



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

(11) PI 0914948-1 B1



(22) Data do Depósito: 16/06/2009

(45) Data de Concessão: 19/03/2019

(54) Título: PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE UM COMPONENTE TENDO PELO MENOS UMA CAMADA COMPREENDENDO MATERIAL COMPÓSITO REFORÇADO COM FIBRA

(51) Int.Cl.: B29C 70/30; B29C 35/08; B29C 65/14.

(30) Prioridade Unionista: 18/06/2008 DE 102008029056.4.

(73) Titular(es): GKN AEROSPACE SERVICES LIMITED.

(72) Inventor(es): THOMAS MATHIAS HERKNER; GIOVANI ANTONIO MARENGO.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009057493 de 16/06/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/153271 de 23/12/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 16/12/2010

(57) Resumo: PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE UM COMPONENTE TENDO PELO MENOS UMA CAMADA COMPREENDENDO MATERIAL COMPÓSITO REFORÇADO COM FIBRA Um processo de acordo com a invenção para manufatura de um componente (1), compreendendo pelo menos uma camada (2) tendo um material compósito reforçado com fibra (4), que absorve micro-ondas (3), o dito processo compreendendo pelo menos as seguintes etapas: a) disposição da pelo menos uma camada (2) em uma forma (5); b) tratamento de uma primeira parte superficial (6) da pelo menos uma camada (2) com micro-ondas (3), em que o meio para limitar a temperatura da pelo menos uma camada (2) coopera com pelo menos uma segunda parte superficial adjacente (7), pelo menos parte do tempo. O processo é conduzido em particular, de modo que as etapas a) e b) são conduzidas para uma pluralidade de componentes (1, 11), e que os componentes (1, 11) são ainda tratados de acordo com pelo menos as seguintes etapas: c) posicionamento de uma pluralidade de partes estruturais (1, 11) relativamente entre si, de uma maneira tal que todas as partes superficiais secundárias (7) formem, pelo menos parcialmente, uma região de sobreposição (12); e d) tratamento da pelo menos uma região de sobreposição (12) com micro-ondas (3).

PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE UM COMPONENTE TENDO PELO MENOS UMA CAMADA COMPREENDENDO MATERIAL COMPÓSITO REFORÇADO COM FIBRA

[0001] A presente invenção se refere a um processo para a produção de uma parte estrutural, tendo pelo menos uma camada compreendendo material compósito reforçado com fibra, que absorve micro-ondas. A invenção é usada, em particular, para a produção de componentes estruturais de uma fuselagem e/ou de uma superfície de escoamento externa de um aeroplano.

[0002] Com relação aos esforços que estão sendo feitos para proporcionar aeroplanos que se conformam com futuros requisitos ecológicos e são de produção e operação baratas e, não obstante, que satisfaçam os mais estritos requisitos de segurança, possíveis caminhos estão sendo cada vez mais imaginados para produzir estruturas primárias essenciais (por exemplo, asas, componentes de fuselagem, alojamento para as unidades de acionamento, etc.), usando material compósito reforçado com fibra em vez de alumínio. Essa técnica de construção leve possibilita, em particular, reduzir consideravelmente o peso dos aeroplanos. Durante a produção dessas estruturas primárias essenciais, deve-se considerar que essas representam uma proporção considerável; por exemplo, os flapes para pouso são partes estruturais que se estendem por vários metros. Essas partes estruturais são adicionalmente expostas a altos níveis de tensão, durante a operação, e representam, portanto, partes estruturais críticas para segurança, para as quais requisitos especiais de qualidade precisam ser observados.

[0003] Os materiais compostos reforçados com fibra desse tipo compreendem, geralmente, dois componentes essenciais, isto é, primeiramente as fibras, e, em segundo lugar, uma matriz polimérica que circunda as fibras. A matriz abrange as fibras e é curada por um tratamento térmico (polimerização),

de modo que ocorra reticulação tridimensional. Essa polimerização tem o efeito de que as fibras são ligadas firmemente entre si, e, portanto, forças são introduzidas nas fibras, isto é, predominantemente por tensões de cisalhamento. As fibras adequadas são tanto as fibras de carbono, quanto, possivelmente, também as fibras de vidro. As fibras de carbono, que são atualmente relativamente caras, consistem regularmente em carbono, a um teor de pelo menos 90% em peso. O diâmetro das fibras é, por exemplo, de 4,5 a 8 μm (micrômetros). As fibras de carbono desse tipo têm propriedades anisotrópicas. Comparativamente, as fibras de vidro têm uma estrutura amorfa e propriedades isotrópicas. Consistem, predominantemente, em óxido de silício, sendo possível que outros óxidos sejam misturados, se adequado. Enquanto as fibras de vidro sejam relativamente baratas, as fibras de carbono são notadas pelas suas altas resistência mecânica e rigidez.

