



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

(11) PI 0810698-3 B1



(22) Data do Depósito: 10/06/2008

(45) Data de Concessão: 03/09/2019

(54) Título: PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE PEÇAS COMPÓSITAS APRESENTANDO PELO MENOS UMA CURVA, BEM COMO PEÇA EM MATERIAL COMPÓSITO

(51) Int.Cl.: B29B 11/16; D02G 3/02; D02G 3/26; D02G 3/40.

(52) CPC: B29B 11/16; D02G 3/02; D02G 3/26; D02G 3/40.

(30) Prioridade Unionista: 12/06/2007 FR 0755680; 16/07/2007 FR 0756503.

(73) Titular(es): HEXCEL REINFORCEMENTS.

(72) Inventor(es): JEAN-MARC BERAUD; ALAIN BRUYERE; JEAN-BENOÎT THIEL; JACQUES DUCARRE.

(86) Pedido PCT: PCT FR2008051036 de 10/06/2008

(87) Publicação PCT: WO 2008/155505 de 24/12/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 04/11/2009

(57) Resumo: PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE PEÇAS COMPÓSITAS APRESENTANDO PELO MENOS UMA CURVA
A presente invenção se refere a um processo de fabricação de uma peça compósita composta por um conjunto de tramas de fios de reforço sobrepostos incluídos, em parte, pelo menos, em uma matriz polimérica, apresentando a peça pelo menos uma zona curva, sendo no processo colocados em prática as etapas de drapejamento ou de empilhamento de pregas de material compósito, caracterizado o processo pelo fato de que em pelo menos uma região adjacente a uma zona curva, pelo menos uma etapa de empilhamento ou de drapejamento é realizada com uma prega de material compósito, compreendendo uma trama, denominada trama de fios torcidos, composta por pelo menos um fio de reforço torcido, de modo a pelo menos compensar as diferenças de comprimento que apresentam as trajetórias extremas do fio de um lado e do outro da sua largura medida paralelamente à superfície da trama, referindo-se a inferior ainda às peças compósitas assim obtidas.

“PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE PEÇAS COMPÓSITAS APRESENTANDO PELO MENOS UMA CURVA, BEM COMO PEÇA EM MATERIAL COMPÓSITO”

[001]A presente invenção se refere ao domínio técnico das peças compósitas. A invenção tem por objetivo um processo de fabricação de uma peça compósita composta por um conjunto de tramas de fios de reforço sobrepostas incluídas, em parte pelo menos, em uma matriz polimérica, apresentando a peça pelo menos uma zona curva. A invenção encontra aplicação principalmente no domínio das peças compósitas utilizadas na indústria automobilística, aeronáutica ou naval.

[001]A fabricação de peças ou de artigos compósitos, isto é, que compreendem, por um lado, um ou muitos reforços ou tramas fibrosas e, por outro lado, uma matriz de resina do tipo termoplástico, termorrígido ou uma mistura dos dois, pode, por exemplo, ser realizada por um processo dito “direto” ou por um processo denominado “indireto”. Um processo direto é definido pelo fato de que um ou diversos reforços fibrosos são utilizados no estado “seco” (isto é, sem a matriz final), a resina ou matriz, do tipo termoplástico, termorrígido ou uma mistura dos dois, sendo utilizadas separadamente, por injeção em um molde contendo reforços fibrosos (processo “RTM” do inglês Resin Transfer Molding), por exemplo, por infusão (em um molde, a través da espessura dos reforços fibrosos: processo “LRI” do inglês Liquid Resin Infusion ou pr “RFI” do inglês Resin Film Infusion), ou ainda por revestimento/impregnação manual a rolo ou a pincel, sobre cada uma das camadas unitárias de reforço fibroso, aplicadas de modo sucessivo sobre a forma. Um processo indireto é definido pelo fato de que as fibras e a resina são inicialmente associadas antes de serem utilizadas e os reforços fibrosos utilizados são denominados pré-impregnados.

[002]Para os processos RTM, LRI ou RFI, é necessário em geral inicialmente fabricar uma pré-forma fibrosa do formato do artigo acabado desejado, em seguida impregnar esta pré-forma com uma resina termoplástica, termorrígida ou uma mistura das duas. A resina é injetada ou infundida por diferencial de pressão, sendo em seguida termocomprimida para produzir o seu endurecimento depois da polimerização. Nos reforços fibrosos adaptados aos processos diretos, os fios de reforço são geralmente associados para conferir um caráter unitário à peça, denominada então pré-forma, por colagem com um aglutinante polimérico cuja porcentagem em massa em relação à massa total do reforço fibroso (isto é, aos fios de reforço + aglutinante polimérico) varia de 0,1 a 25%, e melhoria de 3 a 10%. No caso dos pré-impregnados adaptados aos processos indiretos, o aglutinante representa, de 20 a 60%, de preferência de 30 a 40% da massa total de reforço fibroso (isto é, fios de reforço + aglutinante polimérico).

[003]As peças compósitas utilizadas na indústria automobilística, aeronáutica ou

naval, são especialmente sujeitas a exigências muito rígidas em termos de propriedades mecânicas.

[004]Para as aplicações no campo aeronáutico, aeroespacial, automobilístico, especialmente, é às vezes necessário se dispor de peças, sendo pelo menos uma parte delas destinada a constituir o contorno de uma abertura e apresentando, por exemplo, um formato do tipo anular ou elipsóide, tal como, por exemplo, o caso para a constituição de chassis, canos de descarga, entradas de reatores ou todos os tipos de elementos de reforço destinados a serem posicionados no contorno de uma abertura ou para servir de reforço de zonas perfuradas, tais como furos usinados, elementos de reforços de biela, esquadria do canto de porta, esquadria para janela de navio ou de avião ou para para-brisas, bueiros.

[005]Tais peças são classicamente obtidas por laminação ou empilhamento de pregas, podendo estes ser classicamente constituídos por tramas de fios que se estendem de modo unidirecional ou multiaxial ou formando um tecido, podendo os fios ser associados, no interior de uma trama, por um fio de costura ou um aglutinante polimérico, principalmente na forma de um pó, de uma película, de uma tela ou de um fio de ligação termofusível. Cada prega pode ser obtida, por exemplo, dispondo-se os fios sobre uma superfície de deposição.

[006]No campo dos compósitos, os fios são compostos de um conjunto de filamentos que se estendem essencialmente em paralelo entre si. Os fios apresentam, portanto, uma determinada largura. Em função da peça final desejada, pode ser desejável se dispor de uma trama ou prega na qual os fios assumem trajetórias curvas, do tipo espiral, elipsóide, por exemplo, ou ainda uma trajetória que comporta pelo menos duas direções principais formando entre elas um ângulo diferente de 0° ou 180° e ligadas entre elas por uma porção de arco de círculo. Assim, os inventores constataram que nestes casos principalmente em que sobre a superfície de deposição, que pode ser plana ou não plana, os fios assumem trajetórias não retilíneas e principalmente curvas, ondulações são observadas, o que resulta em uma não homogeneidade do depósito. Os inventores mostraram que estas ondulações provinham do fato de que os filamentos situados no nível das duas trajetórias extremas do fio deviam seguir trajetórias de comprimentos diferentes. As trajetórias extremas designam as duas trajetórias que o fio segue de um lado e do outro da sua largura (isto é, no nível das suas bordas externas), medida paralelamente à superfície de deposição.

[007]A Figura 1 ilustra este fenômeno no caso de um fio depositado sobre uma superfície plana seguindo uma trajetória em arco de círculo. O fio F apresenta uma largura l medida paralelamente à superfície de deposição. A trajetória T seguida pela fibra média (ou filamento médio) do fio F é uma porção do arco de círculo de raio R com um ângulo θ . Parece, portanto, que o comprimento da trajetória que o fio deve seguir não é o mesmo em toda a sua

largura L , apresentando as trajetórias extremas T_1 e T_2 comprimentos diferentes.

[008]Na verdade, o exterior do arco de círculo, a trajetória T_2 , externa ou máxima, é um arco de círculo de raio R_2 e no interior do arco de círculo, a trajetória T_1 , interna ou mínima, é um arco de círculo de raio R_1 . A trajetória T_1 apresenta, portanto, um comprimento L_1 igual a θR_1 e a trajetória T_2 um comprimento L_2 igual a θR_2 , sendo L_2 superior a L_1 . Consequentemente, no nível da trajetória interna T_1 , os filamentos, que não apresentam nenhuma elasticidade, têm um comprimento L_1' que é, na verdade, igual ao comprimento L_2 , superior à sua trajetória, o que resulta em um fenômeno de ondulação devido à presença de comprimento de filamentos fora ou dentro do plano de deposição. Tais irregularidades são suscetíveis de apresentar pontos de fraqueza prematuros durante as solicitações mecânicas e, portanto, resultar em uma queda dos desempenhos mecânicos da peça obtida.

[009]Dentro deste contexto, a presente invenção propõe um processo de fabricação de peças compósitas que permitem que se remedeie estes inconvenientes. A invenção se refere, portanto a um processo de fabricação de uma peça compósita composta por um conjunto de tramas de fios de reforço sobrepostas incluídas, em parte pelo menos, em uma matriz polimérica, apresentando a peça pelo menos uma zona curva, processo que compreende etapas de laminação ou de empilhamento de prega caracterizado pelo fato de que, em pelo menos uma região adjacente a uma zona curva, pelo menos uma etapa de empilhamento ou de laminação é realizada com uma prega em material compósito, compreendendo uma trama, denominada “trama de fios torcidos”, composta por pelo menos um fio de reforço torcido de modo a pelo menos compensar as diferenças de comprimento que apresentam as trajetórias extremas do fio de um lado e do outro da sua largura medida paralelamente à superfície da trama.

[010]De acordo com um modo de realização específico da invenção a zona curva corresponde a uma borda curva da peça e os fios torcidos da trama de fios torcidos estendendo-se seguindo uma trajetória essencialmente paralela à borda curva.

[011]“Borda” significa tanto uma borda externa situada em uma extremidade da peça, como borda interna que delimita uma abertura ou uma zona furada no interior da peça.

[012]Dando prosseguimento à descrição, denominar-se-á prega de “trama de fios torcidos” uma prega composta de fios torcidos associados no interior da prega graças a uma resina ou aglutinante polimérico, e posicionada no nível de uma zona ou de uma borda curva. “Fio de reforço torcido” significa um fio ao qual se aplicou uma torção, isto é uma rotação relativa das bordas externas do fio, ao redor da sua fibra média, de modo que estas descrevem uma trajetória em hélice, isto é, que a trajetória em cada ponto faça um ângulo essencialmente constante com uma direção dada. No interior de uma “trama de fios torcidos”, cada fio é torcido

individualmente. Assim, quando o fio toma uma trajetória que apresenta pelo menos uma zona curva sobre a superfície da trama (que pode ser plana ou não plana), a torção aplicada ao fio permite que se compense o fato de que as duas trajetórias extremas do fio apresentam comprimentos diferentes. As trajetórias extremas indicam as duas trajetórias que o fio segue de um lado ao outro da sua largura, medida paralelamente à superfície da trama. Na zona curva, o eixo de rotação da trajetória de um fio sobre a superfície da trama é normal ao plano tangente à superfície da trama. A aplicação de uma tal torção permite se evitar as ondulações constatadas com a deposição do fio não torcido e isto na escala dos filamentos constituintes do fio ou de cada fio, quando a “trama de fios torcidos” é realizada por meio de diversos fios. É vantajoso que a “trama de fios torcidos” seja composta de um único fio apresentando uma torção essencialmente idêntica em todo o seu comprimento e de uma série de fios torcidos individualmente e apresentando entre eles e em todo o seu comprimento uma torção essencialmente idêntica.

