



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

(11) PI 0721604-1 B1

(22) Data do Depósito: 30/04/2007

(45) Data de Concessão: 26/06/2018



* B R P I 0 7 2 1 6 0 4 B 1 *

(54) Título: MÉTODO PARA A FABRICAÇÃO DE UMA ESTRUTURA DE CAIXA DE TORÇÃO DE MULTILONGARINAS INTEGRADAS DE MATERIAL COMPÓSITO PARA AERONAVE

(51) Int.Cl.: B29C 70/34; B29D 99/00; B64C 1/06; B64C 3/18

(73) Titular(es): AIRBUS OPERATIONS, S.L.

(72) Inventor(es): MARÍA PILAR MUÑOZ LÓPEZ; FRANCISCO JOSÉ CRUZ DOMÍNGUEZ; JOSÉ DAVID CANO CEDIEL

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA A FABRICAÇÃO DE UMA ESTRUTURA DE CAIXA DE TORÇÃO DE MULTILONGARINAS INTEGRADAS DE MATERIAL COMPÓSITO PARA AERONAVE**".

Campo da Invenção

[001] A presente invenção refere-se a uma estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas de material compósito, bem como a um método para a fabricação dessa estrutura.

Antecedentes da Invenção

[002] É conhecido comumente que a indústria aeronáutica requer estruturas que, por um lado, podem suportar as cargas às quais elas são submetidas, em conformidade com as exigências de alta resistência e rigidez e, por outro lado, são tão leves quanto possível. Um resultado dessa exigência é o uso cada vez mais estendido de materiais compósitos em estruturas primárias das aeronaves, envolvendo uma importante economia de peso, comparado com o uso de materiais metálicos.

[003] A principal estrutura para suportar superfícies de aeroplanos é formada por uma borda de ataque, uma caixa de torção e uma borda de fuga. A caixa de torção de uma aeronave, por sua vez, é formada por diversos elementos estruturais. Tipicamente, o processo de fabricação de uma caixa de torção é consideravelmente manual e é realizado em um número de etapas. Os elementos estruturais que formam a caixa são fabricados separadamente e são unidos mecanicamente com o auxílio de gabaritos complicados para obter as tolerâncias necessárias, que são dadas pelas exigências aerodinâmicas e estruturais. Isso envolve diferentes estações de montagem e uma grande quantidade de elementos de junção, o que ocasiona desvantagens de peso, altos custos de produção e montagem, maior capacidade logística necessária e pior qualidade aerodinâmica em superfícies

externas. Se as partes são feitas de material compósito, elas são fabricadas por meio de empilhamento das diferentes camadas de fibras e, desse modo, formam o elemento desejado, camada por camada. Nesse ponto, o material compósito requer um processo de cura muito caro para se obter todas as suas propriedades.

[004] Por essa razão, recentemente, tem havido grandes esforços para obter um nível cada vez maior de integração na produção de caixas de torção em material compósito e, assim, impedir as desvantagens antes mencionadas. O problema consiste, principalmente, em geração de pressão suficiente em todos os elementos durante o processo de cura conjunto.

[005] Desse modo, há diversos documentos conhecidos descrevendo métodos de fabricação que obtêm a integração de elementos estruturais típicos, com o auxílio de gabaritos de cura especiais, montagem dos elementos restantes nos estágios de montagem a seguir. Esse é o caso da patente US N° 5216799 (integração de nervuras com longarinas), documento de patente EP 1074466A1 (integração de nervuras) e da patente US N° 5735486 (integração de reforçadores longitudinais - revestimentos). Outros níveis de integração são obtidos com as soluções apresentadas na patente US N° 6237873B1, descrevendo a fabricação de seções transversais fechadas e sua junção subsequente e na patente US N° 6190484B1, onde caixas contíguas são unidas para serem curadas conjuntamente.

[006] Os documentos de patente EP 0582160A1, US 6896841B2, US 5454895, WO 2004/000643A2 e US 5817269 estão focalizados no sistema de gabarito para permitir a fabricação da parte completa em uma única cura com boa qualidade, quer com gabaritos que são inflados durante a cura ou com o uso da diferença de expansão térmica de diferentes materiais para exercer pressão durante a cura em altas temperaturas.