[0004] Particularmente na construção de aeroplanos, o que é conhecida como tecnologia de pré-impregnação é empregada. Nessa tecnologia, por exemplo, os tecidos pré-impregnados ou outras formas de fibra (pré-forma) são embebidos em resinas sintéticas e tratados termicamente meramente, até que solidifiquem ligeiramente (formação de gel), de modo que possam ser manuseados em camadas. Um material pré-impregnado desse tipo apresenta um pequeno grau de adesão, e pode ser, portando, disposto em ferramentas de moldagem adequadas, ou uns em cima dos outros em camadas, até que a forma desejada da parte estrutural seja formada. Quando as camadas desejadas do material pré-impregnado são dispostas, podem ser (termicamente) curadas. Para curar as ditas partes estruturais pré-impregnadas, faz-se uso atualmente do que são conhecidas como autoclaves, isto é, estufas que podem precisar ser

aquecidas com uma sobrepressão (até 10 bar), por muitas horas, para obter uma cura completa das partes estruturais.

[0005] Além disso, o pedido de patente DE 10 2005 050 528 A1 descreve uma autoclave de micro-ondas, com a qual a produção de partes estruturais compostas de fibra por meio de radiação de micro-ondas é proposta. O aparelho proposto no dito documento possibilita acoplar radiação de micro-ondas na câmara de pressão da autoclave. A excitação dos materiais pré-impregnados com as micro-ondas tem a vantagem de que não é necessário aquecer o ar localizado na autoclave, ou o gás inerte localizado nele, que está presente em um volume considerável, devido ao tamanho das partes estruturais. O uso de tecnologia de micro-ondas possibilita aquecer o material a ser curado diretamente por ele mesmo, e o resto da região circundante se mantém, conseqüentemente, relativamente fria. Quando do aquecimento do material pré-impregnado por uso de micro-ondas, os seguintes mecanismos ativos podem ser ajustados, dependendo do material usado: aquecimento dielétrico e aquecimento resistivo. As moléculas de hidrocarbonetos de cadeia longa (tais como, por exemplo, resina epóxi) são dipolos (isto é, têm uma distribuição de carga irregular), e são excitadas para oscilar a uma alta frequência no campo eletromagnético, produzido pelas micro-ondas. Essa energia cinética dos dipolos é então convertida por atrito interno em calor, que é produzido diretamente no material (aquecimento dielétrico). Além disso, é também possível que apareçam correntes parasitas em consequência da indução, e, portanto, a resistência elétrica do material provoca finalmente um aumento em temperatura (aquecimento resistivo). Por exemplo, o material pode ser, desse modo, aquecido a temperaturas acima de 130°C, ou mesmo acima de 160°C, uma temperatura na qual a polimerização ou cura dos materiais pré-impregnados começa comumente.

[0006] O ressoador de micro-ondas, descrito no pedido de patente DE 103 29 411 A1, é igualmente adequado para a condução desse tratamento térmico. O dito ressoador de micro-ondas é geralmente operado sem uma sobrepressão. No entanto, pode ser também integrado, se adequado, em um recipiente de pressão (autoclave).

[0007] Um problema que surge durante o processo de cura para essas grandes partes estruturais, como as usadas na construção de aeroplanos, é que, possivelmente, geometrias mais complexas dos componentes requerem processos adicionais para a união desses materiais compostos reforçados com fibra. Para esse fim, era usual ligar as partes estruturais curadas entre si por união, usando um agente aglutinante. Para esse fim, as superfícies das partes estruturais curadas eram tratadas, se adequado, por exemplo, esmerilhadas e/ou limpas. Isso era seguido pela aplicação de um adesivo, com o qual as partes estruturais, a serem ligadas entre si, eram então fixadas. Não é este apenas o caso em que esse processo necessita de um manuseio relativamente trabalhoso das grandes partes estruturais; além do mais, o pré-tratamento das partes estruturais e também o próprio processo de união têm que ser conduzidos muito precisamente, porque, nesse caso, falhas repetidas provocam o enfraquecimento das partes estruturais, o que não vai ser aceito, particularmente na construção de aeroplanos.

[0008] Originando-se disso, é um objeto da presente invenção resolver, pelo menos parcialmente, os problemas descritos com referência à técnica anterior. Em particular, a intenção é especificar um processo com o qual as partes estruturais de aeroplanos podem ser produzidas a um baixo custo, em uma maneira variável e com propriedades uniformes das partes estruturais por toda a seção transversal.

[0009] Esses objetos são alcançados por um método tendo os aspectos da reivindicação de patente 1. Outros refinamentos e campos de uso vantajosos são indicados nas reivindicações de patente dependentes. Deve-se notar que os aspectos indicados nas reivindicações de patente dependentes podem ser combinados entre si, como desejado, em uma maneira tecnologicamente significativa, e demonstram outros refinamentos da invenção. A descrição, em particular, em conjunto com as figuras, cita ainda as variantes de concretizações da invenção.

[0010] O processo de acordo com a invenção para a produção de uma parte estrutural, tendo pelo menos uma camada compreendendo material compósito reforçado com fibra, que adsorve micro-ondas, compreende pelo menos as seguintes etapas:

- a) disposição da pelo menos uma camada em uma forma;
- b) tratamento de uma primeira parte superficial da pelo menos uma camada com micro-ondas, em que o meio para limitar a temperatura da pelo menos uma camada interage, pelo menos temporariamente, com pelo menos uma segunda parte superficial adjacente.

