



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

**(11) PI 0716587-0 B1**

**(22) Data do Depósito: 13/09/2007**

**(45) Data de Concessão: 02/01/2018**



---

**(54) Título:** PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM PAINEL DE MATERIAL COMPÓSITO

**(51) Int.Cl.:** B29C 70/44; B29C 70/54; B29C 33/68; B29K 307/04; B29C 37/00

**(30) Prioridade Unionista:** 15/09/2006 FR 06 53770

**(73) Titular(es):** AIRBUS OPERATIONS SAS

**(72) Inventor(es):** DIDIER KURTZ; STÉPHANE PAUCHET; DAVID BOUVET; MARC CHALLET

# “PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM PAINEL DE MATERIAL COMPÓSITO”

## DESCRIÇÃO

### DOMÍNIO TÉCNICO

5 A presente invenção se refere de modo geral a um processo de fabricação de um painel de material compósito, em particular de material compósito termoplástico. A título indicativo, pode de fato se tratar de compósitos de matriz termoplástica de resina PEEK ou resina PPS e fibras de carbono contínuas, mas também eventualmente de compósitos de matriz

10 termoendurecível de resina epóxi e fibras de carbono.

A invenção se refere preferencialmente a um processo de fabricação de painéis de uma espessura compreendida entre cerca de 1 e 20 mm, tais como aqueles habitualmente encontrados no domínio aeronáutico, que constitui uma aplicação especial para a presente invenção. Efetivamente,

15 o processo objeto da invenção pode ser empregado a fim de obter um painel de fuselagem de aeronave, que apresenta habitualmente uma taxa de fibras próxima de 65%. A esse título, a utilização da invenção pode indiferentemente levar à obtenção de um painel substancialmente plano, ou então à obtenção de um painel dito de simples ou de duplas curvaturas

20 classicamente encontrado na constituição das fuselagens de aeronaves. É notado que nos dois casos acima visados, o painel realizado pela execução do processo de acordo com a presente invenção pode evidentemente ser levado a ser submetido a operações ulteriores a fim de constituir um painel de fuselagem ponto para a montagem, operações entre as quais conta-se por

25 exemplo aquela que visa a adaptar enrijecedores por soldagem contínua no painel obtido, esses enrijecedores podendo eles próprios ser realizados por estampagem de placas planas também suscetíveis de ser obtidas de acordo com o processo objeto da invenção.

### ESTADO DA TÉCNICA ANTERIOR

Os processos clássicos de fabricação de um painel feito de material compósito consistem globalmente em executar duas etapas sucessivas, a saber uma etapa de drapejamento seguida por uma etapa de consolidação, também denominada etapa de compactação.

5 A etapa de drapejamento consiste em realizar um empilhamento de mantas de fibras pré-impregnadas de resina, que se apresentam por exemplo cada uma delas sob a forma de tira, com o objetivo de obter uma pluralidade de camadas ou dobras superpostas em uma direção de empilhamento. A etapa de consolidação do empilhamento consiste no que  
10 lhe diz respeito em obter o painel com o auxílio de uma placa de compactação disposta acima do empilhamento. Essa placa de compactação permite de fato, por intermédio da aplicação de uma pressão/depressão, compactar na direção de empilhamento o conjunto constituído pelas mantas de fibras pré-impregnadas, e simultaneamente evacuar o ar e os gases presentes no  
15 empilhamento, de modo que o painel obtido apresente uma taxa de porosidade aceitável, por exemplo inferior a cerca de 5%. Por outro lado, essa etapa de consolidação do empilhamento é efetuada aplicando-se um aquecimento a esse último, por exemplo colocando-se o mesmo dentro de uma estufa, a fim de levá-lo a temperatura exigida para obter a fusão da resina pré-impregnada  
20 nas fibras, e portanto com o objetivo de obter um elemento final compacto e único.

Nas realizações conhecidas da arte anterior, a placa de compactação vem habitualmente em contato com o empilhamento de mantas de fibras durante a etapa de consolidação, o que pode prejudicar a qualidade  
25 final do painel obtido. De fato, é primeiramente indicado que com esse modo de proceder, o estado de superfície da placa de compactação apresenta o grande risco de ser impresso na superfície superior do painel obtido no final da etapa de consolidação, o que pode às vezes levar a uma incompatibilidade com as grandes exigências de qualidade de superfície encontradas em certos

domínios, tais como aquele da aeronáutica para os painéis de fuselagem de aeronave.

Além disso, a presença dessa placa de compactação do empilhamento, também chamada placa ou chapa de encalque, impede uma  
5 desgaseificação satisfatória desse empilhamento durante a etapa de consolidação. Essa limitação pode naturalmente acarretar o aparecimento de porosidades no seio do elemento obtido, sinônimos de enfraquecimento da resistência mecânica global desse elemento.

### EXPOSIÇÃO DA INVENÇÃO

10 A invenção tem portanto como objetivo propor um processo de fabricação de um painel feito de material compósito que corrige os inconvenientes mencionados acima, relativos às realizações da arte anterior.

Para fazer isso, a invenção tem como objeto um processo de fabricação de um painel feito de material compósito com o auxílio de uma  
15 ferramenta que apresenta um suporte no qual é efetuada uma etapa de drapejamento que consiste em realizar um empilhamento de mantas de fibras pré-impregnadas, seguida por uma etapa de consolidação do empilhamento que visa obter o painel com o auxílio de uma placa de compactação disposta acima desse empilhamento. De acordo com a invenção, o processo é  
20 executado de modo a que um primeiro conjunto de filmes poliimidas que se recobrem parcialmente uns aos outros esteja situado em contato com o empilhamento de mantas, entre esse último e a placa de compactação.

Assim, o aspecto lustroso dos filmes poliimidas situados em contato com a superfície superior do empilhamento durante a etapa de  
25 consolidação, permite vantajosamente obter um estado de superfície extremamente satisfatório para o painel obtido, e absolutamente compatível com as grandes exigências de qualidade de superfície encontradas em certos domínios, tais como o domínio da aeronáutica para os painéis de fuselagem de aeronave.

Por outro lado, posto de lado o fato de que esse primeiro conjunto de filmes poliimidas permita de modo vantajoso impedir a impressão do estado de superfície da placa de compactação sobre a superfície superior do empilhamento, esse conjunto permite também vantajosamente uma excelente drenagem dos gases durante a etapa de consolidação. Isso se explica pela possível evacuação do ar e dos gases que se encontram inicialmente no seio do empilhamento, através das zonas de sobreposição dos filmes poliimidas que formam portanto vantajosamente um conjunto que não assegura uma total estanqueidade aos gases para cima, na direção do empilhamento das mantas de fibras.

A desgaseificação operada se revela assim satisfatória, e permite chegar a um painel que apresenta uma taxa de porosidade reduzida em relação àquela encontrada anteriormente, lhe assegurando propriedades de resistência mecânica global especialmente de alto desempenho.

Os filmes poliimidas utilizados para a execução da invenção podem ser realizados de todas as maneiras conhecidas pelo profissional, por reação entre um dianidrido tetracarboxílico aromático e uma diamina aromática. A espessura desses filmes pode por exemplo ser da ordem de 30  $\mu\text{m}$ , e de modo mais geral estar compreendida entre cerca de 20 e 50  $\mu\text{m}$ .

A título indicativo, os filmes seguintes disponíveis no comércio, podem ser utilizados:

- FILM Thermalimide 50 micrometros da empresa AIRTECH<sup>®</sup>;
- FILM Thermalimide 50 micrometros da empresa RICHMOND<sup>®</sup> (Ref: UHT750); ou
- FILM Thermalimide 50 micrometros da empresa KANEKA<sup>®</sup> (Ref: 200AV).

