

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

(21) **PI0711283-1 A2**

(22) Data de Depósito: 10/05/2007
(43) Data da Publicação: 27/09/2011
(RPI 2125)



(51) *Int.Cl.:*
F03D 1/06

(54) Título: LÂMINA DE ROTOR PARA UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA, E, INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

(30) Prioridade Unionista: 11/05/2006 DE 10 2006 022 279.2

(73) Titular(es): Aloys Wobben

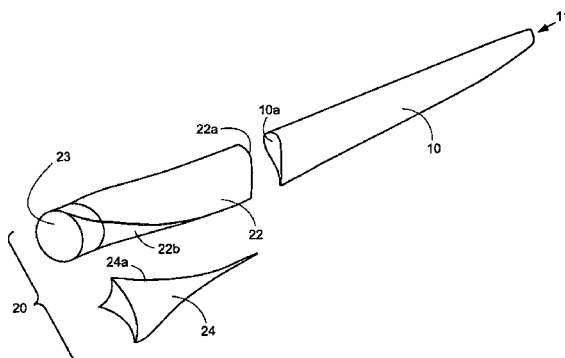
(72) Inventor(es): Rolf Rohden

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT EP2007054533 de 10/05/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/131937 de 22/11/2007

(57) Resumo: LÂMINA DE ROTOR PARA UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA, E, INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA. Uma lâmina de rotor é provida para uma instalação de energia eólica, com pelo menos um primeiro e segundo componente, em que o primeiro componente apresenta a ponta de lâmina de rotor e o segundo componente apresenta a raiz de lâmina de rotor e o primeiro e o segundo componentes são partes separadas que formam conjuntamente a lâmina de rotor; o primeiro componente (10) apresenta um primeiro material e o segundo componente (20) apresenta um segundo material.



“LÂMINA DE ROTOR PARA UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA, E, INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA”

A presente invenção refere-se a uma lâmina de rotor para uma instalação de energia eólica, em que a lâmina de rotor apresenta pelo menos um primeiro e um segundo componentes, em que o primeiro componente apresenta a ponta de lâmina de rotor e o segundo componente apresenta a raiz de lâmina de rotor.

Uma lâmina de rotor dividida é conhecida, por exemplo, da DE 199 62 989 A1. As partes desta lâmina de rotor conhecida são produzidas e transportadas separadas em virtude das consideráveis dimensões, para, desta maneira, limitar as exigências em infra-estrutura tanto por ocasião da produção como também do transporte.

Como outro estado da técnica é feita referência aos documentos DE 101 52 449 A1, DE 203 20 714 U1 e WO 03/078833 A1.

O objetivo da presente invenção é o de otimizar ainda mais uma lâmina de rotor para uma instalação de energia eólica.

Este objetivo é atingido em uma lâmina de rotor do tipo inicialmente mencionado por meio da utilização de um primeiro material para o primeiro componente e de um segundo material para o segundo componente.

Com isto, uma lâmina de rotor para uma instalação de energia eólica é provida, a qual apresenta pelo menos um primeiro e um segundo componente. O primeiro componente apresenta a ponta de lâmina de rotor e o segundo componente apresenta a raiz de lâmina de rotor. O primeiro e o segundo componentes são configurados como partes separadas, para configurar conjuntamente a lâmina de rotor. O primeiro componente apresenta um primeiro material e o segundo componente apresenta um segundo material.

Neste caso, a invenção é baseada no conhecimento que por

meio de uma divisão da lâmina de rotor, na verdade, as dimensões das partes a serem manuseadas são reduzidas, uma seleção de materiais apropriados e, assim, de processos de produção associados, também influencia a economia e que isto deve ser atribuído a vários fatores. Por meio de uma redução das

5 dimensões das partes individuais, as exigências com respeito à infra-estrutura e logística são também reduzidas na produção, manipulação e transporte das lâminas de rotor, até a montagem na instalação de energia eólica. A infra-estrutura, todavia, é também dependente do material a ser processado, pois, dependendo do respectivo material envolvido, são necessárias antes e depois

10 da pura conformação, etapas de pré-processamento e pós-processamento. Estas são, por exemplo, corte no tamanho e remoção de rebarbas na usinagem de metal. No processamento de materiais plásticos reforçados com fibras, tais etapas incluem a manutenção de determinadas exigências térmicas, por exemplo, em operações de tratamento térmico, etc.

15 Embora o estado da técnica, na verdade, já descreva lâminas de rotor de várias partes, cujas partes que proporcionam a forma estão sobre todo o comprimento de lâmina de rotor são sempre feitas do mesmo material, a invenção propõe o uso de diferentes materiais, os quais podem ser adaptados vantajosamente à função principal do componente. Esta visada

20 escolha de material conduz, por exemplo, a um material com um módulo de elasticidade comparativamente alto para uma região que é sujeita a altas cargas, e a um material com baixo peso próprio para partes de lâmina de rotor, onde estas cargas não ocorrem.

