



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

(21) BR 10 2014 006636-5 A2



(22) Data de Depósito: 20/03/2014

(43) Data da Publicação: 23/12/2014
(RPI 2294)

(54) Título: LÂMINA DE ROTOR COM UMA ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO SEGMENTADA E MÉTODO PARA FABRICAR A LÂMINA DE ROTOR

(51) Int.Cl.: B32B7/04; B32B7/02; B32B17/00; F03D11/00; B29B15/08; F03D1/06; B32B5/26

(52) CPC: B32B7/04; B32B7/02; B32B17/00; F03D11/00; B29B15/08; F03D1/065; F05B2280/2006; F05B2280/6002; F05B2280/6013; F05B2280/6015; F05C2203/02; B32B5/26

(30) Prioridade Unionista: 20/03/2013 EP 13160215.3

(73) Titular(es): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

(72) Inventor(es): SIGMUND WENNINGSTED
TORGARD

(57) Resumo: RESUMO

Patente de Invenção: "LÂMINA DE ROTOR COM UMA ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO SEGMENTADA E MÉTODO PARA FABRICAR A LÂMINA DE ROTOR".

A invenção refere-se a uma lâmina de rotor (10) com uma estrutura de sustentação, em que a lâmina de rotor (10) (formato curvo falciforme) compreende uma seção de base de lâmina de rotor (11) e uma seção de ponta de lâmina de rotor (12). A lâmina de rotor (10) compreende, além disso, uma direção longitudinal de lâmina de rotor (13), em que a direção longitudinal de lâmina de rotor (13) se estende a partir da seção de base de lâmina de rotor (11) até a seção de ponta de lâmina de rotor (12). A estrutura de sustentação compreende um primeiro segmento de sustentação (20) (material fibroso) para sustentar a seção de base de lâmina de rotor (11) e pelo menos um segundo segmento de sustentação (material fibroso) (30) para sustentar a seção de ponta de lâmina de rotor (.).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**LÂMINA DE ROTOR COM UMA ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO SEGMENTADA E MÉTODO PARA FABRICAR A LÂMINA DE ROTOR**".

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a uma lâmina de rotor com uma estrutura de sustentação. Ademais, a invenção se refere a um método de fabricação da lâmina de rotor.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] Uma lâmina de rotor, por exemplo, compreende um envelope, uma estrutura de sustentação e um material de preenchimento. O envelope representa uma carcaça externa (ou invólucro) da lâmina de rotor. Em outras palavras, o envelope representa uma superfície da lâmina de rotor. A estrutura de sustentação sustenta um peso da lâmina de rotor e fornece estabilidade à lâmina de rotor contra cargas ou forças exercidas à lâmina de rotor. O envelope define um interior da lâmina de rotor. O interior compreende a estrutura de sustentação e, por exemplo, compreende o material de preenchimento.

[003] Um rotor pode, de modo geral, ser definido como uma parte girante de um dispositivo mecânico. Uma lâmina de rotor, que é uma parte do rotor, é, por exemplo, usada em um motor de turbina, como, por exemplo, um motor de turbina eólica, um motor de turbina a gás ou um motor de turbina à água.

[004] A lâmina de rotor pode ter um formato reto com relação a uma direção longitudinal da lâmina de rotor. A lâmina de rotor também pode ter um formato curvado (ou falciforme).

[005] Uma lâmina de rotor curvada, isto é, uma lâmina de rotor com um formato curvado, para um motor de turbina eólica é, por exemplo, conhecido a partir do Pedido de Patente U.S. 2007/0025859 A1. Um problema das lâminas de rotor curvadas da técnica anterior com relação à estrutura de sustentação é que a estrutura de sustenta-

ção segue uma curvatura da lâmina de rotor curvada. Se, por exemplo, a estrutura de sustentação compreender o material fibroso, um problema de uma estrutura de sustentação curvada feita de material fibroso é que o material fibroso pode criar rugas ou cachos. Isso pode enfraquecer a estrutura de sustentação e como consequência existe um risco de avaria da lâmina de rotor.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[006] Dessa forma, existe uma necessidade urgente de fornecer uma estrutura de sustentação melhorada de uma lâmina de rotor, em que a estrutura de sustentação melhorada é adequada para um formato curvado, isto é, falciforme, da lâmina de rotor.

[007] Esse objetivo é alcançado através das reivindicações independentes. As reivindicações dependentes descrevem desenvolvimentos e modificações vantajosos da invenção.

[008] De acordo com a invenção, uma lâmina de rotor é fornecida com uma estrutura de sustentação, em que a lâmina de rotor compreende uma seção de base de lâmina de rotor e uma seção de ponta de lâmina de rotor. Ademais, a lâmina de rotor compreende uma direção longitudinal de lâmina de rotor, em que a direção longitudinal de lâmina de rotor se estende a partir da seção de base de lâmina de rotor até a seção de ponta de lâmina de rotor. Além disso, a estrutura de sustentação compreende um primeiro segmento de sustentação para sustentar a seção de base de lâmina de rotor e pelo menos um segundo segmento de sustentação para sustentar a seção de ponta de lâmina de rotor. A estrutura de sustentação compreende o primeiro segmento de sustentação e o segundo segmento de sustentação ao longo da direção longitudinal. Adicionalmente, o primeiro segmento de sustentação é unido ao segundo segmento de sustentação em uma seção de transição de estrutura de sustentação, em que a seção de transição de estrutura de sustentação está localizada entre a seção de base de lâ-

mina de rotor e a seção de ponta de lâmina de rotor. Finalmente, o primeiro segmento de sustentação e/ou o segundo segmento de sustentação compreendem um material fibroso.

[009] Um recurso importante da lâmina de rotor de acordo com a invenção é que a lâmina de rotor compreende uma estrutura de sustentação que é segmentada. Uma estrutura de sustentação segmentada oferece uma pluralidade de novas possibilidades e vantagens com relação à construção de uma lâmina de rotor comparada à técnica atual. Uma vantagem de uma estrutura de sustentação segmentada é, por exemplo, que a construção de lâminas de rotor curvadas é melhorada. Em mais detalhe, uma estrutura de sustentação segmentada permite uma provisão de uma estrutura de sustentação angulada que compreende, por exemplo, um primeiro segmento de sustentação reto e um segundo segmento de sustentação reto, disposto um após o outro em um ângulo. Uma outra vantagem de uma estrutura de sustentação segmentada é que a construção de uma lâmina de rotor grande, isto é, longa, pode ser facilitada. Mais especificamente, a construção é facilitada devido ao fato de que uma estrutura de sustentação total longa pode ser montada por vários segmentos de sustentação individuais, que são, cada um, mais curtos que a estrutura de sustentação total longa e, dessa forma, mais fáceis de construir e manusear.