[013]“Trama de fios” significa um conjunto de fios que se estendem essencialmente paralelamente a uma superfície. A título de exemplo, não limitativo, em uma trama de fios, os fios podem todos se estender, por exemplo, em uma mesma direção, paralelamente entre si e assim formar uma trama unidirecional. Os fios podem ainda se estender em pelo menos duas direções, ortogonais entre si, por exemplo, e formar assim um multiaxial. Os fios podem ainda serem dispostos de modo a formar um tecido ou ainda uma trama de fios torcidos tal como definida dentro do âmbito da invenção.

[014]Uma prega é constituída por uma trama de fios, em que os fios podem, ser eventualmente associados, no interior da trama, por costura ou por colagem, por meio de um aglutinante polimérico, principalmente na forma de um pó, de uma película, de uma tela ou de um fio de ligação termofusível.

[015]A descrição que segue, fazendo referência às figuras pensas permite que se compreenda melhor a invenção:

A Figura 1 apresenta esquematicamente o fenômeno de ondulação observado no caso da deposição de um fio não torcido sobre uma superfície, seguindo uma trajetória sobre uma superfície de deposição, apresentando a trajetória pelo menos uma zona curva sobre a superfície de deposição.

A Figura 2B é uma foto de uma prega de trama de fios torcidos, a Figura 2A sendo uma foto de uma prega análoga no caso de fios não torcidos.

A Figura 3 e 4 representam vistas em planta de pregas de trama de fios torcidos.

A Figura 5 representa a referência utilizada para a determinação da orientação dos fios no interior de uma peça, sendo 0° posicionado segundo o eixo principal da peça.

A Figura 6 representa uma peça obtida por empilhamento de pregas.

A Figura 7 é uma fotografia de uma prega de trama de fios torcidos, em forma de um disco, análoga à apresentada na Figura 4.

A Figura 8 representa esquematicamente um dispositivo de deposição de uma trama de fios torcidos.

As Figuras 9A e 11 são vistas em perspectiva de peças conforme a invenção. a Figura 9B é uma vista tirada pela linha XIB da peça apresentada na Figura 9A.

A Figura 10 apresenta, em forma de tabelas a evolução dos diâmetros externos dos discos, assim como os empilhamentos realizados no exemplo 3 de acordo com a invenção.

A Figura 12 apresenta na forma de tabelas, a orientação dos discos, a evolução do seu diâmetro externo assim como os empilhamentos realizados no exemplo comparativo C3.

A Figura 13 representa esquematicamente um dispositivo que permite se testar os desempenhos mecânicos de tração das peças obtidas.

As Figuras 14 e 15 ilustram etapas preparatórias para a realização dos testes mecânicos de tração.

As Figuras 16A e 16B apresentam fotos das peças de acordo com o exemplo comparativo C1 e de acordo com a invenção, respectivamente, depois do teste mecânico de tração.

A Figura 17 é uma fotografia de uma prega de trama de fios torcidos, em forma de um disco, análoga à apresentada na Figura 4.

[016]Na “trama de fios torcidos”, o fio é torcido de modo a pelo menos compensar as diferenças de comprimento que apresentam as trajetórias extremas do fio de um lado e do outro da sua largura medida paralelamente à superfície da trama. NO nível da zona curva, o fio ou os fios da trama de fios torcidos vão apresentar uma trajetória curva, tendo, para cada fio, trajetórias extremas do fio de um lado e do outro da sua largura que têm comprimentos diferentes. Esta trajetória curva está compreendida dentro de um plano definido pelos fios que lhe são adjacentes. Principalmente, no caso de uma peça essencialmente plana, a prega de “trama de fios torcidos” poderá ser posicionada de modo a se estender, no nível da região adjacente a uma borda curva, em um plano perpendicular à borda curva. Assim, a torção aplicada sobre os fios da “trama de fios torcidos” permite que se evitem as ondulações devidas aos supercomprimentos que seriam normalmente constatados, na ausência de torção. Dentro do âmbito da invenção, a aplicação de uma torção permite que se evitem as ondulações constatadas com a deposição do fio não torcido. A Figura 2 apresenta duas fotos: a Figura 2A apresenta uma prega obtida por deposição de fios não torcidos, ao passo que a Figura 2B apresenta uma prega obtida por deposição dos fios torcidos. No segundo caso, a prega obtida

é mais homogênea e sem ondulação, uma vez que a torção permite que se obtenha uma homogeneidade do comprimento dos filamentos no interior do fio.

[017]Na verdade, um fio é em geral constituído por um conjunto de fios ou filamentos e comporta, em geral, no caso dos fios de carbono, de 3.000 a 80.000 filamentos, sendo uma vantagem de 12.000 a 24.000 filamentos. Os fios de reforço utilizados dentro do âmbito da invenção são, de preferência, de uma matéria escolhida dentre o carbono, as cerâmicas, vidros, sílicas, basaltos ou aramidas ou de qualquer outro material utilizado no campo dos materiais compósitos, podendo as fibras ser naturais ou sintéticas. O carbono é, no entanto, especialmente preferido. As cerâmicas utilizáveis são principalmente o carboneto de silício e os óxidos refratários, tais como, por exemplo, alumina e zircônio. De um modo especialmente preferido, dentro do âmbito da invenção, são utilizados fios de carbono de 3 a 24K. As fibras que os constituem podem ser descontínuas, fragmentadas ou, de preferência, contínuas. Os fios utilizados apresentam em geral uma seção reta transversal essencialmente circular (qualificados de fios redondos), ou, de preferência, essencialmente em paralelepípedo ou elíptica (qualificados de fios chatos). Estes fios apresentam uma determinada largura e espessura. A título de exemplo, um fio chato, isto é, antes da aplicação da torção, de carbono de 3K e com um título de 200 tex apresenta geralmente uma largura de 1 a 3 mm, um fio chato de carbono de 12K e com um título de 446 tex, uma largura de 2 a 5 mm, um fio chato de 12K com um título de 800 tex, uma largura entre 3 e 7 mm, um fio chato de carbono de 24 e com um título de 1.600 tex, uma largura de 5 a 12 mm, e um fio chato de carbono de 24K e com um título de 1040 tex, uma largura de 5 a 10 mm. Um fio chato de carbono de 3.000 a 24.000 filamento apresentará, portanto, o mais frequentemente uma largura de 1 a 12 mm. Dentre os fios de carbono, podem-se distinguir os fios de Alta Resistência (HR) cujo módulo de tração está compreendido entre 220 e 241 GPa e cujo limite de ruptura de tração está compreendido entre 3450 e 4830 MPa, os fios de Módulo Intermediário (IM) cujo módulo de tração está compreendido entre 290 e 297 GPa e cujo limite de ruptura de tração está compreendido entre 3450 e 6200 MPa e os Fios de Alto módulo (HMO) cujo módulo de tração está compreendido entre 345 e 448 GPa e cujo limite de ruptura de tração está compreendida entre 3450 e 5520 Pa (de acordo com “ASM Handbook”, ISBN 0-87170-703-9, ASM International 2001).

[018]Um tal resultado, isto é, a ausência de ondulação no interior da “trama de fios torcidos” pode ser obtido, por exemplo, utilizando-se uma trama de fios torcidos, em que o fio ou os fios de reforço apresentam uma torção de 5 a 100 voltas/m, de preferência de 10 a 80 voltas/m.

[019]De acordo com uma primeira variante de realização, a “trama de fios torcidos” pode ser realizada com pelo menos um fio de carbono de 3K e 200 tex apresentando uma

torção de 10 a 70 voltas/m, de preferência de 15 a 40 voltas/m, especialmente quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido entre os limites de 10 a 500 mm.

[020]De acordo com uma outra variante de realização, a “trama de fios torcidos” pode ser realizada com pelo menos um fio de carbono de 6K e de 223 tex apresentando uma torção de 15 a 80 voltas/m, de preferência de 50 a 70 voltas/m, especialmente quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro de limites de 10 a 500 mm.

[021]De acordo com uma outra variante de realização, a “trama de fios torcidos” pode ser realizada com pelo menos um fio de carbono de 6K e de 400 tex apresentando uma torção de 15 a 80 voltas/m, de preferência de 40 a 60 voltas/m, especialmente quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendida dentro do intervalo de 10 a 500 mm.

[022]De acordo com uma outra variante de realização, a “trama de fios torcidos” pode ser realizada com pelo menos um fio de carbono de 12K e de 446 tex, apresentando uma torção de 10 a 80 voltas/m, de preferência de 10 a 60 voltas/m é depositado, principalmente quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro de limites de 10 a 500 mm. Para um raio interno mínimo inferior a 50 mm, é aplicada, de preferência, uma torção superior a 40 voltas/m, e principalmente inferior ou igual a 60 voltas/m. Para um raio interno mínimo superior a 50 mm, é aplicada, de preferência uma torção inferior ou igual a 40 voltas/m, especialmente de 10 a 40 voltas/m.

[023]De acordo com uma outra variante de realização, a “trama de fios torcidos” pode ser realizada com pelo menos um fio de carbono de 24K e de 1040 tex apresentando uma torção de 10 a 40 voltas/m, de preferência de 10 a 25 voltas/m, especialmente quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendida dentro do intervalo de 20 a 150 mm. Mais especificamente, quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro de limites de 20 a 40 mm, a torção será superior a 20 voltas/m e quando o raio interno for superior a 40 mm, a torção poderá ser inferior ou igual a 20 voltas/m.

[024]De acordo com um outro modo de realização específico, a “trama de fios torcidos” pode ser realizada a partir de um único fio de reforço ou de uma série de fios de reforço cuja torção ou é do tipo S ou do tipo Z, de preferência do tipo S quando se efetua a deposição, durante a realização da “trama de fios torcidos” sobre a zona curva da trajetória do fio ou dos fios, no sentido horário. Para as definições do que se entende por torção do tipo S ou Z, poder-se-á consultar “Handbook of Weaving” p. 16-17 de Sabit Adanur, Professor, department of Textile Engineering, Auburn, USA, ISBN 1-58716-013-7.

[025]Nas modalidades de realização preferidas da invenção, as pregas são compostas por fios de reforço de um material selecionado dentre os materiais seguintes; carbono, vidro, aramida, sílica, cerâmica, basalto e suas misturas.

[026]Em outras modalidades de realização preferidas da invenção, as pregas são compostas por pelo menos um fio de reforço constituindo uma trama e o caráter coerente de cada prega pode ser assegurado diretamente pelo posicionamento dos fios no caso de um tecido ou no caso de um unidirecional ou de um multiaxial por costura ou por um aglutinante polimérico atuando por colagem, selecionado dentre os polímeros termorrígidos, os polímeros termoplásticos e as misturas destes polímeros, eventualmente na forma de pó ou de resina auto-adesiva ou termofusível. No caso de pregas de trama de fios torcidos, os fios são ligados entre si no interior da trama, graças a um aglutinante polimérico que age por colagem.

[027]De acordo com uma modalidade da invenção, o conjunto das pregas apresenta uma porcentagem em massa de aglutinante polimérico em relação à massa total das pregas (isto é, fios de reforço + aglutinante polimérico) que está compreendida dentro do intervalo de 0,1 a 25%, sendo vantajosamente de 3 a 10%.

[028]De acordo com uma outra modalidade da invenção, o conjunto de pregas apresenta uma porcentagem em massa de aglutinante polimérico em relação à massa total das pregas (isto é, fios de reforço + aglutinante polimérico) que está compreendida dentro dos limites de 20 a 60%, sendo vantajoso de 30 a 40%.

[029]Estas porcentagens são dadas para o conjunto total das pregas, podendo cada prega apresentar, naturalmente, uma proporção de aglutinante polimérico diferente. No entanto, é vantajoso que a porcentagem de aglutinante que cada prega contém seja relativamente homogêneo.

[030]De acordo com uma variante de realização da invenção, o processo de acordo com a invenção é colocado em prática para a realização de uma peça compósita que comporta uma borda curva que delimita uma abertura e compreende pelo menos uma etapa de laminação ou de empilhamento, sobre pelo menos uma zona adjacente a esta borda curva, de pelo menos uma prega de material compósito, compreendendo uma trama, denominada “trama de fios torcidos” composta por pelo menos um fio de reforço torcido, estendendo-se segundo uma trajetória essencialmente paralela à borda curva.