De acordo com o estado da técnica, material leve com um

25 módulo de elasticidade comparativamente baixo seria usado, de resto, por exemplo, mesmo quando é necessário assegurar um alto nível de transferência de carga. Uma quantidade correspondentemente grande de material tem que ser instalado ali; consideravelmente mais que é requerido somente para atingir precisão com respeito à forma, a fim de garantir a segura transferência de

carga. Esta considerável quantidade de material pode ser economizada por meio de uma seleção de acordo com a invenção de outro material com um alto módulo de elasticidade.

Em uma forma de construção preferida da lâmina de rotor, o segundo componente é novamente separado em pelo menos duas partes, as quais formam conjuntamente o segundo componente. A divisão é efetuada, de forma particularmente preferida, em uma parte de suporte de carga e uma caixa de borda traseira de lâmina. Por meio desta divisão, a manipulação de grandes componentes de lâmina de rotor pode ser ainda mais facilitada por esta divisão e em particular o transporte rodoviário é desta maneira simplificado ainda mais um pouco, pois lâminas de rotor têm a profundidade máxima na região do segundo componente e podem ali facilmente atingir dimensões maiores que 6 m. Assim, qualquer curva fechada da estrada e qualquer ponto representa um obstáculo em potencial com correspondentes problemas, os quais podem ser reduzidos, senão até mesmo evitados, por meio da divisão deste segundo componente em dois.

Neste caso, de modo especialmente preferido, são novamente utilizados diferentes materiais para as duas partes que formam conjuntamente o segundo componente.

Para facilitar ainda mais a solução dos objetivos de transporte, a caixa de borda traseira de lâmina, em caso de necessidade, é dividida novamente em várias partes, de modo que, desta maneira, lâminas de rotor com quaisquer dimensões podem ser produzidas e transportadas.

Para se obter uma divisão particularmente vantajosa da lâmina de rotor nos dois componentes, o primeiro componente apresenta preferivelmente um comprimento de aproximadamente $\frac{5}{6}$ a $\frac{1}{2}$ do comprimento de toda a lâmina de rotor, enquanto o comprimento do segundo componente preferivelmente corresponde a $\frac{1}{6}$ a $\frac{1}{2}$ do comprimento de lâmina de rotor.

A caixa de borda traseira de lâmina ou suas partes podem, por exemplo, ser produzidas de alumínio. Este material é leve, pode ser bem conformado e tem um comportamento característico sob temperaturas que chega próximo àquele do aço. Por conseguinte, com uma combinação de uma
5 caixa de borda traseira de alumínio e uma parte de suporte de carga de aço, a expectativa é de uma lâmina que pode ser fabricada de modo relativamente barato, com precisão apropriada com respeito à forma. Em adição, o módulo de elasticidade de alumínio é menor por aproximadamente um fator de 5 que aquele de aço. Isto provê, dentre outros, que cargas às quais o segundo
10 componente é sujeito não são suportadas pelo material mais macio da caixa de borda traseira. O dimensionamento das partes da caixa de borda traseira pode, por sua vez, ser efetuado em uma maneira correspondentemente mais vantajosa.

Para facilitar a montagem da lâmina por meio da reunião das
15 partes individuais e também na subsequente operação de inspeção da lâmina e, em particular, verificação da transição entre o primeiro e segundo componentes, em uma característica particularmente preferida, a parte de suporte de carga do segundo componente é adaptada para ser transitável a pé. Isto significa, por um lado, que o interior oferece suficiente espaço e, além
20 disto, o material é suficientemente capaz de suportar uma carga, que pelo menos nenhuma deformação (permanente) ocorre.

A conexão do primeiro e segundo componente da lâmina de rotor é efetuada, de modo especialmente preferido, com uma junta de topo, em que os elementos de conexão para ultrapassagem da junta de topo são
25 dispostos exclusivamente dentro da lâmina de rotor. Por meio disto, um contorno externo aerodinamicamente limpo é atingido.

Neste caso, a conexão é preferivelmente conFigurada de tal maneira que os elementos de conexão incluem cavilhas transversais, elementos de ligação e um flange em L dirigido para dentro da lâmina de

rotor, no segundo componente, em que as cavilhas transversais são recebidas em aberturas no primeiro componente. Estas aberturas são configuradas, em uma forma de construção preferida, como aberturas de passagem. Para obter uma superfície de lâmina de rotor aerodinamicamente lisa, as aberturas são

5 apropriadamente recobertas. Isto pode ser efetuado por meio de aberturas pré-fabricadas, com as quais a abertura é coberta a partir do exterior. Será apreciado que esta função pode também ser implementada quando do processamento da superfície de lâmina por meio da aplicação de uma massa de enchimento ou similar.

10 Em uma forma de construção alternativa da presente invenção, as aberturas são conFiguradas como furos cegos a partir do lado interno do primeiro componente, em que os elementos de ligação são conectados com as cavilhas transversais independentemente do tipo de realização das aberturas, estendem-se através do flange em L e são ali fixados.