[010] A lâmina de rotor compreende uma seção de base de lâmina de rotor e uma seção de ponta de lâmina de rotor. A seção de base de lâmina de rotor pode compreender um flange a fim de conectar ou fixar a lâmina de rotor, por exemplo, a um cubo de uma turbina eólica. O flange pode compreender uma única fileira de orifícios ou uma fileira dupla de orifícios. Ademais, a seção de base de lâmina de rotor pode compreender aço. A seção de base de lâmina de rotor pode compreender até 10% de um volume total da lâmina de rotor.

[011] A seção de ponta de lâmina de rotor compreende uma se-

ção ao redor de uma ponta da lâmina de rotor. A seção de ponta de lâmina de rotor pode compreender também até 10 % do volume total da lâmina de rotor.

[012] A direção longitudinal de lâmina de rotor é uma direção longitudinal da lâmina de rotor. Em outras palavras, a direção longitudinal de lâmina de rotor se estende na direção longitudinal da lâmina de rotor.

[013] Se, por exemplo, a lâmina de rotor for de simetria espelhada em relação a um eixo de simetria, então, a direção longitudinal de lâmina de rotor será equivalente ao eixo de simetria. Em outras palavras, a direção longitudinal de lâmina de rotor repousa em uma linha fictícia que se estende a partir da seção de base de lâmina de rotor até a seção de ponta de lâmina de rotor.

[014] A estrutura de sustentação compreende um primeiro segmento de sustentação e um segundo segmento de sustentação. Pode ser benéfico que a estrutura de sustentação compreenda um ou mais segmentos de sustentação adicionais. O primeiro segmento de sustentação pode estar diretamente contíguo à seção de base de lâmina de rotor e/ou o segundo segmento de sustentação pode estar diretamente contíguo à seção de ponta de lâmina de rotor.

[015] O primeiro segmento de sustentação e o segundo segmento de sustentação são dispostos um após o outro (ou em uma fileira) ao longo da direção longitudinal de lâmina de rotor. Se, em um primeiro exemplo, a lâmina de rotor compreender um formato reto, isto é, o primeiro segmento de sustentação e o segundo segmento de sustentação formarem um ângulo de aproximadamente 180 graus, então, o primeiro segmento de sustentação e o segundo segmento de sustentação podem seguir a direção longitudinal de lâmina de rotor. Se, em um segundo exemplo, a lâmina de rotor compreender um formato curvado, isto é, o primeiro segmento de sustentação e o segundo seg-

mento de sustentação formarem um ângulo que seja menor que 180 graus, então, uma direção longitudinal do primeiro segmento de sustentação e/ou do segundo segmento de sustentação pode ser desviada de uma direção exata da direção longitudinal de lâmina de rotor. Dessa forma, a expressão que a estrutura de sustentação compreende vários segmentos ao longo da direção longitudinal de lâmina de rotor tem de ser entendida de modo que a estrutura de sustentação seja dividida em segmentos de sustentação que se estendem substancialmente ao longo da direção longitudinal de lâmina de rotor. Isso pode compreender desvios de até 20 graus, em particular, até 10 graus.

[016] O primeiro segmento de sustentação e o segundo segmento de sustentação são unidos (ou fixados ou conectados) um ao outro na seção de transição de estrutura de sustentação. A seção de transição de estrutura de sustentação pode compreender até 20%, em particular, até 10%, do volume total da lâmina de rotor.

[017] O primeiro segmento de sustentação e/ou o segundo segmento de sustentação compreendem um material fibroso. Um material fibroso é vantajoso e adequado para uma estrutura de sustentação de uma lâmina de rotor. Um material fibroso pode ser flexível e de fácil manuseio durante a fabricação enquanto é robusto e duro após, por exemplo, uma etapa de cura.

[018] A estrutura de sustentação de uma lâmina de rotor também denotada um longerão. Um longerão também é chamado de um componente estrutural principal da lâmina de rotor.

[019] A estrutura de sustentação pode fornecer uma maioria da sustentação de peso e da carga dinâmica.

[020] Em uma primeira modalidade o primeiro segmento de sustentação compreende pelo menos uma primeira camada de material fibroso e o segundo segmento de sustentação compreende pelo menos uma segunda camada de material fibroso.

[021] Uma camada é um objeto tridimensional que compreende um comprimento, uma largura e uma espessura. A camada pode ser delgada, o que significa que o comprimento é pelo menos dez vezes maior que a espessura. Além disso, a largura também é pelo menos dez vezes maior que a espessura.

[022] Em uma outra modalidade o material fibroso compreende um tecido com fibras, em particular, um tecido com fibras unidirecionais.

[023] O material fibroso pode compreender material fibroso natural e/ou material fibroso sintético. Os exemplos de fibras com material fibroso sintético são fibras metálicas, fibras de carbono, fibras de carbureto de silício, fibra de vidro, fibras de minerais, fibras de celulose, fibras de polímero ou microfibras. Uma fibra pode compreender um formato cilíndrico, em particular, um formato cilíndrico circular que compreende, por exemplo, um diâmetro entre 15 micrometros e 25 micrometros. Uma pluralidade de fibras pode ser agrupada em um fio (ou filaça) de fibras. O fio pode compreender um diâmetro entre 5 mm (milímetros) e 10 mm.

[024] Um tecido compreende uma rede de fibras naturais e/ou sintéticas. Um tecido pode compreender um formato de uma camada delgada. O tecido pode compreender uma largura em uma faixa entre 200 mm e 800 mm.

[025] Em uma modalidade vantajosa o tecido compreende fibras unidirecionais. Um tecido com fibras unidirecionais compreende fibras que estão substancialmente paralelas umas às outras. A noção "substancialmente" nesse contexto inclui desvios de até 10 %, em particular, de até 5 % com relação a uma primeira direção de uma primeira fibra e uma segunda direção de uma segunda fibra. É vantajoso se mais que 50 % das fibras no tecido forem unidirecionais. Em particular, mais que 80 % das fibras sejam unidirecionais.