[007] Contudo, todas essas soluções começam a partir da base de "pré-empilhamento" individual dos elementos estruturais básicos e cura dos mesmos conjuntamente com os gabaritos adequados, que não é uma integração real completa, enquanto, ao mesmo tempo, os custos de fabricação são altos, devido ao alto número de partes a serem empilhadas, havendo, ainda, uma passagem não-uniforme de cargas entre os elementos empilhados.

[008] A presente invenção tem por objetivo resolver essas desvantagens.

Sumário da Invenção

[009] Portanto, a presente invenção se refere a uma estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas de material compósito para aeronave, compreendendo os seguintes elementos estruturais:

- revestimento inferior
- revestimento superior
- diversas longarinas, que, por sua vez, são formadas por:
 - Corda
 - Alma
 - diversos reforçadores longitudinais no revestimento superior
 - diversos reforçadores longitudinais no revestimento inferior.

[0010] A caixa de torção anterior é criada começando de elementos individuais em material compósito, que já estão integrados a partir do empilhamento e que, por sua vez, assumem diversas funções estruturais (eles fazem parte do reforço longitudinal, da longarina e/ou do revestimento, ao mesmo tempo), obtendo uma estrutura integrada completa requerida, mediante a junção de diversos desses elementos, antes da fase de cocura final. Isso envolve ter todas as vantagens de uma estrutura integrada, além de uma economia maior nos custos de

fabricação, visto que há menos partes a serem empilhadas e uma passagem mais uniforme de cargas entre os elementos empilhados.

[0011] A presente invenção ainda se refere a um método para fabricação de uma estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas de material compósito para aeronave, compreendendo as seguintes etapas:

1) empilhamento de um composto com ou sem reforçadores longitudinais integrados, realizado por qualquer processo manual ou automático;

2) curvatura do laminado ou laminados pela aplicação do ciclo adequado e com o gabarito adequado;

3) junção dos diversos elementos que formarão a estrutura desejada;

4) consolidação da estrutura completa por meio de aplicação de um único ciclo de pressão e temperatura.

[0012] Outras características e vantagens da presente invenção serão compreendidas a partir da descrição detalhada seguinte de uma modalidade ilustrativa de seu objeto em relação às figuras anexas.

Descrição dos Desenhos

[0013] A figura 1 mostra uma caixa de torção de um estabilizador horizontal de aeronave com uma estrutura de multinervuras típica.

[0014] A figura 2a mostra o interior de uma asa de avião militar com uma estrutura de multilongarinas típica.

[0015] A figura 2b mostra um corte transversal do interior de uma asa de avião militar com uma estrutura de multilongarinas típica.

[0016] A figura 2c mostra uma longarina típica de uma asa de avião militar com uma estrutura de multilongarinas típica.

[0017] A figura 3 mostra, esquematicamente, um corte transversal de uma caixa de multilongarinas com reforçadores longitudinais, objeto da presente invenção.

[0018] A figura 4 mostra, esquematicamente, um corte transversal de uma caixa de multilongarinas com elementos estruturais que formam a mesma, objeto da presente invenção.

[0019] A figura 5 mostra, esquematicamente, um elemento estrutural em forma de U do tipo 1, formando uma caixa de multilongarinas com reforçadores longitudinais, objeto da presente invenção.

[0020] A figura 6 mostra, esquematicamente, um elemento estrutural em forma de U do tipo 2, com um flape formando uma caixa de multilongarinas com reforçadores longitudinais, objeto da presente invenção.

[0021] A figura 7 mostra, esquematicamente, um elemento estrutural em forma de C do tipo 3, com um flape formando uma caixa de multilongarinas com reforçadores longitudinais, objeto da presente invenção.

[0022] A figura 8 mostra o empilhamento plano de um elemento estrutural formando uma caixa de multilongarinas com reforçadores longitudinais, objeto da presente invenção.

[0023] A figura 9 mostra, esquematicamente, a curvatura de um elemento estrutural formando uma caixa de multilongarinas com reforçadores longitudinais, objeto da presente invenção.