De maneira geral, devido à pequena espessura desses filmes, as zonas de sobreposição/recobrimento desses últimos só deixam aparecer por

impressão marcas superficiais na superfície do empilhamento depois da consolidação desse último, essas marcas não degradando de nenhuma forma o estado de superfície, e não enfraquecendo significativamente as características mecânicas globais do painel obtido.

5 Os filmes poliimidas empregados, também chamados “termalimidas”, são naturalmente escolhidos para resistir às temperaturas elevadas utilizadas durante a etapa de consolidação do empilhamento, que podem atingir 400°C ou mais. Esses últimos não devendo ser integrados ao painel final, eles são portanto previstos para poder ser facilmente retirados da  
10 superfície superior do empilhamento compactado ou da placa de compactação, por exemplo por descascamento. No caso mais freqüentemente encontrado em que os filmes utilizados não aderem nem à superfície superior do empilhamento compactado nem à placa de compactação no final da etapa de consolidação, a retirada desses filmes poliimidas não apresenta  
15 evidentemente nenhuma preocupação especial.

De preferência, o processo é executado de modo a que um segundo conjunto de filmes poliimidas que se recobrem parcialmente uns aos outros esteja situado em contato com o empilhamento de mantas, entre esse último e o suporte da ferramenta.

20 Assim, as características vantajosas descritas acima e obtidas ao nível da superfície superior do painel constituído pelo empilhamento compactado podem então ser também proporcionadas à superfície inferior desse painel devido à presença desse segundo conjunto de filmes poliimidas. De fato, com uma tal execução, o estado da superfície do suporte da  
25 ferramenta vantajosamente não é mais impresso na superfície inferior do painel, visto que durante a etapa de consolidação, a parte inferior do empilhamento se encontra em contato com os filmes poliimidas que revestem um aspecto lustroso.

A título indicativo, é preferível deslocar as zonas de

sobreposição do primeiro e do segundo conjunto de filmes poliimidas considerados de acordo com a direção de empilhamento das mantas de fibras, a saber não dispor essas zonas de sobreposição confrontantes duas a duas de acordo com essa direção, mesmo se isso permanece evidentemente possível, sem sair do âmbito da invenção.

De preferência, o processo compreende também uma etapa de colocação no lugar sobre a placa de compactação de um primeiro tecido de drenagem, essa etapa sendo executada de maneira a que o primeiro tecido esteja situado em contato com essa placa de compactação e separado do primeiro conjunto de filmes poliimidas por essa mesma placa, implicando portanto que as duas faces opostas da placa de compactação estejam respectivamente em contato com o primeiro conjunto de filmes, e com o primeiro tecido de drenagem. Ele compreende por outro lado uma etapa de colocação no lugar sobre o suporte da ferramenta de um segundo tecido de drenagem, essa etapa sendo executada de maneira a que o segundo tecido de drenagem esteja situado em contato com o suporte da ferramenta, entre esse último e o segundo conjunto de filmes poliimidas.

Os tecidos precitados permitem então efetuar uma drenagem dos gases satisfatória durante a etapa de consolidação do empilhamento, em associação com os conjuntos de filmes poliimidas que se sobrepõem parcialmente.

Ainda de maneira preferencial, o processo compreende por outro lado uma etapa de colocação no lugar de pelo menos um calço de limitação dos efeitos de borda suscetíveis de se produzirem por ocasião da etapa ulterior de consolidação do empilhamento, cada calço sendo disposto ao longo de uma borda desse empilhamento. Preferencialmente, é a totalidade do perímetro do empilhamento que é equipada com tais calços, que permitem portanto um ganho em matéria. A influência positiva sobre os efeitos de borda precitados decorre do fato de que esses calços permitem limitar o fluxo de

matéria transversal. De fato, por ocasião da operação de compactação, a placa de compactação vem “prensar” o empilhamento de dobras. Sob o efeito dessa pressão, a resina que é muito fluida nessa temperatura, tende a escorrer para a borda da placa. Ela vem “bater” contra os calços precitados, também chamados calços de encaixe. Quando a placa de compactação atinge os calços de encaixe, ela exerce sobre esses últimos um esforço normal ao contato. Cada calço é assim submetido, no plano das dobras, ao impulso da resina, ao esforço normal da placa de compactação e a sua reação sobre a placa de mármore, e portanto finalmente ao atrito entre por um lado a placa de compactação, e por outro lado a placa de mármore. Esse atrito impede então que os calços se movam sob o efeito da pressão da resina, e limita portanto a fluência dessa última e o adelgaçamento das bordas do painel obtido.

De preferência, cada calço de limitação dos efeitos de borda dispõe de uma espessura aproximadamente igual àquela do painel destinado a ser obtido a partir do empilhamento, no final da etapa de consolidação desse empilhamento. Essa especificidade permite portanto também vantajosamente controlar a espessura final da placa, que não poderá assim ser inferior àquela dos calços. A título indicativo, é previsto que a espessura dos calços seja em todos os pontos da periferia do empilhamento ligeiramente inferior àquela do painel final, por exemplo de uma grandeza da ordem de 0,1 a 0,5 mm.

No entanto, é alternativamente possível prever calços dos quais a espessura inicial (nominal) seja em todos os pontos da periferia do empilhamento ligeiramente superior àquela do painel final, por exemplo de uma grandeza da ordem de 0,1 a 0,5 mm. Em um tal caso, faz-se então de modo com que esses calços sejam deformáveis por compressão durante a consolidação, a fim naturalmente de poder obter o painel com a espessura desejada. A título de exemplo ilustrativo, os calços podem assim ser realizados em elastômero de alta temperatura, tal como silicone 691PX. Com uma tal configuração, os efeitos de bordas são então totalmente erradicados.

Em outros termos, faz-se de modo com que cada calço de limitação dos efeitos de borda disponha de uma espessura inicial superior àquela do painel destinado a ser obtido a partir do empilhamento, no final da etapa de consolidação desse empilhamento, cada calço sendo então projetado e disposto de maneira a ser deformado por compressão pela placa de compactação, durante a execução dessa etapa de consolidação.

Além disso, é possível fazer de modo com que cada calço de limitação dos efeitos de borda disponha de pelo menos uma superfície provida de uma pluralidade de ranhuras de drenagem, ainda com o objetivo de obter uma melhor drenagem dos gases durante a etapa de consolidação do empilhamento. A título indicativo, essas ranhuras são preferencialmente feitas nas duas faces opostas dos calços de encaixe, a saber a face em contato com a placa de mármore que serve de suporte. O posicionamento relativo das mesmas é de preferência em quincôncio de uma face em relação à outra.

Por outro lado, a etapa de consolidação do empilhamento pode ser realizada por um lado aplicando-se para isso uma depressão dentro de uma câmara estanque parcialmente delimitada pelo suporte e na qual se situam o empilhamento de mantas e a placa de compactação, e por outro lado realizando-se um aquecimento desse mesmo empilhamento de mantas de fibras pré-impregnadas. No entanto, poderia alternativamente ser executada uma pressão para compactar o empilhamento de mantas de fibras, sem sair do âmbito da invenção, mesmo se essa solução parece menos pertinente que aquela citada acima.

No caso preferencial da aplicação de uma depressão, é previsto que a ferramenta compreende também meios de colocação em depressão da câmara estanque, que se comunicam com orifícios transpassantes previstos no seio desse suporte, que tomam por exemplo a forma de uma placa de mármore, de cerâmica, de titânio ou de qualquer outro material apropriado conhecido pelo profissional.

No que diz respeito ao aquecimento do empilhamento necessário para obter a fusão da resina pré-impregnada durante a etapa de consolidação, é previsto que a ferramenta compreenda além disso meios de aquecimento integrados ao suporte. Ainda a título indicativo, esses meios de aquecimento podem tomar a forma de resistências elétricas e/ou de canais de circulação de um fluido portador de calor, que são realizados no seio do suporte precitado por ocasião da fabricação desse último.