[026] Em uma outra modalidade vantajosa o material fibroso compreende um material compósito, em particular, uma folha com material compósito pré-impregnado.

[027] Um material compósito, que também é chamado de um material de composição ou um compósito, é um material que é feito a partir de dois ou mais materiais constituintes com propriedades físicas e/ou químicas diferentes. Se os materiais constituintes forem combinados, obtém-se um material compósito com características, que são diferentes das propriedades dos materiais constituintes. Um material compósito pré-impregnado, que também é chamado de um material compósito prepeg, é um material que compreende um material matriz e um material fibroso, em que o material matriz já pode ser pelo menos parcialmente curado.

[028] Vantajosamente, o material fibroso compreende uma folha com material compósito pré-impregnado. Uma folha no contexto desse Pedido de Patente significa uma camada delgada. Ademais, é benéfico que a folha com material compósito pré-impregnado seja flexível, visto que uma folha flexível pode ser de manuseio e fabricação mais fácil.

[029] Em uma modalidade vantajosa adicional, a primeira camada e/ou a segunda camada compreendem um formato planar.

[030] Em outras palavras, a primeira camada e/ou a segunda camada são planas. Por uma questão de clareza, qualquer objeto, por exemplo, a primeira camada e a segunda camada, compreendem uma certa rugosidade em uma superfície. Portanto, o formato planar das camadas significa que as camadas são substancialmente planas.

[031] Uma vantagem de uma camada plana é por outro lado um armazenamento facilitado e fácil das camadas e por outro lado uma facilidade de fabricação.

[032] Em uma outra modalidade, a primeira camada compreende

pelo menos uma primeira seção de superfície de camada longitudinal e pelo menos uma primeira seção de superfície de camada transversal, em que a primeira seção de superfície de camada longitudinal é maior que a primeira seção transversal de camada. Ademais, a segunda camada compreende pelo menos uma segunda seção de superfície de camada longitudinal e pelo menos uma segunda seção de superfície de camada transversal, em que a segunda seção de superfície de camada longitudinal é maior que a segunda seção de superfície de camada transversal. A primeira seção transversal de camada é unida diretamente à segunda seção de superfície de camada transversal na seção de transição de estrutura de sustentação.

[033] Uma seção de superfície pode ser delimitada pelas bordas ou rebordos. Isso pode, por exemplo, ser o caso se a primeira camada e/ou a segunda camada forem um cuboide, por exemplo, um cuboide retangular. A primeira camada e/ou a segunda camada também podem, porém, compreender uma borda ou rebordo cego ou arredondado.

[034] Na seção de transição de lâmina de rotor duas das seções de superfície são unidas diretamente uma à outra. Uma junta direta significa que as duas seções de superfície são trazidas diretamente adjacentes uma à outra. Isso, porém, não exclui uma alternativa em que um adesivo repousa entre a primeira seção de superfície transversal de primeira camada e a primeira seção de superfície transversal de segunda camada.

[035] Em uma outra modalidade a primeira camada e a segunda camada se sobrepõem pelo menos parcialmente na seção de transição de estrutura de sustentação.

[036] Em outras palavras, a primeira camada e a segunda camada se sobrepõem pelo menos parcialmente.

[037] A noção de duas camadas sobrepondo uma à outra signifi-

ca que as duas camadas são unidas diretamente uma à outra ou apenas separadas através de um material adesivo (ou de colocação).

[038] Em uma outra modalidade vantajosa o primeiro segmento de sustentação compreende uma pilha de camadas adicionais para sustentar adicionalmente a primeiro segmento de sustentação e o segundo segmento de sustentação compreende uma pilha adicional de camadas ainda mais adicionais para sustentar adicionalmente o segundo segmento de sustentação. A primeira camada e a pilha de camadas adicionais se sobrepõem pelo menos parcialmente e a segunda camada e a pilha adicional de camadas ainda mais adicionais se sobrepõem pelo menos parcialmente. Ademais, a pilha de camadas adicionais é unida à pilha adicional de camadas ainda mais adicionais na seção de transição de estrutura de sustentação.

[039] A pilha de camadas adicionais e a pilha adicional de camadas ainda mais adicionais significam uma pluralidade de camadas adicionais empilhadas umas nas outras e uma pluralidade adicional de camadas ainda mais adicionais empilhadas umas nas outras, respectivamente. Uma pilha de camadas adicionais para sustentar adicionalmente o primeiro segmento de sustentação pode aumentar de maneira benéfica uma rigidez, uma dureza ou uma robustez do primeiro segmento de sustentação. Analogamente, a pilha adicional de camadas ainda mais adicionais pode aumentar de maneira benéfica a rigidez, a dureza e a robustez do segundo segmento de sustentação.

[040] Vantajosamente, a pilha de camadas adicionais é unida diretamente à pilha adicional de camadas ainda mais adicionais na seção de transição de estrutura de sustentação. Alternativa ou adicionalmente, a pilha de camadas adicionais e a pilha adicional de camadas ainda mais adicionais se sobrepõem pelo menos parcialmente.

[041] Como um exemplo, uma lâmina de rotor com uma dimensão longitudinal de 30 m (metro) pode compreendem uma pilha de 5 a

10 camadas adicionais. Como um outro exemplo, uma lâmina de rotor com uma dimensão longitudinal de 50 a 55 m pode compreender uma pilha de 40 a 60 camadas adicionais. Como ainda outro exemplo, uma lâmina de rotor com uma dimensão longitudinal de mais de 60 m pode compreender uma pilha de mais de 50 camadas adicionais.

[042] Existem várias alternativas com respeito a uma junta entre as camadas adicionais e as camadas ainda mais adicionais.

[043] Em uma primeira alternativa uma primeira camada adicional e uma primeira camada mais ainda adicional se sobrepõem na seção de transição de lâmina de rotor. Analogamente, uma segunda camada adicional e uma segunda camada mais ainda adicional se sobrepõem na seção de transição de lâmina de rotor. Porém, uma quantidade de excesso de material pode ocorrer e pode ser gerada na seção de transição de lâmina de rotor. Isso pode levar a uma protuberância na lâmina de rotor.