[0024] A figura 10 mostra o resultado de uma curvatura e de uma possível segunda curvatura de um elemento estrutural formando uma caixa de multilongarinas com reforçadores longitudinais, objeto da presente invenção.

[0025] A figura 11 mostra a junção de dois elementos estruturais, formando reforçadores longitudinais em forma de I e painel, formando uma caixa de multilongarinas com reforçadores longitudinais, objeto da presente invenção.

[0026] A figura 12 mostra a junção de dois elementos estruturais, formando reforçadores longitudinais em forma de T e longarinas e pai-

nel, formando uma caixa de multilongarinas com reforçadores longitudinais, objeto da presente invenção.

[0027] A figura 13 mostra a posição das mechas unindo dois elementos estruturais formando uma caixa de multilongarinas, com reforçadores longitudinais, objeto da presente invenção

Descrição Detalhada da Invenção

[0028] A invenção se refere a uma estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas de materiais compósitos com reforçadores longitudinais, com uma seção transversal em forma de T ou em forma de I, todos sendo co-curados. O material compósito pode ser fibra de carbono e fibra de vidro com termocura ou resina termoplástica. O principal campo de aplicação é a estrutura aeronáutica com superfícies de sustentação, embora também possam ser aplicadas a outras estruturas com características similares.

[0029] Uma estrutura integrada é uma em que os diferentes elementos estruturais submetidos à diferentes tensões (tensão de cisalhamento, tensão normal, etc.) são fabricados de uma vez ou começam de uma parte única. Essa é outra vantagem do uso de materiais compósitos porque, devido as suas condições de camadas independentes, que podem ser empilhadas na maneira desejada, eles oferecem a possibilidade de integração adicional à estrutura, o que ainda causa uma economia nos custos, uma vez que há menos partes individuais a serem montadas.

[0030] A estrutura principal de superfícies de suporte de aeroplanos é formada por uma borda de ataque, uma caixa de torção e uma borda de fuga. A caixa de torção é uma estrutura típica formada por um painel superior e um painel inferior com paredes finas e longarinas dianteira 2 e traseira 3. Outros elementos estruturais, tais como nervuras 4 e reforçadores longitudinais 5, podem estar no interior da caixa de torção, elementos reforçadores também sendo necessários em al-

guns desses componentes, dada a sua extrema finura.

[0031] Dependendo das exigências estruturais e das exigências de fabricação, capacidade de manutenção, certificação, etc., todos esses elementos podem ou não ser essenciais e podem ser mais ou menos eficazes.

[0032] A estrutura mais usada atualmente para uma caixa de torção compreende, internamente, diversas nervuras transversais 4 entre as longarinas dianteira 2 e traseira 3, nervuras cujas principais funções são proporcionar rigidez torcional, limitar os revestimentos e os reforços longitudinalmente, de modo a relativizar as cargas de arqueamento e manter a forma da superfície aerodinâmica (veja a figura 1). Essa estrutura, usualmente, é ainda reforçada longitudinalmente pelos reforços 5.

[0033] Outro conceito estrutural de uma caixa de torção é a multilongarina (veja figura 2), onde as nervuras são distribuídas e as multilongarinas 6 são introduzidas, longarinas que compreendem, por sua vez, uma corda ou perna 7 e alma 8.

[0034] O objeto da presente invenção é a criação de uma estrutura de caixa de torção altamente integrada, sem nervuras, com diversos reforçadores longitudinais, em forma de I ou de T, 10 (reforçadores longitudinais) e longarinas 9, para obter uma estrutura efetiva com relação à resistência/rigidez e baixo peso. Uma estrutura integrada pode, assim, significar uma economia nos custos de fabricação e um aperfeiçoamento na qualidade.

[0035] A caixa de multilongarinas, objeto da presente invenção, é formada pelos revestimentos 11 e 12, que são os elementos que fecham a caixa na parte superior e inferior e são caracterizados pelo fato de suportarem, principalmente, a compressão - tração e cisalharem as cargas no plano. Os reforçadores longitudinais 10 foram introduzidos para obter rigidez suficiente desses painéis 11 e 12 e estabilizam os

mesmos contra arqueamento, sem aumentar sua espessura. Os reforçadores longitudinais também assumem parte dos fluxos longitudinais resultantes dos momentos de curvatura.