[0011] Os materiais compostos reforçados com fibra usados na presente invenção podem absorver micro-ondas. Em particular, isso significa que podem ser aquecidos com microfios, isto é, são adequados para aquecimento dielétrico e/ou resistivo.

[0012] O material compósito reforçado com fibra é, em particular, um material compósito reforçado com fibra de carbono. As fibras de carbono são, de preferência, na forma de fibras longas, que são sem fim no estado inicial e são dispostas nas partes estruturais em camadas, com uma diferente orientação da direção longitudinal das fibras. Uma das seguintes, em particular, é adequada como resina: resina

epóxi, resina fenólica, resina de bismaleimida ou resina de poliéster.

[0013] Para produzir a parte estrutural, é possível que uma dessas camadas seja usada, embora, também seja possível posicionar uma pluralidade dessas camadas, umas em cima das outras, pelo menos em certas regiões, para que seja possível gerar, se adequado, espessuras variáveis da parte estrutural. Na presente invenção, uma "camada" representa, em particular, uma camada de um material pré-impregnado.

[0014] De acordo com a etapa a), as camadas são dispostas na forma desejada. Se a parte estrutural for plana, as ditas camadas vão ser dispostas, se adequado, em uma forma plana. Se uma forma curva for desejada, as camadas precisam ser dispostas e fixadas adequadamente. Portanto, a forma na qual as camadas são dispostas na etapa a) afeta, substancialmente, a forma final da parte estrutural desejada.

[0015] Na etapa b), um tratamento limitado localmente de uma primeira parte superficial com micro-ondas é proposto. Para esse fim, é possível que toda a parte estrutural seja irradiada com micro-ondas, embora também seja possível, se adequado, que um tratamento com micro-ondas concentradas seja conduzido na região da primeira parte superficial, ou próximo dela. Em particular, nesse caso, as temperaturas acima de pelo menos 80°C, pelo menos 130°C ou mesmo acima de 160°C vão ser atingidas por meio do aquecimento referido, para provocar, de forma segura, a polimerização do material compósito.

[0016] Os meios para limitar a temperatura da pelo menos uma camada são proporcionados adjacentes à dita primeira parte superficial. Esses meios podem ser ativos por todo o tratamento com micro-ondas, embora isso não seja absolutamente necessário. Esses meios para limitar a temperatura interagem

com a segunda parte superficial, de uma maneira tal que uma temperatura de 50°C não seja excedida nela.

[0017] Isso tem, basicamente, o efeito de que, após a etapa b) ter sido conduzida, um grau de reticulação consideravelmente mais alto, com relação ao material compósito reforçado com fibra, pode ser determinado na região da primeira parte superficial do que na segunda parte superficial. O grau de reticulação é um parâmetro que descreve as proporções volumétricas dos componentes de material não polimerizado com relação aos componentes de material inteiramente polimerizado, na parte do material compósito sob consideração.

[0018] Ainda que, por exemplo, um (primeiro) grau de reticulação de pelo menos 80% esteja, portanto, presente em média na primeira parte superficial, um (segundo) grau de reticulação de no máximo 20%, ou mesmo no máximo 10%, ou mesmo no máximo 4% esteja presente na região da segunda parte superficial.

[0019] Nesse aspecto, prefere-se, de uma maneira particularmente preferida, que o primeiro grau de reticulação, na região da primeira parte superficial, e o segundo grau de reticulação, na região da segunda parte superficial, sejam alcançados em uma região de transição muito estreita, por exemplo, em uma região de transição de no máximo 30 mm, ou mesmo no máximo 10 mm, ou mesmo no máximo 5 mm. As propriedades essenciais da primeira parte superficial, após o primeiro tratamento de acordo com a etapa b), são resistência mecânica e reticulação suficientes para os posteriores manuseio e tratamento da parte estrutural. Essa reticulação obténível pode ser derivada ou determinada do respectivo tipo de matriz, do tipo do produto de fibra semiacabado, da sua orientação e da espessura da camada ou parte estrutural. A

primeira parte superficial tratada de acordo com b) deve ser condicionada de tal maneira que o processamento posterior é, pelo menos parcialmente, possível, como no caso de uma parte estrutural produzida convencionalmente.

[0020] Por conseguinte, é, portanto, preferível que uma parte estrutural esteja presente, que seja substancialmente curada na região da primeira parte superficial, enquanto que a parte estrutural seja ainda formável ou possa ser curada ainda mais por meio de micro-ondas, na segunda parte superficial adjacente. O grau final de polimerização ou grau de reticulação pode ser também obtido, após o tratamento descrito no presente relatório descritivo, por meio de métodos de cura convencionais, por exemplo, em uma autoclave ou em uma estufa de circulação forçada de ar. Isso se aplica a todas as regiões de uma parte estrutural, independentemente do grau de polimerização atingido em cada ponto.