[044] Em uma segunda alternativa as camadas adicionais são rebaixadas, por exemplo, uniformemente, na seção de transição de lâmina de rotor e as camadas ainda mais adicionais, que correspondem às camadas adicionais, são elevadas a uma taxa idêntica. Uma vantagem dessa segunda alternativa é que não se gera nenhum excesso de material dentro da seção de transição de lâmina de rotor. Porém, um risco de rachadura na seção de transição de lâmina de rotor pode ser alto.

[045] Uma terceira alternativa compreende uma primeira fração das camadas adicionais e uma primeira fração das camadas ainda mais adicionais, que são ambas reunidas. Dentro desse grupo as camadas adicionais se rebaixam e as camadas ainda mais adicionais se elevam de modo correspondente. Através disso, vários grupos podem ser formados. Uma vantagem da terceira alternativa é um risco ainda mais reduzido de rachadura na seção de transição de lâmina de rotor

comparada à primeira e/ou à segunda alternativa. Uma outra vantagem é que a junta entre as camadas adicionais e as camadas ainda mais adicionais é mais compacta se comparada à segunda alternativa.

[046] Finalmente, em uma quarta alternativa a primeira alternativa e a terceira alternativa são combinadas. Assim, gera-se uma junta entre as camadas adicionais e as camadas ainda mais adicionais que compreendem uma sobreposição de camadas assim como um rebaixamento e uma elevação de camadas assim como uma reunião de camadas. A quarta alternativa pode mesmo reduzir adicionalmente o risco de rachadura comparada, por exemplo, à terceira alternativa.

[047] Se as camadas adicionais forem elevadas (ou rebaixadas), uma taxa de escalonamento pode ser regular, isto é, pode compreender alturas de degrau e larguras de degrau similares para cada degrau. Alternativamente, a altura de degrau e a largura de degrau podem variar entre os degraus.

[048] A espessura entre as camadas adicionais e/ou as camadas ainda mais adicionais podem ser similares para cada uma das camadas adicionais e cada uma das camadas ainda mais adicionais, respectivamente. Alternativamente, a espessura pode variar entre as camadas.

[049] Em uma outra modalidade o primeiro segmento de sustentação e/ou o segundo elemento de sustentação compreendem substancialmente um formato de um cuboide.

[050] Um cuboide se destina a ser um poliedro convexo delimitado por seis faces quadrilaterais. Os exemplos de um cuboide são um paralelepípedo ou um tronco quadrado, que é uma pirâmide quadrada com um ápice truncado. Em particular, o cuboide pode ser um retangular cuboide, em que pelo menos uma das seis faces compreende um formato de um retângulo.

[051] O termo "substancialmente" nesse contexto se refere à

questão do fato de que em realidade o primeiro segmento de sustentação e/ou o segundo elemento de sustentação podem, potencialmente, não compreenderem um formato ideal de um cuboide em um sentido geométrico estrito. Os desvios do formato de um cuboide ideal deverão, portanto, também serem compreendidos.

[052] Em uma outra modalidade uma direção longitudinal do primeiro segmento de sustentação e uma direção longitudinal do segundo segmento de sustentação formam um ângulo que é menor que 175 graus, em particular, menor que 170 graus.

[053] A direção longitudinal do primeiro segmento de sustentação e a direção longitudinal do segundo segmento de sustentação são definidas em analogia à direção longitudinal de lâmina de rotor. Em outras palavras, as mesmas se referem a uma dimensão longitudinal ou uma extensão longitudinal do primeiro segmento de sustentação e do segundo segmento de sustentação, respectivamente.

[054] Em particular, para uma lâmina de rotor com um formato curvado é altamente vantajoso que o primeiro segmento de sustentação e o segundo segmento de sustentação sejam dispostos de uma maneira angulada. Particularmente, para uma lâmina de rotor fortemente curvada é vantajoso que o ângulo seja menor que 160 graus.

[055] Uma vantagem de uma estrutura de sustentação angulada e segmentada de uma lâmina de rotor é que os segmentos de sustentação retos conhecidos e bem comprovados podem ser usados. Porém, um formato curvado de toda a estrutura de sustentação pode ser executado. Um fabricante de lâmina de rotor de turbina eólica, por exemplo, que se focou primariamente em produzir as lâminas de rotor não curvadas não é, então, forçado a reprojeta e redesenvolver as novas tecnologias de fabricação a fim de produzir as lâminas de rotor curvadas.

[056] Uma lâmina de rotor com um formato curvado também é

chamada de uma lâmina de rotor com um formato de uma espada Árabe.

[057] Em uma outra modalidade o primeiro segmento de sustentação compreende um primeiro segmento de sustentação suplementar para sustentar adicionalmente a lâmina de rotor. Ademais, o segundo segmento de sustentação compreende um segundo segmento de sustentação suplementar para sustentar adicionalmente a lâmina de rotor. O primeiro segmento de sustentação é unido ao primeiro segmento de sustentação suplementar por meio de um primeiro componente de conexão e/ou o segundo segmento de sustentação é unido ao segundo segmento de sustentação suplementar por meio de um segundo componente de conexão.

[058] Em uma lâmina de rotor pode ser benéfico ter estruturas de sustentação suplementares. Os segmentos de sustentação e os segmentos de sustentação adicionais podem ser, de maneira benéfica, substancialmente paralelos um ao outro. Vantajosamente, os segmentos de sustentação e os segmentos de sustentação suplementares podem ser diretamente conectados pelos componentes de conexão. Os componentes de conexão podem, em particular, estar perpendiculares ou substancialmente perpendiculares aos segmentos de sustentação e/ou aos segmentos de sustentação suplementares.

[059] Em uma modalidade vantajosa, a lâmina de rotor é uma parte de um motor de turbina eólica.

[060] Um motor de turbina eólica, que também pode ser referido como uma usina de energia eólica ou um carregador eólico ou uma turbina eólica, converte a energia cinética do vento, também chamada de energia eólica, em energia elétrica. Um motor de turbina eólica pode compreender uma torre, uma nacela, um cubo e uma ou várias lâminas de rotor.

[061] A invenção também é direcionada a um método para fabri-

car uma lâmina de rotor conforme descrito acima. O método compreende unir o primeiro segmento de sustentação e o segundo segmento de sustentação.

[062] Em outras palavras, o método compreende fixar ou conectar o primeiro segmento de sustentação e o segundo segmento de sustentação.

[063] Em particular, o método é adequado para fabricar uma lâmina de rotor de um motor de turbina eólica.