[031]Para a realização de tais peças, principalmente, a “trama de fios torcidos” é composta, por exemplo, por um único fio torcido depositado borda a borda seguindo trajetórias essencialmente paralelas entre si ou por uma série de fios torcidos que se estendem essencialmente paralelamente entre si e de modo contínuo.

[032]De acordo com uma modalidade específica, a “trama de fios torcidos” é composta por uma espiral de fios torcidos, sendo cada espira ligada à seguinte.

[033]Mais especificamente, a “trama de fios torcidos” é composta por um único fio torcido depositado borda a borda seguindo trajetórias essencialmente paralelas entre si

(exceto nos pontos de retrocesso) ou por uma série de fios torcidos depositados essencialmente paralelamente entre si e de modo ligado. Dependendo das possibilidades autorizadas pela gramatura, pelo título e pela torção dos fios utilizados, os fios são posicionados para minimizar, ou mesmo evitar a presença de vão entre dois fios contíguos. Um tal exemplo de realização em que a prega se apresenta na forma de uma fita curva, é, por exemplo, ilustrado, de modo esquemático, na Figura 3. De acordo com um exemplo de realização, um fio é depositado de modo a formar uma espiral de fios torcidos, sendo cada espira depositada borda a borda com a seguinte. Um tal exemplo de realização em que a prega se apresenta na forma de um disco é ilustrado, por exemplo, de modo esquemático na Figura 4. Tais “tramas torcidas” podem ser obtidas por deposição de fios torcidos sobre uma superfície não plana, ou, de preferência, sobre uma superfície plana, quando a peça compósita a ser realizada apresenta uma superfície essencialmente plana.

[034]Dentro do âmbito da invenção, o processo compreende etapas de empilhamento ou de laminação de outras pregas, de pregas de tramas unidirecionais, por exemplo, de multiaxiais e/ou de tecidos. Estas pregas são recortadas de modo a apresentar o formato desejado, principalmente no nível da zona ou da borda curva da peça. É possível se alternar a prega de “trama de fios torcidos” com uma outra prega ou então se inserir uma prega de “trama de fios torcidos” entre uma série de duas, três, quatro ou mais outras pregas. No nível da zona curva, uma ou muitas pregas de trama de fios torcidos poderão ser empilhadas ou laminadas. A prega ou as pregas da “trama de fios torcidos” pode ou podem ser posicionadas localmente, isto é, unicamente na proximidade de uma zona adjacente a uma borda curva, ou ainda, se estender em todo o comprimento da peça.

[035]É vantajoso que a etapas de empilhamento ou de laminação de prega de tramas unidirecionais ou de tecidos sejam realizadas orientando-se os fios das tramas, de modo a se obter porcentagens em massa de fibras no interior das pregas da peça compósita diferentes das pregas de “trama de fios torcidos” orientadas em direções que formam um ângulo de 0°, 45° e 135° (havendo a mesma proporção de 45 e 135°) e 90° com o eixo principal da peça, de 25/50/25, 40/40/20, 50/40/10 ou 10/80/10. O eixo principal da peça é geralmente o maior eixo da peça. O 0° coincide com este eixo e os ângulos 45, 35 e 90° são representados na Figura 5. Na maior parte dos casos, a porcentagem que corresponde às orientações 45° e 135° é repartida, em partes iguais entre estas duas orientações. A escolha das orientações 40/40/20, 50/40/10 permite que se otimize os desempenhos da peça obtida em função dos esforços aos quais a peça é submetida, e o ganho de massa desejado. Com uma orientação 25/50/25, a peça obtida, quer por processo direto quer indireto é praticamente isotrópica e nenhuma direção é privilegiada. A orientação 40/40/20 será principalmente utilizada com as pregas de tramas

unidirecionais pré-impregnadas, por exemplo, de 134 g/m², 194 g/m² ou 168 g/m², para a obtenção de peças por processo indireto. A orientação 50/40/10 será utilizada principalmente com pregas de multiaxiais ou de tecidos para a obtenção de peças por processo direto ou indireto. A laminação 50/40/10 poderá também ser utilizado para tramas de gramatura inferior ou igual a 220 g/m². A orientação 10/80/10 conduz a peças extremamente orientadas e será utilizada, por exemplo, para aplicações de tipo vigota ou viga, em que se produzem grandes solicitações de torção.

[036]O processo de acordo com a invenção pode ser conduzido para a realização de qualquer tipo de elementos de reforço destinado a ser posicionado ao redor de uma abertura ou para servir de reforço a zonas perfuradas, de peças que precisam de um reforço local curvo ou de peças comportando uma abertura que necessita de um reforço local curvo, tais como elementos de reforço de esquadrias para canto de porta, alçapão de acesso, bueiro ou alçapão de vistoria, esquadrias para janelas de navios ou de aviões ou para para-brisas, placas de biela, peças de fixação de bielas, furos usinados para montagem, peças de fixação ou peças que comportam uma outra zona de introdução de carga, tal como uma zona de fixação.

[037]A presente invenção tem também por objetivo peças compósitas passíveis de serem obtidas pelo processo de acordo com a invenção.

[038]Mais especificamente a invenção se refere também a uma peça de material compósito composta por um conjunto de tramas de fios de reforço sobrepostas, incluídas, em parte pelo menos, em uma matriz polimérica, apresentando a peça pelo menos uma zona curva, caracterizada pelo fato de que pelo menos uma região adjacente a uma zona curva, comporta uma trama, denominada “trama de fios torcidos” composta por pelo menos um fio de reforço torcido.

[039]De acordo com uma modalidade específica, a zona curva corresponde a uma borda curva da peça e os fios torcidos da trama de fios torcidos se estendem seguindo uma trajetória essencialmente paralela à borda curva. Uma tal modalidade é ilustrada, por exemplo, na figura 6. Uma borda externa 1 da “trama de fios torcidos” 2 constitui com as bordas externas 3₁ a 3_n das outras tramas 4₁ a 4_n sobre as quais ela está empilhada, a borda curva 5 da peça I. Mais especificamente, no caso de uma peça essencialmente plana, a “trama de fios torcidos” está posicionada de modo a se estender em um plano essencialmente perpendicular à borda curva. A “trama torcida” ou as “tramas torcidas” pode ou podem ser posicionadas localmente, isto é, somente na proximidade de uma região adjacente a uma zona ou a uma borda curva da peça, conforme será o caso do exemplo 3a) que será descrita em detalhes abaixo, ou ainda, se estender em toda a superfície da peça.

[040]É vantajoso que cada “trama de fios torcidos” seja constituída por um único fio ou por uma série de fios que apresentam todos, essencialmente, a mesma composição, largura e torção. Todas as variantes, descritas anteriormente para o processo de acordo com a invenção, se aplicam *mutatis mutandis* às peças compósitas de acordo com a invenção.

[041]Inicialmente, vai ser descrita em detalhes a constituição de uma prega de “trama de fios torcidos”. Dentro do âmbito da invenção, para a realização de uma prega de “trama de fios torcidos”, uma torção determinada é aplicada ao fio antes da sua deposição. Uma tal torção pode ser obtida, por exemplo, por meio de uma máquina torcedora. Na teoria, para se evitar os supercomprimentos de filamentos, seria suficiente se aplicar uma torção de 1 volta a recomençar em todo o comprimento da trajetória sobre a qual o fio apresenta trajetórias extremas diferentes (que correspondem às trajetórias das bordas externas do fio). Na prática, a colagem do fio e a reorganização dos filamentos no interior dele durante a sua deposição permite que se aplique uma torção diferente de uma volta por comprimento de trajetória. A título de exemplo, poderá ser aplicada uma torção de 5 a 100 voltas/m, de preferência de 10 a 80 voltas/m.

[042]A título de exemplo mais específico, n caso de um fio de carbono de 3K e de título 200 tex, será aplicada uma torção de 10 a 70 voltas/m, de preferência de 15 a 40 voltas/m; no caso de um fio de carbono de 6K e de 223 tex, será aplicada uma torção de 15 a 80 voltas/m de preferência de 50 a 70 voltas/m, no caso de um fio de carbono de 6K e de 400 tex, será aplicada uma torção de 15 a 80 voltas/m, de preferência de 40 a 60 voltas/m, no caso de um fio de carbono de 12K e de 446 tex, será aplicada uma torção de 10 a 80 voltas/m, de prf de 10 a 60 voltas/m, e no caso de um fio de carbono de 24K e de 1040 tex, será aplicada uma torção de 10 a 40 voltas/m, de preferência de 10 a 25 voltas/m.

[043]A largura e o título do fio correspondem, ou à largura média medida do fio ou aos dados do fornecedor. O raio mínimo da trajetória interna do fio é determinado do seguinte modo. Faz-se o cálculo sobre toda a trajetória do fio, para cada zona na qual a trajetória sobre a superfície de deposição não é retilínea, o raio da trajetória interna T_1 do fio e toma-se o menor raio obtido em todo o conjunto destas zonas. Quando uma série de fios paralelos ente si são depositados, simultânea ou sucessivamente, aplicar-se-á, de preferência, a cada fio uma mesma torção.

[044]A torção aplicada será ajustada pelos versados na técnica em função do raio mínimo interno (o menor raio que seguem as bordas internas do fio) e do raio máximo externo (o maior raio que as bordas externas do fio seguem) que apresenta o fio ou os fios em todo o conjunto da “trama de fios torcidos” a ser realizada, dos espaços deixados livres entre dois fios consecutivos, assim como do título do fio e da massa superficial do carbono desejada. De

um modo preferido, será aplicada uma torção suficiente para minimizar, ou até mesmo totalmente eliminar as ondulações, mas a menor possível a fim de otimizar os desempenhos mecânicos do material obtido.

[045]É preferível que a “trama de fios torcidos” seja realizada com um mínimo de fios necessários para minimizar os pontos de parada. Quando muitos fios são depositados paralelamente entre si, simultânea ou sucessivamente, a mesma torção será aplicada, de preferência, a todos os fios constituintes da “trama de fios torcidos” e de modo individual. Para se determinar a torção a ser aplicada, será aplicada, de preferência, ao conjunto dos fios, a torção necessária para se ter uma deposição satisfatória no nível da trajetória do fio que apresenta o raio de curvatura interna mínimo, sendo esta torção inevitavelmente suficiente para se obter uma deposição sem ondulação nas partes da trajetória onde o fio (ou os outros fios) apresenta um raio de curvatura interna superior. Uma atenção especial será dada à ausência de espaços livres entre os fios, e principalmente às zonas próximas do seu raio externo máximo.

[046]Quando se constitui uma prega da “trama de fios torcidos”, o fio ou os fios são depositados sobre uma superfície de deposição. A ligação dos fios sobre a superfície de deposição é realizada por colagem, graças a um aglutinante polimérico. Nenhuma ligação por costura ou tricotagem é realizada. Compreende-se como aglutinante polimérico uma composição polimérica contendo um polímero ou uma mistura de polímeros, especialmente um polímero termoplástico ou um sistema termorrígido compreendendo ou um endurecedor e/ou um acelerador. O aglutinante polimérico pode ser utilizado ou na quantidade suficiente justa para ligar os fios à superfície sobre a qual eles são depositados ou em quantidade suficiente para também representar o papel de matriz na peça compósita final; o aglutinante representa, então, de 20 a 60%, de preferência de 30 a 40% da massa total de reforço fibroso (isto é, fios de reforço + aglutinante polimérico). O aglutinante polimérico pode se apresentar principalmente em forma de um pó, de uma película, de uma tela ou de um fio de ligação termofusível.

[047]A prega pode ser diretamente obtida com a porcentagem de aglutinante desejada ou então, ser submetida antes da laminação ou empilhamento a uma etapa intermediária de impregnação para a obtenção da porcentagem desejada, de acordo com um ciclo de temperatura e de pressão em função da natureza da resina termorrígida, termoplástica ou da mistura das duas utilizada, e do conhecimento dos versados na técnica. É também possível em determinados casos, principalmente no caso da utilização de uma tela ou de uma película, mesmo quando a proporção de aglutinante polimérico corresponde à proporção final desejada, se efetuar uma etapa intermediária de tratamento térmico, para se

impregnar os fios.