Alternativamente, a ferramenta poderia ser colocada dentro de uma estufa a fim de levar o empilhamento à temperatura desejada, sem sair do âmbito da invenção. No entanto, a vantagem de uma tal ferramenta que permite ao mesmo tempo a realização do drapejamento e aquela da consolidação do empilhamento, é que essa última etapa pode ser efetuada sem ter que deslocar a ferramenta que incorpora em seu seio as mantas empilhadas mas ainda não solidarizadas umas nas outras. De fato, uma tal operação de deslocamento da ferramenta gera riscos de movimentos relativos entre as mantas que constituem o empilhamento, esses riscos sendo sobretudo encontrados quando essas mantas são constituídas de matéria compósito termoplástico, devido a ausência de aderência natural dessas mantas realizadas em um tal material.

É possível prever que o processo é destinado à obtenção, no final da etapa de consolidação do empilhamento, de um painel substancialmente plano, esse último podendo eventualmente ser destinado a ser submetido a operações ulteriores tais como operações de conformação do tipo estampagem, essas operações não fazendo entretanto parte do objeto da presente invenção.

Alternativamente, o processo é destinado à obtenção, no final da etapa de consolidação do empilhamento, de um painel que apresenta uma curvatura simples ou uma curvatura dupla. A título informativo, os painéis de curvatura simples são ditos “desenvolvíveis”, e apresentam uma geratriz

retilínea que implica que eles podem ser “desenrolados” sobre um plano. Em contrapartida, os painéis de curvatura dupla, tais como os painéis de fuselagem do cockpit de uma aeronave, não são “desenvolvíveis” e não dispõem portanto de geratriz retilínea, quer dizer que eles não podem ser

5 “desenrolados” sobre um plano. Efetivamente, eles apresentam uma primeira curvatura, por exemplo na direção longitudinal do painel, assim como uma segunda curvatura distinta da primeira, por exemplo na direção transversa desse mesmo painel.

Em um tal caso, é previsto que a etapa de drapejamento é

10 realizada de modo que depois da colocação no lugar de uma manta dada de fibras pré-impregnadas sobre outras mantas já empilhadas, a manta dada é solidarizada a pelo menos uma das mantas de fibras pré-impregnadas já empilhadas, com o auxílio de pelo menos um ponto de soldadura. Isso permite assim manter a geometria do empilhamento constituído por exemplo por

15 mantas feitas de material compósito termoplástico pouco aderentes entre si, e para as quais uma soldadura contínua de suas bordas respectivas que as ligam umas com as outras nem sempre pode ser realizada, em especial quando se trata da fabricação de um painel de curvatura simples ou dupla constituído a partir de mantas sucessivas que nem sempre dispõem das mesmas dimensões,

20 e que estão portanto na incapacidade de ser unidas duas a duas em todo seu perímetro por uma tal soldadura contínua devido à disjunção entre certas bordas de mantas sucessivas.

Por outro lado, se essa técnica de soldadura por pontas das mantas do empilhamento é preferencialmente escolhida para a fabricação de

25 painéis com curvatura(s), ela pode também ser executada para a fabricação de painéis planos. No entanto, nesse último caso, a soldadura de modo contínuo das bordas das mantas sucessivas constitui uma solução que pode ser considerada devido às dimensões habitualmente idênticas das diferentes mantas do empilhamento, mesmo se a técnica de soldagem por pontos

permanece preferida.

Como evocado precedentemente, o processo se aplica de preferência à fabricação de um painel de fuselagem de aeronave, substancialmente plano, de curvatura simples, ou ainda de curvaturas duplas, de uma superfície que pode por exemplo estar compreendida entre 10 e 30 m<sup>2</sup>. A esse título, é notado que o painel obtido pela execução do processo de acordo com a presente invenção pode ser levado a ser submetido a operações posteriores a fim de constituir um painel de fuselagem pronto para a montagem. Entre essas operações, conta-se por exemplo aquela que visa a adaptar enrijecedores por soldagem contínua sobre o painel compactado, esses enrijecedores podendo eles próprios ser realizados por estampagem de placas planas também suscetíveis de ser obtidas de acordo com o processo objeto da invenção.

Outras vantagens e características da invenção aparecerão na descrição detalhada não limitativa abaixo.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Essa descrição será feita em referência aos desenhos anexos entre os quais:

- as figuras 1a a 1k são vistas que esquematizam diferentes operações realizadas por ocasião da execução de um processo de fabricação de um painel feito de material compósito, de acordo com um primeiro modo de realização preferido da presente invenção; e

- a figura 2 é uma vista que esquematiza uma etapa realizada por ocasião da execução de um processo de fabricação de um painel feito de material compósito, de acordo com um segundo modo de realização preferido da presente invenção.

#### EXPOSIÇÃO DETALHADA DE MODOS DE REALIZAÇÃO PREFERIDOS

Em referência primeiramente à figuras 1a a 1k, é possível

perceber diferentes operações sucessivas realizadas por ocasião da execução de um processo de fabricação de um painel feito de material compósito, de acordo com um primeiro modo de realização preferido da presente invenção. Nesse primeiro modo, o painel que se deseja obter tem uma forma substancialmente plana, e por exemplo globalmente quadrada ou retangular, com uma espessura compreendida entre 1 e 20 mm. A título indicativo, é notado que esse último encontra uma aplicação especial no domínio da aeronáutica, como painel de fuselagem de uma aeronave, que compreende por exemplo uma taxa de fibras próxima de 65%.

10 Na figura 1a, é possível perceber que a ferramenta utilizada para a execução desse processo compreende em primeiro lugar um suporte assimilável a uma placa de mármore referenciada 1. Essa placa 1 é atravessada perpendicularmente, em relação ao plano de acordo com o qual ela se estende, por uma pluralidade de orifícios transpassantes 2 previstos no seio dessa placa de mármore 1. Como será detalhado mais explicitamente abaixo, os orifícios transpassantes 2 são ligados a meios de colocação em depressão 4, com o auxílio de uma rede de comunicação fluídica (não referenciada) clássica e que pode tomar qualquer forma conhecida pelo profissional.

20 Por outro lado, a placa de mármore 1 é equipada com meios de aquecimento que tomam aqui a forma de uma pluralidade de resistências mecânicas ou de canais de circulação de um fluido portador de calor 6, que são integralmente previstas no interior dessa placa de mármore 1 que serve de suporte.

25 O processo de acordo com o primeiro modo de realização preferido é iniciado colocando-se um tecido de drenagem 8 sobre a placa 1, esse tecido sendo na seqüência denominado segundo tecido 8. Ele é por exemplo constituído de modo conhecido pelo profissional por tecido de vidro, como tecido de vidro fino (Ref: 2165 Z6040) ou tecido de vidro grosseiro

(ref: 7628 TF 970) da empresa HEXCEL Fabrics<sup>®</sup>. Esse segundo tecido de drenagem 8, esquematizado na figura 1b, permite assegurar uma desgaseificação do empilhamento de mantas feito de material compósito destinado a repousar acima desse segundo tecido 8, pr ocasião da etapa  
5 ulterior de consolidação desse empilhamento que visa compactar esse último, como se destacará mais claramente abaixo.