[064] Em uma modalidade vantajosa o método compreende dispor a primeira camada e a segunda camada em um molde; aplicar um material de preenchimento, em particular, um material de preenchimento líquido, no interior do molde e, dessa forma, obter um compósito compreendido pela estrutura de sustentação e pelo material de preenchimento; e curar o compósito.

[065] Em particular, o material de preenchimento é canalizado para o interior do molde.

[066] A fim de fabricar toda a lâmina de rotor é benéfico fornecer um molde adicional. Por meio do molde, uma primeira metade da lâmina de rotor poderia ser fabricada; por meio do molde adicional, uma segunda metade da lâmina de rotor poderia ser fabricada. Ademais, pode ser vantajoso usar tecnologia de vácuo para canalizar o material de preenchimento para o interior do molde. Um exemplo de um material de preenchimento líquido vantajoso é a resina, em particular, a resina epóxi. Um exemplo de condições de cura para curar o compósito é aquecer o compósito a 60 graus Celsius por cinco a sete horas.

[067] Os aspectos definidos acima e os aspectos adicionais da presente invenção são aparentes a partir dos exemplos da modalidade a ser descrita doravante e são explicados com referência aos exemplos das modalidades.

[068] BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[069] As modalidades da invenção são descritas agora, por meio de exemplo apenas, com referência aos desenhos anexos.

[070] A Figura 1 mostra uma lâmina de rotor;

[071] a Figura 2 mostra uma lâmina de rotor com uma estrutura de sustentação que compreende um primeiro segmento de sustentação e um segundo segmento de sustentação;

[072] a Figura 3 mostra uma primeira camada de um primeiro segmento de sustentação;

[073] a Figura 4 mostra uma primeira camada de um primeiro segmento de sustentação que compreende uma pluralidade de fibras unidirecionais;

[074] a Figura 5 mostra uma primeira camada de um primeiro segmento de sustentação unida diretamente a uma segunda camada de um segundo segmento de sustentação;

[075] a Figura 6 mostra uma primeira camada de um primeiro segmento de sustentação que parcialmente sobrepõem uma segunda camada de um segundo segmento de sustentação;

[076] a Figura 7 mostra uma primeira modalidade de um primeiro segmento de sustentação unido a um segundo segmento de sustentação;

[077] a Figura 8 mostra uma segunda modalidade de um primeiro segmento de sustentação unido a um segundo segmento de sustentação;

[078] a Figura 9 mostra uma terceira modalidade de um primeiro segmento de sustentação unido a um segundo segmento de sustentação; e

[079] a Figura 10 mostra um primeiro segmento de sustentação e um primeiro segmento de sustentação suplementar, unidos um ao outro por meio de um primeiro componente de conexão.

[080] Os desenhos são de forma esquemática.

DESCRIÇÃO DETALHADA DOS DESENHOS

[081] Com referência à Figura 1, mostra-se uma lâmina de rotor 10 que compreende um formato curvado. A lâmina de rotor 10 compreende uma seção de base de lâmina de rotor 11 e uma seção de ponta de lâmina de rotor 12. Adicionalmente, na Figura 1 retrata-se uma direção longitudinal de lâmina de rotor 13 da lâmina de rotor 10. A direção longitudinal de lâmina de rotor 13 se estende (ou se cruza ou atravessa) a seção de base de lâmina de rotor 11 e a seção de ponta de lâmina de rotor 12.

[082] Na Figura 2, ilustra-se uma estrutura de sustentação que compreende um primeiro segmento de sustentação 20 e um segundo segmento de sustentação 30 de uma lâmina de rotor 10. Novamente, a lâmina de rotor 10 compreende uma seção de base de lâmina de rotor 11 e uma seção de ponta de lâmina de rotor 12. O primeiro segmento de sustentação 20, que compreende uma direção longitudinal do primeiro segmento de sustentação 25 e o segundo segmento de sustentação 30, que compreende uma direção longitudinal do segundo segmento de sustentação 35, unidos um ao outro em uma seção de transição de estrutura de sustentação 40. Visto que a lâmina de rotor 10 compreende um formato curvado, a direção longitudinal do primeiro segmento de sustentação 25 e a direção longitudinal do segundo segmento de sustentação 35 formam um ângulo 41 de aproximadamente 170 graus. Isso é de grande benefício para a estrutura de sustentação da lâmina de rotor 10.

[083] A Figura 3 mostra uma primeira camada 21 de um primeiro segmento de sustentação 20. A primeira camada 21 compreende um formato de um cuboide retangular. A primeira camada 21 compreende seis faces, ou seja, quatro seções de superfície longitudinais e duas seções de superfície transversais. Especificamente, a primeira camada 21 compreende uma primeira seção de superfície longitudinal de pri-

meira camada 210, uma segunda seção de superfície longitudinal de primeira camada 211, uma terceira seção de superfície longitudinal de primeira camada 212 e uma quarta seção de superfície longitudinal de primeira camada 213. Adicionalmente, o mesmo compreende uma primeira seção de superfície transversal de primeira camada 214 e uma segunda seção de superfície transversal de primeira camada 215. Pode-se notar que cada uma das duas seções de superfície transversais tem uma área que é menor que uma outra área de cada uma das quatro seções de superfície longitudinais. Vantajosamente, a primeira seção de superfície transversal de primeira camada 214 é unida com uma seção de superfície transversal similar de uma segunda camada 31.

[084] A Figura 4 mostra uma primeira camada 21 de um primeiro segmento de sustentação 20 que compreende uma pluralidade de fibras unidirecionais 26. Pode-se notar que as fibras unidirecionais 26 são substancialmente paralelas umas às outras.

[085] A Figura 5 e a Figura 6 mostram duas alternativas como uma primeira camada 21 pode ser unida a uma segunda camada 31.

[086] Na Figura 5, a primeira camada 21 de um primeiro segmento de sustentação 20 é unida diretamente à segunda camada 31 de um segundo segmento de sustentação 30. A junta direta ocorre em uma seção de transição de estrutura de sustentação 40. Exemplificativamente, as duas camadas são unidas com um material adesivo (ou de colocação) como, por exemplo, uma resina epóxi.

[087] Na Figura 6, a primeira camada 21 se sobrepõem parcialmente à segunda camada 31 em uma seção de transição de estrutura de sustentação 40.