[048]De acordo com uma modalidade preferida de uma “trama de fios torcidos” utilizada dentro do âmbito da invenção, os fios utilizados podem ser secos antes de serem depositados, isto é, eles não são nem impregnados, nem revestidos, nem associados a nenhum aglutinante polimérico antes da sua passagem para dentro dos meios de torção, nem, de preferência, antes da sua deposição. Na verdade, é vantajoso que, para melhor dominar a deposição do fio, esta será aplicada sobre um fio seco. Assim o fio torcido é constituído essencialmente por fibras ou filamentos que representam pelo menos 98% da sua massa, podendo a proporção em massa de impregnação padrão representa no máximo 2% da massa do fio. Neste caso, o aglutinante polimérico é aplicado, por exemplo, sobre a superfície de deposição ou a montante de deposição ou à medida que ele é depositado. A superfície de deposição pode, portanto, ser recoberta por uma película, uma tela ou um pó de aglutinante polimérico.

[049]De acordo com uma forma de realização preferida de uma prega de “trama de fios torcidos”, é utilizado, como aglutinante polimérico, um pó termoplástico ou um pó termorrígido, ou ainda, uma mistura dos dois. Dentre os pós termoplásticos utilizáveis, é possível se citar, a título de exemplos não limitativos, os pós de poliolefina, de poliamida, de poliéter sulfona (PES), de poli(sulfeto de fenileno) (PPS), poliéter éter cetona (PEEK), polieterimida (PEI), ao passo, que dentre os pós termorrígidos, é possível se citar, a título de exemplos não limitativos, os pós de polímeros epoxídicos com ou sem agente endurecedor, pós fenólicos, pós de poliéster. O processo prevê então o aquecimento da zona de deposição dos fios de reforço. Este aquecimento pode ser realizado, ou no nível do ponto de deposição do fio de reforço por uma resistência aquecedora integrada ao dispositivo de deposição do fio ou por meio de uma fonte irradiadora de calor dirigida para a zona de deposição do fio de reforço.

[050]Para a realização de uma prega de “trama de fios torcidos”, pode se utilizar também uma superfície de suporte temporário previamente recoberta, em parte pelo menos, por um aglutinante polimérico selecionado dentre os pós termoplásticos ou termorrígidos, eventualmente em mistura, as colas auto-adesivas ou as colas termofusíveis, as telas termoplásticas e termorrígidas, eventualmente em mistura, necessitando de uma ativação térmica.

[051]Para a realização de uma prega de “trama de fios torcidos” é também possível se utilizar, como aglutinante polimérico, uma cola, de mesma natureza química que os pós acima, utilizada em forma fundida ainda denominada “hot-melt”. Esta resina hot-melt é então depositada sobre o suporte de deposição, ou à medida que o fio de reforço é depositado e a

montante da deposição do fio de reforço, ou durante uma etapa anterior.

[052]De acordo com uma outra modalidade, para a realização de uma prega de “trama de fios torcidos”, é utilizada, como aglutinante polimérico, uma solução ou uma emulsão pulverizável de pelo menos uma resina adesiva, tal como, por exemplo, mas não exclusivamente, uma resina poliacrílica, polivinílica ou de poliuretano.

[053]De acordo com uma outra modalidade, mas que não é preferida, para a realização de uma prega de “trama de fios torcidos”, é possível se associar o fio ao aglutinante polimérico, a montante da sua deposição. Isto pode ser feito utilizando-se um fio termoplástico bordado sobre o fio de reforço que é então aquecido no nível do seu ponto de deposição. O fio termoplástico pode ser de qualquer natureza adequada, e, a título de exemplo, mas não exclusivamente, compreender um fio em poliamida, poliolefina, poliéter sulfona (PES), poliéter éter cetona (PEEK), poli(sulfeto de fenileno) (PPS), ou polieterimida (PEI). É também possível se utilizar um aglutinante polimérico, intimamente ligado ao fio de reforço para formar um fio de reforço híbrido. Assim, é possível se utilizar, como aglutinante polimérico, filamentos de material termoplástico ou termorrígido, da família dos fenóxi, por exemplo, de mesma natureza que os fios termoplásticos acima, que serão misturados a filamentos do material de reforço, mistura que será fiada para formar um fio de reforço híbrido.

[054]Quando se constitui uma prega de trama de fios torcidos, o fio de reforço é, de preferência, depositado de modo contínuo, ou, pelo contrário, em segmentos descontínuos. É vantajoso, por exemplo, no caso de uma deposição de um fio em espiral, se depositar o fio de maneira contínuas, no comprimento máximo do fio, de modo a minimizar, e até mesmo evitar, os pontos de corte. de acordo com um exemplo de realização, um fio é depositado de modo a formar uma espiral de fios torcidos, sendo cada espira depositada bordo contra bordo com a seguinte. Um tal exemplo de realização em que a “trama de fios torcidos” se apresenta na forma de um disco é ilustrado, por exemplo, de modo esquemático na Figura 4. No caso de realização da “trama de fios torcidos” que apresenta uma parte retilínea e uma parte dita de canto em forma de uma fita curva, em que os fios são depositados seguindo uma porção de arco de círculo conforme apresentado na Figura 2B ou 3, poderá ser vantajoso se depositar simultaneamente uma série de fios paralelos, de modo a cobrir em uma única vez a largura da “trama de fios torcidos” desejada.

[055]Para se poder dar com precisão a trajetória desejada ao fio, durante a constituição de uma prega de “trama de fios torcidos”, e que este fio conserve esta trajetória, depois da sua deposição, este será levado, sem tensão ou com um mínimo de tensão até o ponto de deposição de modo que ele seja depositado no estado repouso.

[056]Durante a constituição de um prega de “trama de fios torcidos”, em função da

natureza do fio de reforço e do aglutinante polimérico utilizado, será aplicado sobre o fio de reforço durante a sua deposição uma pressão compreendida entre 0,01 bar (1 kPa) e 30 bar (3000 kPa) e, de preferência compreendida entre 0,1 bar (10 kPa) e 1 bar (100 kPa). Além disso, dependendo da natureza do aglutinante polimérico utilizado e do fio de reforço e, mais especificamente, no caso da utilização de um aglutinante polimérico termoplástico ou termoadesivo, o ponto de deposição do fio de reforço será aquecido a uma temperatura compreendida entre 50°C e 450°C, e, de preferência, compreendida entre 50°C e 150°C.

[057]A constituição da peça compósita necessita de laminação e do empilhamento de outras pregas, além da prega ou das pregas de “trama de fios torcidos”. Para as demais pregas, principalmente compreendendo uma trama unidirecional ou multiaxial, os fios são também o mais frequentemente associados, dentro de cada prega, por costura ou ainda por colagem graças a um aglutinante polimérico tal como já definido, sendo a sua porcentagem em massa selecionada em função do processo direto ou indireto selecionado para a realização da peça final. No caso da prega de trama tecida, a presença de um aglutinante polimérico não é necessária, podendo a coesão da trama ser assegurada pela tecelagem. O aglutinante permite também, se houver necessidade assegurar a conservação das pregas entre si, ou durante a constituição intermediária de uma pré-forma, no caso dos processos diretos, ou graças à pegajosidade (habitualmente denominada “tack”) do aglutinante polimérico à temperatura ambiente, no caso dos processos indiretos.

[058]Em seguida, se a quantidade do aglutinante polimérico presente no conjunto das pregas não for suficiente para realizar a matriz polimérica (no caso de um processo direto), é então acrescentada uma resina ou matriz, do tipo termoplástico, termorrígido ou uma mistura das duas, por injeção, por exemplo, no molde contando as pregas (processo “RTM” do inglês Resin Transfer Molding) por infusão (em um molde, através da espessura das pregas: processo “LRI” do inglês Liquid Resin Infusion ou processo “RFI” do inglês Resin Film Infusion) ou ainda por revestimento/impregnação manual a rolo ou com pincel, sobre todas as pregas, aplicadas de modo sucessivo sobre a forma do molde utilizado. A matriz utilizada pode ser de mesma natureza que o aglutinante polimérico ou pelo menos compatível com este último. Se as diferentes pregas utilizadas são pré-impregnadas que contêm uma quantidade de aglutinante polimérico suficiente para a realização da peça, não é necessário se acrescentar uma matriz polimérica complementando, sendo então a matriz polimérica constituída pelo aglutinante polimérico presente nas pregas de pré-impregnadas. As pregas de pré-impregnadas podem ser diretamente dotadas com a proporção de aglutinante polimérico desejada ou serem submetidas previamente a sua laminação ou empilhamento, a uma etapa intermediária de impregnação de acordo com um ciclo de temperatura e de pressão em função

da natureza da resina termorrígida, termoplástica ou da mistura das duas, e conhecido dos versados na técnica. É também possível em determinados casos, principalmente no caso da utilização de uma tela ou de uma película, mesmo quando a proporção do aglutinante polimérico corresponde à proporção final desejada, se efetuar uma etapa intermediária de tratamento térmico, para impregnar os fios.

[059]A peça compósita é em seguida obtida depois de uma etapa de tratamento térmico.

[060]Finalmente, para as matrizes termorrígidas, a peça compósita é obtida segundo um ciclo clássico de tratamento térmico dos polímeros considerados recomendado pelos fornecedores deste polímeros, e conhecido dos versados na técnica. Esta etapa posterior de tratamento térmico que conduz ao polímero termorrígido correspondente é classicamente empregada nos diferentes processos de realização de peças compósitas da técnica anterior.

[061]Para os polímeros termoplástico, a peça compósita é obtida geralmente por um ciclo de consolidação clássico dos polímeros considerados, efetuando-se um tratamento térmico a uma temperatura superior, principalmente ao ponto de fusão, recomendado pelos fornecedores deste polímeros, e conhecido pelos versados na técnica.

Os exemplos abaixo permitem a ilustração da invenção

Exemplo 1 de realização de uma prega da “trama de fios torcidos”

[062]Uma espiral tal como a representada na representação esquemática da Figura 4 ou na foto da Figura 7, de diâmetro D_i interno de 15 mm e de diâmetro externo D_e é realizada por deposição do fio de carbono 3K de 200 tex (HTA 5131 da firma Tenax) torcido com uma torção de 50 voltas/m. O passo p de deposição entre 2 trajetórias médias consecutivas é de 0,98 mm. O fio é depositado seguindo uma espiral sobre um papel de silicone em pó a 15 g/m² com uma resina epoxídica contendo um endurecedor (E01, da firma Hexcel). A prega obtida apresenta uma espessura de 0,2 mm.

[063]O dispositivo esquematizado na Figura 8 é utilizado. O fio F é levado, sem tensão no nível do dedo de deposição 11 ao qual é integrada uma resistência aquecedora 12 a uma temperatura de 300°C. O fio é aplicado sobre a superfície por meio de um rolo aplicador 13 de 2 mm de raio com um pressão no contato de 10 kPa. A velocidade de deslocamento do fio é sincronizada com a velocidade de avanço do dedo de deposição é de 20 mm/s. A jusante do ponto de deposição um elemento de resfriamento 14 é aplicado sobre o fio de modo a aplicar sobre este último uma pressão de 10 kPa.

[064]De modo análogo, uma espira tal como a representada na representação esquemática da Figura 4 e apresentada parcialmente na fotografia da Figura 17, de diâmetro D_i interno de 40 mm e de diâmetro externo D_e é realizada por deposição do fio de carbono de

24K de 1040 tex (T800S da firma Toray) torcido com uma torção de 22 voltas/m. O passo p de deposição entre 2 trajetórias médias consecutivas é de 3,88 mm. O fio é depositado seguindo uma espiral sobre uma película de resina epoxídica (Hexply M21, da firma Hexcel) de densidade de superfície igual a 72 g/m². A pré-forma obtida apresenta uma espessura média de 0,25 mm.