Em seguida, é procedido à colocação no lugar de um conjunto de filmes poliimidas que se recobrem parcialmente uns aos outros, esse conjunto referenciado 10 na figura 1c sendo na seqüência denominado  
10 segundo conjunto de filmes poliimidas. Assim, esse segundo conjunto 10 é constituído por uma pluralidade de filmes poliimidas 12, aqui previstos em número de três, que se recobrem parcialmente uns aos outros, e mais especialmente dois a dois em zonas ditas de recobrimento ou de sobreposição. De preferência, é previsto que cada um dos filmes 12 se apresente sob a forma  
15 de uma tira, e que essas tiras sejam dispostas paralelamente umas às outras como está claramente mostrado na figura 1d, mesmo se é alternativamente possível considera que essas tiras paralelas sejam inclinadas em relação às direções longitudinal e transversal do painel destinado a ser obtido. Assim, as zonas de recobrimento 14 são também assimiláveis a tiras de menor largura  
20 orientadas de acordo com a mesma direção de disposição dos filmes 12. É previsto de preferência que o conjunto 10 não apresente nunca mais de dois filmes 12 sobrepostos um sobre o outro em um ponto dado. Como está mostrado esquematicamente pelas flechas 16 na figura 1c, é notado que as zonas de recobrimento 14 são vantajosas no sentido em que elas permitem a  
25 passagem do ar e dos gases por ocasião da etapa ulterior de consolidação do empilhamento, visto que ao nível dessas mesmas zonas 14, a estanqueidade do conjunto 10 não é vantajosamente totalmente assegurada. A título indicativo, as larguras “l” das zonas de recobrimento 14 e as larguras “l” das tiras de filmes poliimidas 12 variam em função da curvatura do painel. Assim,

é previsto de preferência utilizar tiras de uma largura “l” de cerca de 254 mm (10 polegadas) para fabricar painéis planos dos quais a superfície total é inferior a 2 m<sup>2</sup>, enquanto que no caso em que a superfície total do painel plano é superior a 2 m<sup>2</sup>, é previsto de preferência utilizar tiras com uma largura “l” de cerca de 350 mm (13,8 polegadas).

Por outro lado, no caso de um painel com curvatura(s), a largura “l” das tiras constitutivas é da ordem de 350 mm (13,8 polegadas) para as pequenas curvaturas, e da ordem de 254 mm (10 polegadas) para as curvaturas pronunciadas.

Além disso, qualquer que seja a geometria do painel, a largura “l” das zonas de recobrimento 14 é de preferência fixada nas proximidades de 15 mm.

Os filmes poliimidas 12 empregados, também denominados termalimidas, são naturalmente escolhidos para resistir a temperaturas elevadas que podem atingir 400°C ou mais, tais como aquelas encontradas durante a etapa de consolidação do empilhamento que visam notadamente assegurar a fusão da resina das mantas pré-impregnadas feitas de material compósito. A espessura desses filmes 12 está preferencialmente compreendida entre cerca de 20 e 50 µm, e a disposição assim como o número desses mesmos segundos filmes 12 são determinados de maneira a que eles possam impedir o contato entre o empilhamento de mantas colocadas ulteriormente, e a placa de mármore 1.

O processo de fabricação é prosseguido realizando-se para isso uma etapa de drapejamento que consiste em efetuar um empilhamento 18 de uma pluralidade de mantas de fibras pré-impregnadas 20, de acordo com uma direção de empilhamento 21 substancialmente ortogonal ao plano (não referenciado) no qual se estende a placa de mármore 1. Assim, as mantas 20, de preferência realizadas em materiais compósitos termoplásticos, por exemplo de matriz termoplástica de resina PEEK ou resina PPS e fibras de

carbono contínuas, são portanto dispostas umas acima das outras de acordo com essa direção de empilhamento 21. Naturalmente, o número dessas mantas 20 que formam cada uma delas uma camada do empilhamento é determinado em função da espessura final desejada para o painel.

5 Na figura 1e, pode ser visto que a superfície inferior desse empilhamento 18, considerado de acordo com a direção 21, está inteiramente em contato com o segundo conjunto de filmes poliimidas 10. Isso permite assegurar para o empilhamento ulteriormente compactado, uma superfície inferior que dispõe de um estado de superfície de qualidade muito boa,  
10 perfeitamente compatível com as exigências do domínio aeronáutico. A título indicativo, é notado que à medida que as mantas de fibras pré-impregnadas 20 são dispostas umas acima das outras, a última manta colocada pode ser solidarizada ao conjunto já empilhado, de preferência com o auxílio de um ou de uma pluralidade de pontos de soldadura por exemplo situados nas  
15 extremidades de cada uma dessas mantas, essas últimas dispendo habitualmente de uma forma substancialmente quadrada ou retangular. Isso permite evitar deslocamentos relativos entre as diferentes mantas 20 no seio do empilhamento, que são efetivamente suscetíveis de se produzir em razão da pouca aderência mutua ligada a essas mantas feitas de material compósito  
20 termoplástico. É precisado que uma soldadura contínua pode também ser considerada para assegurar uma tal retenção, sem sair do âmbito da invenção.

Em referência agora à figura 1f, é possível ver que o processo é prosseguido dispendo-se calços 22 de limitação dos efeitos de borda suscetíveis de se produzir por ocasião da etapa ulterior de consolidação do  
25 empilhamento 18. Esses calços são de preferência previstos em torno de todo o empilhamento 18 tal como é mostrado na figura 1g, e caminham portanto cada um deles ao longo de uma borda desse empilhamento. Esses calços 22, que poderiam alternativamente ser colocados no lugar sobre o suporte 1 previamente à realização da etapa de drapejamento, são mantidos fixamente

sobre essa última placa 1 com o auxílio de meios de união adaptados, tais como fita adesiva que resiste a alta temperatura. A união precitada é efetuada de modo que esses calços 22 possam apesar de tudo estar situados acima do segundo tecido de drenagem 8 e do segundo conjunto de filmes poliimidas 10, estando em contato com esse último.

A espessura desses calços, que corresponde a sua dimensão de acordo com a direção 21, é aproximadamente igual àquela do painel destinado a ser obtido a partir desse empilhamento 18. Essa especificidade permite claramente controlar a operação de consolidação que visa compactar o empilhamento 18, visto que a espessura desse painel não poderá portanto ser inferior àquela dos calços 22 montados na placa 1. A título indicativo, essa espessura de calço é prevista para ser aproximadamente inferior de uma grandeza de 0,1 mm a 0,5 mm àquela do painel final destinado a ser obtido.

Por outro lado, para assegurar uma drenagem do gás satisfatória em combinação com o segundo tecido de drenagem 8 e o primeiro tecido de drenagem que será descrito ulteriormente, cada um dos calços 22 dispõe de ranhuras de drenagem ou estrias 24 feitas em sua superfície superior e/ou em sua superfície inferior, como é mostrado esquematicamente na figura 1g.

Por outro lado, esses calços podem cada um deles ser bloqueado na direção que lhes é transversal, e mais precisamente no sentido que vai se afastando do empilhamento, por exemplo com o auxílio de batentes previstos no suporte 1. No entanto, é também possível prever casos em que esses calços são inteiramente livres em translação no suporte 1, sem sair do âmbito da invenção.

Por outro lado, é alternativamente possível prever calços cuja espessura seja ligeiramente superior àquela do painel final, por exemplo de uma grandeza da ordem de 0,1 a 0,5 mm. Em um tal caso, esses calços que erradicam totalmente os efeitos de bordas são previstos para serem

deformáveis por compressão durante a etapa de consolidação, a fim de poder obter o painel com a espessura desejada.

Em seguida, procede-se de novo à colocação no lugar de um conjunto de filmes poliimidas 26, dito primeiro conjunto de filmes poliimidas, e composto por uma pluralidade de filmes 30 que se recobrem parcialmente uns aos outros. Esse segundo conjunto 26 é idêntico ou similar ao primeiro conjunto 10 descrito acima, na medida em que ele é por exemplo constituído por três (ou mais) files poliimidas 28 que se recobrem parcialmente uns aos outros, e mais especialmente dois a dois em zonas ditas de recobrimento ou de sobreposição. De preferência, é previsto que cada um dos filmes 28 se apresente sob a forma de uma tira, e que essas tiras são dispostas paralelamente umas às outras, como está claramente mostrado na figura 1i. Assim, as zonas de recobrimento 30 são também assimiláveis a tiras de menor largura orientadas de acordo com a mesma direção de disposição dos filmes 28. É previsto de preferência que o conjunto 26 não apresente nunca mais de dois filmes 28 superpostos um sobre o outro em um ponto dado. Como está mostrado esquematicamente pelas flechas 32 na figura 1h, é notado que as zonas de recobrimento 30 são vantajosas no sentido que elas permitem a passagem do ar e dos gases por ocasião da etapa ulterior de consolidação do empilhamento, assim como as zonas de recobrimento 14 do primeiro conjunto 10.

