



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

(21) **PI0611746-5 A2**

(22) Data de Depósito: 20/06/2006
(43) Data da Publicação: 28/09/2010
(RPI 2073)



(51) *Int.Cl.:*
B64C 1/06
B29C 70/22

(54) Título: **VIGA DE REFORÇO BEM COMO MÉTODO E LAMINADO DE FIBRA PARA FABRICAÇÃO DA VIGA DE REFORÇO**

(30) Prioridade Unionista: 22/06/2005 DE 10 2005 028 765.4

(73) Titular(es): AIRBUS DEUTSCHLAND GMBH

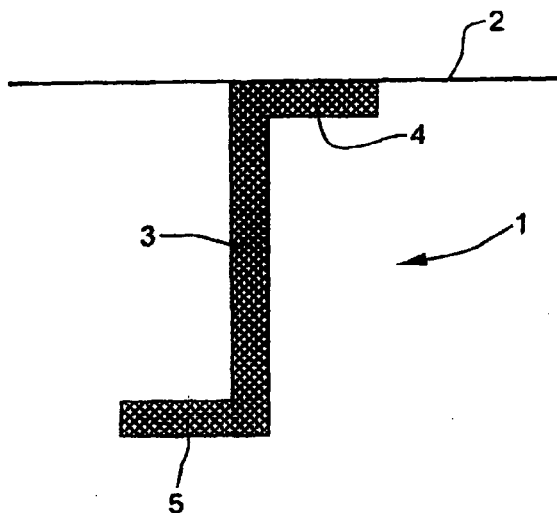
(72) Inventor(es): JENS BOLD, KLAUS

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT EP2006063364 de 20/06/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/136560 de 28/12/2006

(57) Resumo: VIGA DE REFORÇO BEM COMO MÉTODO E LAMINADO DE FIBRA PARA FABRICAÇÃO DA VIGA DE REFORÇO. A presente invenção refere-se a um pedaço de metal de reforço (1, 6, 22, 23, 36), em particular um segmento de armação de anel curvada para células de fuselagem de avião, compreendendo um material sintético que é reforçado por pelo menos um laminado de fibra (9, 25, 37). O laminado de fibra (9, 25, 37) inclui pelo menos uma área total (10, 29, 39) com uma primeira direção de fibra e pelo menos uma camada de área total (11, 31, 40) com uma segunda direção de fibra, em que pelo menos uma camada adicional (12, 34, 41) com uma terceira direção de fibra é disposta em uma área periférica (16, 26, 38) do laminado de fibra (9, 25, 37). A invenção também se refere a um método para fabricação da viga de reforço (1, 6, 22, 23), bem como um laminado de fibra (9, 25, 37), que é usado para fabricar a viga de reforço (1, 6, 22, 23, 36) inventiva.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "VIGA DE REFORÇO BEM COMO MÉTODO E LAMINADO DE FIBRA PARA FABRICAÇÃO DA VIGA DE REFORÇO".

5 A presente invenção refere-se a uma viga de reforço, e em particular a um segmento de armação de anel curvada para células de fuselagem de avião, compreendendo um material sintético que é reforçado por pelo menos um laminado de fibra.

10 Além do mais, a presente invenção refere-se a um método para fabricação de uma viga de reforço, em particular de um segmento de armação de anel curvada, para uma célula de fuselagem de um avião compreendendo um material sintético que é reforçado por pelo menos um laminado de fibra.

15 Além do mais, a presente invenção refere-se a um laminado de fibra para fabricação de uma viga de reforço, em particular de um segmento de armação de anel, onde o laminado de fibra compreende pelo menos uma camada com uma primeira direção de fibra e pelo menos uma camada com uma segunda direção de fibra bem como uma camada adicional com uma terceira direção de fibra.

20 Usualmente, armações de anel são usadas em aviões para reforçar as células da fuselagem. Essas armações de anel são principalmente feitas de vigas de alumínio. A fabricação de segmentos de armação de anel mais longos ou armações de anel circular com vigas de alumínio usualmente não causa problemas particulares, desde que as vigas de alumínio possam ser adaptadas comparativamente de maneira fácil com a curvatura da fuselagem das células de fuselagem flexionando-as.

25 Durante o voo, uma tal armação de anel tendo, por exemplo, uma seção transversal em formato de Z para reforçar uma célula de fuselagem de um avião é principalmente submetida às forças de cisalhamento e/ou transversais na região da viga vertical. As seções de viga flexionadas, por outro lado, são principalmente submetidas às forças de tração e/ou compressão. A diferenciação entre as forças de cisalhamento e/ou transversais, por um lado, e as forças de tração e/ou compressão, por outro lado, em por-

30

ções diferentes da armação do anel é amplamente irrelevante no caso das armações de anel de alumínio, desde que os materiais de metal usualmente têm propriedades de material isotrópicas.

Para obter economias adicionais de peso, entretanto, componentes individuais de materiais compostos reforçados com fibra, em particular resinas de epóxi reforçadas com fibra de carbono, são cada vez mais usados na construção de aviões. As propriedades mecânicas dos materiais compostos reforçados com fibra são, de forma usual, fortemente anisotrópicas, de modo que a direção da carga mecânica principal deve preferivelmente coincidir com a direção da fibra principal. De modo a obter ótimas propriedades mecânicas, portanto, é necessário adaptar ou ajustar, em particular, a orientação do reforço de fibra às direções das forças aplicadas.

Dificuldades consideráveis são criadas nesse contexto pela introdução de um tecido, de feixes de fibra ou uma combinação desses de modo a obter o reforço de fibra no caso, por exemplo, de componentes que são redondos, ovais ou têm a forma de um segmento de um círculo. A razão para isso é que em tais casos, é freqüentemente indispensável deixar pelo menos uma direção da fibra principal correr paralela ao contorno circunferencial do componente, de modo a obter ótima rigidez.

Depois que o reforço de fibra é formado, o componente real, tal como uma viga de reforço para formar uma armação de anel ou um segmento de armação de anel, é fabricado usando um método conhecido na técnica, tal como o assim chamado método de moldagem por transferência de resina (RTM). Alternativamente, também é possível usar moldagem a injeção contínua para a fabricação.

Se o reforço de um tal componente é para ser realizado com um tecido ou similar, então é possível dispor faixas curtas de tecido em seções ao longo da circunferência ou perímetro. Entretanto, isso leva a desvantagem de um número relativamente grande de costuras devido à divisão necessária em partes. É possível reduzir o número de costuras com uma disposição de sobreposição das faixas de tecido, mas isso leva a porções engrossadas na região das sobreposições.

Além do mais, é possível realizar um tal reforço de fibra envolvendo uma fibra longa ou um feixe de fibras longas várias vezes ao redor de todo o componente. Essa abordagem acarreta um custo maior, mas evita costuras desnecessárias no reforço da fibra.

5 Finalmente, existe a possibilidade de cortar faixas substancialmente diagonais de uma seção de uma fileira de tecido. Tais faixas que são cortadas diagonalmente de uma fileira de tecido podem ser drapejadas, isto é, dispostas em uma maneira curvada em um plano sem o enrolamento em vincos ou dobras. Portanto, tais faixas de tecido são em princípio adequadas
10 para o reforço do perímetro dos componentes com pequenas dimensões que são redondas, ovais ou têm a forma de um segmento de círculo, porque no caso ideal somente uma única costura é causada. Entretanto, tais faixas têm a desvantagem que devido à largura limitada das fileiras de tecido, elas podem somente ser fabricadas com um comprimento limitado, de modo que
15 componentes mais largos, tal como armações de anel ou semelhantes, não podem ser fabricados dessa maneira.

Portanto, é um objetivo da presente invenção prover um componente feito de um material sintético reforçado com fibra de dimensões geométricas grandes, em particular uma viga de reforço para uma armação de
20 anel curvada, um segmento de armação de anel curvada ou similar, em particular um compreendendo uma resina de epóxi reforçada com fibra de carbono e com propriedades mecânicas substancialmente ótimas. Alternativamente, é também possível utilizar fibras de vidro, fibras de aramida ou semelhante para armação. Além disso, também é possível utilizar outros materiais
25 sintéticos curáveis, isto é, sistemas de resina. Nesse contexto, resinas de poliéster, resinas de BMI e similares devem ser mencionadas.