15 A espessura de material do primeiro componente na região da abertura é decisiva para a maneira em que as aberturas são feitas. Para atingir uma transferência de carga confiável, uma determinada face de apoio mínima é necessária para as cavilhas transversais, e que esta área determina a profundidade necessária da abertura. Se o material não for mais espesso, o

20 arranjo envolve uma abertura transpassante, a qual, então, tem que ser recoberta sobre a superfície de lâmina de rotor. Se o material for mais espesso, uma abertura cega é suficiente, de modo que não existe necessidade de a superfície de lâmina de rotor ser subsequenteiramente processada.

25 Para fazer uso desta lâmina economicamente vantajosa é provida uma instalação de energia eólica com pelo menos uma lâmina de rotor deste tipo.

Um exemplo de realização preferido da presente invenção será explicado mais detalhadamente a seguir com base nas Figuras anexas. Estas mostram:

a Figura 1 é uma representação explodida de uma lâmina de rotor de acordo com a invenção;

a Figura 2 é uma representação de uma lâmina de rotor de acordo com a invenção, no estado montado;

5 a Figura 3 é uma representação simplificada da conexão entre o primeiro e o segundo componentes em uma vista lateral;

a Figura 4 é a conexão entre o primeiro e segundo componente em uma vista superior; e

10 a Figura 5 é uma forma de construção alternativa da conexão representada na Figura 3.

A representação explodida na Figura 1 mostra o primeiro componente 10, o qual inclui a ponta de lâmina de rotor 11. O segundo componente 20 é formado a partir de duas partes, mais especificamente de uma parte de suporte de carga 22, que inclui também a raiz de lâmina de rotor 23 para fixação da lâmina de no cubo de rotor, não representado, bem como de uma caixa de borda traseira de lâmina 24. A parte de suporte de carga 22 apresenta uma primeira face de conexão 22a e uma segunda face de conexão 22b. A primeira face de conexão 22a serve para conectar a parte de suporte de carga 22 com do primeiro componente ou com a face de conexão 10a do primeiro componente. A segunda conexão ou face de contato 22b serve para conectar a parte de suporte de carga 22 com a caixa de borda traseira de lâmina 24. Aqui, as faces de contato correspondentes, isto é, por um lado, a face de contato ou de conexão 22a e, por outro lado, a face de contato ou de conexão 10a, são adaptadas uma à outra de tal maneira que a parte de suporte de carga e o primeiro componente podem ser fixados substancialmente se costura uma à outra. Uma consideração correspondente se aplica para as faces de conexão ou contato 22b e 24a.

A Figura 2 mostra a lâmina de roto 1 de acordo com a invenção no estado montado. Neste caso, o primeiro componente 10 e o

segundo componente 20 composto das partes 22 e 24 formam a lâmina de rotor, a qual é identificada geralmente com o número de referência 1.

Por meio da seleção de diferentes materiais para os componentes são levadas em conta as diferentes exigências feitas aos componentes ou às suas partes. Assim, para o primeiro componente (ponta de lâmina) é preferivelmente usada resina sintética reforçada com fibras, enquanto para a parte de suporte de carga do segundo componente (raiz de lâmina) é empregado aço e alumínio é usado para a parte ou partes da caixa de borda traseira de lâmina. Assim, a resistência requerida pode ser proporcionada à parte de suporte de carga por meio de processos de trabalho que são há muito tempo conhecidos e que são confiavelmente dominados no processamento de aço. Como o segundo componente é aquele que inclui a raiz de lâmina de rotor, o qual, portanto, no estado montado da lâmina de rotor, forma a região interna, próxima ao cubo, exigências particularmente altas não são feitas ao aspecto de precisão de forma. O módulo de elasticidade relativamente alto de aço também significa que não existe necessidade de material adicional para a transmissão das cargas que ocorre, a partir da lâmina de rotor. A situação era diferente, por exemplo, com material plástico reforçado com fibras de vidro (GRP) como material para o segundo componente. Aqui, seria necessário usar mais material que é atualmente requerido para prover uma estrutura que é estável com respeito à forma, para atingir a resistência de flexão requerida para transferência de carga. Como, todavia, aço tem um módulo de elasticidade que é aproximadamente 5 vezes mais alto que o do GRP, este reforço e a complicação e dispêndio que são inevitavelmente envolvidos com isto não são requeridos.

O primeiro componente (ponta de lâmina), o qual forma a parte externa da lâmina de rotor, em contraste, tem que ser produzido com um alto nível de precisão com respeito à forma, pois este componente muito predominantemente determina as propriedades aerodinâmicas da lâmina de

rotor. Para esta finalidade, desde há muitos anos são conhecidos processos de fabricação que usam resina sintética reforçada com fibras, de modo que componentes com um alto nível de precisão com respeito à forma e, ao mesmo tempo, baixo peso, mas, em retorno, a altos custos de material, podem também ser produzidos em fabricação em série. Será apreciado que é também possível usar um material diferente de peso comparativamente baixo, tal como alumínio, para o primeiro componente. O baixo peso do primeiro componente resulta em cargas correspondentemente baixas, a quais atuam, sobretudo sobre o segundo componente e a instalação de energia eólica. Por exemplo, menção pode ser feita aqui às cargas rotacionalmente cíclicas devidas ao efeito de gravidade.