Exemplo 2 de realização de uma prega de “trama de fios torcidos”

[065]Utilizando-se um dispositivo análogo ao precedente, que permite a deposição simultânea de 23 fios, é realizada uma prega de “trama de fios torcidos” destinada a reforçar um canto de porta, tal como ilustrado na representação esquemática da Figura 3: sobre um ângulo de 90°, é realizado um arco de círculo de diâmetro interno igual a 95 mm e de diâmetro externo igual a 475 mm por deposição de fios de carbono de 12K e de 446 tex (IM7-60000 de Hexcel) torcidos com uma torção de 17 voltas/m. O passo de deposição, espaço entre as fibras médias de dois fios consecutivos é de 1,65 mm. A deposição é realizada sobre uma película de resina epoxídica (Hexply 8552, da firma Hexcel) de densidade superficial igual a 72 g/m².

[066]A prega obtida apresenta uma espessura média de 0,25 mm.

Exemplo 3 de realização de uma peça do tipo de caixa de biela

[067]Uma peça é realizada conforme o processo da invenção e suas propriedades mecânicas são compradas a três outras peças obtidas de acordo com outros processos.

a) caixa de biela fabricada de acordo com o processo da invenção

[068]Uma peça conforme a peça apresentada na figura 9A e 9B é realizada por laminação de pregas de trama unidirecional e de pregas de “trama de fios torcidos” realizadas de acordo com o exemplo 1 no nível das duas aberturas 100 e 101, de modo a se obter uma orientação das fibras de 50/40/10.

[069]27 pregas de tramas torcidas são utilizadas: estas pregas são realizadas por deposição de uma espiral de 205 g/m² de fios de carbono HTA 5131 3K de diâmetro interno de 22 mm e de diâmetros externos evolutivos conforme apresentado na Figura 10, sobre um papel de silicone em pó a 10 g/m² com uma resina epoxídica contendo um endurecedor(E01, da firma Hexcel). O depósito é então recoberto com um outro papel siliconizado idêntico. Os dois papéis são, naturalmente, retirados antes da laminação.

[070]As tramas unidirecionais utilizadas são constituídas a partir de fios de carbono HTA 5131 6K e têm uma massa superficial de 264 g/m² ou de 105 g/m². Em uma face da trama, um fio termocolante da família dos poliésteres e que se estende transversalmente aos fios de carbono, é depositado com um passo de espaçamento de 50 mm. Cada uma das faces do conjunto de trama de fios de carbono/fio termocolante é recoberta com um pó de resina

epoxídica E01 (Hexcel) a uma taxa de $2 \times 10 \text{ g/m}^2$.

[071]Estas tramas unidirecionais são empilhadas seguindo uma sequência A correspondendo a 1053 g/m^2 apresentada na tabela 1 abaixo.

TABELA 1

Ângulo---- g/m^2

45	105
0	264
135	105
90	105
135	105
0	264
45	105

} A

14 sequências A e 28 pregas de “trama de fios torcidos” são empilhadas para a realização da peça compósita. As pregas de “trama de fios torcidos” são inseridas no interior das sequências A conforme apresentado na Figura 10 que mostra o empilhamento das pregas realizado.

b) exemplo comparativo C1

[072]Uma peça conforme a peça apresentada na Figura 11 é realizada por laminação de pregas de tecidos, de modo a obter uma orientação das fibras de 50/40/10.

As pregas de tecidos utilizados são as seguintes:

Tecido B (Tafetá 205 g/m^2 de fios de carbono em cadeia e em trama 3K HR em pó com Hexcel E01 10 g/m^2).

Tecido C (Tafetá Unidirecional 290 g/m^2 6K de fios de carbono HR em cadeia, ferro E 34 tex em trama, em pó com Hexcel E01 10 g/m^2

A TABELA 2 abaixo apresenta as diferentes pregas utilizadas.

TABELA 2

		Massa total g/m^2	%
0°	28 pregas de G1157 + 19 meias pregas de GB201	10067,5	49,8
45°/135°	40 pregas de GB201	8200	40,6
90°	19 meias-pregas de GB201	1947,5	9,6

A TABELA 3 abaixo apresenta as etapas de empilhamento conduzidas para a realização da peça

TABELA 3

Ângulo (°)	Tecido	
0	G1157	} B
45/135	GB201	
0/90	GB201	
45/135	GB201	
0	G1157	
		} B
0/90	GB201	
B		
45/135	GB201	
B		
45/135	GB201	
B		
45/135	GB201	
B		
45/135	GB201	
B		
45/135	GB201	
B		
45/135	GB201	
B		
45/135	GB201	
B		
0/90	GB201	
0/90	GB201	

Simetria-----|

c) exemplo comparativo C2

Uma peça conforme a peça apresentada na Figura 11 é realizada por laminação de pregas de trama unidirecional por empilhamento de 19 sequências A tais como as descritas no exemplo 3a), de modo a se obter uma orientação das fibras de 50/40/10.

d) exemplo comparativo C3

[073] Uma peça conforma a peça apresentada na Figura 9A e 9B é realizada conforme o exemplo 3a), de modo a se obter uma orientação das fibras de 50/50/10, substituindo-se as pregas de “trama de fios torcidos” no nível das duas aberturas 100 e 101 por discos de diâmetro interno de 22 mm e de diâmetros externos evolutivos conforme apresentado na Figura 12, recortados em uma trama tecida de 205 g/m² Tecido B (Tafetá 205 g/m² 3K HR) E01 2 x 10 g/m².

[074] A orientação dos discos, a evolução do seu diâmetro externo, assim como os empilhamentos realizados são apresentados na Figura 12.

[075] Para cada um dos exemplos acima, as etapas de empilhamento são realizadas em um molde de duas partes, de formato adaptado à peça a ser realizada e a peça final é em seguida obtida de acordo com um processo RTM aplicando-se as etapas sucessivas seguintes:

Antes de injeção:

○Ligação de uma bomba a vácuo a uma das extremidades do molde para se verificar a compactação da pré-forma para se captar os caminhos preferenciais da resina

○Subida da temperatura sob pressão: 5°C/minuto

Injeção

○A injeção se faz por intermédio do bujão presente sobre o molde com uma resina Hexcel RTM6.

○Pressão de entrada: 2,5 bar (250 kPa)

○Vácuo na saída: 5 mbar (0,5 kPa)

Cozimento

○Cozimento: 2h00 a 180°C

Resfriamento antes da retirada do molde:

•Gradiente de resfriamento: 5°C/minuto

As peças finais obtidas apresentam as características seguintes apresentadas na TABELA 4

TABELA 4

Peça	Massa	Variação de massa	Preparação em volume de fibras
Caixa de biela fabricada de acordo com o processo da invenção	154 g	-15%	61%
Exemplo comparativo C1	182 g	referência	61%
Exemplo comparativo C2	183 g	+1%	61%
Exemplo comparativo C3	154 g	-15%	61%

[076] Testes mecânicos são realizados sobre cada uma das peças posicionando-se a peça entre duas garras de aperto ligadas por parafusos permitindo o aperto da peça entre as duas garras. Uma carga de tração é aplicada sobre a peça utilizando-se um dispositivo tal como o ilustrado na Figura 13. Um padrão de referência 110, portada por uma fita adesiva indeformável 111 é posicionada sobre uma borda lateral 112 da peça, por meio de uma cola, de modo a coincidir com um ponto de referência 113 diretamente aplicado sobre a peça, conforme ilustrado na figura 14. A fita adesiva é em seguida retirada, o padrão continuando então colado à peça. Pés de vidro 121 e 122 são em seguida colados de um lado e do outro da peça na sua parte central 132, conforme ilustrado na Figura 15. Estes pés servem a manter a parte central d peça engastada, eles são de vidro, referência Hexcel 914/644. A cola é Structil Hysol® EA 9321. A polimerização da cola é efetuada à temperatura ambiente durante

10 dias.

Os ensaios são realizados do seguinte modo:

Condições de ensaio

- Dartec 30 T Captador 10 T
- Material de aquisição das deformações HBM Spider 8
- Padrões Vishay 062UW 350
- Velocidade de avanço da travessa: 0,016 mm/s ou 0,96 mm/minuto

Procedimento

- Posicionamento da peça entre as garras de aperto.
- Aperto dos 6 parafusos à dupla de 10 DaN/parafuso
- Posicionamento das “garras + peça” dentro do componente da biela
- Posicionamento da travessa do Dartec par permitir o posicionamento do eixo Titane

ligado a Z.O e a caixa de biela de visualização

- Posicionamento em zero das deformações dos padrões
- Colocação do ensaio em tração

Os resultados mecânicos obtidos são apresentados na TABELA 5 abaixo

TABELA 5

	Carga média na ruptura em KN	Carga na ruptura relativa (em relação à do exemplo comparativo C1)	Desvio Padrão em KN	Coeficiente de variação
ex. comparativo C1	126,5	/	3,2	2,3%
Ex. comparativo C2	134,8	-1,20%	9,7	7,2%
Ex. comparativo C3	127,1	-6,90%	12,2	9,6%
biela de acordo com a invenção	148,4	+8,7%	12	8,1%

[077]As Figuras 16A e 16B apresentam respectivamente fotos das peças de acordo com o exemplo comparativo C1 e de acordo com a presente invenção, depois do ensaio de tração.

[078]As propriedades mecânicas dos fios torcidos foram verificadas independentemente dos ensaios citados acima. Os ensaios foram realizados de acordo com testes padrão descritos na TABELA 6, com as amostras realizadas à base pré-impregnados unidirecionais de fios de carbono Hexcel IMA GS 12K, lote N° 3733-6G, a 268 g/m², impregnados com uma resina: Hexcel M21E, lote n° 71087-71088. As tramas pré-

impregnadas utilizadas para se efetuar as placas testadas foram realizadas com fios não torcidos e torcidos a 17 voltas/metro de acordo com a modalidade da invenção.

[079]Estas tramas foram empilhadas e em seguida cozidas de acordo com as recomendações descritas nas normas citadas.

O lote 1 corresponde à utilização de fios não torcidos

O lote 2 corresponde à utilização de fios torcidos a 17 voltas/metro

A TABELA 6 apresenta os testes realizados e os resultados obtidos.

TABELA 6

Teste	T/ condições	Lote	média	Desvio padrão%
Resistência à tração (MPa)	TA/seg	1	100	7,4
[0]8, EN 2561 A	TA/seg	2	113	2,8
Módulo de tração (GPa)	TA/seg	1	100	1,2
[0]8, EN 2561 A	TA/seg	2	102	1,4
Resistência à compressão (MPa)	TA/seg	1	100	9,2
[0]8, EN 2561 A	TA/seg	2	104	9,0
Módulo de compressão (GPa)	TA/seg	1	100	2,7
[0]8, EN 2561 A	TA/seg	2	94	1,7
Resistência ILSS (MPa)	TA/seg	1	100	4,2
[0]8, EN 2563	TA/seg	2	113	5,2
	120°C/seg	1	100	1,1
	120°C/seg	2	108	3,2

Os valores apresentados são normalizados a proporções em volumes de fibras de 60% e normalizados em relação aos valores obtidos no caso dos fios não torcidos.