Aqui, a expressão "propriedades mecânicas ótimas" significa em particular uma resistência mecânica máxima do componente em peso mínimo. De modo a obter essas propriedades mecânicas ótimas, a orientação do
30 reforço da fibra nas regiões diferentes do componente deve seguir consistentemente as direções diferentes das forças respectivamente aplicadas e, se possível, não exibir costuras.

Esse objetivo é resolvido por uma viga de reforço com os aspectos da reivindicação 1 da patente.

Devido ao fato que o laminado de fibra ou os laminados de fibra compreendem pelo menos uma camada de área total com uma primeira direção de fibra e pelo menos uma camada de área total com uma segunda direção de fibra, onde pelo menos uma camada adicional com uma terceira direção de fibra é disposta em uma área periférica do laminado da fibra ou os laminados da fibra, é possível formar, através da flexão ou dobradura da área periférica, uma viga de reforço cuja porção de base ou seção de base é ótima para aceitar ou receber forças de cisalhamento e/ou transversais e cuja porção externa ou seção externa é similarmente ideal para aceitar as forças de tração e/ou compressão, onde a viga de reforço pode ser curvada.

Devido à utilização de um laminado de fibra cuja área periférica compreende uma camada com uma terceira direção de fibra, a viga de reforço inventiva pode ser fabricada substancialmente em qualquer comprimento, seu comprimento sendo limitado somente pelo comprimento da fileira do laminado de fibra usado que pode ser fabricado no máximo.

Em uma modalidade preferível da viga de reforço, o laminado de fibra é feito de uma pluralidade de fibras, em particular de um laminado de fibra multiaxífero com fibras de carbono, fibras de vidro, fibras de aramida ou similares.

O uso de um laminado de fibra multiaxífero torna possível dispor uma ou várias camadas adicionais com uma terceira direção de fibra, por exemplo, com uma direção de fibra de 0° em particular em uma área periférica do laminado de fibra, de modo a receber ou aceitar otimamente as forças de cisalhamento e/ou compressão, enquanto as outras camadas de área total têm, por exemplo, uma direção de fibra de $\pm 45^\circ$ para recepção ideal das forças de cisalhamento e/ou transversais. Outras direções de fibra entre $+20^\circ$ e $+70^\circ$, bem como entre -70° e -20° também são possíveis. Além do mais, o uso de um laminado superficial multiaxífero "sem fim" feito de fibras de carbono torna possível formar vigas de reforço espacialmente estendidas, que podem servir em particular como armações de anel ou segmentos de

armação de anel. Os tipos de fibras diferentes podem ser formados em vista das exigências da viga de reforço a ser fabricada.

O objetivo da presente invenção é, além disso, resolvido por um método de acordo com a reivindicação 13 da patente.

5 Esse método para fabricação de uma viga de reforço, em particular um segmento de armação de anel curvada para uma célula de fuselagem de um avião, compreendendo um material sintético que é reforçado por pelo menos um laminado de fibra, onde o laminado de fibra compreende pelo menos uma camada de área total com uma primeira direção de fibra e
10 pelo menos uma camada de área total com uma segunda direção de fibra, bem como pelo menos uma camada adicional com uma terceira direção de fibra disposta em uma área periférica, compreende as etapas seguintes:

- dispor a área periférica de pelo menos um laminado de fibra sobre um suporte curvado,

15 - flexionar uma área de base do laminado de fibra para formar uma porção externa de um pedaço de metal em L com uma seção transversal em formato de L,

- impregnar o pedaço de metal em L com um material sintético curável e curar o pedaço de metal em L.

20 De acordo com esse método inventivo, é possível fabricar, por exemplo, usando um método de "moldagem por transferência de resina" (RTM), uma viga de reforço de virtualmente qualquer curvatura, por exemplo, de um material sintético reforçado com fibra de carbono, e com uma forma de seção transversal que é, por exemplo, em formato de L, onde a
25 viga de reforço é particularmente adequada para receber ou aceitar na sua área de base as forças de cisalhamento e/ou transversais e a viga de reforço é particularmente otimizada para receber ou aceitar na sua porção externa as forças de tração e/ou compressão. A expressão "drapejamento" significa
30 que a porção de base do laminado da fibra, na qual substancialmente somente camadas com uma direção de fibra de $\pm 45^\circ$ são dispostas, pode ser disposta em uma maneira curvada ou flexionada em um suporte no plano horizontal sem formar vincos ou dobras, de modo que também os segmen-

tos da armação de anel curvada com um menor raio de curvatura podem ser fabricados facilmente.

Aqui, devido ao uso de um laminado de fibra em formato de tira virtualmente sem fim, é possível fabricar a viga de reforço com quase qualquer comprimento, em particular fabricar grandes armações de anel com somente uma junta. As vigas de reforço formadas dessa maneira são, em particular, adequadas como segmentos de viga de anel de vários raios de curvatura, que são feitos, por exemplo, de resina de epóxi reforçada com fibra de carbono, de modo a economizar peso. Além disso, uma viga de reforço feita de acordo com o método inventivo tem virtualmente "ótimas propriedades mecânicas" devido às diferentes direções do reforço da fibra nas regiões diferentes.

Finalmente, o objetivo da presente invenção é também resolvido por uma estrutura superficial com os aspectos da reivindicação 20.

Devido ao fato que as camadas com a primeira e a segunda direções de fibra são camadas de área total e a camada ou camadas com a terceira direção de fibra são dispostas em uma área periférica do laminado de fibra, é possível formar com a estrutura superficial inventiva, pela dobra-dura ou flexão simples da área periférica para formar uma porção externa e drapejamento subsequente da porção de base restante, uma viga de reforço que pode ter virtualmente qualquer curvatura, mesmo no caso de grandes dimensões geométricas. Além do mais, a viga de reforço formada com o laminado de fibra inventivo é adequada em particular para cargas que levam às forças de cisalhamento e/ou transversais na sua porção de base, enquanto a viga de reforço é adequada em particular para receber as forças de tração e/ou compressão na sua porção externa, que são em particular comuns durante o vôo quando usando a viga de reforço como uma armação de anel ou segmento de armação de anel em uma célula de fuselagem de um avião.

Modalidades preferíveis adicionais da viga de reforço são especificadas nas reivindicações de patente dependentes.

A figura 1 mostra uma vista em corte de uma viga de reforço com uma seção transversal em formato de Z,

figura 2 mostra uma vista plana de uma armação de anel feita de quatro segmentos de viga de reforço com uma seção transversal em formato de L,

5 figura 3 é uma vista plana de um laminado de fibra para formar as vigas de reforço,

figura 4 é uma vista em corte de uma viga de reforço com uma seção transversal em formato de L,

figura 5 é uma vista plana de uma seção curvada de uma viga de reforço com uma seção transversal em formato de L,

10 figura 6 é uma vista em corte de um laminado de fibra transformado em um pedaço de metal em L,

figura 7 é uma vista em corte de um laminado de fibra transformado em um pedaço de metal em Z,

15 figura 8 é uma vista em corte de um laminado de fibra transformado de um pedaço de metal em C,

figuras 9-17 são vistas em corte de várias modalidades de pedaços de metal em L, pedaços de metal em Z e pedaços de metal em C e

20 figuras 18-20 ilustram a formação das vigas de reforço com formas de seção transversal mais complexas combinando pedaços de metal em L, pedaços de metal em Z e pedaços de metal em C.

O seguinte é uma explicação de uma viga de reforço inventiva, um laminado de fibra usado para fabricação da mesma e um método para fabricação da viga de reforço.

25 A figura 1 é uma vista em corte de uma viga de reforço com uma seção transversal em formato de Z, que é usada, por exemplo, como uma armação de anel para o reforço das células de fuselagem em avião.

30 Na modalidade mostrada na figura 1, uma viga de reforço 1 tem uma seção transversal substancialmente em formato de Z. A viga de reforço 1 serve, em particular, para reforçar uma célula de fuselagem (não mostrada nos desenhos) de um avião e é conectada com um madeiramento ou tabuado 2 para essa finalidade. No vôo, particularmente forças de cisalhamento e/ou transversais agem em uma porção de base 3. Em uma porção externa

4, a viga de reforço 1 é principalmente submetida ao estresse de tração, enquanto que em uma porção externa 5 principalmente o estresse de compressão surge. Além do mais, a viga de reforço 1 é também submetida aos momentos de flexão. A viga de reforço 1 é feita pela saturação ou impregnação de um pedaço de metal em Z não mostrado na figura 1 com um material sintético curável, o pedaço de metal em Z sendo feito pela modelagem de um laminado de fibra inicialmente planar. Aqui, o material sintético curável forma uma matriz, na qual as fibras individuais do laminado de fibra formando o pedaço de metal em Z são embutidas de todos os lados.