A Figura 3 mostra como uma conexão entre o primeiro componente 10 e o segundo componente 20 ou a face de contato 10a e a face de contato 22b pode ser feita.

No primeiro componente 10 são configurados os assim chamados orifícios cegos, portanto aberturas que não atravessam completamente o material. Uma cavilha transversal 12 é introduzida em uma tal abertura. Um elemento de ligação 14, por exemplo, uma haste rosqueada, é conectado com aquela cavilha transversal 12, o comprimento do elemento de ligação 14 sendo de tal maneira que ele se do primeiro componente 10 por uma tal extensão que o segundo componente 20 pode ser colocado sobre ele e um aparafusamento é possível

Como o segundo componente 20 apresenta um flange em L 26 dirigido para dentro da lâmina de rotor, pode ser visto da Figura 3 que a cavilha transversal 12 é introduzida na abertura a partir do interior da lâmina de rotor. Por meio disto, o exterior da lâmina de rotor permanece intacto e, assim, aerodinamicamente limpo.

Como ainda pode ser visto desta Figura, os dois componentes 10, 20 da lâmina de rotor são ligados um com o outro, na medida em que uma

porca 16 é colocada na rosca do elemento de ligação 14, que se projeta do flange em L 26 do segundo componente 20.

Para atingir uma transferência de força mais vantajosa do flange em L 26 para o segundo componente 20, placas de joelho 28 podem ser
5 providas a distâncias predeterminadas.

A Figura 4 mostra a conexão entre o primeiro componente 10 e do segundo componente 20 em uma vista superior. Aqui, novamente as cavilhas transversais 12 estão representadas, com as quais são conectados elementos de ligação 14, os quais engatam através do flange em L 26 do
10 segundo componente 20 e são firmemente apertados com porcas 16, de modo que resulta uma conexão firme entre os dois componentes 10, 20.

Pode ainda ser visto a partir desta Figura que uma respectiva placa de joelho 28 é provida entre dois elementos de ligação adjacentes, de modo que aquelas placas de joelho 28 são distribuídas sobre toda a periferia
15 interna da lâmina de rotor e, assim, promovem transferência de carga uniforme.

A Figura 5 mostra uma forma de construção alternativa da conexão representada na Figura 3. A diferença entre as duas Figuras consiste substancialmente no fato de que na Figura 5 são representadas aberturas de
20 passagem em lugar dos orifícios cegos mostrados na Figura 3. As outras partes são iguais e têm o mesmo número de referência que na Figura 3. Por conseguinte, a descrição não é repetida aqui e, a este respeito, referência é feita à descrição relativa à Figura 3.

As lâminas de rotor acima descritas são preferivelmente
25 usadas como lâminas de rotor de uma instalação de energia eólica, em que a instalação de energia eólica preferivelmente apresenta três destas lâminas de rotor.

De acordo com um outro exemplo de realização da invenção, a caixa de borda traseira de lâmina 24 bem como a ponta de lâmina de rotor

podem apresentar diferentes dimensões. Aqui, cuidado deve ser tomado para observar que as faces de conexão 10a da ponta de lâmina de rotor 24a e da caixa de borda traseira de lâmina 24 permaneçam as mesmas, mesmo com diferentes dimensões para a ponta de lâmina de rotor e caixa de borda traseira, de modo que as respectivas e diferentes pontas de lâmina de rotor e caixas de borda traseira possam ser fixadas na parte de suporte de carga 22. Assim, é possível assegurar que, desta maneira, uma lâmina de rotor para uma instalação de energia eólica pode ser construída em uma estrutura modular com base na parte de suporte de carga 22 e com pontas de lâmina de rotor e caixas de borda traseira de lâmina de rotor de diferentes configurações. A respectiva lâmina de rotor pode, assim, ser facilmente adaptada às condições de operação a serem esperadas. Assim, é possível produzir lâminas de rotor de diferentes comprimento e largura e de diferentes dimensões geométricas, em que a parte de suporte de carga 22 permanece inalterada e somente a ponta de lâmina de rotor e a caixa de borda traseira de lâmina têm que ser apropriadamente adaptadas.