Nenhuma queda significativa das propriedades mecânicas foi observada torcendo-se os fios a 17 voltas/m.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de fabricação de uma peça compósita curva, laminada com tramas de fios de reforço incluídas, em parte pelo menos, em uma matriz polimérica, **CARACTERIZADO** pelo fato de que em pelo menos uma região adjacente a uma zona curva, pelo menos uma etapa de empilhamento ou de laminação é realizada com uma prega de material compósito, compreendendo uma trama de fios torcidos, composta de pelo menos um fio de reforço torcido de modo tal que pelo menos compense as diferenças de comprimento que apresentam as trajetórias extremas do fio de um lado e do outro da sua largura medida paralelamente à superfície da trama, a trama de fios torcidos sendo obtida com:

ou pelo menos um fio de carbono 3K de 200 tex apresentando uma torção de 10 a 70 voltas/m, quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro da faixa indo de 10 a 500 mm,

ou pelo menos um fio de carbono 6K de 223 tex apresentando uma torção de 15 a 80 voltas/m, quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro da faixa de 10 a 500 mm,

ou pelo menos um fio de carbono 6K de 400 tex apresentando uma torção de 15 a 80 voltas/m, quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro da faixa de 10 a 500 mm,

ou pelo menos um fio de carbono 12K de 446 tex apresentando uma torção de 10 a 80 voltas/m, quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro da faixa de 10 a 500 mm,

ou pelo menos um fio de carbono 24K de 1040 tex apresentando uma torção de 10 a 40 voltas/m, quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro da faixa de 20 a 150 mm.

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a zona curva corresponde a uma borda curva da peça e pelo fato de que os fios de reforço torcidos da trama de fios torcidos se estendem seguindo uma trajetória essencialmente paralela à borda curva.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a borda curva delimita o raio de abertura.

4. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a trama de fios torcidos é composta por um único fio que apresenta uma torção essencialmente idêntica em todo o seu comprimento ou por uma série de fios torcidos individualmente e que apresentam, entre eles e em todo o seu comprimento, uma torção essencialmente idêntica.

5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as pregas são compostas de fios de reforço de um material selecionado dentre os seguintes materiais: carbono, vidro, aramida, sílica, cerâmica, basalto e suas misturas.

6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o conjunto de pregas compreende uma porcentagem em massa de aglutinante polimérico em relação à massa total das pregas (isto é, fios de reforço + aglutinante polimérico) que está compreendida dentro do intervalo de 0,1 a 25%, e vantajosamente de 3 a 10%.

7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o conjunto de pregas compreende uma porcentagem em massa de aglutinante polimérico em relação à massa total das pregas (isto é, fios de reforço + aglutinante polimérico) que está compreendida dentro do intervalo de 20 a 60%, e vantajosamente de 30 a 40%.

8. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a trama de fios torcidos é composta por um único fio torcido depositado borda a borda de acordo com trajetórias essencialmente paralelas entre si ou por uma série de fios torcidos que se estendem essencialmente paralelos entre si e de modo contíguo.

9. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a trama de fios torcidos é composta por uma espiral de fios torcidos, cada espira sendo unida à seguinte.

10. Peça em material compósito, composta por um conjunto de tramas de fios de reforço sobrepostas incluídas, em parte pelo menos, em uma matriz polimérica, a referida peça apresentando pelo menos uma zona curva, **CARACTERIZADA** pelo fato de que pelo menos uma região adjacente a uma zona curva, compreende uma trama de fios torcidos, composta pelo menos por um fio de reforço torcido, de modo a pelo menos compensar as diferenças de comprimento que apresentam as trajetórias extremas do fio de um lado e do outro da sua largura medida paralelamente à superfície da trama, a referida trama de fios torcidos sendo constituída de:

ou pelo menos um fio de carbono 3K de 200 tex apresentando uma torção de 10 a 70 voltas/m, quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro da faixa indo de 10 a 500 mm,

ou pelo menos um fio de carbono 6K de 223 tex apresentando uma torção de 15 a 80 voltas/m, quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro da

faixa de 10 a 500 mm,

ou pelo menos um fio de carbono 6K de 400 tex apresentando uma torção de 15 a 80 voltas/m, quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro da faixa de 10 a 500 mm,

ou pelo menos um fio de carbono 12K de 446 tex apresentando uma torção de 10 a 80 voltas/m, quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro da faixa de 10 a 500 mm,

ou pelo menos um fio de carbono 24K de 1040 tex apresentando uma torção de 10 a 40 voltas/m, quando o raio interno mínimo da trajetória do fio está compreendido dentro da faixa de 20 a 150 mm.

11. Peça, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a zona curva corresponde a uma borda curva da peça e pelo fato de que os fios de reforço torcidos da trama de fios torcidos se estendem segundo uma trajetória essencialmente paralela à borda curva.

12. Peça, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a borda curva delimita o raio de abertura.

13. Peça, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 12, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a trama de fios torcidos é composta por um único fio que apresenta uma torção essencialmente idêntica em todo o seu comprimento ou por uma série de fios torcidos individualmente e apresentando entre eles e em todo o seu comprimento uma torção essencialmente idêntica.

14. Peça, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 13, **CARACTERIZADA** pelo fato de que as tramas são compostas de fios de reforço em um material selecionado dentre os seguintes materiais: carbono, vidro, aramida, sílica, cerâmica, basalto e suas misturas.

15. Peça, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 14, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a matriz polimérica é selecionada dentre os polímeros termorrígidos, polímeros termoplásticos e misturas destes polímeros.

16. Peça, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 15, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a porcentagem em massa da matriz polimérica em relação à massa total da peça está compreendida dentro do intervalo de 20 a 60%, e vantajosamente, de 30 a 40%.

17. Peça, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 16, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a trama de fios torcidos é composta por um único fio torcido depositado borda a borda seguindo trajetórias essencialmente paralelas entre si ou

por uma série de fios torcidos que se estendem essencialmente paralelamente entre si e de modo contíguo.

18. Peça, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 17, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a trama de fios torcidos é composta por uma espiral de fios torcidos, sendo cada espira unida com a seguinte.

19. Peça, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 18, **CARACTERIZADA** pelo fato de que se apresenta na forma de uma caixa de biela ou de peça de fixação de biela.

20. Peça, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 19, **CARACTERIZADA** pelo fato de que se apresenta na forma de um elemento de reforço de esquadria para canto de porta, alçapão de acesso, bueiro ou alçapão de vistoria, uma esquadria para janela ou para pára-brisas, um furo usinado para montagem, uma peça de fixação ou uma peça comportando uma zona de introdução de carga, tal como uma zona de fixação.