[0021] Meramente com o intuito de finalização, deve-se também notar que, após a etapa b) ter sido conduzida, uma pluralidade de partes superficiais secundárias (que não são - inteiramente - curadas) pode estar presente. Fica também claro que se considera, com referência às partes superficiais, que as micro-ondas agem de um lado da parte estrutural, mas podem penetrar no material compósito a uma intensidade tal que os graus de reticulação estão igualmente presentes por toda a espessura da parte estrutural ou de pelo menos uma camada.

[0022] Deve-se também notar que as micro-ondas podem ser simplesmente introduzidas por meio de ar ou outro gás, e, portanto, não é necessário, em particular, proporcionar quaisquer meios carreadores líquidos (por exemplo, água) em torno da parte estrutural.

[0023] Para partes superficiais secundárias especificamente predetermináveis, o processo descrito no presente relatório descritivo limita, portanto, a ação das micro-ondas de uma maneira tal que nenhuma cura ou nenhuma polimerização (a uma intensidade considerável) ocorra. Após a etapa b), essa segunda parte superficial pode ser, portanto, submetida a um outro tratamento térmico, de modo que o grau de reticulação na segunda parte superficial varia.

[0024] De acordo com uma outra concretização do processo, propôs-se que, na etapa b), pelo menos um elemento dissipador térmico seja colocado em contato com a segunda parte superficial, como o meio para limitar a temperatura. Por exemplo, um elemento dissipador térmico desse tipo compreende um elemento dissipador térmico (em forma de placa) feito de alumínio ou de um material tendo propriedades de condução térmica similarmente boas. Por exemplo, um elemento dissipador térmico desse tipo pode ser posicionado (diretamente) em contato por toque com a segunda parte superficial. A função do elemento dissipador térmico é, em particular, reduzir ou limitar a condução de calor da primeira parte superficial no sentido da segunda parte superficial. Para esse fim, o elemento dissipador térmico pode ser também proporcionado como uma unidade de resfriamento, isto é, ele próprio ter um resfriamento (ativo). O resfriamento pode ser controlável e/ou pode ficar permanentemente disponível.

[0025] Além do mais, propõe-se também que, na etapa b), pelo menos um fluido de resfriamento é colocado em contato com a segunda parte superficial, como o meio para limitar a temperatura. Nesse aspecto, prefere-se muito particularmente que um gás e/ou um líquido seja colocado em contato direta e/ou indiretamente com as partes superficiais secundárias, a uma temperatura consideravelmente abaixo de 100°C, em

particular, abaixo de 40°C, e, se adequado, ainda abaixo de 20°C. Prefere-se muito particularmente que ar frio seja colocado em contato com a segunda parte superficial. O fluido de resfriamento tem também a função de dissipar o calor produzido, se adequado, na região da segunda parte superficial, e, portanto, de impedir ou limitar a reticulação do material compósito reforçado com fibra.

[0026] De acordo com uma outra concretização do processo de acordo com a invenção, propõe-se que, na etapa b), pelo menos uma blindagem de micro-ondas seja posicionada na segunda parte superficial, como o meio para limitar a temperatura. Uma blindagem de micro-ondas desse tipo pode ser dotada, em particular, com um elemento em forma de placa impermeável a micro-ondas. Os filmes metálicos ou filmes nos quais o metal tenha sido depositado como vapor, que refletem raios de micro-ondas, são os preferidos como um suporte flexível, no caso de projetos adequados, se nenhum molde superficial, proporcionando moldagem em ambos os lados, for proporcionado. Tecido ou artigos de malha (telas) metálicos são também adequados para uso, durante tratamento na etapa b), com ventilação simultânea da parte estrutural na segunda parte superficial, em que o projeto específico (por exemplo, a largura da malha) tem que ficar adequado à frequência de micro-ondas usada para obter a blindagem necessária.

[0027] Uma vez que a blindagem de micro-ondas é posicionada entre as fontes de micro-ondas e a segunda parte superficial, a radiação de micro-ondas não pode atingir a segunda parte superficial, e, portanto, não pode atingir a segunda parte superficial, e, portanto, não pode provocar um aumento em temperatura e polimerização nela. A polimerização também é impedida por isso a um grau desejado. Se adequado, uma blindagem de micro-ondas desse tipo pode ser também colocada

diretamente em contato com a segunda parte superficial, de modo que esta age adicionalmente como um elemento dissipador térmico.

[0028] De acordo com uma outra concretização do processo, as etapas a) e b) são conduzidas em uma pluralidade de partes estruturais, e as partes estruturais são ainda tratadas de acordo com pelo menos as seguintes etapas:

c) posicionamento de uma pluralidade de partes estruturais relativamente entre si, de uma maneira tal que, em todos os casos, as partes superficiais secundárias formem, pelo menos parcialmente, uma região de sobreposição; e

d) tratamento da pelo menos uma região de sobreposição com micro-ondas.