[0036] Por outro lado, há multilongarinas 9 que, como os revestimentos 11 e 12, são estruturas de paredes finas típicas. Elas devem suportar, principalmente, cargas de curvatura e torção. De maneira simplificada, os fluxos de cisalhamento resultantes devem ser suportados pela alma da longarina 9, enquanto as pernas ou cordas das longarinas 9 devem suportar as cargas de tração e compressão resultantes da curvatura.

[0037] Portanto, do ponto de vista estrutural, a caixa compreende os seguintes elementos:

- revestimento inferior 12
- revestimento superior 11
- diversas longarinas 9, que, por sua vez, são formadas por:
 - corda 13
 - alma 14
 - diversos reforçadores longitudinais 10 no revestimento superior 11
 - diversos reforçadores longitudinais 10 no revestimento inferior 12.

[0038] O processo para produção de uma caixa de torção de acordo com a presente invenção é realizado de modo que os elementos em forma de U 15 (tipo 1), os elementos em forma de U 16 com um flape (tipo 2) ou os elementos em forma de C 17 com um flape (tipo 3) são formados individualmente, quando as camadas de fibras 20 são empilhadas. Cada um desses elementos 15, 16, 17 assume diversas funções estruturais, que, quando unidos, dão origem à configuração completa desejada. Em uma última etapa, todo o componente é curado em um único ciclo e uma estrutura de caixa de multilongarinas

completamente integradas incluindo reforçadores longitudinais 10 é obtida.

[0039] As etapas detalhadas do processo para a fabricação de uma caixa de torção de multilongarinas de material compósito serão descritas abaixo, processo que é dividido em quatro etapas:

[0040] Na etapa 1, as camadas de fibra de carbono ou fibra de vidro 20 são empilhadas separadamente de maneira plana, camadas que formam cada elemento 15, 16, 17. Essas pilhas podem, perfeitamente, ter reforçadores 19, serem submetidas a mudanças de plano e ter mudanças de empilhamento de acordo com se mais tarde farão parte de um painel 11, 12, da longarina 9 ou do reforço longitudinal 10, conforme mostrado na figura 8.

[0041] Na etapa 2, a pilha é curvada. Essa curvatura pode ser realizada de maneiras diferentes, de preferência, por meio de aplicação de um ciclo de vácuo e temperatura 22, moldando a pilha com a geometria desejada por meio do gabarito adequado 21, gabarito que copia sua geometria interna, conforme mostrado na figura 9.

[0042] Se um reforço longitudinal em forma de I 10 for requerido, poderia ser necessário curvar uma segunda vez (figura 10) para se obter um elemento 16 do tipo 2.

[0043] Na etapa 3, os diferentes elementos são unidos para formar a estrutura integrada, de acordo com as figuras 11 e 12. Pode ser necessário introduzir mechas (tiras de fibras unidirecionais, que devem ser do mesmo material que aquele usado nas pilhas ou um material compatível) nessa fase para impedir folgas e, assim, assegurar uma co-cura óptica (figura 13). Também é possível que pilhas contínuas sejam requeridas fora da caixa, o que corresponderia a revestimentos puros, elementos 18 do tipo 4.

[0044] Na etapa 4, a estrutura completa é curada por meio de aplicação de um ciclo de pressão e temperatura, com o auxílio do sistema

de gabarito adequado, o que permite a compactação adequada de todas as áreas da estrutura.

[0045] As modificações compreendidas dentro do escopo definido pelas reivindicações a seguir podem ser introduzidas na modalidade que acabou de ser descrita.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a fabricação de uma estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas de material compósito para aeronave, compreendendo as etapas de,

a) empilhar separadamente de maneira plana as camadas de fibras (20) formando elementos em forma de U (15), elementos em forma de U (16); elementos em forma de C (17) com um flape;

b) curvar a pilha:

c) juntar os diferentes elementos (15, 16, 17) para moldar a estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas; e

d) curar a estrutura completa por meio de aplicação de um ciclo de pressão e temperatura, com o auxílio de um sistema de gabarito (21), permitindo a compactação adequada de todas as áreas da estrutura,

caracterizado pelo fato de tiras de fibras unidirecionais chamadas mechas serem introduzidas na etapa c) de juntar diferentes elementos (15, 16, 17) para moldar a estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas.