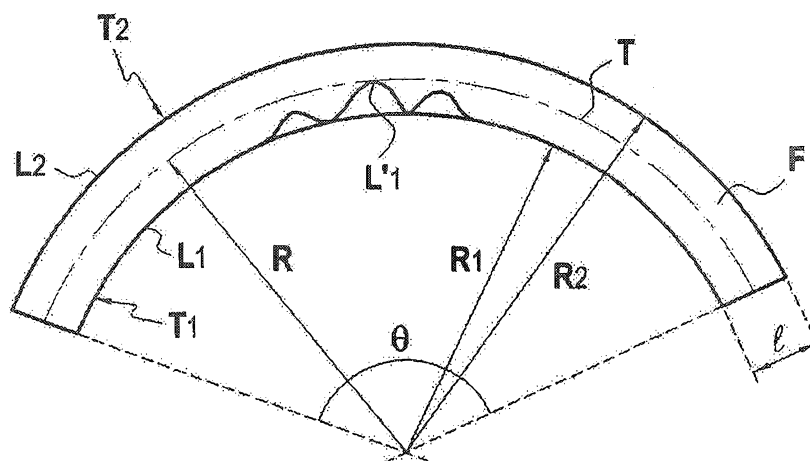


FIG.1

FIG.2A

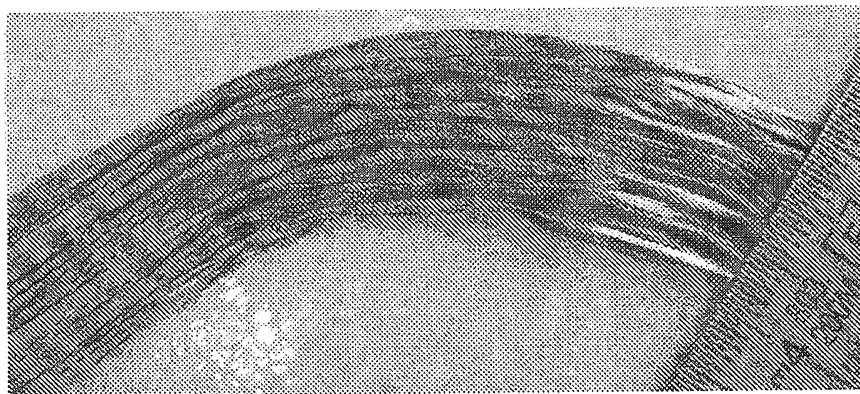
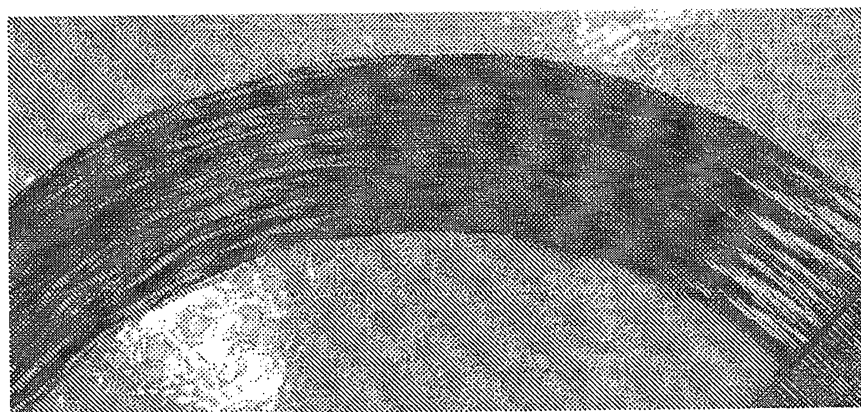
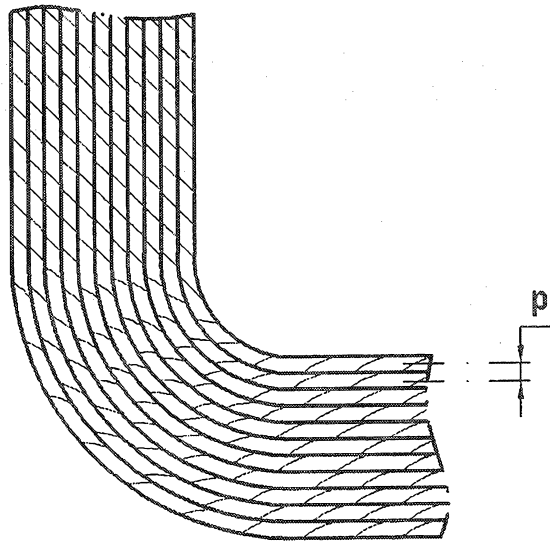
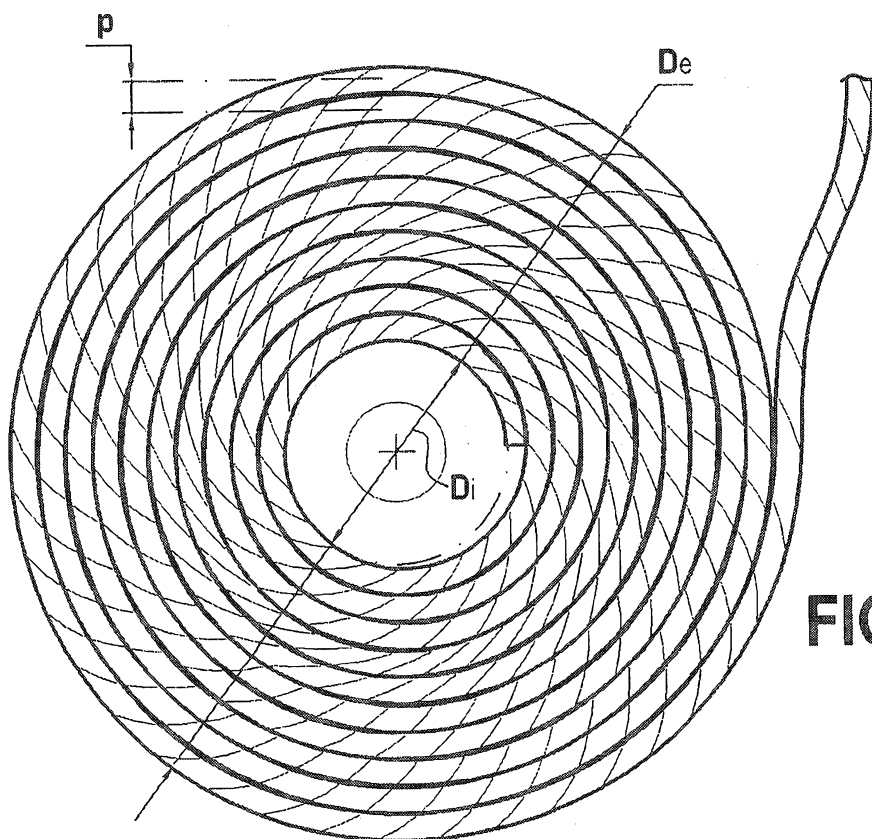
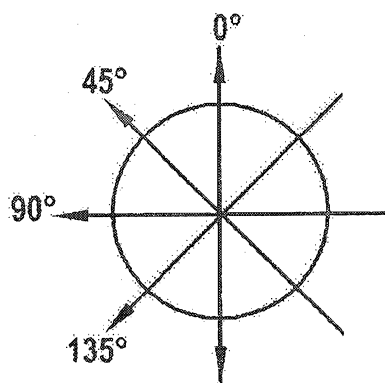
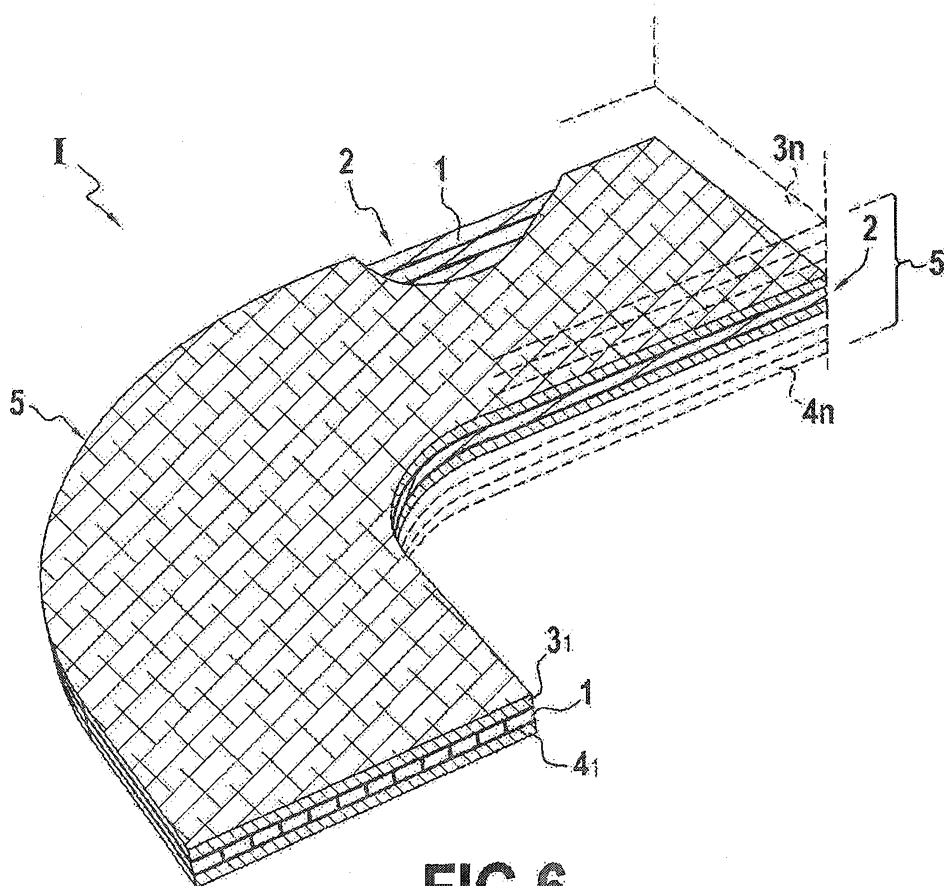
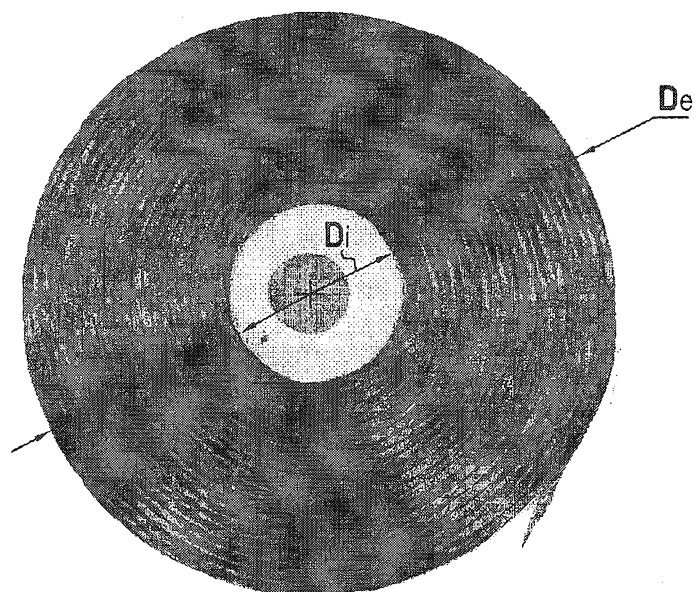
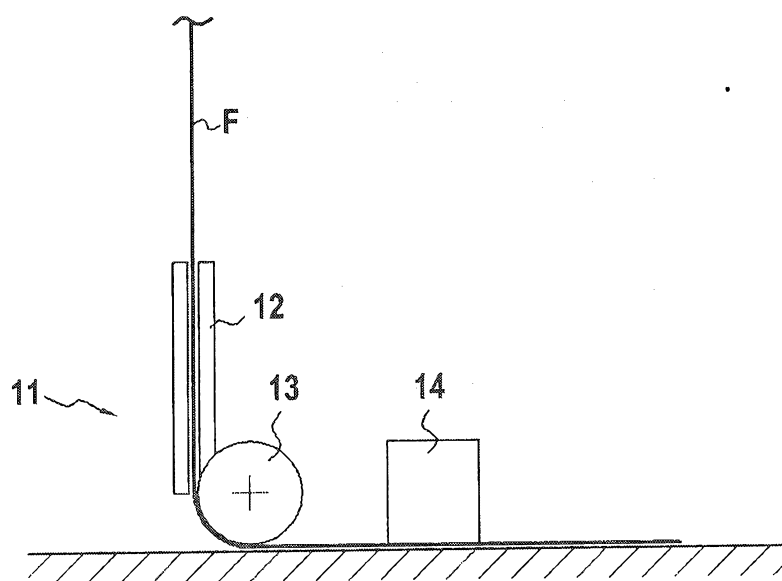


FIG.2B



**FIG.3****FIG.4**

**FIG. 5****FIG. 6**

**FIG. 7****FIG. 8**

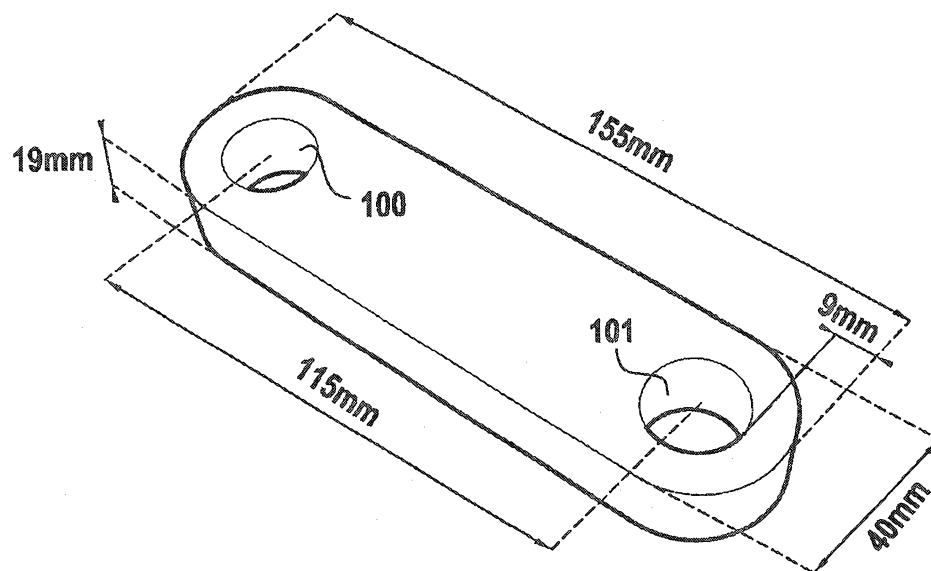
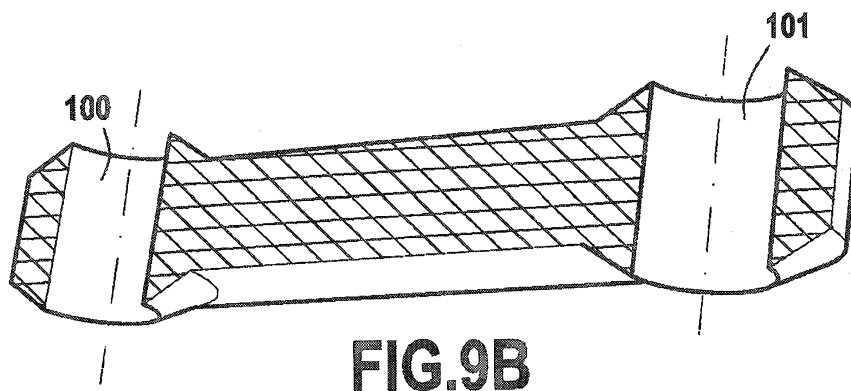
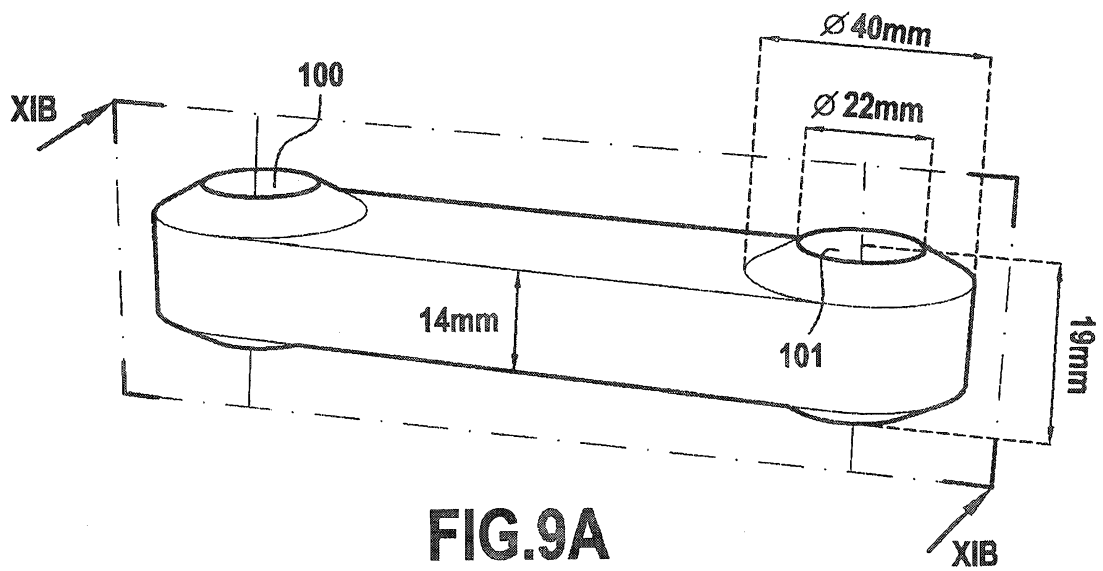