[0029] Esse método se refere, em particular, à união de uma pluralidade dessas partes estruturais parcialmente curadas, ou dessas partes estruturais parcialmente curadas com partes ou camadas estruturais não tratadas. Na presente invenção, na etapa c), as partes estruturais são orientadas relativamente entre si, ou posicionadas umas em cima das outras, de uma maneira tal que as partes superficiais secundárias se suportam (diretamente) entre si. Em particular, na presente invenção é possível dispensar a preparação usualmente necessária das partes superficiais, ou a aplicação de um adesivo adicional. Uma vez que a segunda parte superficial então é suportada conta uma outra, as partes estruturais podem ser tratadas de novo por meio de micro-ondas. Se adequado, é conveniente em termos energéticos tratar apenas a região sobreposta de uma maneira particularizada com micro-ondas, embora isso não seja absolutamente necessário, de modo que mesmo as partes superficiais primárias, que já estão curadas, podem ser tratadas, ou o grau de reticulação pode ser novamente

aumentado nelas. Por conseguinte, no entanto, é, desse modo, possível produzir um componente, a partir de uma pluralidade de partes estruturais, que tenha o mesmo grau de reticulação em todas as seções transversais, quando é possível, em particular, garantir propriedades materiais homogêneas, mesmo no caso de geometrias de moldes complexos.

[0030] Nesse aspecto, considera-se também como sendo vantajoso que pelo menos uma das partes estruturais seja deformada na região de uma segunda parte superficial, pelo menos entre as etapas b) e c), ou durante a etapa c). A deformação gera, em particular, uma forma diferente da parte estrutural. Por exemplo, isso possibilita que as partes estruturais sejam produzidas inicialmente em uma forma específica e depois sejam adaptadas para a parte estrutural específica. É, desse modo, possível reduzir consideravelmente os custos de produção, especificação para a condução das etapas a) e b). Prefere-se que a deformação ocorra durante a etapa c), na qual as partes estruturais são fixadas relativamente entre si, se adequado, por suportes adequados. Em qualquer caso, essa deformação tem também o efeito de que as partes superficiais secundárias sobrepostas fiquem em um contato firme e que sejam orientadas relativamente entre si.

[0031] Além do mais, considera-se também como sendo vantajoso que, na etapa d), uma ligação integral direta da pluralidade de partes estruturais seja formada na região sobreposta. Em outras palavras, isso significa, em particular, que não se pode identificar quaisquer transições de materiais, diferenças em resistência mecânica e/ou diferenças significativas no grau de reticulação na região da ligação integral, após a etapa d).

[0032] Com preferência muito particular, o processo proposto na presente invenção é usado para a produção de um componente

de uma fuselagem, ou de uma superfície de escoamento externo, de um aeroplano, que compreende uma parte estrutural. O componente se refere, em particular, a um componente do seguinte grupo: flape de pouso, viga de rastreo de flape, partes de nariz, unidade de leme, unidade de elevador, aerofólio, elementos de teto, alojamento de bocal e quadro estrutural. Deve-se notar que o "aeroplano" é indicado na presente invenção como um uso preferido; outros campos de aplicação também existem para outro tipo de aeronave, por exemplo, helicópteros.

[0033] O efeito do processo descrito no presente relatório descritivo vai ser demonstrado com base no seguinte exemplo:

Situação inicial:

Material pré-impregnado: material pré-impregnado de fibra de carbono 12K HTS unidirecional com uma matriz de resina epóxi e uma área unitária por peso de 145 g/m² com um teor de resina de 35%

Espessura de camada: 0,145 mm

Número de camadas: 16

Outros filmes: camada de desprendimento, filme de liberação, material não tecido de ventilação, filme de vácuo

Temperatura antes do início: 25°C

Etapa b):

Meio para limitar a temperatura: placa de alumínio

Posicionamento: sobreposições até metade da placa de material pré-impregnado

Fluido de resfriamento: ar comprimido

Frequência de micro-ondas: 2,45 GHz

Potência de micro-ondas: cerca de 10 kW

Duração do tratamento: cerca de 3 horas e 45 minutos

Temperatura na primeira parte superficial: 135°C

Temperatura na segunda parte superficial: 42°C

Resultado:

Primeiro grau de reticulação: acima de 80%

Segundo grau de reticulação: abaixo de 20%

Região de transição: inferior a 18 mm

[0034] A invenção e também o contexto técnico são explicados em mais detalhes abaixo, com referência às figuras. Deve-se notar que as figuras mostram as variantes das concretizações particularmente preferidas da invenção, embora a invenção não seja limitada a elas. Mostra-se esquematicamente na:

[0035] Figura 1: uma estrutura para conduzir o processo de acordo com a invenção;

[0036] Figura 2: um aeroplano; e

[0037] Figuras 3 a 6: etapas individuais do processo de acordo com uma variante de concretização do processo de acordo com a invenção.

[0038] A Figura 1 mostra esquematicamente um aparelho 20 para conduzir o processo descrito de acordo com a invenção. Por meio de exemplo, o aparelho 20 pode ser uma autoclave convencional, formada com uma pluralidade de fontes de aquecimento de micro-ondas, que compreendem fontes de micro-ondas. Por exemplo, as ditas fontes de micro-ondas irradiam micro-ondas, a uma frequência na faixa de 30 megahertz a 30 gigahertz; por exemplo, as frequências típicas são 0,913 ou 2,45 ou 5,8 gigahertz. Em particular, a frequência de 2,45 gigahertz pode ser proporcionada a um baixo custo com magnétrons com a técnica anterior, em que a energia de micro-ondas é particularmente adequada para acoplamento das energias na matriz de materiais compostos de fibra. Em princípio, o aparelho 20 pode também operar a uma maior pressão ambiente.