2. Método para a fabricação de uma estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas de material compósito para aeronave, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de as pilhas de camadas de fibras (20), formando cada elemento (15, 16, 17), compreenderem reforçadores (19).

3. Método para a fabricação de uma estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas de material compósito para aeronave, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de as pilhas de camadas de fibras (20) formando cada elemento (15, 16, 17) serem submetidas a mudanças de planos e mudanças de empilhamento de acordo com se mais tarde farão parte de um painel (11, 12) de uma longarina (9) ou de um reforço longitudinal (10).

4. Método para a fabricação de uma estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas de material compósito para aeronave, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de a pilha das camadas de fibras (20) formando cada elemento (15, 16, 17) ser curvada por meio de aplicação de um ciclo de vácuo e temperatura (22), moldando a pilha com a geometria desejada por meio de um gabarito adequado (21), gabarito que copia sua geometria interna.

5. Método para a fabricação de uma estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas de material compósito para aeronave, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de as tiras de fibras unidirecionais serem do mesmo material que aquelas da pilha.

6. Método para a fabricação de uma estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas de material compósito para aeronave, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de as tiras de fibras unidirecionais serem de um material compatível com o material da pilha.

7. Método para a fabricação de uma estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas de material compósito para aeronave, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de, na etapa de junção dos diferentes elementos (15, 16, 17), para moldar a estrutura de caixa de torção de multilongarinas integradas, pilhas contínuas, correspondentes aos revestimentos puros (18), serem introduzidas fora da caixa de torção mencionada.