Ainda a título indicativo, as larguras "l" das zonas de recobrimento 30 e as larguras "l'" das tiras de filmes poliimidas 28 são tais como descritas acima, e de preferência idênticas àquelas adotadas para o segundo conjunto de filmes poliimidas. Além disso, os filmes poliimidas 28 empregados são do mesmo tipo daqueles do primeiro conjunto, a saber escolhidos para resistir a temperaturas elevadas que podem atingir 400°C ou mais, tais como aquelas encontradas durante a etapa de consolidação do empilhamento que visa notadamente assegurar a fusão da resina das mantas

pré-impregnadas feitas de material compósito. Aqui ainda, a espessura dos filmes 28 é preferencialmente compreendida entre cerca de 20 e 50  $\mu\text{m}$ , e a disposição assim como o número desses mesmos primeiros filmes 28 são determinados de maneira a que eles possam impedir o contato entre o empilhamento das mantas 20 colocadas, e a placa de compactação colocada no lugar ulteriormente. Para fazer isso, como mostrado esquematicamente na figura 1i, o primeiro conjunto 26 é previsto para se estender em toda a superfície superior do empilhamento 18, mas também para transbordar sobre cada um dos calços 22, que podem eventualmente também ser inteiramente recobertos pelos primeiros filmes 28. Como mostrado na figura 1i, no sentido longitudinal das tiras 28, essas últimas ultrapassam de preferência ligeiramente os calços 22, o que não é o caso para os outros calços dispostos transversalmente. A esse título, seria possível mesmo prever que as tiras 28 não recobrem esses mesmos calços 22 dispostos transversalmente, sem sair do âmbito da invenção.

Na medida em que a superfície superior desse empilhamento 18, considerado de acordo com a direção 21, está inteiramente em contato com o primeiro conjunto de filmes poliimidas 26, isso permite aqui também assegurar para o empilhamento ulteriormente compactado, uma superfície superior que dispõe de um estado de superfície de qualidade muito boa, perfeitamente compatível com as exigências do domínio aeronáutico.

Como está melhor visível na figura 1h, as zonas de recobrimento/sobreposição 30 do primeiro conjunto 26 são cada uma delas situadas em frente a uma das zonas de recobrimento/sobreposição 14 do segundo conjunto 10, de acordo com a direção 21. No entanto, seria também possível operar um deslocamento dessas zonas de sobreposição 14, 30, a saber dispô-las de uma outra forma diferente de colocá-las confrontantes duas a duas de acordo com essa mesma direção 21. Entretanto, é indicado que essas zonas de sobreposição 14, 30 permanecem de preferência todas em

contato com a superfície inferior ou com a superfície exterior do empilhamento ainda não compactado, quer dizer em contato com a primeira ou a última manta 20 colocada.

5 Como mostrado na figura 1j, e previamente à etapa de consolidação do empilhamento 18, é realizada uma etapa de colocação no lugar de uma placa de compactação 36, também dita placa ou chapa de encalque, realizada em material metálico clássico tal como em aço inoxidável. Essa placa 36 é disposta acima do empilhamento 18, de maneira a que sua superfície inferior de compactação esteja em contato com o primeiro conjunto  
10 26 de filme poliimida 28. Como o mostra esquematicamente a figura 1j, suas dimensões são previstas para poder eventualmente vir em batente contra cada uma dos calços 22 previstos em torno de todo o empilhamento 18. Naturalmente, a placa de compactação 36 é disposta substancialmente paralelamente à placa que forma suporte 1, visto que o painel desejado deve  
15 ter uma forma substancialmente plana.

O processo de fabricação é prosseguido colocando-se no lugar um primeiro tecido de drenagem 34 acima da placa de compactação 36, como mostrado também na figura 1j. Naturalmente, é notado que esse primeiro tecido de drenagem 34 dispõe de um papel idêntico àquele desempenhado  
20 pelo segundo tecido de drenagem 8 exposto precedentemente, a única diferença entre esses dois tecidos 8, 34 sendo que eles são respectivamente destinado a ser associados a uma superfície inferior do empilhamento 18 e a uma superfície superior desse último. Por essa razão, pode portanto se tratar de um tecido de mesmo tipo, que dispõe das mesmas propriedades de  
25 drenagem.

A última operação realizada antes da execução da etapa de consolidação do empilhamento 18 consiste em vir criar uma câmara estanque 40 com o auxílio da placa de mármore 1, na qual vem-se montar uma bexiga estanque 42 que recobre o conjunto dos elementos precitados, como está

visível na figura 1k. Para fazer isso, a bexiga 42 é aplicada em torno de todo o empilhamento 18 sobre a placa de mármore 1 com o auxílio de um ou vários parafusos 45 de pressão atarraxado nessa última, a cabeça de parafuso 45 esmagando uma junta de estanqueidade 44 que repousa em contato com essa  
5 mesma placa 1. A título indicativo e como está mostrado na figura, os dois tecidos de drenagem 8 e 34 podem também ser aplicados sobre a junta de estanqueidade 44 por intermédio do parafuso de pressão 45, isso colocando-se os mesmos entre a bexiga 42 e essa mesma junta de estanqueidade 44.

Assim, a placa 1 e a bexiga de estanqueidade 42 formam  
10 conjuntamente uma câmara estanque 40 dentro da qual se encontra o empilhamento de mantas de fibras pré-impregnadas 20, que pode então ser submetido aa dita operação de consolidação que visa globalmente compactar esse empilhamento 18.

Para fazer isso, são simultaneamente empregados os meios de  
15 aquecimento 6, assim como os meios de colocação em depressão 4 que permitem fazer o vácuo dentro da câmara 40 com o auxílio dos orifícios transpassantes 2 situados no seio da placa 1, e que desembocam dentro dessa mesma câmara 40. Mais precisamente, os meios de aquecimento são acionados de maneira a aplicar uma temperatura da ordem de 400°C no seio  
20 do empilhamento 18, de modo a provocar a fusão da resina necessária para a compactação desse empilhamento. Naturalmente, como evocado precedentemente, os filmes poliimidas 20 e 28 são projetados para suportar tais temperaturas, de modo que eles não se degradam durante a etapa de consolidação. Quando o vácuo é realizado dentro da câmara 40 através dos  
25 orifícios 2, a bexiga 42 aplica então uma pressão sobre a placa de compactação 36 que tende assim a se aproximar da placa de sustentação 1 se deslocando para isso ortogonalmente à direção de empilhamento 21. Assim, se deslocando desse modo sob a ação da bexiga 42, a placa 36 em contato com o primeiro conjunto de filmes poliimidas 26 gera uma aplicação das

mantas 20 na direção de empilhamento 21 contra a placa 1, essas mantas tendo então tendência a se compactar e a se solidarizar graças à fusão da resina pré-impregnada nessas mesmas mantas. Essa etapa de consolidação é realizada até que o painel obtido por compactação disponha de uma espessura de acordo com a direção 21 que seja aquela desejada, e que é de qualquer modo limitada pela espessura dos calços 22, quando essa última é prevista para ser ligeiramente inferior à espessura final do painel. Quando essa espessura alvo foi atingida, no final da etapa de consolidação, a câmara 40 é aberta por retirada da bexiga 42, e o empilhamento compactado obtido que forma o painel desejado pode então ser extraído da ferramenta.