[0039] Mostra-se na parte central da Figura 1 uma primeira parte estrutural 1, que é produzida de uma primeira camada individual 2 de material compósito 4 e que tem uma forma plana 5. Nesse caso, isso é, em particular, o que é conhecido como um material pré-impregnado, no qual fibras de carbono estão presentes em uma matriz de resina epóxi.

[0040] A primeira parte estrutural 1 tem uma primeira parte superficial 6 e uma segunda parte superficial 7, que são dispostas adjacentes entre si. Na ilustração da Figura 1, as micro-ondas 3 vão agir a partir de acima da primeira parte estrutural 1, e, portanto, um elemento dissipador térmico 8 é também proporcionado acima da segunda parte superficial 7 (se adequado também abaixo). O elemento dissipador térmico 8 tem, adicionalmente, um sistema de resfriamento, com o qual o fluido de resfriamento 9 pode ser conduzido no sentido da segunda parte superficial 7. Além disso, o elemento dissipador térmico 8 tem o efeito, por exemplo, similar ao de uma placa de alumínio, em que as micro-ondas 3 não podem atingir a segunda parte superficial 7, isto é, age adicionalmente como uma blindagem de micro-ondas 10. Na medida em que a primeira parte estrutural 1 está sendo tratada com micro-ondas 3, a primeira parte superficial 6 é curada a um grau de reticulação desejado. A segunda parte superficial 7, que é disposta adjacente a ela, não atinge esse grau de reticulação, devido às medidas descritas acima, mas, em vez disso, se mantém virtualmente sem um aumento no grau de reticulação.

[0041] Deve-se notar que, especificamente se o aparelho 20 for operado sob pressão, a primeira parte estrutural 1 pode ser circundada com um filme ou com microcamadas, que devem, por exemplo, garantir desmoldabilidade de uma suporte de parte estrutural (não mostrado no presente relatório descritivo). As microcamadas desse tipo se referem, por exemplo, a filmes de

vácuo (filme de vácuo), isolantes térmicos, filmes de liberação e assemelhados. Na presente invenção, o filme de vácuo representa o revestimento circundante externo para a primeira parte estrutural 1, de modo que um uso correspondente do processo de acordo com a invenção para essa estrutura deve ser incluído e não se afasta do objeto da invenção.

[0042] A Figura 2 mostra, uma vez, os componentes 14 da fuselagem ou de uma superfície de escoamento 16 de um aeroplano 17, que podem ser produzidos por uso das partes estruturais pelo processo descrito no presente relatório descritivo, de acordo com a invenção. Pode-se notar que mesmo as partes estruturais primárias da estrutura de um aeroplano 17, que têm uma grande área superficial, podem ser produzidas pelo processo proposto, sendo igualmente possível reduzir, consideravelmente, o peso do aeroplano 17. O consumo relativamente baixo de combustível e/ou a carga relativamente alta associada com ele são vantagens essenciais desta invenção.

[0043] As Figuras 3 a 6 mostram diferentes etapas de uma variante de concretização do processo de acordo com a invenção. A Figura 3 mostra esquematicamente uma primeira parte estrutural 1, mas, nesse caso, tem uma forma multicamada, isto é, tem uma primeira camada 2, uma segunda camada 18 e uma terceira camada 19. Na presente invenção, as camadas podem representar vários estratos e/ou estratos idênticos de um material pré-impregnado. Nesse caso, também, a irradiação do material compósito reforçado com fibra, adsorvente de micro-ondas 4 com as micro-ondas 3, para cura da primeira parte superficial 6, é proposta. Um elemento dissipador térmico 8 fica em contato direto na região da segunda parte superficial (menor) 7, e, portanto, o calor produzido nele é removido, se adequado, da primeira parte

estrutural 1, e um processo de cura é, desse modo, limitado ou impedido.

[0044] A Figura 4 mostra a disposição de duas partes estruturais relativamente entre si, especificamente uma primeira parte estrutural 1 e uma segunda parte estrutural 11. As duas partes estruturais têm partes superficiais secundárias 7 (mostradas no presente relatório descritivo coloridas de branco para ênfase), que são ainda formáveis e não são curadas. As partes estruturais são dispostas parcialmente umas em cima das outras, de modo a formar uma região de sobreposição 12, com o material compósito não curado. Com relação à segunda parte estrutural 11, mostrada à direita, a forma 5 é igualmente alterada.

[0045] A disposição da primeira parte estrutural e da segunda parte estrutural 11, que é assim preparada, é tratada com micro-ondas 3, sendo também possível que isso ocorra, se adequado, de uma maneira particularizada, como mostrado na Figura 5 pelas micro-ondas 3 indicadas apenas por linhas tracejadas na parte externa. Uma ligação integral direta 13 é formada na presente invenção na região de sobreposição 12.