10 A figura 2 mostra uma armação de anel 7 feita de um total de quatro vigas de reforço curvadas 6 que são montadas juntas, que podem ser usadas, por exemplo, para reforçar uma célula de fuselagem de um avião. Diferente da viga de reforço 1 na figura 1, que tem uma seção transversal em formato de Z, a viga de reforço 6 na figura 2 tem uma seção transversal em formato de L. A segmentação da armação do anel 7 que é mostrado na
15 figura não é necessariamente requerida, desde que a viga de reforço inventiva 6 pode ser fabricada curvada em virtualmente quaisquer dimensões, isto é, com uma ampla faixa de raios de curvatura. As vigas de reforço 6 são conectadas entre si em juntas 8 com recursos de conexão que não são mostrados.
20

Em consideração à clareza, a figura 3 é uma vista plana mostrada em perspectiva ligeiramente deslocada de um laminado de fibra compreendendo várias camadas usadas para fabricar vigas de reforço de acordo com a presente invenção. O laminado de fibra é feito de uma pluralidade de
25 fibras de carbono dispostas de maneira multiaxífera, fibras de vidro, fibras de aramida ou similares que são dispostas em várias camadas providas uma em cima da outra.

Na modalidade mostrada na figura 3, o laminado de fibra 9 compreende um total de três camadas 10, 11 e 12. Na camada 10, uma pluralidade de fibras, uma das quais é representada como uma fibra representativa pelo numeral de referência 13, é disposta em uma direção de fibra de +45°. Na camada 11 disposta no topo dessa, uma pluralidade de fibras, uma das
30

quais é representada como uma fibra representativa pelo numeral de referência 14, é disposta em uma direção de fibra de -45° , de modo que por exemplo, as fibras 13 e 14 nas camadas 10 e 11 se sobrepõem em um ângulo de aproximadamente 90° . Finalmente, na terceira camada 12, uma pluralidade de fibras, uma das quais é representada como uma fibra representativa pelo numeral de referência 15, é disposta com uma direção de fibra de 0° .

Em uma modalidade real, as camadas do laminado de fibra 9 são dispostas niveladas no topo uma da outra. Os ângulos representados de $\pm 45^\circ$ e 0° foram determinados respectivamente entre as fibras das camadas individuais e o horizontal, tomando as fibras 13, 14 e 15 como exemplos. Durante o processo de fabricação industrial, um laminado superficial é fabricado primeiro, do qual vários laminados de fibra 9 podem ser cortados pelo corte na direção longitudinal. Esses laminados de fibra 9 são então ajustados em um comprimento adequado pelo corte em uma direção transversal, de modo que, por exemplo, as armações de anel de um diâmetro adequado ou semelhante podem ser formadas. A direção de produção do laminado de fibra 9 é indicada pela seta grande.

As camadas 10 e 11 com a direção de fibra de $\pm 45^\circ$ servem principalmente para receber as forças de cisalhamento e/ou transversais. Em contraste, a terceira camada com a direção de fibra de 0° recebe principalmente as forças de tração e/ou compressão bem como momentos de flexão, devido às condições estruturais.

O laminado de fibra 9 mostrado na figura 3 é citado como um assim chamado laminado de fibra "-/+ ", porque sua camada superior 11 compreende fibras com uma direção de fibra de -45° . Por outro lado, se a seqüência das camadas 10 e 11 é alterada tal que a camada 10 com a direção de fibra de $+45^\circ$ fica no topo, então de acordo com essa definição, ela é um laminado de fibra "+/-" ou um laminado de fibra de $\pm 45^\circ$. Essa diferenciação é, em particular, de relevância considerável com relação à simetria das vigas de reforço inventivas feitas dos laminados de fibra. Quando projetando componentes de materiais compostos, tal como na fabricação das vigas de reforço com materiais sintéticos reforçados com fibra, é geralmente desejá-

vel que a direção da fibra no lado superior do componente - se absolutamente possível - corresponda com a direção da fibra no lado inferior do componente. Por exemplo, se dois laminados de fibra "-/+" 9 são colocados um em cima do outro, então essa condição de projeto não pode ser satisfeita, como

5 pode ser facilmente observado a partir da seqüência de camada "-/+|+/-". O mesmo é também verdadeiro para a combinação "+/-|+/-". Se, por outro lado, o laminado de fibra "-/+" 9 é colocado em um laminado de fibra "+/-", então essa condição limite é satisfeita, desde que as direções da fibra no lado superior e no lado inferior concordam na combinação "-/+|+/-".

10 As fibras dentro das camadas 10, 11 e 12 são dispostas para correrem substancialmente paralelas entre si. As camadas individuais 10, 11 e 12 do laminado de fibra 9 são conectadas entre si por roscas provisórias que não são mostradas. Se usando um aglutinante adequado, é também possível omitir as roscas provisórias inteiramente ou pelo menos parcialmente.

15 te. O laminado de fibra multiaxífero em formato de tira 9 se estende na direção horizontal na figura 3 sobre virtualmente qualquer comprimento desejado, esse comprimento, entretanto, sendo limitado pela tecnologia de fabricação, em particular a capacidade de enrolamento e/ou o peso de transporte.

Cada uma das camadas 10 e 11 é uma camada de área total

20 (isto é, ela se estende sobre a área total), enquanto que a terceira camada 12 se estende meramente sobre uma área periférica 16. A largura 17 da área periférica é significativamente menor do que a largura total 18 do laminado de fibra 9. As camadas 10 e 11 com fibras na direção de fibra a $\pm 45^\circ$ são dispostas em uma área de base 19 do laminado de fibra 9. De acordo

25 com um método inventivo, para formar um pedaço de metal em L com uma seção transversal em formato de L, a área de base 19 é uma vez flexionada e drapejada. Aqui, a expressão "drapejada" significa a disposição curvada da área de base 19 em um plano sem formação de vincos ou dobras. A largura da área de base 19 do laminado de fibra 9 é dada pela diferença entre a largura total 18 e a largura 17 da área periférica. A razão entre a largura 17 da

30 área periférica e a largura total 18 do laminado de fibra 9 fica entre 0,05 e 0,5 nesse exemplo. Além do mais, o laminado de fibra 9 tipicamente com-

preende um número maior de camadas empilhadas paralelas 10, 11 e 12 do que é mostrado na figura 3.

Diferente da disposição mostrada na figura 3, também é alternativamente possível dispor a camada 12 com a direção de fibra de 0° entre a
5 camada 10 e a camada 11. E diferente das direções de fibra acima mencionadas de 0° , $+45^\circ$ e -45° , outras direções de fibra podem ser vantajosas para aplicações particulares. Para outras aplicações, direções de fibra em uma faixa entre 20° e 70° ou entre -70° e -20° são possíveis e podem ser vantajosas em aplicações particulares. Diferente da modalidade mostrada, o lami-
10 nado de fibra 9 pode compreender qualquer sequência e número de camadas com fibras nas direções de fibra de 0° , $+45^\circ$ e -45° , ou diferentes direções de fibra destas.

A largura total 18 do laminado de fibra 9 pode também ser meramente uma parte de uma largura de fabricação maior, de modo que, por
15 exemplo, dois laminados de fibra formados correspondendo com a configuração do laminado de fibra 9 formam cada qual uma área parcial de um laminado de fibra mais largo maior. Nesse caso, o laminado de fibra compreende duas áreas periféricas com fibras de direção de fibra de 0° . Dependendo em particular da largura de fabricação e/ou da largura da área periférica,
20 um laminado de fibra pode compreender qualquer número de áreas periféricas.

De acordo com o método inventivo, é possível primeiro formar um pedaço de metal em L simples do laminado de fibra 9 pela flexão ou dobradura da área periférica 16 ou da área de base 19 para formar uma viga
25 de reforço com uma seção transversal em formato de L (vide figura 4), onde o pedaço de metal em L é impregnado com um material sintético curável, tal como uma resina de epóxi, uma resina de poliéster, uma resina de BMI ou similar, para formar a viga de reforço.