1/5

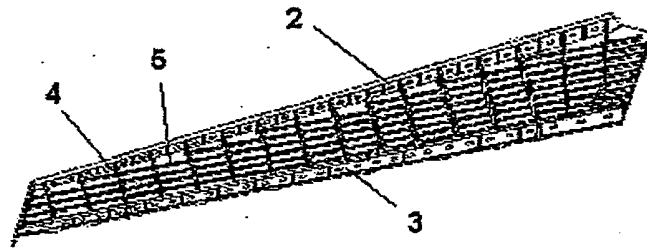


FIG 1

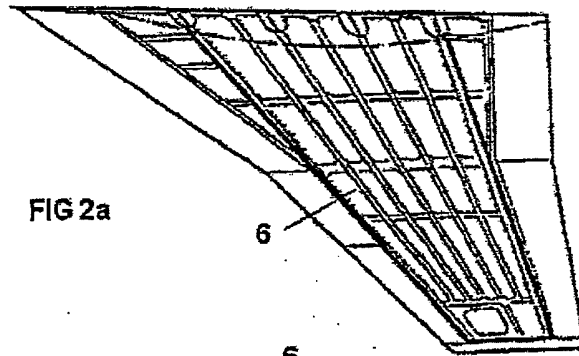


FIG 2a



FIG 2b

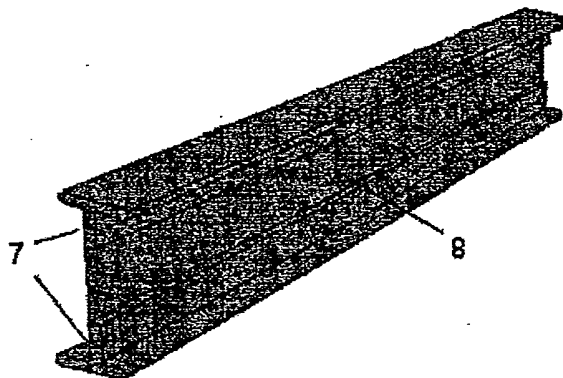


FIG 2c

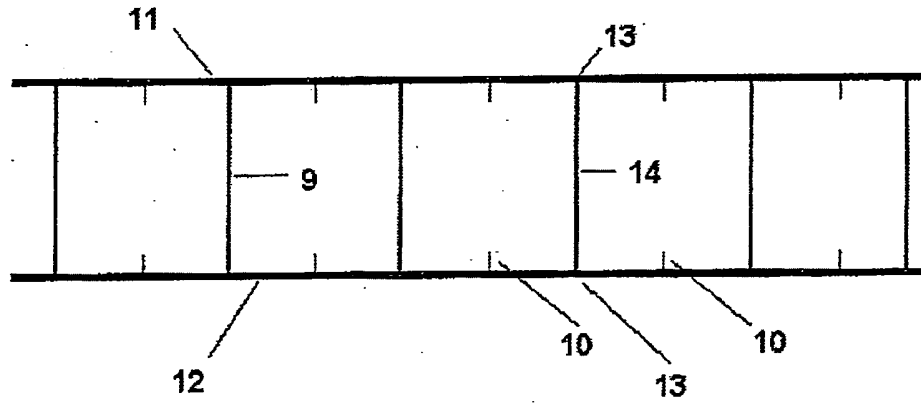


FIG 3

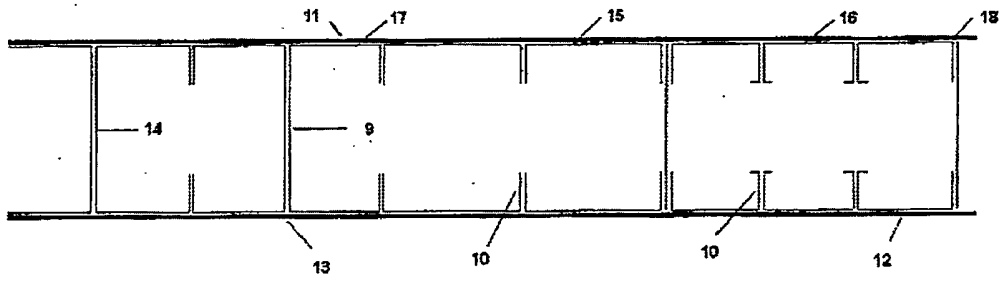


FIG 4

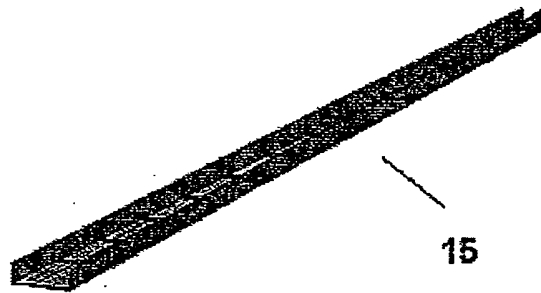


FIG 5

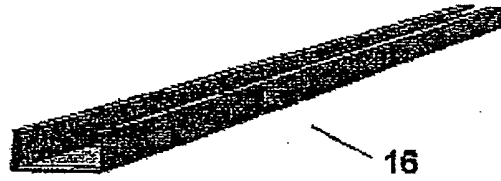