É assim possível atingir produção favorável em termos de custos da parte de suporte de carga, pois esta parte é de uma configuração idêntica para uma multiplicidade de lâminas de rotor diferentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Lâmina de rotor para uma instalação de energia eólica, caracterizada pelo fato de que compreende pelo menos um primeiro e segundo componente, em que o primeiro componente apresenta a ponta de lâmina de rotor e o segundo componente apresenta a raiz de lâmina de rotor e o primeiro e o segundo componentes são partes separadas que formam conjuntamente a lâmina de rotor, em que o primeiro componente (10) apresenta um primeiro material e o segundo componente (20) apresenta um segundo material,

10 em que o segundo componente (20) apresenta pelo menos uma primeira e uma segunda parte (22, 24), que estão na forma de partes separadas e formam conjuntamente o segundo componente (20),

em que a primeira parte representa uma parte de suporte de carga (22) e a segunda parte representa uma caixa de borda traseira de lâmina (24),

15 em que a primeira parte (22) apresenta um segundo material e a segunda parte apresenta um terceiro material,

em que são providas resinas sintéticas reforçadas com fibras como primeiro material, aço como segundo material para a parte de suporte de carga (22) do segundo componente (20) e alumínio como terceiro material para a parte ou as partes da caixa de borda traseira de lâmina (24).

2. Lâmina de rotor de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por uma divisão da caixa de borda traseira de lâmina (24) em várias partes.

25 3. Lâmina de rotor de acordo com a reivindicação 1 a 2, caracterizada pelo fato de que o comprimento do primeiro componente (10) corresponde a aproximadamente 5/6 a 1/2 do comprimento de toda a lâmina de rotor e que o comprimento do segundo componente (20) corresponde a aproximadamente 1/6 a 1/2 de toda a lâmina de rotor (1).

4. Lâmina de rotor de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que pelo menos a parte de suporte de carga (22) do segundo componente (20) é adaptada para ser transitável a pé.

5. Lâmina de rotor de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizada por uma conexão entre primeiro e segundo componentes (10, 20) da lâmina de rotor (1) com uma junta de topo, em que os elementos de conexão para ultrapassagem da junta de topo são dispostos exclusivamente dentro da lâmina de rotor (1).

10 6. Lâmina de rotor de acordo com a reivindicação 5, caracterizada pelo fato de que os elementos de conexão apresentam cavilhas transversais (12), elementos de ligação (14) e uma flange em L (26) dirigido para dentro da lâmina de rotor sobre o segundo componente (20), em que as cavilhas transversais (12) são recebidas em aberturas no primeiro componente (10), e em que os elementos de ligação (14) são conectados com as cavilhas transversais (12), estendem-se através do flange em L (26) e são ali fixadas.

15 7. Lâmina de rotor de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que as aberturas no primeiro componente (10) para recepção das cavilhas transversais (12) estão na forma de furos cegos a partir do lado interno do primeiro componente (10).

20 8. Lâmina de rotor para uma instalação de energia eólica, em particular de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, caracterizada pelo fato de que compreende ainda

um primeiro componente que apresenta a ponta de lâmina de rotor,

25 um segundo componente que apresenta a raiz de lâmina de rotor,

em que o primeiro e o segundo componentes estão na forma de partes separadas e formam conjuntamente a lâmina de rotor,

em que o segundo componente apresenta pelo menos uma

primeira parte de suporte de carga (22) e pelo menos uma segunda parte que representa a caixa de borda traseira de lâmina (24).

5 em que a lâmina de rotor é de uma estrutura modular e em que pontas de lâmina de rotor com diferentes dimensões podem ser fixadas na parte de suporte de carga (22) e/ou caixas de borda traseira de lâmina (24) com diferentes dimensões na parte de suporte de carga (22).

10 9. Lâmina de rotor de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que as pontas de lâmina de rotor (10) apresentam também, nas diferentes configurações geométricas, uma face de contato previamente definida (10a), em que as caixas de borda traseira de lâmina de rotor (24), também em diferentes dimensões, apresentam uma face de contato previamente definida (24a).

15 10. Lâmina de rotor de acordo com a reivindicação 7 ou 8, caracterizada pelo fato de que a face de conexão (10a) da ponta de lâmina de rotor (10) é adaptada a uma primeira face de conexão (22a) da parte de suporte de carga (22), e

em que a face de contato (24a) da caixa de borda traseira de lâmina (24) é adaptada a uma segunda face de conexão (22b) da parte de suporte de carga (22).

20 11. Instalação de energia eólica, caracterizada pelo fato de que compreende pelo menos uma lâmina de rotor como definido em uma das reivindicações precedentes.