[0046] O resultado final é a produção de um componente 14 tendo as mesmas propriedades materiais por toda a seção transversal, como mostrado na Figura 6 pela coloração uniforme.

Lista de números de referência

- 1 - primeira parte estrutural
- 2 - primeira camada
- 3 - micro-ondas
- 4 - material compósito
- 5 - forma
- 6 - primeira parte superficial
- 7 - segunda parte superficial
- 8 - elemento dissipador térmico
- 9 - fluido de resfriamento
- 10 - blindagem de micro-ondas
- 11 - segunda parte estrutural
- 12 - região de sobreposição
- 13 - ligação
- 14 - componente
- 15 - fuselagem
- 16 - superfície de escoamento
- 17 - aeroplano
- 18 - segunda camada
- 19 - terceira camada
- 20 - aparelho

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a produção de um componente (1), tendo pelo menos uma camada (2) compreendendo material compósito reforçado com fibra (4), que absorve micro-ondas (3), o processo **caracterizado** pelo fato de que compreende pelo menos as seguintes etapas:

a) disposição da pelo menos uma camada (2) em uma forma (5);

b) tratamento de uma primeira parte superficial (6) da pelo menos uma camada (2) com micro-ondas (3), em que o meio para limitar a temperatura da pelo menos uma camada (2) interage, pelo menos por um tempo, com pelo menos uma segunda parte superficial adjacente (7), em que pelo menos um elemento divergente de calor (8) é colocado em contato com a segunda parte superficial (7), como meio para limitar a temperatura de modo que um maior grau de reticulação é produzido na primeira parte superficial (6) do que na segunda parte superficial (7).

2. Processo de acordo com a reivindicação 1 **caracterizado** pelo fato de que, na etapa b), pelo menos um fluido de resfriamento (9) é colocado em contato com a segunda parte superficial (7), como o meio para limitar a temperatura.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2 **caracterizado** pelo fato de que, na etapa b), pelo menos uma blindagem de micro-ondas (10) é posicionada na segunda parte superficial (7), como o meio para limitar a temperatura.

4. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3 **caracterizado** pelo fato de que as etapas a) e b) são conduzidas para uma pluralidade de componentes (1, 11), e os componentes (1, 11) são ainda tratados de acordo com pelo menos as seguintes etapas:

c) posicionamento de uma pluralidade de componentes (1, 11) relativamente entre si, de uma maneira tal que, em todos os casos, as partes superficiais secundárias (7) formem, pelo menos parcialmente, uma região de sobreposição (12); e

d) tratamento da pelo menos uma região de sobreposição (12) com micro-ondas (3).

5. Processo de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que, pelo menos entre as etapas b) e c), ou durante a etapa c), uma reformação de pelo menos um dos componentes (1, 11) é realizada na região de uma segunda parte superficial (7).

6. Processo de acordo com a reivindicação 4 ou 5, **caracterizado** pelo fato de que, na etapa d), uma ligação material direta (13) da pluralidade de componentes (1, 11) é formada em uma região de sobreposição (12).