A figura 4 mostra uma seção transversal de uma viga de reforço tendo uma seção transversal em formato de L, que é feita de um laminado
30 de fibra modelado em um pedaço de metal em L.

A viga de reforço 22 feita do laminado de fibra 9 pela saturação

ou impregnação com o material sintético curável compreende uma porção externa 20 e uma porção de base 21. A porção externa 20 surge do laminado de fibra planar 9 pela flexão ou dobradura da área periférica 16.

5 Dessa maneira, a porção de base 21 compreende a área restante do laminado de fibra 9. A seção transversal substancialmente em formato de L da viga de reforço 22, que é definida pelo pedaço de metal em L, é meramente um exemplo de muitas formas de seção transversal possíveis. Em consideração à ilustração, os numerais de referência correspondendo com esses na figura 3 são também proporcionados na figura 4 para as camadas 10 10, 11 e 12, como camadas representativas para na realidade um número muito maior de camadas no laminado de fibra 9.

Assim, de acordo com a presente invenção, somente camadas com uma direção de fibra de $\pm 45^\circ$, permitindo uma ótima recepção das forças de cisalhamento e/ou transversais que ocorrem na operação principal-
15 mente nessas regiões da fibra de reforço 6, são dispostas na porção de base 21 da viga de reforço 22. Além das camadas 12 com uma direção de fibra de $\pm 45^\circ$, camadas com uma direção de fibra de 0° permitindo uma recepção virtualmente ideal das forças de tensão e/ou compressão bem como momentos de flexão que ocorrem principalmente nessas regiões da viga de reforço,
20 estão presentes na porção periférica 20 da viga de reforço 22. Essa disposição espacialmente diferenciada das camadas com direções de fibra respectivamente diferentes possibilita uma resistência mecânica muito alta da viga 22 que é reforçada com o laminado de fibra 9 enquanto simultaneamente atingindo um peso mínimo. Além disso, também é possível dispor feixes de
25 fibra discretos ("mechas") feitos de fibras de carbono, fibras de vidro, fibras de aramida ou similares na porção periférica, em particular de modo a aumentar a resistência de compressão e tração nessa área.

Além do mais, as camadas com uma direção de fibra preferível de $\pm 45^\circ$ que estão presentes na área de base 21 possibilitam o drapejamen-
30 to do laminado de fibra 9, que torna possível fabricar vigas de reforço curvadas 22 de virtualmente qualquer raio de curvatura e, além do mais, grandes dimensões longitudinais. Nesse contexto, o termo "drapejamento" significa

que seções do laminado de fibra 9, no qual somente camadas com uma direção de fibra de $\pm 45^\circ$ são dispostas, podem ser dispostas em uma maneira curvada em um plano, sem formar vincos ou dobras. Devido ao drapejamento, as fibras, que são inicialmente dispostas substancialmente de maneira equidistante entre si e em paralelo nas camadas respectivas do laminado de fibra multiaxífero, podem mudar ligeiramente suas orientações respectivas e/ou a distância entre si.

A saturação ou impregnação do pedaço de metal em L feito do laminado de fibra 9 com um material sintético curável, tal como uma resina de epóxi, uma resina de poliéster ou similar, de modo a fabricar a viga de reforço 22, é executada, por exemplo, em um molde fechado de acordo com um processo conhecido como "moldagem por transferência de resina" (RTM). Alternativamente, a viga de reforço 22 pode também ser formada pela impregnação do laminado de fibra 9 com o material sintético curável em um saco de vácuo, que é colocado em um forno ou um autoclave. A cura pode também ser executada em temperatura ambiente ou dentro de uma ferramenta que pode ser aquecida.

É particularmente vantajoso que o laminado de fibra 9 que está disponível virtualmente em qualquer comprimento possa ser usado para fabricar vigas de reforço adequadamente longas 22 de qualquer curvatura, por exemplo, para armações de anel com somente uma junta.

A figura 5 é uma vista plana de uma viga de reforço curvada com uma seção transversal em formato de L.

A viga de reforço 23 é feita com um pedaço de metal em L tendo uma seção transversal em formato de L. Como explicado acima, o pedaço de metal em L 24 é feito de um laminado de fibra 25 pela flexão ou dobradura da porção periférica 26 ao longo da linha limite 27 em um ângulo de 90° com relação ao plano do papel e drapejamento subsequente da área restante, na qual somente fibras com uma direção de fibra de $\pm 45^\circ$ são dispostas, de modo a gerar a curvatura. Depois disso, o pedaço de metal em L é saturado em um processo conhecido com o material sintético curável.

A viga de reforço 23 compreende uma porção de base 28 com

uma camada 29 incluindo uma pluralidade de fibras dispostas em uma direção de fibra de $+45^\circ$. Como uma fibra representativa, uma das fibras dentro da camada 29 é representada com o numeral de referência 30. Acima da camada 29, existe uma camada 31 com uma pluralidade de fibras dispostas em uma direção de fibra de -45° . Como uma fibra representativa, uma das fibras dentro da camada 31 é representada com o numeral de referência 32. Em uma porção externa 33, as camadas 29 e 31 com as fibras tendo uma direção de fibra de $\pm 45^\circ$ são mostradas em uma maneira consideravelmente simplificada por hachuras cruzadas. A orientação verdadeira das fibras com uma direção de fibra de $\pm 45^\circ$ pode se desviar dessa mostrada no desenho. No topo das camadas 29 e 31, uma camada 34 incluindo uma pluralidade de fibras com uma direção de fibra de 0° é disposta na região da porção externa 33. Essas fibras substancialmente seguem o contorno circunferencial da viga de reforço curvada 23. Como uma fibra representativa, uma das fibras na camada 34 é representada pelo numeral de referência 35. De acordo com as explicações da modalidade mostrada na figura 3, a camada 34 com a fibra disposta em uma direção de fibra de 0° pode também ser disposta entre as camadas 29 e 31 ou abaixo delas.

Na região da porção de base 28, em particular forças de cisalhamento e/ou transversais bem como torques agem durante o vôo na viga de reforço 23, que pode ser usada, por exemplo, como uma armação de anel para reforçar células de fuselagem do avião, enquanto que em particular as forças de tração e/ou compressão agem na viga de reforço 23 na porção externa 23. Portanto, na porção de base 28 bem como na porção externa 33 da viga de reforço 23, o reforço de fibra é disposto em uma maneira virtualmente ideal de modo a receber as forças e torques acima mencionados. Além do mais, essa disposição do reforço de fibra também segue as forças que agem nessas áreas, que fluem ao longo do contorno circunferencial da viga de reforço 23. Assim, a viga de reforço 23 pode receber uma quantidade máxima de forças em mínimo peso.

De modo a fabricar a viga de reforço curvada 23 de acordo com um método inventivo, primeiro o laminado de fibra 25 é colocado com a área

periférica 26 sobre um suporte tendo o mesmo raio de curvatura que a viga de reforço flexionada 23 a ser fabricada. Depois disso, a porção de base 28 é dobrada ou flexionada por 90° com relação à porção externa 33 e é então drapejada. Nesse estado, a porção de base 28 é disposta paralela ao plano do papel, enquanto que a porção externa 33 encerra um ângulo de aproximadamente 90° com o plano do papel. Subseqüentemente, o laminado de fibra formado 25 pode ser saturado com um material sintético curável para formar a viga de reforço 23. O contorno do laminado de fibra 25 que é saturado com o material sintético curável e forma a viga de reforço 23 é indicado pela linha pontilhada na figura 5.

Com referência à figura 6, a explicação seguinte focaliza em um método inventivo para fabricar em particular vigas de reforço curvadas com pelo menos um laminado de fibra e tendo uma seção transversal em formato de L.

Antes de tudo, vários laminados de fibra sem-fim estreitos, cuja configuração e estrutura correspondem com essas mostradas na figura 3, são cortados por cortes longitudinais de um laminado de fibra sem-fim industrialmente pré-fabricado tendo uma largura de até 6 m. Depois disso, pelo menos uma seção que é suficientemente longa para fabricar a viga de reforço desejada é separada por um corte lateral de um dos laminados estreitos de fibra sem-fim, de modo que um laminado de fibra de acordo com a figura 3 é obtido. É possível usar uma pluralidade de tais laminados de fibra de modo a fabricar a viga de reforço inventiva.