A título indicativo, a câmara 40 é aberta por retirada da bexiga 42 e o empilhamento compactado obtido que forma o painel desejado pode então ser extraído da ferramenta. Pode eventualmente ser necessário retirar os filmes poliimidas 12, 28 que continuam a aderir nas superfícies superiores e/ou inferiores do painel obtido. No entanto, é notado que os filmes poliimidas/termalimidas são habitualmente tais que no final da etapa de consolidação do empilhamento 18, eles não aderem a nenhum outro dos elementos previstos para realizar essa etapa, de modo que a retirada dos mesmos não constitui vantajosamente nenhum problema especial.

Agora em referência à figura 2, é possível ver um segundo modo de realização preferido de acordo com a presente invenção, cujo objetivo não é mais obter um painel de forma substancialmente plana, mas sim um painel que dispõe de uma curvatura simples ou dupla.

A título indicativo, esse tipo de painel é classicamente encontrado no domínio da aeronáutica, como painel de fuselagem de uma aeronave.

A figura 2 representa o estado da ferramenta e do empilhamento de mantas tais como se apresentando justo antes da realização da etapa de consolidação desse mesmo empilhamento. Ela corresponde

portanto ao estado mostrado na figura 1k no caso do primeiro modo de realização preferido da invenção.

Como pode ser visto nessa figura 2, todas as operações que conduziram a essa união são similares àquelas descritas para o primeiro modo de realização em referência às figuras 1a a 1k. É notado que essa união difere apesar de tudo daquela encontrada no primeiro modo pela forma de certos elementos da ferramenta empregada, assim como pela ausência de calços de limitação dos efeitos de borda que não foram previstos. No entanto, esses últimos poderiam ser dispostos da mesma maneira que descrito para o primeiro modo de realização, sem sair do âmbito da invenção.

Assim, a fim de obter a simples ou as duplas curvaturas para o painel de fuselagem, o suporte 1 feito de mármore não toma mais a forma de uma placa plana, mas sim dispõe de uma geometria complementar daquela desejada para uma das duas faces do painel. De modo análogo, a placa de compactação 36 dispõe de uma superfície de compactação que não é mais plana, mas que dispõe de uma geometria de forma complementar àquela da outra das duas faces que devem ser realizadas para o painel. Naturalmente, ainda que a figura 2 mostre uma superfície de sustentação côncava e uma superfície de compactação da placa 36 de forma convexa, uma configuração invertida entre essas superfícies de forma convexa e côncava (cada uma com simples ou com duplas curvaturas) poderia naturalmente ser considerada, sem sair do âmbito da invenção.

Uma outra diferença com o primeiro modo de realização preferido reside na solidarização entre as diferentes camadas 20 feitas de material compósito termoplástico do empilhamento 18, que apresentam uma pequena aderência. De fato, visto que a simples ou dupla curvaturas procuradas para o painel acarreta a superposição de tiras que dispõem de larguras diferentes, a disjunção entre as bordas dessas tiras impede portanto às vezes a solidarização de duas tiras diretamente consecutivas por soldadura

contínua em torno de todas essas últimas. Para enfrentar esse problema, é considerado então, no lugar de soldar essas mantas em torno de todo seu perímetro, soldar essas últimas por um ou vários pontos de soldadura cuidadosamente posicionados. Esse modo de fazer pode ser adotado para a

5 solidarização de cada uma das mantas de fibras 20 a partir da segunda no empilhamento, visto que a primeira não pode naturalmente ser solidarizada desse modo sobre o suporte 1. Assim, para assegurar uma retenção correta da primeira manta do empilhamento 18 em relação a esse mesmo suporte feito de mármore 1, pode ser executada uma aplicação dessa primeira manta 20 contra

10 a superfície de sustentação da placa 1, por intermédio de uma colocação em depressão assegurada graças aos meios 4. De fato, quando uma aspiração é realizada com o auxílio desses mesmos meios 4, antes mesmo que a bexiga 42 tenha sido colocada no lugar sobre o suporte 1, o ar aspirado pelos orifícios transpassantes 2 provoca vantajosamente a aplicação da primeira manta 20 do

15 empilhamento 18 contra esse mesmo suporte feito de mármore 1. Isso permite assim utilizar os meios de colocação em depressão 4 para uma outra finalidade diferente daquela principal que visa assegurar ulteriormente o vácuo dentro da câmara estanque 40, para realizar a etapa de consolidação do empilhamento 18.

20 Uma outra particularidade desse segundo modo de realização preferido da presente invenção consiste na obtenção da forma precisa da placa de compactação 36, que constitui uma parte da ferramenta. De fato, essa placa 36 é vantajosamente realizada em um material que compreende mica e resina, tal como descrito no pedido de patente BE 758 263, ou ainda encontrado sob

25 a marca MIGLASIL<sup>®</sup> proposta pela empresa VON ROLL ISOLA<sup>®</sup>, o que lhe assegura propriedades que permitem que ele seja deformável durante a primeira colocação em temperatura, e de se tornar extremamente rígido uma vez que essa primeira colocação em temperatura está terminada. Em conseqüência disso, essa placa 36 é realizada no material precitado, e

grosseiramente pré-conformada para se aproximar da geometria final exigida. Por ocasião de sua primeira utilização para a realização de um painel de curvaturas simples ou dupla, essa placa pré-conformada é disposta do modo descrito precedentemente, a saber sobre um primeiro conjunto de filmes poliimidas 26. E depois, por ocasião da etapa de consolidação do empilhamento de mantas de fibras em alta temperatura, a placa de compactação 36 vai por um lado se deformar se aplicando para isso contra essa empilhamento 18, e vai simultaneamente atingir sua temperatura de cozimento a partir da qual essa placa 36 se torna rígida. Em consequência disso, é somente uma vez que essa placa se conformou totalmente ao empilhamento 18 sob o efeito da pressão aplicada pela bexiga de estanqueidade 42 que essa última vai adotar sua forma final precisa, que é então capaz de ser conservada durante todas as colocações em temperatura posteriores, devido às propriedades específicas do material empregado.

Assim, essa placa 36 de curvatura muito precisa pode então ser utilizada para a realização dos painéis seguintes com o auxílio dessa mesma ferramenta, visto que ela será perfeitamente capaz de conservar, durante as etapas de compactação seguintes em alta temperatura, sua forma precisa adotada por ocasião do primeiro cozimento.

Sem sair do âmbito da invenção, seria alternativamente possível prever uma placa fabricada de maneira a apresentar diretamente sua forma definitiva precisa, sem que seja necessário recorrer à fabricação de um primeiro painel para obter essa forma.

Naturalmente, diversas modificações podem ser trazidas pelo profissional à invenção que acaba de ser descrita, unicamente a título de exemplos não limitativos.

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo de fabricação de um painel de material compósito com o auxílio de uma ferramenta que apresenta um suporte (1) no qual é efetuada uma etapa de drapejamento que consiste em realizar um empilhamento (18) de mantas de fibras pré-impregnadas (20), seguida por uma etapa de consolidação do empilhamento (18) que visa obter o dito painel com o auxílio de uma placa de compactação (36) disposta acima desse empilhamento, caracterizado pelo fato de que ele é executado de modo a que um primeiro conjunto (26) de filmes poliimidas (28) que se recobrem parcialmente uns aos outros esteja situado em contato com o empilhamento (18) de mantas, entre esse último e a dita placa de compactação (36).

2. Processo de fabricação de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ele é executado de modo a que um segundo conjunto (10) de filmes poliimidas (12) que se recobrem parcialmente uns aos outros esteja situado em contato com o empilhamento (18) de mantas, entre esse último e o dito suporte (1) da ferramenta.