[088] Finalmente, a Figura 7 à Figura 9 mostram três modalidades de um primeiro segmento de sustentação 20 unido com um segundo segmento de sustentação 30. Em cada uma das modalidades o

primeiro segmento de sustentação 20 compreende uma primeira camada 21 e uma pilha de camadas adicionais 24. A pilha de camadas adicionais 24 compreende sete camadas individuais. As sete camadas individuais são empilhadas umas sob as outras. Adicionalmente, a primeira camada 21 e a pilha de camadas adicionais 24 são unidas uma à outra. Analogamente, o segundo segmento de sustentação 30 compreende uma segunda camada 31 e uma pilha adicional de camadas ainda mais adicionais 34. A pilha adicional de camadas ainda mais adicionais 34 compreende sete camadas individuais adicionais, que são empilhadas umas sob as outras. A pilha adicional de camadas ainda mais adicionais 34 é unida à segunda camada 31.

[089] Em uma primeira modalidade, mostrada na Figura 7, as camadas do primeiro segmento de sustentação 20 se rebaixam uniformemente. De modo correspondente, as camadas do segundo segmento de sustentação 30 se elevam uniformemente, na mesma taxa. As camadas do primeiro segmento de sustentação 20 são unidas às camadas do segundo segmento de sustentação 30 de modo que as camadas correspondentes se acasalem umas com as outras. Porém, um risco de rachar a junta é relativamente alto.

[090] Em uma segunda modalidade, mostrada na Figura 8, as camadas dos dois segmentos de sustentação, ou seja, o primeiro segmento de sustentação 20 e o segundo segmento de sustentação 30, são agrupados em dois grupos de quatro camadas cada. Cada grupo em um segmento de sustentação tem um grupo correspondente no outro segmento de sustentação com o qual o mesmo faz uma junta como, por exemplo, na primeira modalidade. Porém, os dois grupos são deslocados ou desviados relativamente um ao outro. Como consequência, na segunda modalidade o risco de rachar a junta é reduzido comparado à primeira modalidade.

[091] Na Figura 9, ilustra-se uma terceira modalidade. A terceira

modalidade é similar à segunda modalidade, porém, cada camada se sobrepõe à camada correspondente no outro segmento de sustentação. Como consequência, o risco de rachar a junta é ainda mais reduzido comparado à primeira e à primeira modalidade. Adicionalmente, o excesso de material na seção de transição de estrutura de sustentação 40 é mantido em um baixo nível.

[092] Finalmente, na Figura 10, ilustra-se uma estrutura de sustentação que compreende um primeiro segmento de sustentação 20 e um primeiro segmento de sustentação suplementar 50, unidos diretamente um ao outro por meio de um primeiro componente de conexão 51. A estrutura de sustentação compreende um formato de um "H". Alternativamente, um formato em "C" ou um formato em caixa também é benéfico.

REIVINDICAÇÕES

1. Lâmina de rotor (10) com uma estrutura de sustentação, caracterizada pelo fato de que
 - a lâmina de rotor (10) compreende uma seção de base de lâmina de rotor (11) e uma seção de ponta de lâmina de rotor (12);
 - a lâmina de rotor (10) compreende uma direção longitudinal de lâmina de rotor (13), em que a direção longitudinal de lâmina de rotor (13) se estende a partir da seção de base de lâmina de rotor (11) até a seção de ponta de lâmina de rotor (12);
 - a estrutura de sustentação compreende um primeiro segmento de sustentação (20) para sustentar a seção de base de lâmina de rotor (11) e pelo menos um segundo segmento de sustentação (30) para sustentar a seção de ponta de lâmina de rotor (12);
 - a estrutura de sustentação compreende o primeiro segmento de sustentação (20) e o segundo segmento de sustentação (30) ao longo da direção longitudinal de lâmina de rotor (13);
 - o primeiro segmento de sustentação (20) é unido ao segundo segmento de sustentação (30) em uma seção de transição de estrutura de sustentação (40), em que a seção de transição de estrutura de sustentação (40) está localizada entre a seção de base de lâmina de rotor (11) e a seção de ponta de lâmina de rotor (12); e
 - o primeiro segmento de sustentação (20) e/ou o segundo segmento de sustentação (30) compreendem um material fibroso.
2. Lâmina de rotor (10), de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o primeiro segmento de sustentação (20) compreende pelo menos uma primeira camada (21) de material fibroso e o segundo segmento de sustentação (30) compreende pelo menos uma segunda camada (31) de material fibroso.
3. Lâmina de rotor (10), de acordo com a reivindicação 1 ou 2,
caracterizada pelo fato de que o material fibroso compreende um tecido com fibras, em particular, um tecido com fibras unidire-

cionais (26).

4. Lâmina de rotor (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3,

caracterizada pelo fato de que o material fibroso compreende um material compósito, em particular, uma folha com material compósito pré-impregnado.

5. Lâmina de rotor (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 4,

caracterizada pelo fato de que a primeira camada (21) e/ou a segunda camada (31) compreendem um formato planar.

6. Lâmina de rotor (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 5,

caracterizada pelo fato de que

- a primeira camada (21) compreende pelo menos uma primeira seção de superfície de camada longitudinal (210) e pelo menos uma primeira seção de superfície de camada transversal (214), em que a primeira seção de superfície de camada longitudinal (210) é maior que a primeira seção de superfície de camada transversal (214);

- a segunda camada (31) compreende pelo menos uma segunda seção de superfície de camada longitudinal e pelo menos uma segunda seção de superfície de camada transversal, em que a segunda seção de superfície de camada longitudinal é maior que a segunda seção de superfície de camada transversal; e

- a primeira seção de superfície de camada transversal (214) é unida diretamente à segunda seção de superfície de camada transversal na seção de transição de estrutura de sustentação (40).

7. Lâmina de rotor (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 6,

caracterizada pelo fato de que a primeira camada (21) e a segunda camada (31) se sobrepõem pelo menos parcialmente na seção de transição de estrutura de sustentação (40).

8. Lâmina de rotor (10), de acordo com qualquer uma das

reivindicações 2 a 7,

caracterizada pelo fato de que

- o primeiro segmento de sustentação (20) compreende uma pilha de camadas adicionais (24) para sustentar adicionalmente o primeiro segmento de sustentação (20),

- o segundo segmento de sustentação (30) compreende uma pilha adicional de camadas ainda mais adicionais (34) para sustentar adicionalmente o segundo segmento de sustentação (30),

- a primeira camada (21) e a pilha de camadas adicionais (24) se sobrepõem pelo menos parcialmente,

- a segunda camada (31) e a pilha adicional de camadas ainda mais adicionais (34) se sobrepõem pelo menos parcialmente, e

- a pilha de camadas adicionais (24) é unida à pilha adicional de camadas ainda mais adicionais (34) na seção de transição de estrutura de sustentação (40).

