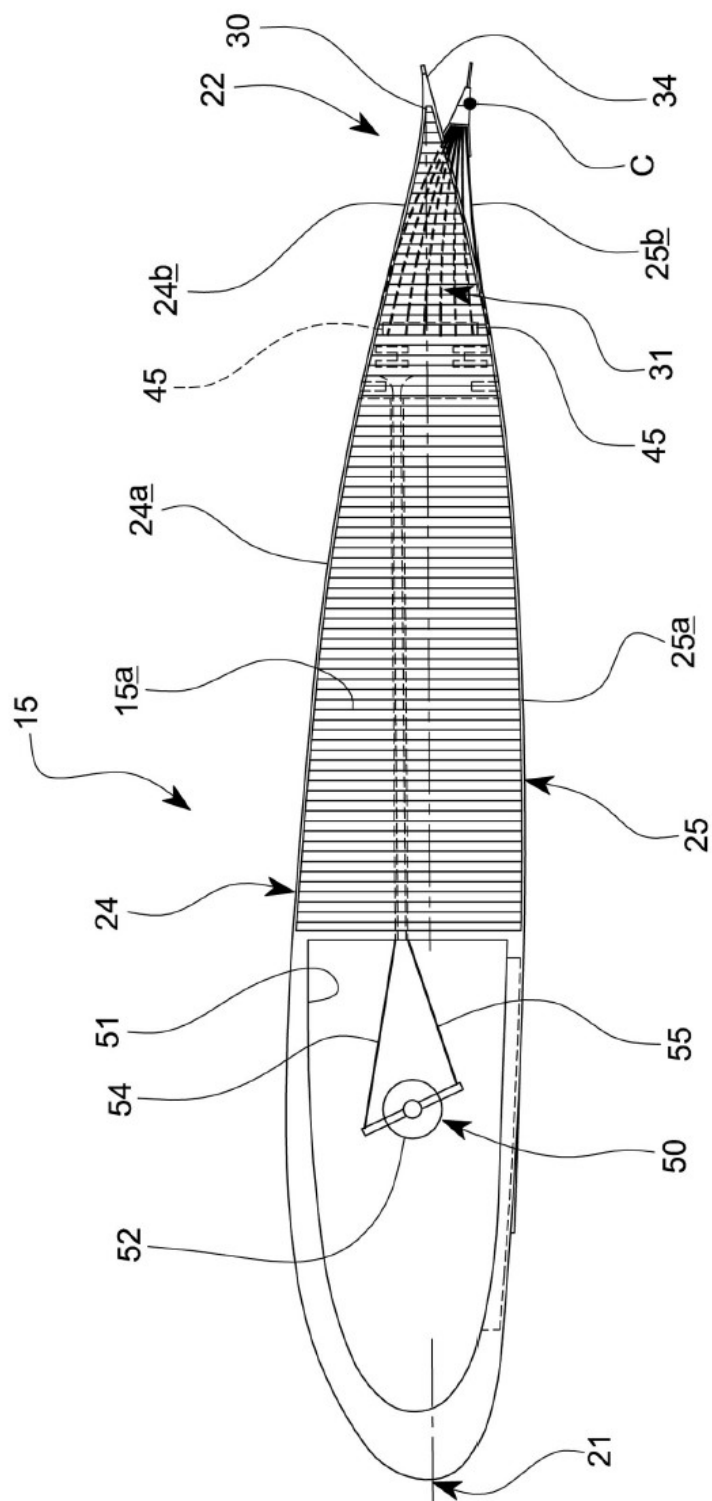


FIG. 5