3. Processo de fabricação de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ele compreende também uma etapa de colocação no lugar sobre a dita placa de compactação (36) de um primeiro tecido de drenagem (34), essa etapa sendo executada de maneira a que o dito primeiro tecido (34) esteja situado em contato com essa placa de compactação (36) e separado do dito primeiro conjunto (26) de filmes poliimidas (28) por essa mesma placa (36), e pelo fato de que ele compreende por outro lado uma etapa de colocação no lugar sobre o dito suporte (1) da ferramenta de um segundo tecido de drenagem (8), essa etapa sendo executada de maneira a que o dito segundo tecido de drenagem (8) esteja situado em contato com o suporte (1) da ferramenta, entre esse último e o segundo conjunto (10) de filmes poliimidas.

4. Processo de fabricação de acordo com uma qualquer das

reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que ele compreende por outro lado uma etapa de colocação no lugar de pelo menos um calço (22) de limitação dos efeitos de borda suscetíveis de se produzirem por ocasião da etapa ulterior de consolidação do empilhamento, cada calço (22) sendo  
5 disposto ao longo de uma borda desse empilhamento (18).

5. Processo de fabricação de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que cada calço (22) de limitação dos efeitos de borda dispõe de uma espessura aproximadamente igual àquela do painel destinado a ser obtido a partir do dito empilhamento (18), no final da dita  
10 etapa de consolidação desse empilhamento.

6. Processo de fabricação de acordo com a reivindicação 4 ou a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que cada calço (22) de limitação dos efeitos de borda disponha de pelo menos uma superfície provida de uma pluralidade de ranhuras de drenagem (24).

15 7. Processo de fabricação de acordo com uma qualquer das reivindicações 4 a 6, caracterizado pelo fato de que cada calço (22) de limitação dos efeitos de borda dispõe de uma espessura inicial superior àquela do painel destinado a ser obtido a partir do dito empilhamento (18), no final da dita etapa de consolidação desse empilhamento, cada calço (22) sendo  
20 projetado e disposto de maneira a ser deformado por compressão pela dita placa de compactação (36), durante a execução da dita etapa de consolidação.

8. Processo de fabricação de acordo com uma qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de consolidação do empilhamento (18) é realizada por um lado aplicando-se para  
25 isso uma depressão dentro de uma câmara estanque (40) parcialmente delimitada pelo dito suporte (1) e na qual se situam o empilhamento (18) de mantas e a dita placa de compactação (36), e por outro lado realizando-se um aquecimento desse mesmo empilhamento (18) de mantas de fibras pré-impregnadas (20).

9. Processo de fabricação de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a ferramenta compreende também meios de colocação em depressão (4) da câmara estanque (40), que se comunicam com orifícios transpassantes (2) previstos no seio do dito suporte.

5 10. Processo de fabricação de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o dito suporte (1) toma a forma de uma placa feita de mármore.

10 11. Processo de fabricação de acordo com uma qualquer das reivindicações 8 a 10 caracterizado pelo fato de que a ferramenta compreende também meios de aquecimento (6) do empilhamento (18) de mantas de fibras pré-impregnadas (20), esses meios de aquecimento (6) sendo integrados ao dito suporte (1).

15 12. Processo de fabricação de acordo com uma qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que ele é destinado à obtenção, no final da dita etapa de consolidação do empilhamento, de um painel substancialmente plano.

20 13. Processo de fabricação de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que ele é destinado à obtenção, no final da dita etapa de consolidação do empilhamento, de um painel que apresenta uma curvatura simples.

14. Processo de fabricação de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que ele é destinado à obtenção, no final da dita etapa de consolidação do empilhamento, de um painel que apresenta uma curvatura dupla.

25 15. Processo de fabricação de acordo com a reivindicação 13 ou a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a etapa de drapejamento é realizada de modo que depois de uma colocação no lugar de uma manta dada (20) de fibras pré-impregnadas sobre outras mantas (20) já empilhadas, a dita manta dada (20) é solidarizada a pelo menos uma das ditas mantas (20)

de fibras pré-impregnadas já empilhadas, com o auxílio de pelo menos um ponto de soldadura.

16. Processo de fabricação de acordo com uma qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que ele se aplica à
- 5 fabricação de um painel de fuselagem de aeronave.