Para fabricar a viga de reforço 36, antes de tudo, um tal laminado de fibra 37 é colocado com sua área periférica 38, que inclui uma camada 39 com fibras dispostas em uma direção de fibra de $+45^\circ$, uma camada 40 com fibras dispostas em uma direção de -45° , bem como pelo menos uma camada 41 com uma direção de fibra de 0° , sobre um suporte que é curvado de acordo com as exigências de construção, de modo a obter o raio de curvatura desejado. Depois disso, a região 42 do laminado de fibra 37, que inclui somente as camadas 39 e 40 com as fibras dispostas em uma direção de fibra de $\pm 45^\circ$, é flexionada ou dobrada e a seguir drapejada nessa área

de modo a fabricar a curvatura. Assim, um pedaço de metal em L curvado 43 com uma seção transversal em formato de L inicial simples é obtido.

Pela saturação com o material sintético curável, o pedaço de metal em L 43 é transformado na viga de reforço 36 tendo uma seção transversal em formato de L que inclui uma porção de base 44 e uma porção externa 45 disposta substancialmente ortogonal a ela. Pelo menos uma camada 39 com uma direção de fibra de $+45^\circ$, bem como uma camada 40 com uma direção de fibra de -45° é disposta na porção de base 44 devido à distribuição inventiva da fibra. Além das camadas 39 e 40, a camada 41 com as fibras dispostas em uma direção de fibra de 0° está presente na porção externa 45.

Antes da saturação com o material sintético curável, o pedaço de metal em L 43 pode ser flexionado na região da linha 46 na direção da seta 47 para formar um pedaço de metal em Z ou na direção da seta 48 por 90° de modo a formar um pedaço de metal em C. Assim, é possível formar em uma maneira fácil pedaços de metal em Z e pedaços de metal em C para fabricar as vigas de reforço de seções transversais correspondentes. Pela combinação de pedaços de metal em L, pedaços de metal em Z e pedaços de metal em C antes da saturação com a resina, é, além disso, possível formar vigas de reforço com formas de seção transversal mais complexas.

Assim, o método inventivo torna possível fabricar vigas de reforço curvadas, virtualmente de qualquer comprimento com uma grande amplitude de variações nas suas formas de seção transversal, cujo comprimento é limitado somente pelo comprimento do laminado de fibra em formato de faixa ou em formato de membrana disponível. Dessa maneira, é possível formar, por exemplo, grandes armações de anel para reforçar células de fuselagem de avião com diâmetro muito grande tendo somente uma única junta em uma maneira simples. Alternativamente, é também possível formar armações de anel sem costura através de múltiplos enrolamentos sobrepostos de laminados de fibra sobre um suporte adequado seguido pela impregnação da resina.

A figura 7 é uma vista esquemática mostrando como um pedaço

de metal em Z 49 pode ser formado a partir do pedaço de metal em L 36 pela flexão ao longo da linha 46 na direção da seta 47 (vide figura 6). Esse pedaço de metal em Z 49 inclui uma camada com fibras dispostas em uma direção de fibra de $+45^\circ$ indicada pela linha sólida, uma camada com fibras dispostas em uma direção de fibra de -45° indicada pela linha tracejada e uma camada com fibras dispostas em uma direção de fibra de 0° indicada por círculos.

A figura 8 também mostra uma vista esquemática ilustrando como um pedaço de metal em C 50 pode ser formado pela flexão ao longo da linha 46 na direção da seta 48 (vide figura 6). Similar ao diagrama na figura 7, o pedaço de metal em C 50 inclui uma camada com fibras dispostas em uma direção de fibra de $+45^\circ$ indicada pela linha sólida, uma camada com fibras em uma direção de fibra de -45° indicada pela linha tracejada e uma camada com fibras dispostas em uma direção de fibra de 0° indicada por círculos.

Nas figuras 6, 7 e 8, virtualmente qualquer seqüência de camadas é possível. Pela saturação com o material sintético curável, o pedaço de metal em Z 49 e o pedaço de metal em C 50 podem ser transformados em vigas de reforço curvadas de forma de seção transversal correspondente, quando necessário.

As figuras 9 a 17 mostram pedaços de metal em L, pedaços de metal em Z e pedaços de metal em C em três variações de cada, na qual a seqüência das camadas é variada. A representação das camadas de direções de fibra diferentes nos desenhos corresponde com sua representação nas figuras 6 a 8. Nas figuras 9 a 17, camadas com fibras dispostas em uma direção de fibra de 0° são representadas por círculos, camadas com fibras dispostas em uma direção de fibra de $+45^\circ$ são representadas por linhas sólidas e camadas com fibras dispostas em uma direção de fibra de -45° são representadas por linhas tracejadas.

Na coluna da esquerda, as camadas com fibras dispostas em uma direção de fibra de 0° são dispostas no topo das camadas com fibras dispostas em uma direção de fibra de $+45^\circ$. Na coluna no meio, as camadas

com fibras dispostas em uma direção de fibra de 0° são respectivamente dispostas entre as camadas com a direção de fibra de $+45^\circ$ e as camadas com a direção de fibra de -45° . Por outro lado, na coluna da direita, as camadas com fibras dispostas em uma direção de fibra de 0° são colocadas abaixo das camadas com as fibras dispostas em uma direção de fibras de -45° . Aqui, se aplica a regra geral do projeto para componentes de composto reforçado com fibra, de acordo com a qual em particular por razões de simetria camadas com fibras dispostas na mesma direção de fibra devem ser dispostas na região do lado superior e do lado inferior de um componente composto completo. Se, por exemplo, um material de base (um laminado de fibra) tem a seqüência de camada $+/-/0$, então em geral, um segundo material (laminado de fibra) com a seqüência de camada $0/-/+$ é necessário, de modo a satisfazer a condição de simetria. Aqui "+" significa uma camada com fibras dispostas em uma direção de fibra de $+45^\circ$, "-" significa uma camada com fibras dispostas em uma direção de fibra de -45° e "0" significa uma camada com fibras dispostas em uma direção de fibra de 0° . Desnecessário dizer, também é possível escolher ângulos se desviando dos ângulos de $\pm 45^\circ$ e 0° .

Pela saturação com o material sintético curável, é possível formar vigas de reforço tendo uma forma de seção transversal correspondente e uma seqüência de camadas correspondente, dos pedaços de metal de acordo com as figuras 9 a 17.

As figuras 18 a 20 ilustram como as vigas de reforço tendo formas de seção transversal de virtualmente qualquer complexidade e, se necessário, formas curvadas podem ser feitas dos pedaços de metal em L, dos pedaços de metal em Z e dos pedaços de metal em C pela combinação deles em uma maneira adequada. Aqui, é preferível que os pedaços de metal sejam combinados entre si antes da saturação com o material sintético curável.

Por exemplo, o pedaço de metal em L 51 mostrado na figura 18 é formado pela combinação do pedaço de metal em L na figura 11 com o pedaço de metal em L de acordo com a figura 9. Em contraste com a confi-

guração do pedaço de metal em L 51 na figura 18, o pedaço de metal em L 52 na figura 19 tem uma configuração simétrica, desde que as direções de fibra no seu lado superior e seu lado inferior são as mesmas.

De maneira correspondente, a forma da seção transversal complexa do pedaço de metal 53 de acordo com a figura 20 pode ser formada pela combinação dos pedaços de metal das figuras 11, 9, 15, 11 e 12. Se necessário, também o pedaço de metal 53 pode ser configurado simetricamente, como o pedaço de metal em L 52 na figura 19, isto é, ter as mesmas direções de fibra no seu lado superior e no seu lado inferior.

A presente invenção refere-se a uma viga de reforço 1, 6, 22, 23, 36, em particular segmento de armação de anel curvada para células de fuselagem de avião, compreendendo um material sintético que é reforçado por pelo menos um laminado de fibra 9, 25, 37, onde o laminado de fibra 9, 25, 37 ou laminados de fibra 9, 25, 37 compreendem pelo menos uma camada de área total 10, 29, 39 com uma primeira direção de fibra e pelo menos uma camada de área total com uma segunda direção de fibra 11, 31, 40, e onde pelo menos uma camada adicional 12, 34, 41 com uma terceira direção de fibra é disposta em uma área periférica 16 do laminado de fibra 9, 25, 37 ou laminados de fibra 9, 25, 37.