FIG 6

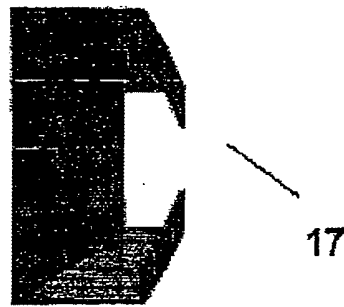


FIG 7

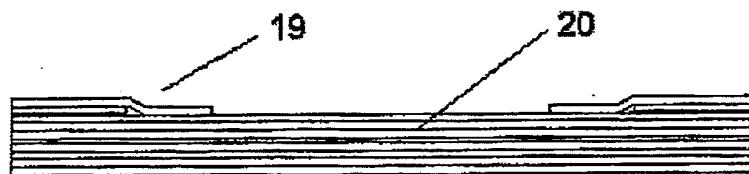
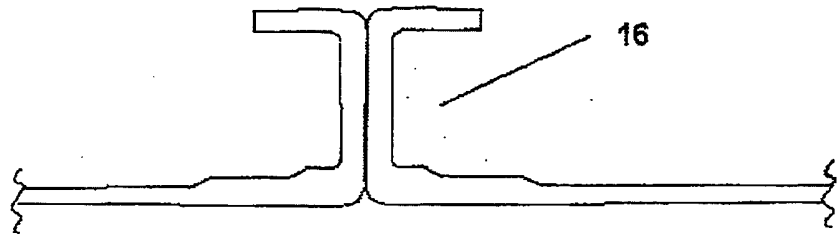
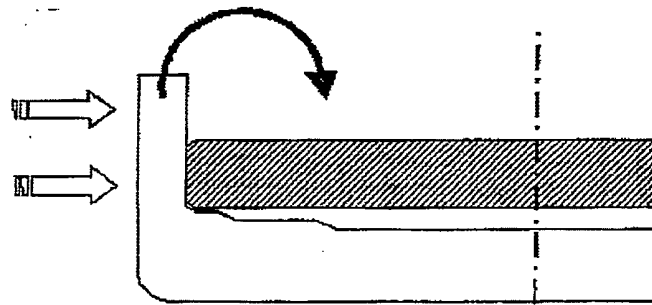
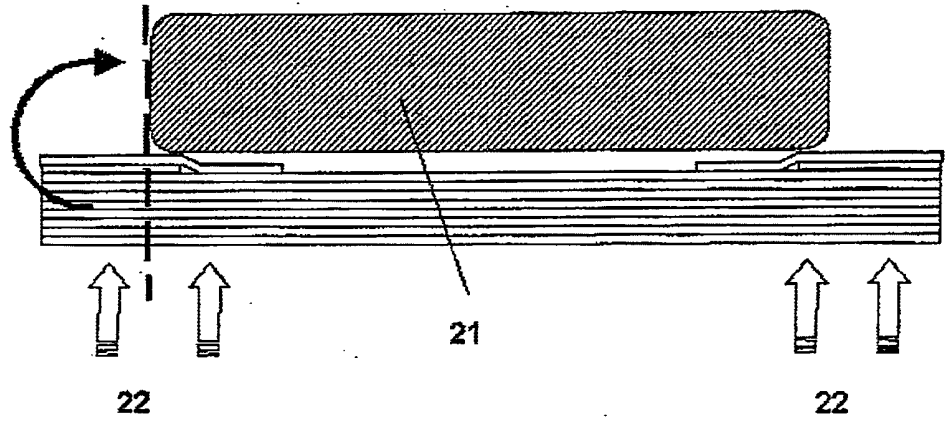


FIG 8



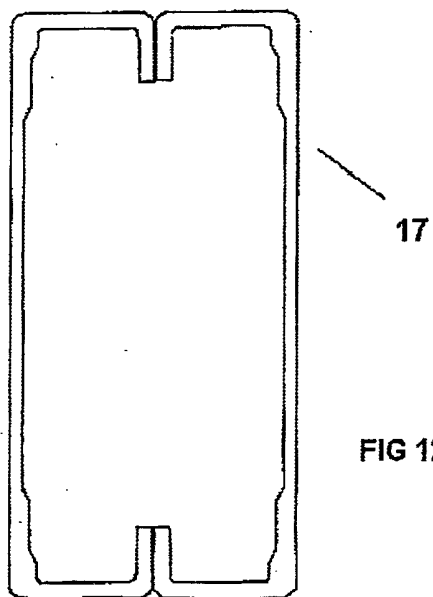


FIG 12

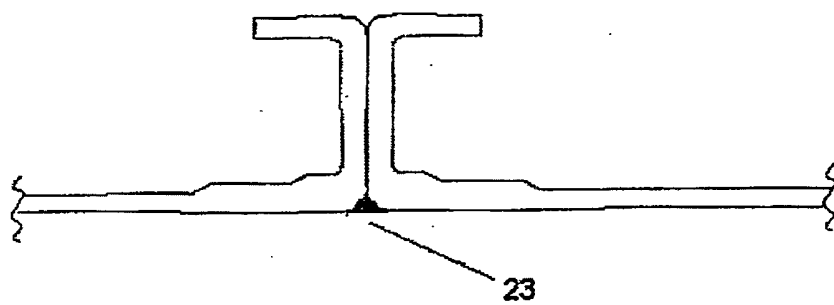


FIG 13