FIG. 11

ângulo (°)	massa superficial	Diâmetro externo	orientação (°)
45	105		
0	284		
135	105		
Disco	205	40	135
90	105		
135	105		
0	284		
45	105		
Disco	205		
45	105		
135	105		
0	284		
45	105		
Disco	205	39	0
90	105		
135	105		
0	284		
45	105		
Disco	205		
45	105		
135	105		
0	284		
45	105		
Disco	205	38	45
90	105		
135	105		
0	284		
45	105		
Disco	205		
90	105		
135	105		
0	284		
45	105		
Disco	205	37	0
45	105		
135	105		
0	284		
45	105		
Disco	205		
45	105		
135	105		
0	284		
45	105		
Disco	205	36	135
90	105		
135	105		
0	284		
45	105		
Disco	205		
90	105		
135	105		
0	284		
45	105		
Disco	205	35	0
45	105		
135	105		
0	284		
45	105		

0161

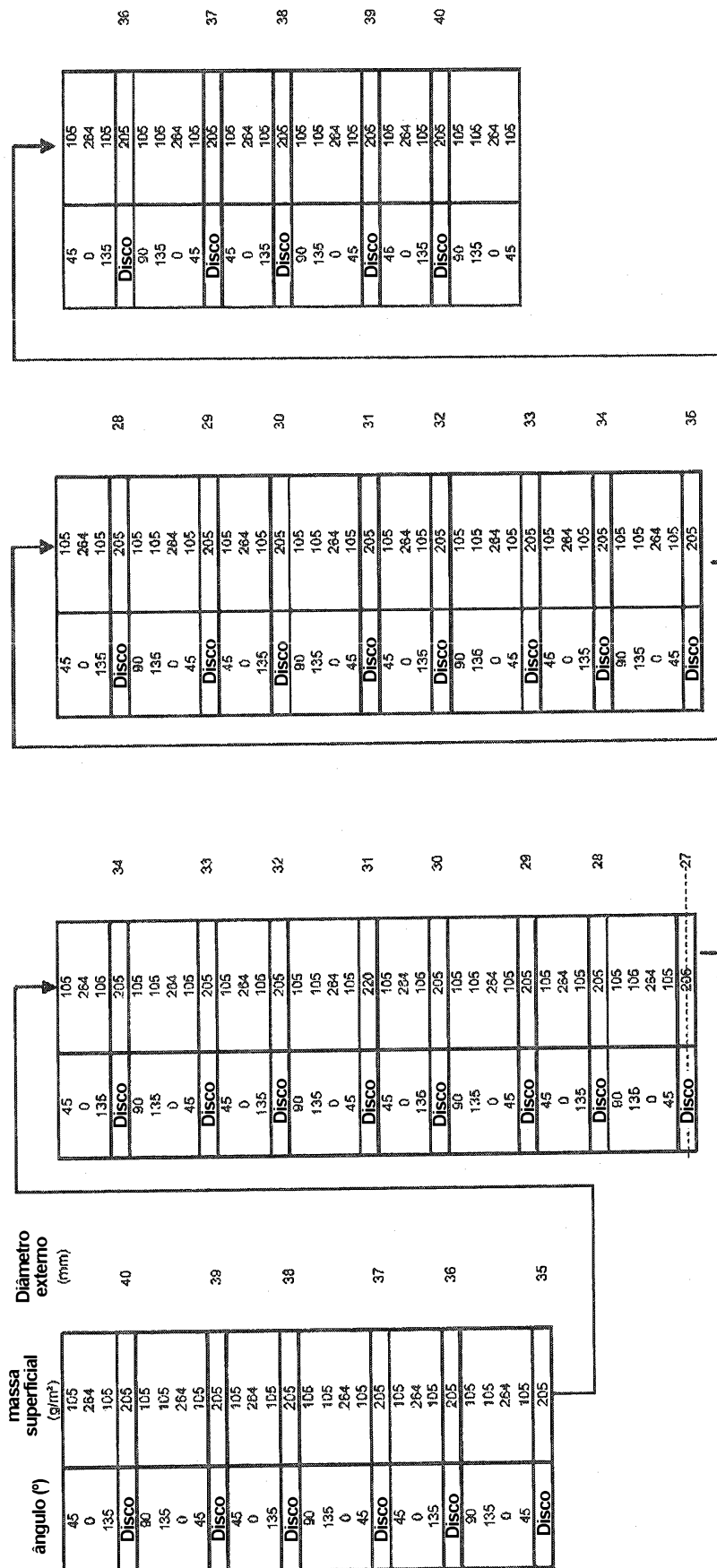
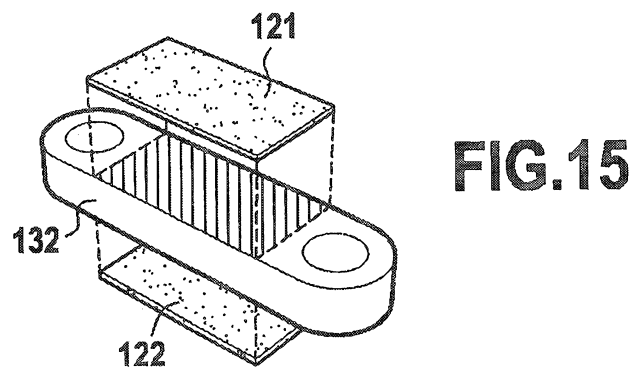
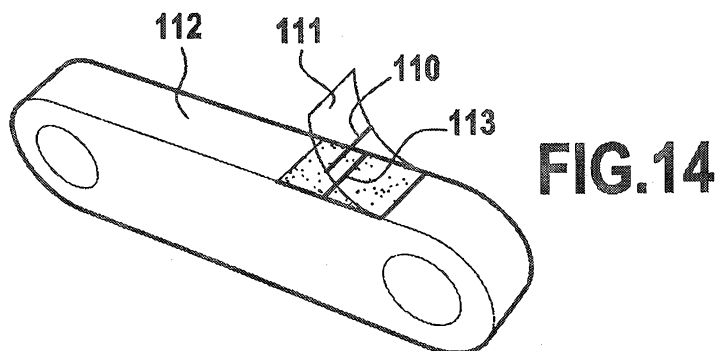
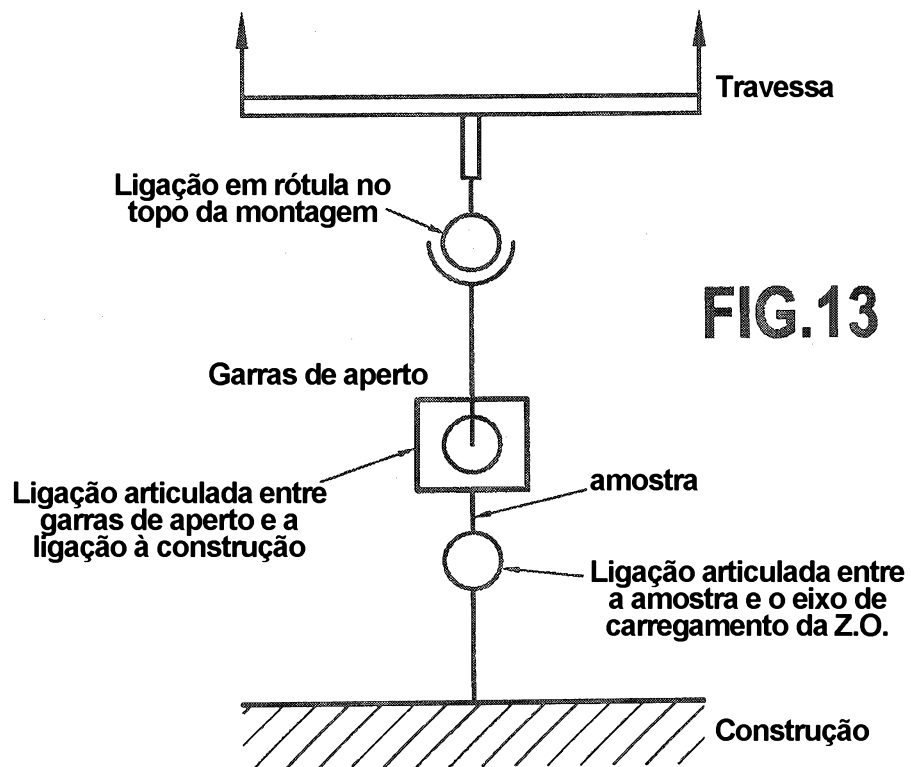


FIG. 12



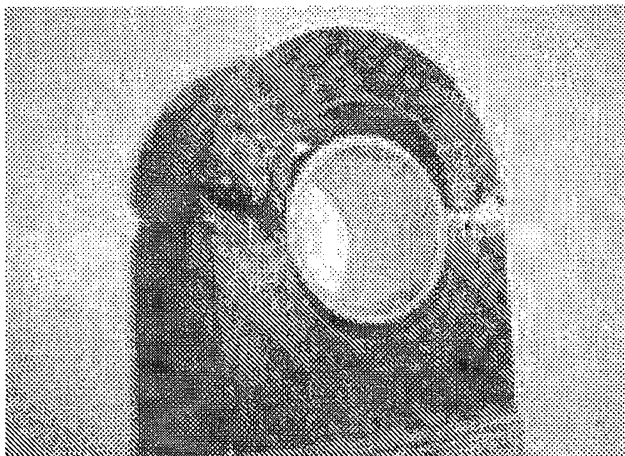


FIG.16A

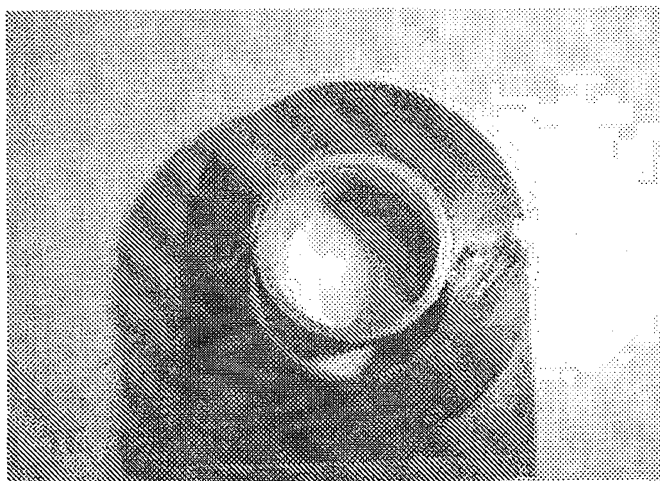


FIG.16B

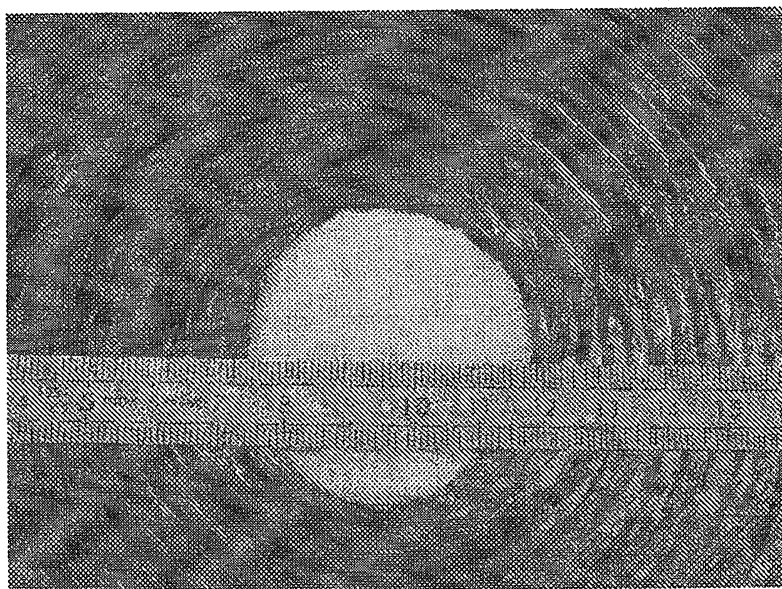


FIG.17