As camadas 10, 11, 29, 31, 39, 40 da primeira e da segunda direções de fibra podem ser dispostas em uma porção de base 3, 21, 28, 44 da viga de reforço 1, 6, 22, 23, 36 que é principalmente submetida às forças de cisalhamento e/ou forças transversais.

As camadas 10-12, 29, 31, 34, 39-41 da primeira e da segunda direções de fibra, bem como a terceira direção de fibra podem ser dispostas em uma porção externa 4, 5, 20, 33, 45 da viga de reforço 1, 6, 22, 23, 36 que é principalmente submetida às forças de tração e/ou forças de compressão.

Além do mais, as camadas 10-12, 29, 31, 34, 39-41 podem ser formadas, cada uma, com uma pluralidade de fibras 13-15, 30, 32, 35 que são dispostas substancialmente em paralelo e de maneira eqüidistante entre si.

A primeira direção de fibra pode ficar em uma faixa de $+20^\circ$ a $+70^\circ$.

A segunda direção de fibra pode ficar em uma faixa de -70° a -20° .

5 A terceira direção de fibra pode ser substancialmente 0° .

A porção de base 3, 21, 28, 44 pode ser capaz de ser drapejada para fabricar vigas de reforço curvadas 1, 6, 22, 23, 36.

10 A porção de base 3, 21, 28, 35 e a porção externa 4, 5, 20, 33, 45 da viga de reforço 1, 6, 22, 23, 36 podem definir um ângulo de aproximadamente 90° , formando uma seção transversal em formato de L.

A viga de reforço 1, 6, 22, 23, 36 pode ser flexionada pelo menos uma vez na área da porção de base 3, 21, 28, 44, em particular para formar uma seção transversal em formato de Z ou em formato de C.

15 O laminado de fibra 9, 25, 37 pode ser formado com uma pluralidade de fibras 13-15, 30, 32, 35, em particular com um laminado de fibra multiaxífero de fibras de carbono, fibras de vidro, fibras de aramida ou similares.

20 O material sintético pode ser um material sintético curável, em particular uma resina de epóxi, uma resina de poliéster, uma resina de BMI ou similar.

A invenção também se refere a um método para fabricação de uma viga de reforço 1, 6, 22, 23, 36, em particular um segmento de armação de anel curvada para uma célula de fuselagem de avião, compreendendo um material sintético que é reforçado por pelo menos um laminado de fibra 9, 25, 37, onde o laminado de fibra 9, 25, 37 compreende pelo menos uma camada de área total 10, 29, 39 com uma primeira direção de fibra e pelo menos uma camada de área total 11, 31, 40 com uma segunda direção de fibra, bem como pelo menos uma camada adicional 12, 34, 41 com uma terceira direção de fibra em pelo menos uma área periférica 16, 26, 38, o método compreendendo as seguintes etapas:

- dispor a área periférica 16, 26, 38 de pelo menos um laminado de fibra 9, 25, 37 sobre um suporte curvado;

- flexionar uma área de base 19 do laminado de fibra 9, 25, 37 para formar um pedaço de metal, em particular um pedaço de metal em L 43, 51, 52 tendo uma seção transversal em formato de L,

- impregnar o pedaço de metal com um material sintético curável e curar o pedaço de metal.

A área de base 19 de pelo menos um pedaço de metal em L 43, 51, 52 pode ser flexionada pelo menos uma vez antes da cura, em particular para formar um pedaço de metal em Z 49 tendo uma seção transversal em formato de Z ou um pedaço de metal em C 50 tendo uma seção transversal em formato de C.

Pedaços de metal em L 43, 51, 52, pedaços de metal em Z 49 ou pedaços de metal em C 50 podem ser combinados entre si para formar vigas de reforço 1, 6, 22, 23, 36 tendo uma seção transversal complexa, de preferência antes da impregnação com o material sintético curável.

Principalmente as camadas 10, 11, 29, 31, 39, 40 da primeira e da segunda direções de fibra podem ser dispostas na porção de base 3, 21, 28, 44 da viga de reforço 1, 6, 22, 23, 36, que é principalmente submetida às forças de cisalhamento e/ou forças transversais.

Principalmente as camadas 10, 12, 29, 31, 34, 39-41 da primeira e da segunda direções de fibra, bem como a terceira direção de fibra podem ser dispostas na porção externa 4, 20, 33, 45 da viga de reforço 1, 6, 22, 23, 36, que é principalmente submetida às forças de tração e/ou forças de compressão.

O laminado de fibra 9, 25, 37 pode ser formado com uma pluralidade de fibras 13-15, 30, 32, 35, em particular com um laminado de fibra multiaxífero de fibras de carbono, fibras de vidro, fibras de aramida ou similares.

Em particular, uma resina de epóxi, uma resina de poliéster, uma resina de BMI ou similares podem ser usadas para impregnar o laminado de fibra 9, 25, 37 ou os laminados de fibra 9, 25, 37.

A invenção, além disso, se refere a uma laminado de fibra 9, 25, 37 para fabricação de uma viga de reforço 1, 6, 22, 23, 36, em particular um

segmento de armação de anel, onde o laminado de fibra 9, 25, 37 compreende pelo menos uma camada 10, 29, 39 com uma primeira direção de fibra e pelo menos uma camada 11, 31, 40 com uma segunda direção de fibra, bem como uma camada adicional 12, 34, 41 com uma terceira direção de fibra, onde as camadas 10, 11, 29, 31, 39, 40 com a primeira e a segunda direções de fibra são camadas de área total e a camada 12, 34, 41 ou camadas 12, 34, 41 com a terceira direção de fibra é disposta em uma área periférica 16, 26, 38 do laminado de fibra 9, 25, 37.

O laminado de fibra 9, 25, 37 pode ser em formato de faixa ou em formato de membrana.

As camadas individuais 10-12, 29, 31, 34, 39-41 do laminado de fibra 9, 25, 37 podem compreender, cada uma, uma pluralidade de fibras 13-15, 30, 32, 35 que são dispostas substancialmente em paralelo e de maneira eqüidistante entre si.

A primeira direção de fibra pode ficar em uma faixa de $+20^\circ$ a $+70^\circ$, em particular para aceitar as forças de cisalhamento e/ou transversais.

A segunda direção de fibra pode ficar em uma faixa de -70° a -20° , em particular para aceitar as forças de cisalhamento e/ou transversais.

A terceira direção de fibra pode ser aproximadamente 0° , em particular para aceitar as forças de tração e/ou compressão.

A razão entre a largura (17) da área periférica e a largura total (18) do laminado de fibra (9, 26, 37) pode ficar entre 0,05 e 0,5.

O laminado de fibra 9, 26, 37 pode ser formado com uma pluralidade de fibras 13-15, 30, 32, 35, em particular com um laminado de fibra multiaxífero de fibras de carbono, fibras de vidro, fibra de aramida ou similares.

Listagem de Referência

- 1 viga de reforço
- 2 tabuado
- 30 3 porção de base
- 4 porção externa
- 5 porção externa

- 6 viga de reforço
- 7 armação de anel
- 8 junta
- 9 laminado de fibra
- 5 10 camada (direção de fibra a $+45^\circ$)
- 11 camada (direção de fibra a -45°)
- 12 camada (direção de fibra a 0°)
- 13 fibra
- 14 fibra
- 10 15 fibra
- 16 área periférica
- 17 largura da área periférica
- 18 largura total
- 19 área de base
- 15 20 porção externa
- 21 porção de base
- 22 viga de reforço
- 23 viga de reforço
- 24 pedaço de metal em L
- 20 25 laminado de fibra
- 26 área periférica
- 27 linha limite
- 28 porção de base
- 29 camada (direção de fibra a $+45^\circ$)
- 25 30 fibra
- 31 camada (direção de fibra a -45°)
- 32 fibra
- 33 porção externa
- 34 camada (direção de fibra a 0°)
- 30 35 fibra
- 36 viga de reforço
- 37 laminado de fibra

- 38 área periférica
- 39 camada (direção de fibra a $+45^\circ$)
- 40 camada (direção de fibra a -45°)
- 41 camada (direção de fibra a 0°)
- 5 42 área
- 43 pedaço de metal em L
- 44 porção de base
- 45 porção externa
- 46 linha
- 10 47 seta
- 48 seta
- 49 pedaço de metal em Z
- 50 pedaço de metal em C
- 51 pedaço de metal em L
- 15 52 pedaço de metal em L
- 53 pedaço de metal