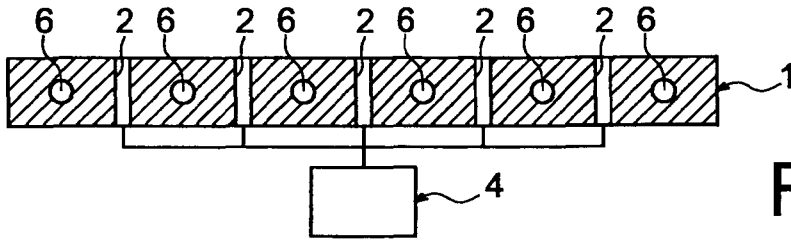


FIG. 1a

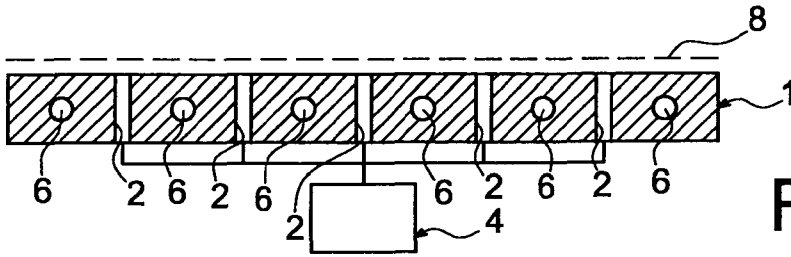


FIG. 1b

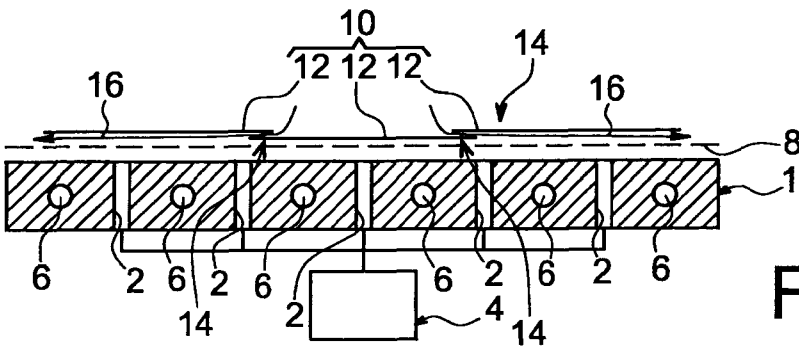


FIG. 1c

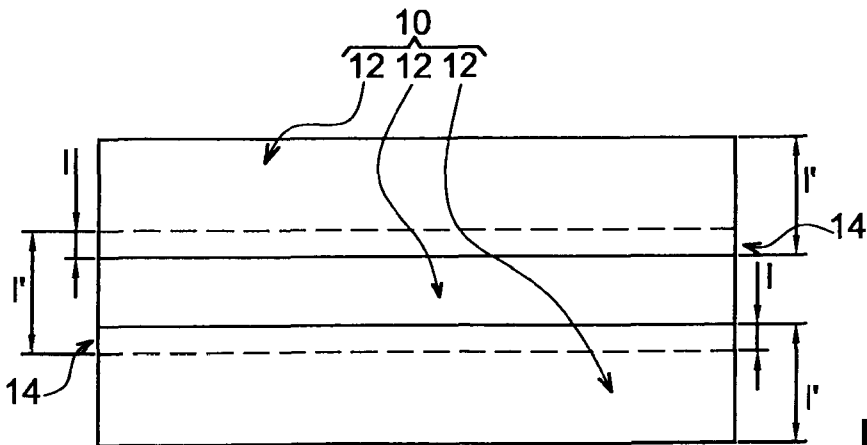
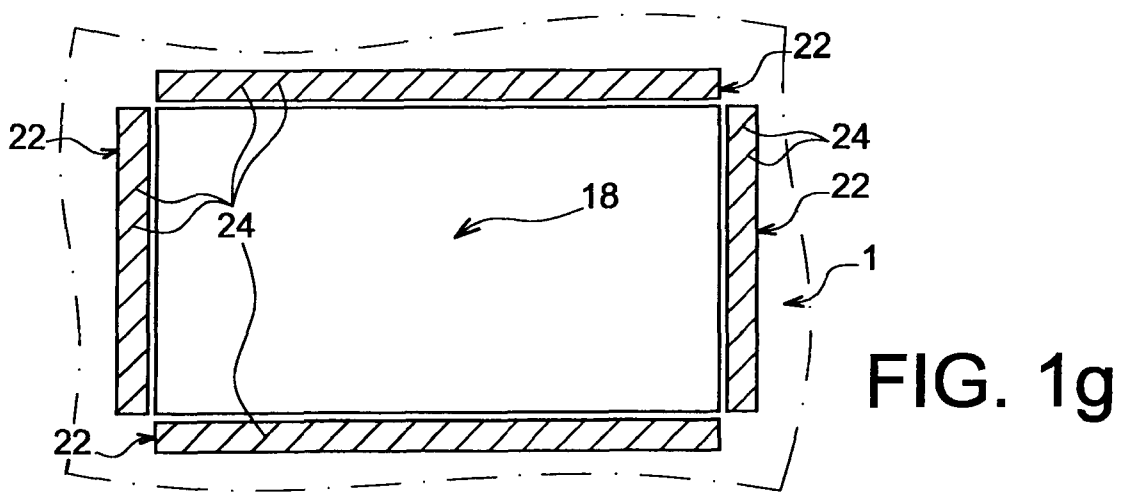
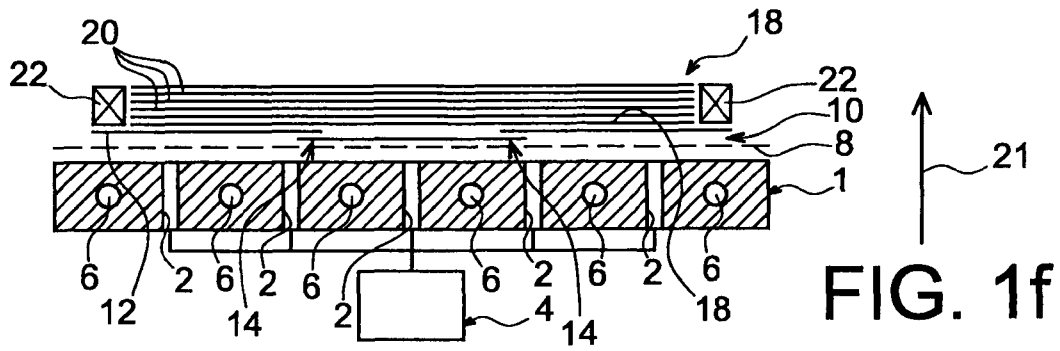
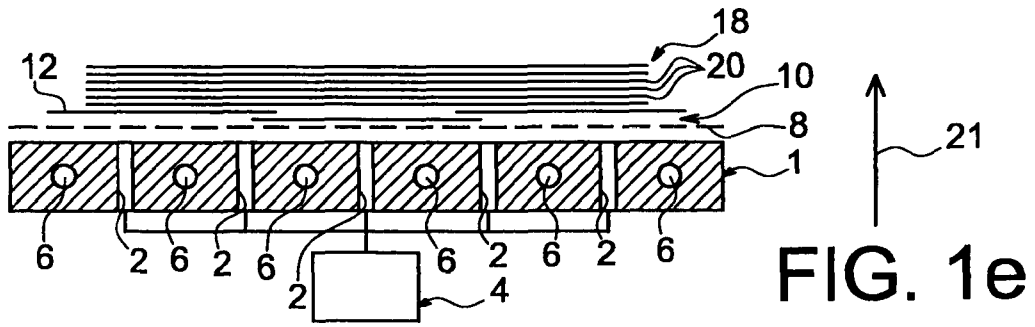


FIG. 1d





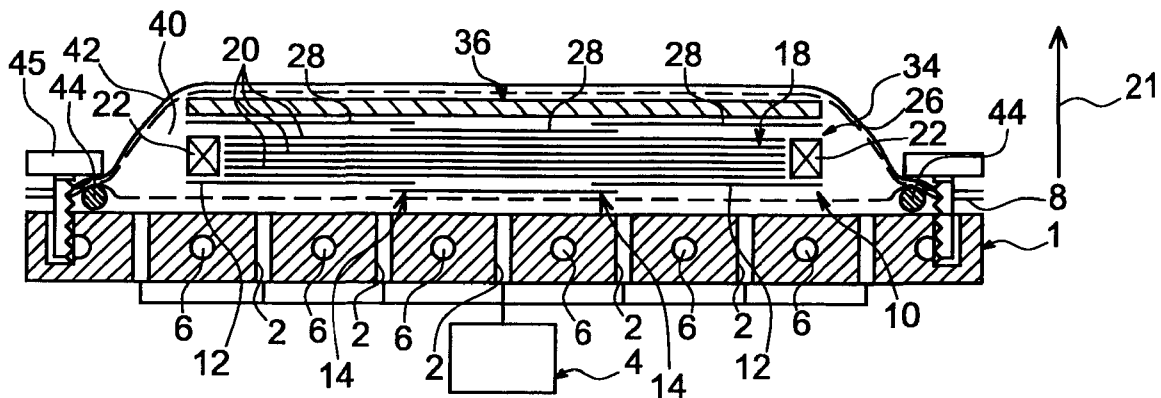


FIG. 1k

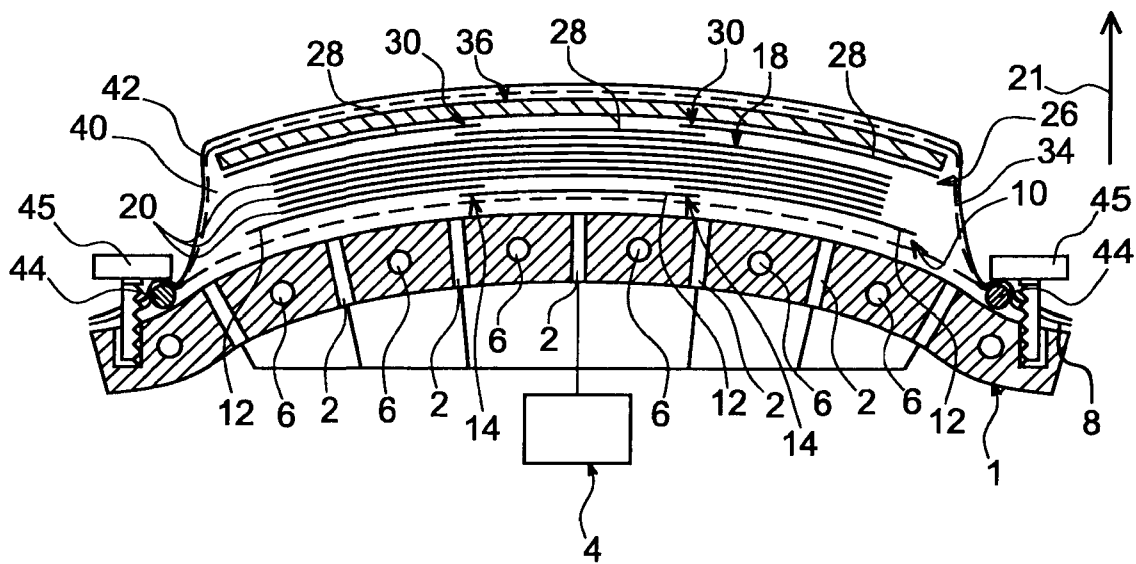


FIG. 2