FIGURA 1

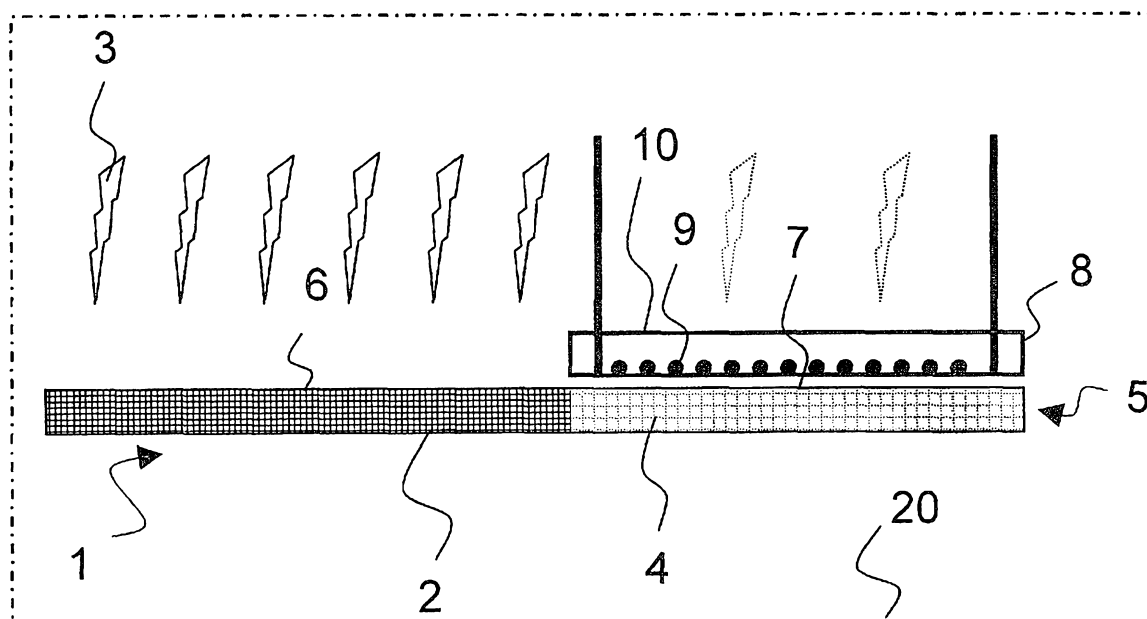


FIGURA 2

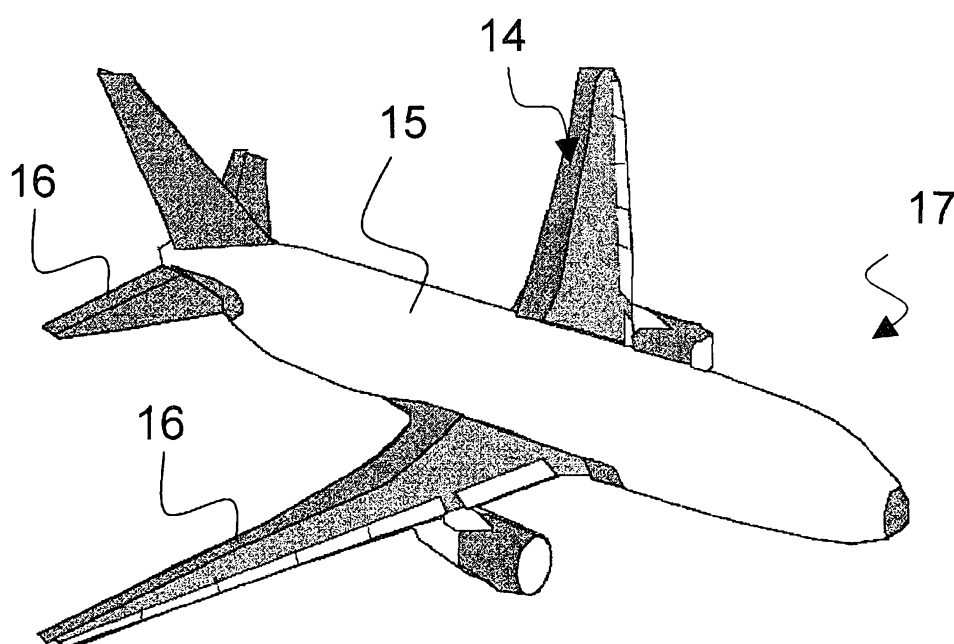


FIGURA 3

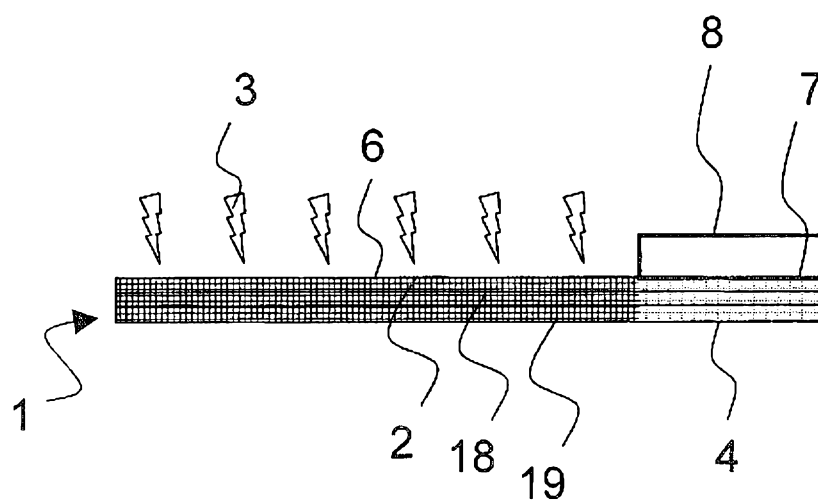


FIGURA 4

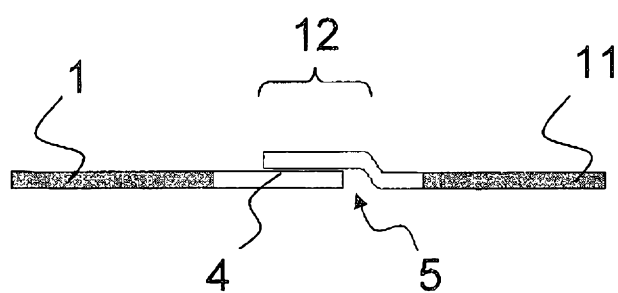


FIGURA 5

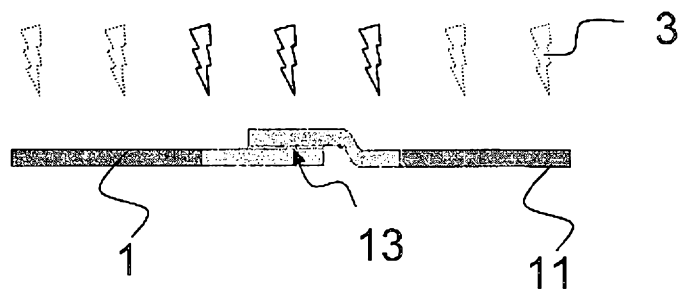


FIGURA 6