REIVINDICAÇÕES

1. Viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36), em particular segmento de armação de anel curvada para células de fuselagem de avião, compreendendo um material sintético que é reforçado por pelo menos um laminado de fibra (9, 25, 37), em que o laminado de fibra (9, 25, 37) compreende pelo menos uma camada de área total (10, 29, 39) com uma primeira direção de fibra e pelo menos uma camada de área total (11, 31, 40) com uma segunda direção de fibra em uma porção de base (3, 21, 28, 44) da viga de reforço (1, 6, 22, 23, 36) que é principalmente submetida às forças de cisalhamento e/ou forças transversais, em que em uma área periférica (16, 26, 38) do laminado de fibra (9, 25, 37), pelo menos uma camada adicional (12, 34, 41) com uma terceira direção de fibra é disposta em uma porção externa (4, 5, 20, 33, 45) da viga de reforço (1, 6, 22, 23, 36) que é principalmente submetida às forças de tração e/ou forças de compressão, e uma porção de base (19) do laminado de fibra (9, 25, 37) é capaz de ser drapejada, onde a porção de base (19) e a seção periférica (16, 26, 38) do laminado de fibra (9, 25, 37) definem um ângulo de aproximadamente 90°, para formar uma viga de reforço (1, 6, 22, 23, 36) com uma seção transversal em formato de L, caracterizada pelo fato de que somente camadas com a primeira direção de fibra ou a segunda direção de fibra são dispostas na porção de base (3, 21, 28, 44) da viga de reforço (1, 6, 22, 23, 36).

2. Viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36) de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que as camadas (10-12, 29, 31, 34, 39-41) são formadas, cada uma, com uma pluralidade de fibras (13-15, 30, 32, 35) que são dispostas substancialmente em paralelo e de maneira eqüidistante entre si.

3. Viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36) de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que a primeira direção da fibra está em uma faixa de +20° a +70°.

4. Viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de que a segunda direção da fibra fica em uma faixa de -70° a -20°.

5. Viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizada pelo fato de que a terceira direção da fibra é substancialmente 0°.

5 6. Viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de que a viga de reforço (1, 6, 22, 23, 36) é flexionada pelo menos duas vezes por aproximadamente 90° na área da porção de base (3, 21, 28, 44) para formar uma viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36) tendo uma seção transversal em formato de Z ou em formato de C.

10 7. Viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada pelo fato de que o laminado de fibra (9, 25, 37) é formado com uma pluralidade de fibras (13-15, 30, 32, 35), em particular com um laminado de fibra multiaxífero de fibras de carbono, fibras de vidro, fibras de aramida ou similares.

15 8. Viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizada pelo fato de que o material sintético é um material sintético curável, em particular uma resina de epóxi, uma resina de poliéster, uma resina de BMI ou similares.

20 9. Método para fabricação de uma viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36), em particular um segmento de armação de anel curvada para uma célula de fuselagem de avião, como definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 8, o método compreendendo as seguintes etapas:

- dispor a área periférica (16, 26, 38) do laminado de fibra (9, 25, 37) sobre um suporte curvado,

25 - flexionar e subsequente drapejar a área de base (19) do laminado de fibra (9, 25, 37), em que somente camadas com a primeira direção de fibra ou a segunda direção de fibra são dispostas, para formar um pedaço de metal em L (43, 51, 52) tendo uma seção transversal em formato de L,

30 - impregnar o pedaço de metal em L com um material sintético curável e curar o pedaço de metal em L (43, 51, 52) para formar uma viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36) com uma seção transversal em formato de L.

10. Método de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a área de base (19) do laminado de fibra (9, 25, 37) do pedaço de metal em L (43, 51, 52) é flexionada pelo menos duas vezes por aproximadamente 90° antes da impregnação e da cura, para formar um pedaço de metal em Z (49) tendo uma seção transversal em formato de Z ou um pedaço de metal em C (50) tendo uma seção transversal em formato de C.

11. Método, de acordo com a reivindicação 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que pedaços de metal em L (43, 51, 52), pedaços de metal em Z (49) ou pedaços de metal em C (50), que são impregnados com o material sintético curável e curados, são combinados entre si para formar vigas de reforço curvadas (1, 6, 22, 23, 36) tendo uma seção transversal complexa.

12. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 11, caracterizado pelo fato de que principalmente as camadas (10, 12, 29, 31, 34, 39-41) da primeira e da segunda direções de fibra, bem como da terceira direção de fibra, são dispostas na porção externa (4, 20, 33, 45) da viga de reforço curvada (1, 6, 22, 23, 36) que é principalmente submetida às forças de tração e/ou forças de compressão.

13. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 12, caracterizado pelo fato de que o laminado de fibra (9, 25, 37) é formado com uma pluralidade de fibras (13-15, 30, 32, 35), em particular com um laminado de fibra multiaxífero de fibras de carbono, fibras de vidro, fibras de aramida ou similares.

14. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 13, caracterizado pelo fato de que em particular uma resina de epóxi, uma resina de poliéster, uma resina de BMI ou semelhante é usada para impregnar o laminado de fibra (9, 25, 37) ou os laminados de fibra (9, 25, 37).