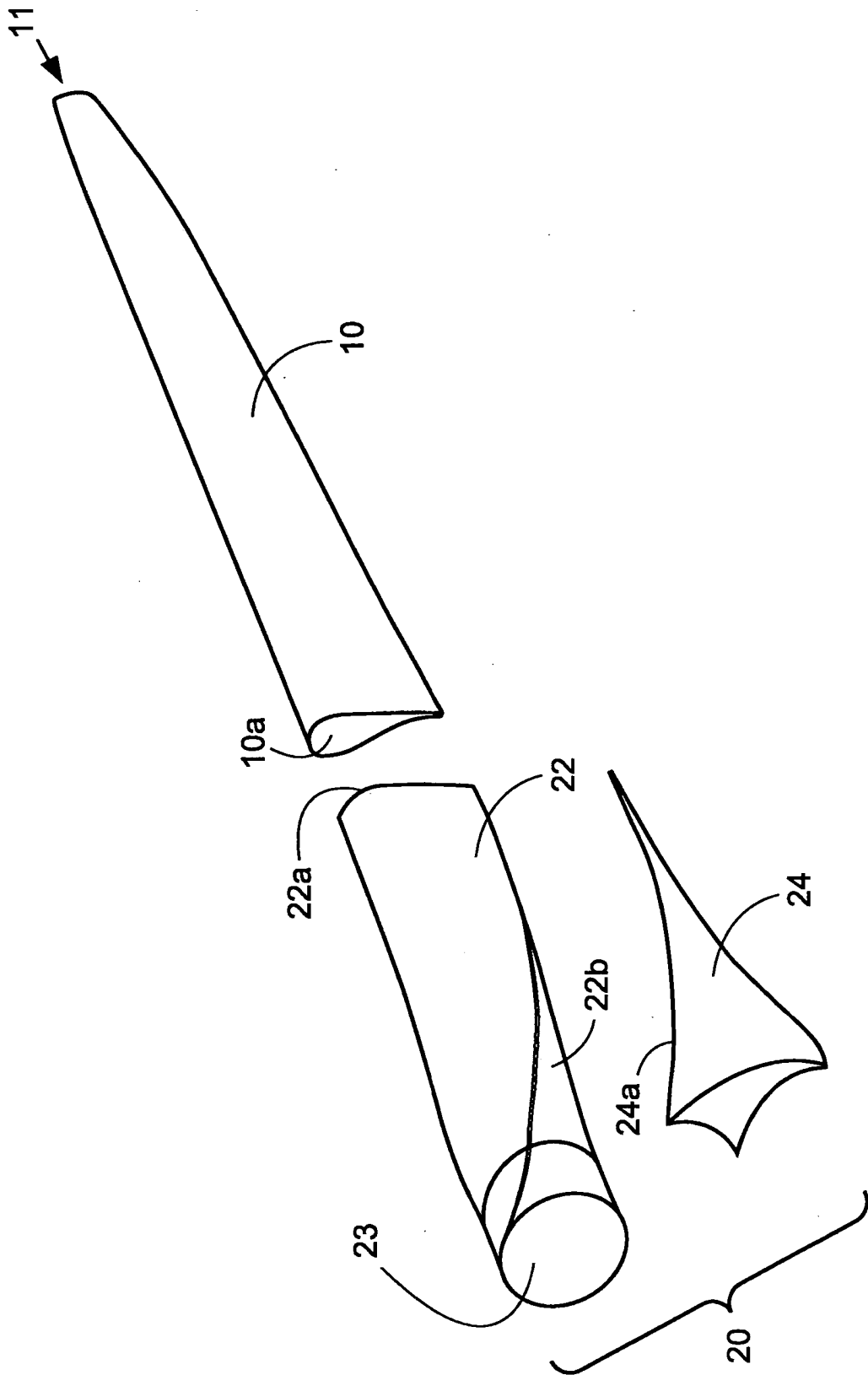


Fig.1

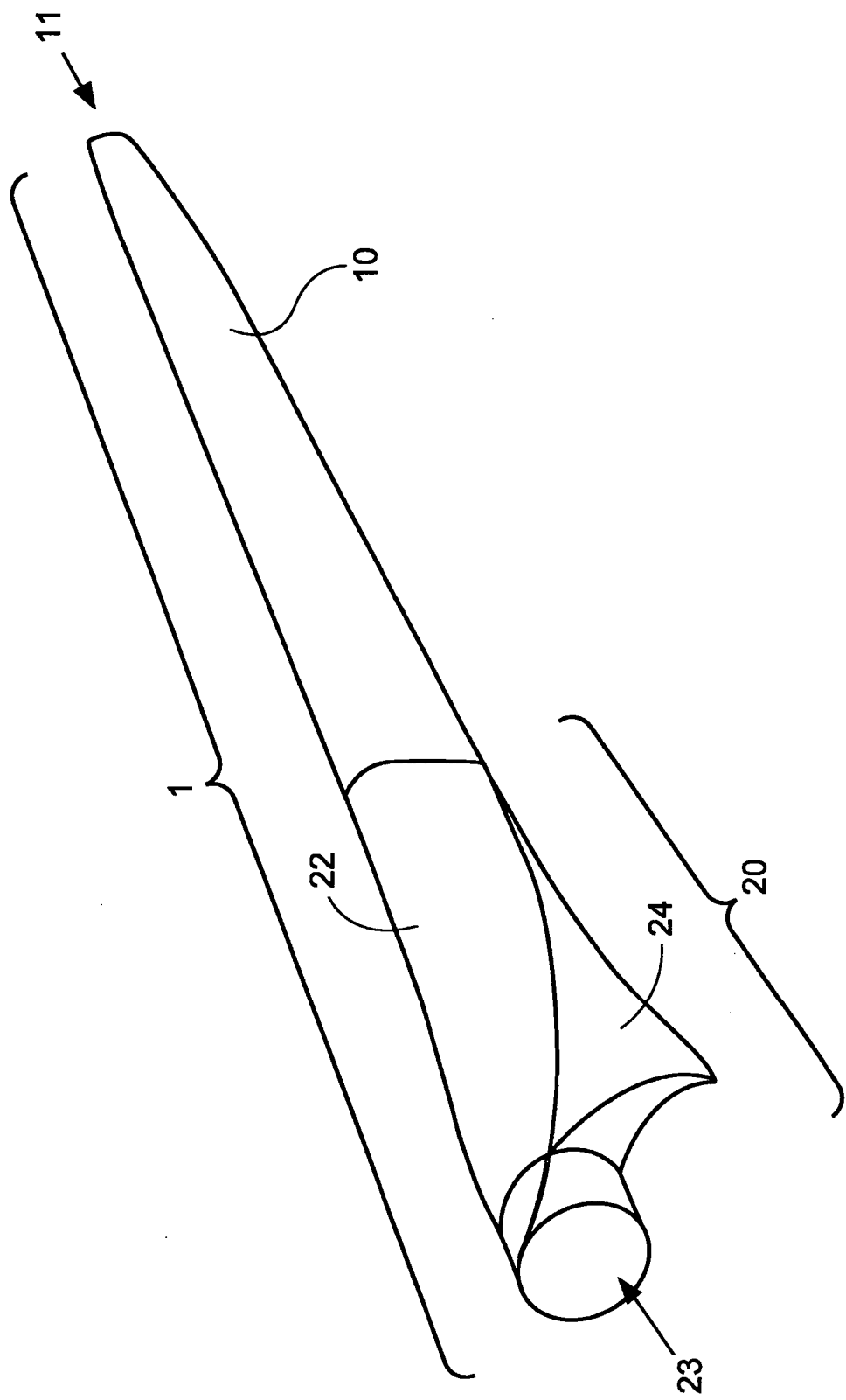


Fig. 2

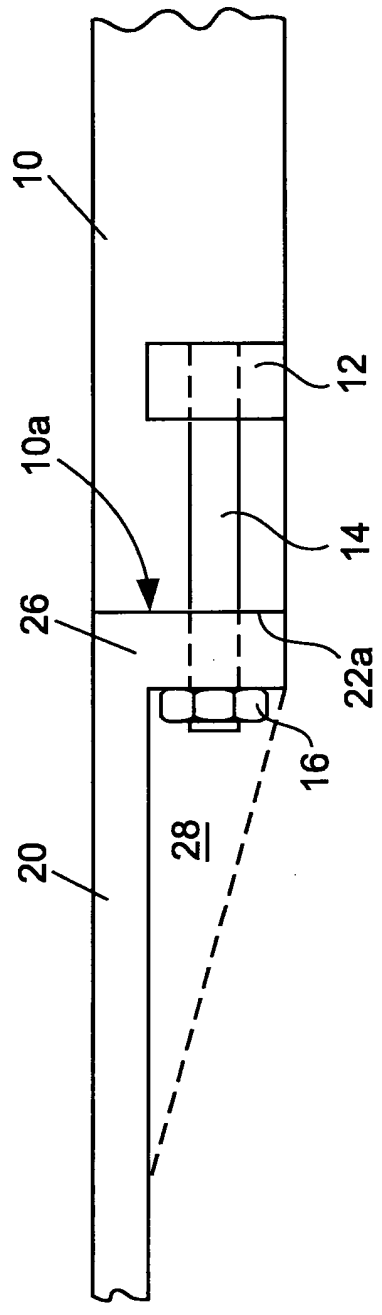


Fig. 3

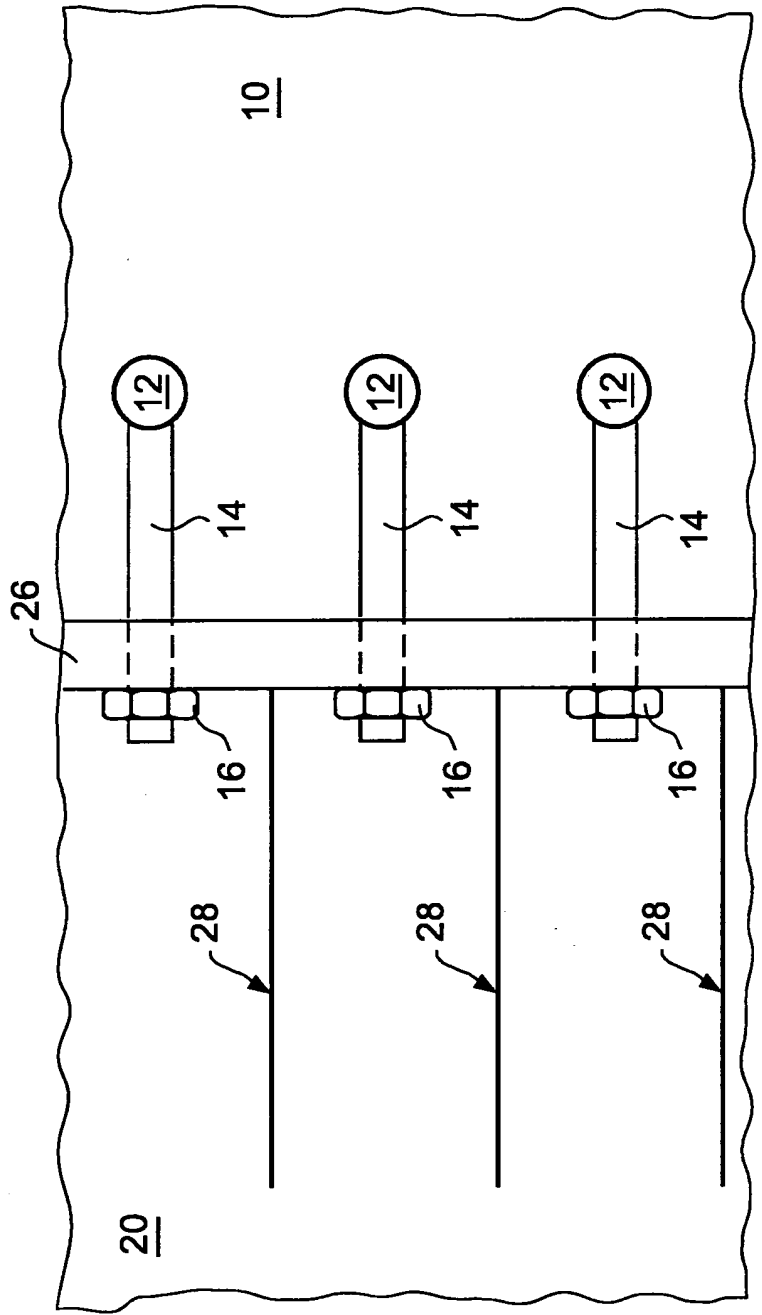


Fig. 4

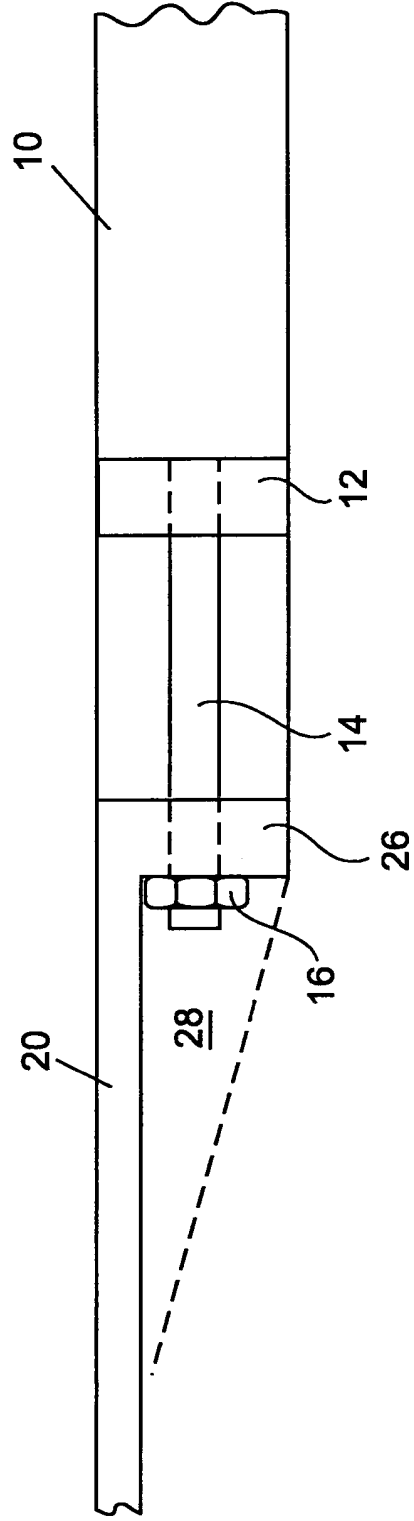


Fig.5

RESUMO

“LÂMINA DE ROTOR PARA UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA, E, INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA”

5 Uma lâmina de rotor é provida para uma instalação de energia eólica, com pelo menos um primeiro e segundo componente, em que o primeiro componente apresenta a ponta de lâmina de rotor e o segundo componente apresenta a raiz de lâmina de rotor e o primeiro e o segundo componentes são partes separadas que formam conjuntamente a lâmina de rotor; o primeiro componente (10) apresenta um primeiro material e o
10 segundo componente (20) apresenta um segundo material.