9. Lâmina de rotor (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8,

caracterizada pelo fato de que o primeiro segmento de sustentação (20) e/ou o segundo elemento de sustentação compreendem substancialmente um formato de um cuboide.

10. Lâmina de rotor (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9,

caracterizada pelo fato de que uma direção longitudinal do primeiro segmento de sustentação (25) e uma direção longitudinal do segundo segmento de sustentação (35) formam um ângulo (41) que é menor que 175 graus, em particular, menor que 170 graus.

11. Lâmina de rotor (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10,

caracterizada pelo fato de que

- o primeiro segmento de sustentação (20) compreende um primeiro segmento de sustentação suplementar (50) para sustentar adicionalmente a lâmina de rotor (10),

- o segundo segmento de sustentação (30) compreende um segundo segmento de sustentação suplementar para sustentar adicionalmente a lâmina de rotor (10), e

- o primeiro segmento de sustentação é unido ao primeiro segmento de sustentação suplementar (50) por meio de um primeiro componente de conexão (51) e/ou o segundo segmento de sustentação é unido ao segundo segmento de sustentação suplementar por meio de um segundo componente de conexão.

12. Lâmina de rotor (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11,

caracterizada pelo fato de que a lâmina de rotor (10) é uma parte de um motor de turbina eólica.

13. Método para fabricar uma lâmina de rotor (10), como definida em qualquer uma das reivindicações 2 a 12,

caracterizado pelo fato de que o método compreende unir o primeiro segmento de sustentação (20) e o segundo segmento de sustentação (30).

14. Método, de acordo com a reivindicação 13,

caracterizado pelo fato de que o método compreende as seguintes etapas:

a) dispor a primeira camada (21) e a segunda camada (31) em um molde;

b) aplicar um material de preenchimento, em particular, um material de preenchimento líquido, no molde e obtendo, desse modo, um compósito compreendido pela estrutura de sustentação e pelo material de preenchimento; e

c) curar o compósito.