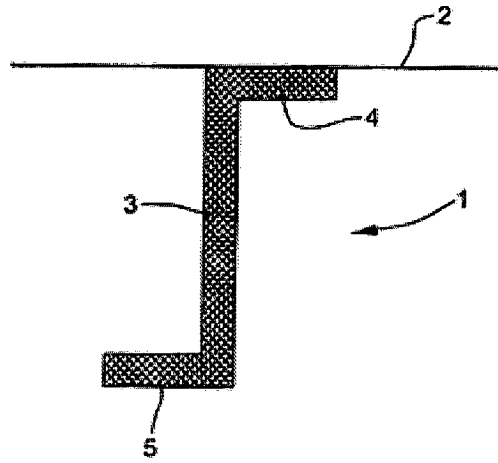


Fig. 1

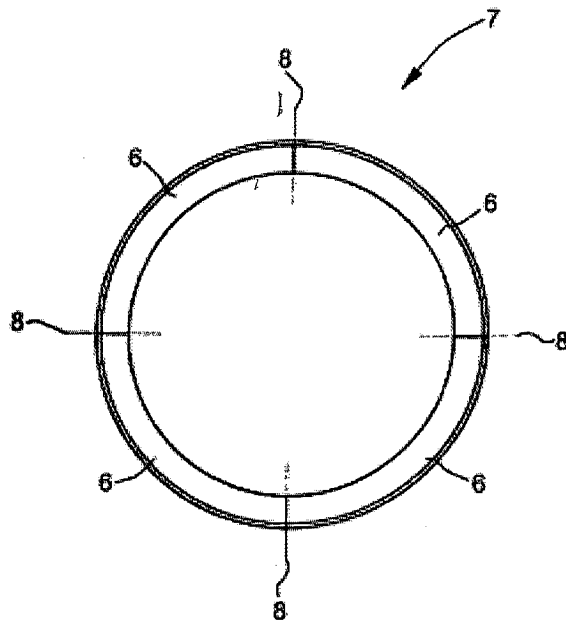


Fig. 2

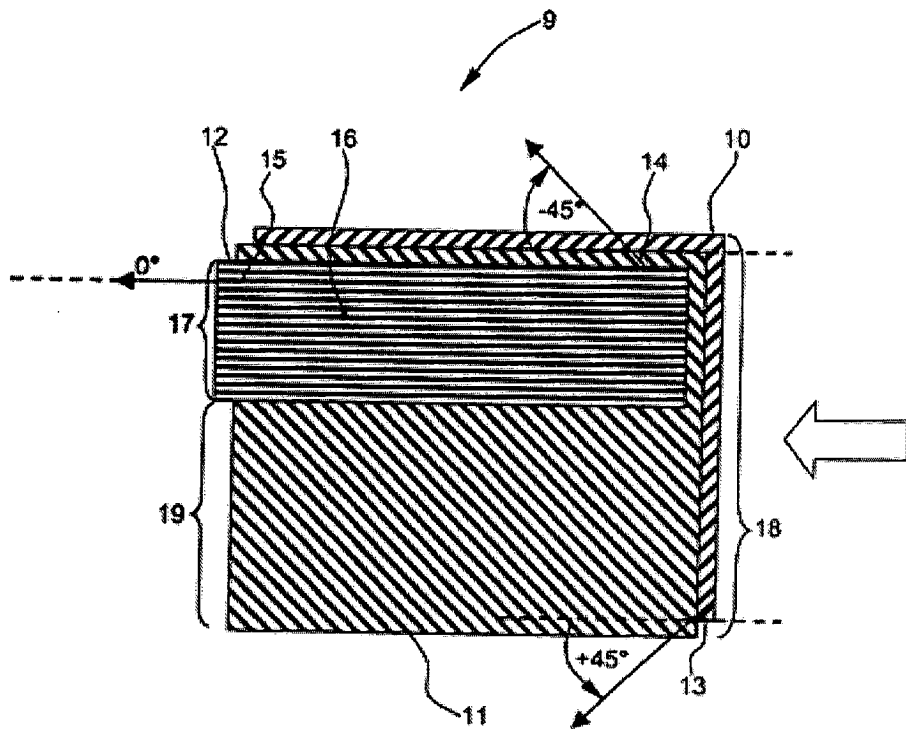


Fig. 3

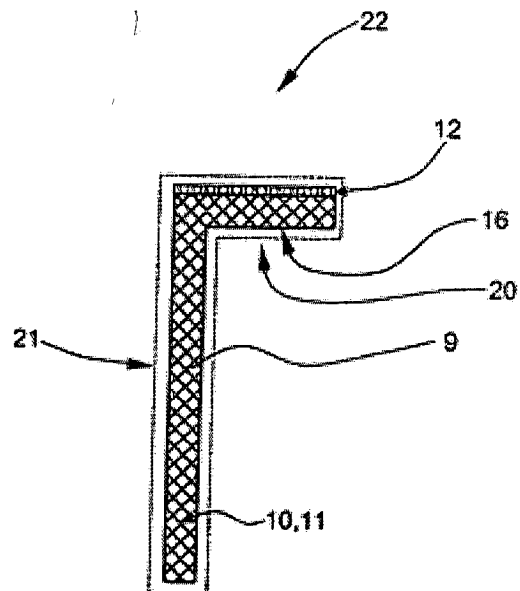


Fig. 4

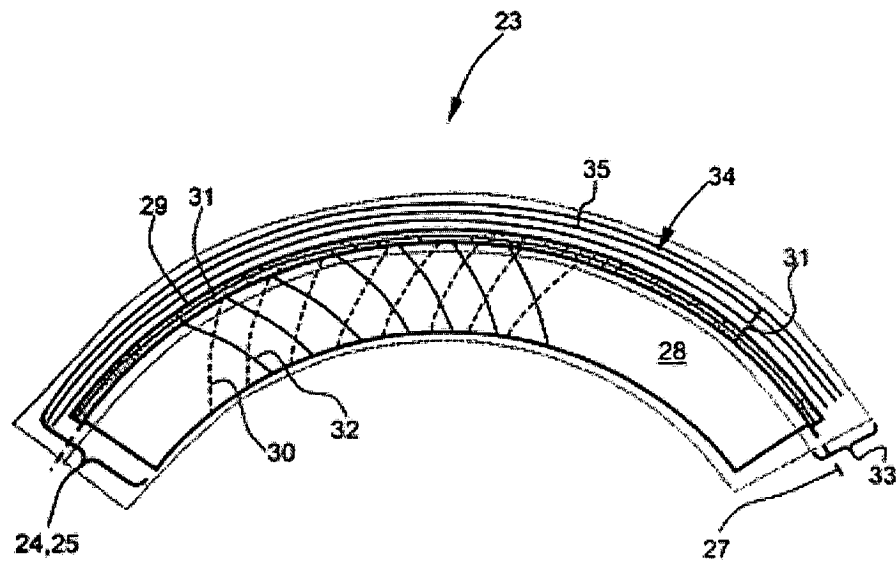


Fig. 5

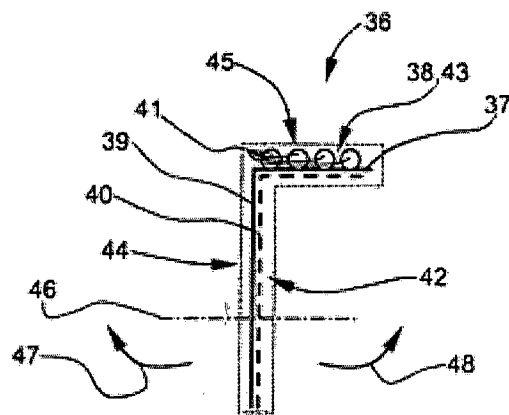


Fig. 6

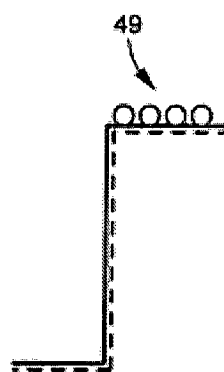


Fig. 7

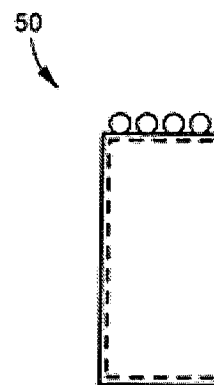


Fig. 8



Fig. 9

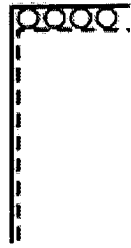


Fig. 10



Fig. 11

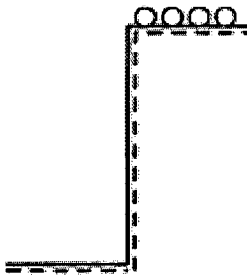


Fig. 12

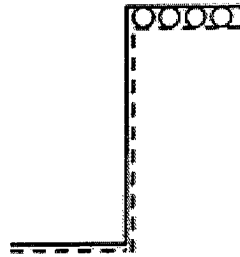


Fig. 13

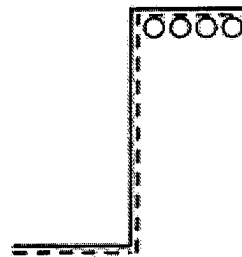


Fig. 14



Fig. 15

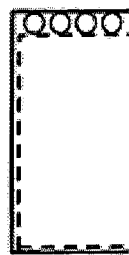


Fig. 16



Fig. 17

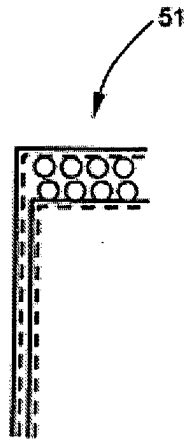


Fig. 18

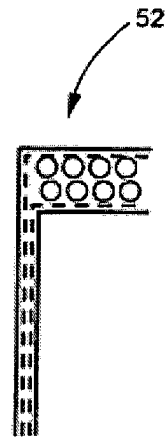


Fig. 19

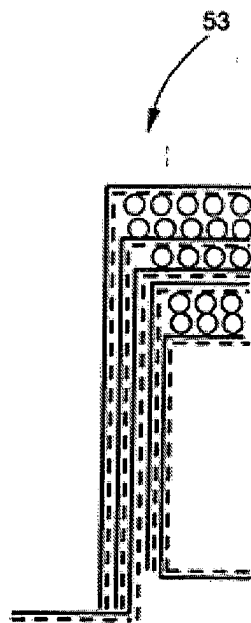


Fig. 20

RESUMO

Patente de Invenção: **"VIGA DE REFORÇO BEM COMO MÉTODO E LAMINADO DE FIBRA PARA FABRICAÇÃO DA VIGA DE REFORÇO"**.

A presente invenção refere-se a um pedaço de metal de reforço (1, 6, 22, 23, 36), em particular um segmento de armação de anel curvada para células de fuselagem de avião, compreendendo um material sintético que é reforçado por pelo menos um laminado de fibra (9, 25, 37). O laminado de fibra (9, 25, 37) inclui pelo menos uma área total (10, 29, 39) com uma primeira direção de fibra e pelo menos uma camada de área total (11, 31, 40) com uma segunda direção de fibra, em que pelo menos uma camada adicional (12, 34, 41) com uma terceira direção de fibra é disposta em uma área periférica (16, 26, 38) do laminado de fibra (9, 25, 37). A invenção também se refere a um método para fabricação da viga de reforço (1, 6, 22, 23), bem como um laminado de fibra (9, 25, 37), que é usado para fabricar a viga de reforço (1, 6, 22, 23, 36) inventiva.