FIG 1

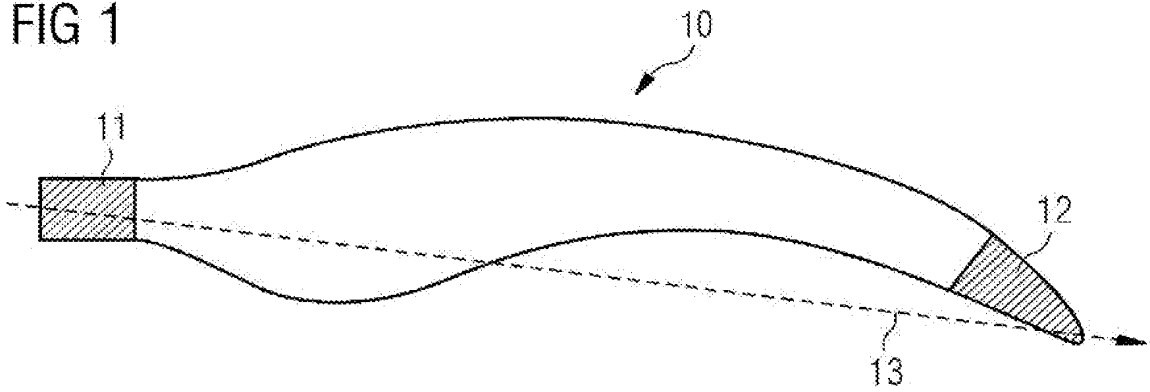


FIG 2

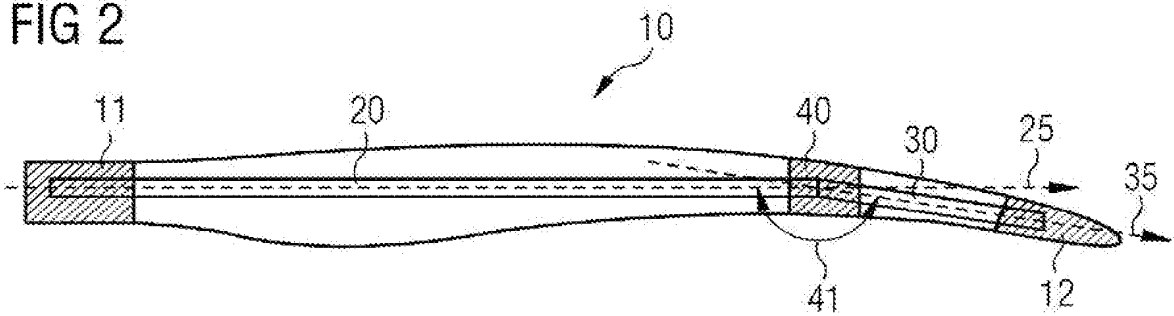


FIG 3

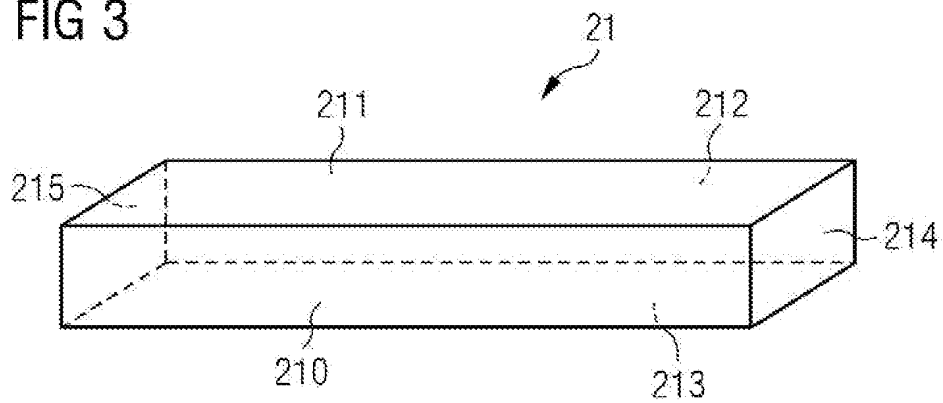


FIG 4

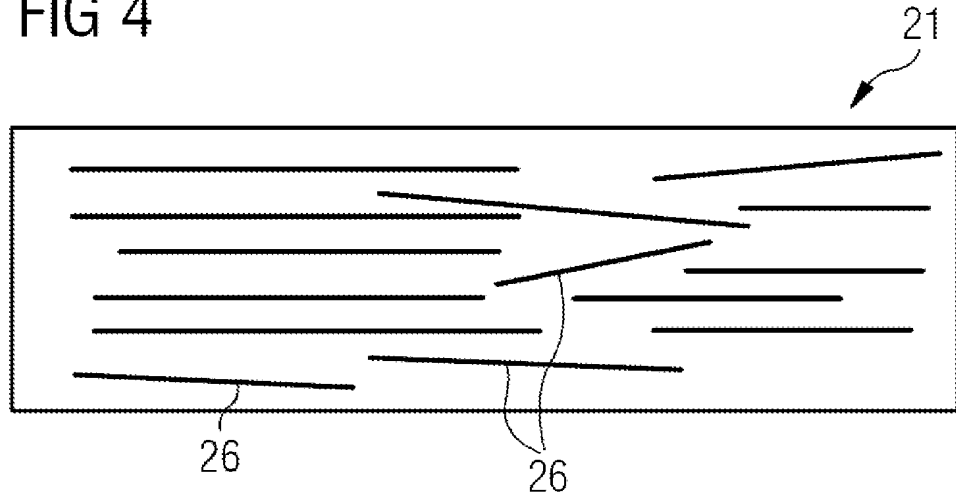


FIG 5

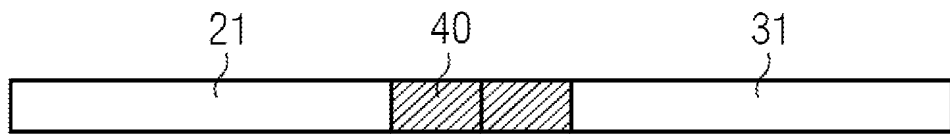


FIG 6

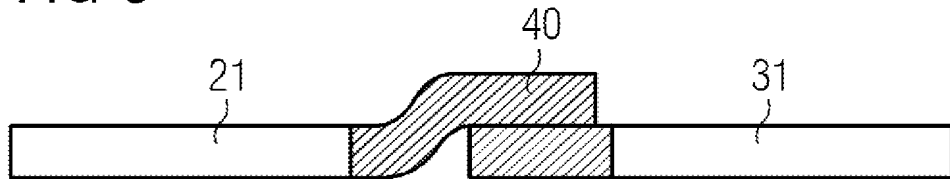


FIG 7

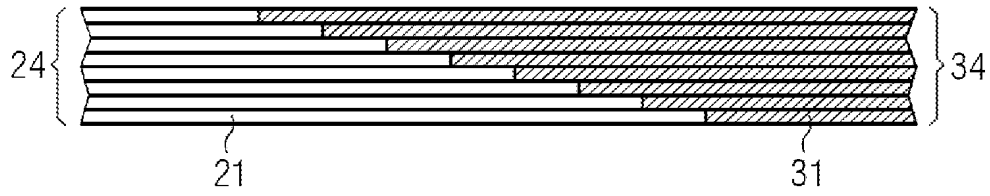


FIG 8

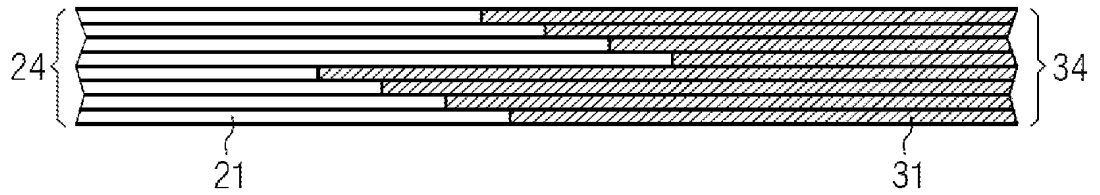


FIG 9

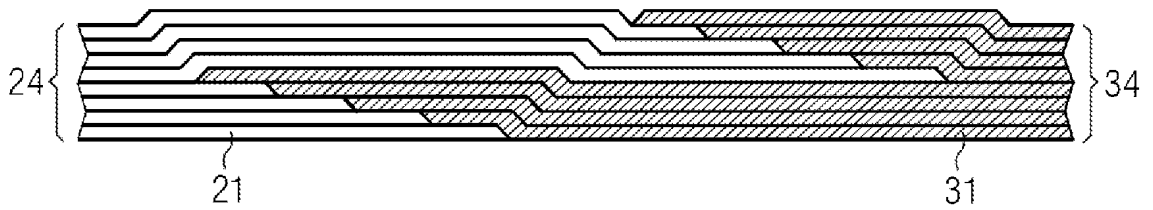
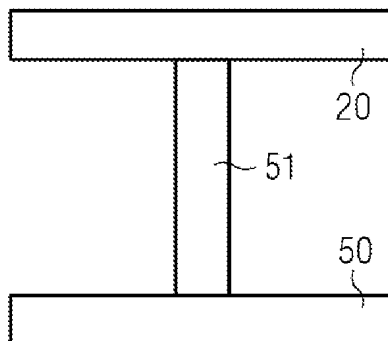


FIG 10



RESUMO

Patente de Invenção: "**LÂMINA DE ROTOR COM UMA ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO SEGMENTADA E MÉTODO PARA FABRICAR A LÂMINA DE ROTOR**".

A invenção refere-se a uma lâmina de rotor (10) com uma estrutura de sustentação, em que a lâmina de rotor (10) (formato curvo falciforme) compreende uma seção de base de lâmina de rotor (11) e uma seção de ponta de lâmina de rotor (12). A lâmina de rotor (10) compreende, além disso, uma direção longitudinal de lâmina de rotor (13), em que a direção longitudinal de lâmina de rotor (13) se estende a partir da seção de base de lâmina de rotor (11) até a seção de ponta de lâmina de rotor (12). A estrutura de sustentação compreende um primeiro segmento de sustentação (20) (material fibroso) para sustentar a seção de base de lâmina de rotor (11) e pelo menos um segundo segmento de sustentação (material fibroso) (30) para sustentar a seção de ponta de lâmina de rotor (12).