



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

(11) PI 0715593-0 B1

(22) Data do Depósito: 20/06/2007

(45) Data de Concessão: 26/09/2017



(54) Título: ESTRUTURA FIBROSA DE REFORÇO PARA PRODUZIR UMA PEÇA EM MATERIAL COMPOSTO

(51) Int.Cl.: D03D 25/00; D03D 11/00; D03D 15/00; B29C 70/00; C08J 5/00; B32B 27/04

(30) Prioridade Unionista: 21/06/2006 FR 0652572

(73) Titular(es): HERAKLES

(72) Inventor(es): ERIC BOUILLON; FRANÇOIS CHARLEUX; CAROLINE LOUCHET-POUILLERIE; RÉMI BOUVIER; DOMINIQUE COUPE

**"ESTRUTURA FIBROSA DE REFORÇO PARA PRODUIR
UMA PEÇA EM MATERIAL COMPOSTO"**

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[0001] A invenção refere-se à fabricação de peças de material compósito e, particularmente, à fabricação de estrutura fibrosa de reforço para tais peças.

[0002] O campo de aplicação da invenção é mais particularmente a fabricação de peças de material compósito termoestruturais, isto é, peças fabricadas de um material com propriedades mecânicas que as tornam adequadas para constituir elementos estruturais e com capacidade de conservar estas propriedades em altas temperaturas. Os materiais compósitos termoestruturais são tipicamente materiais compósitos de carbono/carbono (C/C) com reforço de fibra de carbono densos por uma matriz de carbono e materiais compósitos; de matriz de cerâmica (CMC) com reforço de fibra refratário (fibra de carbono ou fibra de cerâmica) densos por uma matriz de cerâmica. As peças de material compósito termoestruturais são usadas especificamente nos campos da aviação e espacial.

[0003] Para peças fabricadas de material compósito que apresentam uma determinada espessura, é comum praticar a fabricação da textura de reforço em uma pluralidade de camadas sobrepostas que são unidas para evitar a separação das camadas, em particular através da execução da tecedura tridimensional.

[0004] Adicionalmente, em particular para uma peça de material compósito que é obtida através da densificação da estrutura fibrosa de reforço pela infiltração a vapor químico (CVI), pode ser útil facilitar o acesso do gás ao núcleo da estrutura fibrosa ou assegurar que a estrutura fibrosa apresenta porosidade relativamente uniforme a fim de alcançar uma densificação que se afaste o mínimo possível da uniformidade. No caso de acesso difícil aos poros na estrutura fibrosa ou na presença de poros de

tamanhos muito diferentes os poros menores se tornam preenchidos mais rapidamente e um gradiente forte de densificação é inevitável, afetando assim as propriedades do material compósito.

[0005] O documento EP 0489637 propõe a fabricação de uma estrutura fibrosa de reforço para uma peça de material compósito termoestrutural através do uso de um fio feito de fibras descontínuas com substancialmente nenhuma torção, sendo que a coesão do fio é fornecida por um fio de cobertura. A textura pode ser fabricada através da tecitura tridimensional. O fio de cobertura é feito de um material de sacrifício ou temporário que é eliminado após a tecitura, permitindo assim que os filamentos descontínuos aumentem em volume, o que aumenta a subdivisão dos poros da textura tecida e, em combinação com a tecitura tridimensional, incentiva o acesso do gás ao núcleo da estrutura da fibra durante a densificação subsequentes por CVI.

[0006] Todavia, quando a fabricação de peças de material compósito se destina a apresentar um estado de superfície bastante liso, é necessário preparar a superfície após um estágio inicial de densificação parcial, também conhecido como estágio de consolidação, a fim de eliminar as irregularidades criadas na superfície pelo aumento do volume dos filamentos descontínuos que são liberados assim que o fio de cobertura é eliminado. Pode ser também necessário adicionar uma camada de pano bidimensional antes de continuar a densificação a fim de obter um estado de superfície desejado superfície.

SUMARIO DA INVENÇÃO

[0007] Um objetivo da invenção consiste em remediar os inconvenientes, representados por estas operações adicionais e, mais genericamente, propor que uma estrutura fibrosa constitua o reforço em uma peça de material compósito, satisfazendo as limitações em relação à infiltração de um gás durante a densificação por CVI e as limitações em relação à aparência e/ou às propriedades específicas desejadas para a peça

resultante.

[0008] Este objetivo é alcançado com uma estrutura fibrosa de reforço uma peça, de material compósito, a estrutura fibrosa é tecida como uma peça única e tem uma porção interna, ou núcleo, e uma porção adjacente a uma superfície externa, ou película, sendo que a textura do núcleo é fabricada através da tecitura tridimensional com fios que são feitos, ao menos a maioria, de fibras descontínuas, e a película é fabricada através da tecitura com fios feitos de filamentos contínuos.

[0009] A densificação da estrutura fibrosa por CVI é, dessa forma, incentivada por todo o caminho ao núcleo, enquanto se evita um gradiente de densificação excessivo entre o núcleo e a película, embora na película, seja preservado um estado de superfície isento de irregularidades significativas.

[0010] Em uma modalidade, o núcleo é fabricado pela tecitura de encadeamento, fornecendo assim um acesso mais fácil do gás ao núcleo da pré-forma, enquanto a película fabricada pela tecitura com um tecido do tipo tafetá, cetim ou sarja, servindo, por meio disso, para limitar as irregularidades da superfície. A tecitura da película pode compreender a tecitura 2D, com a tecitura de encadeamento fornecendo o entrelaçamento entre as camadas da trama por todo o caminho à película ou a tecitura da película pode compreender a tecitura 3D multicamada.

[0011] Em outra modalidade, o núcleo e a película podem ser fabricados através da tecitura 3D multicamada usando diferentes tecidos, por exemplo, certo tecido do tipo cetim na porção do núcleo e um tecido do tipo tafetá ou sarja na porção da película. Um tecido do tipo tafetá na película proporciona acesso mais fácil do gás através da película comparado ao tecido do tipo cetim, incentivando assim a densificação por CVI por todo o caminho ao núcleo.

[0012] Ainda em outra modalidade, a película é fabricada a partir de uma estrutura com uma contagem mais baixa do que a estrutura com a

qual o núcleo é feito, fornecendo por meio disso acesso mais fácil do gás através da película em direção ao núcleo da pré-forma.

[0013] É possível variar simultaneamente a técnica da tecedura 3D e a estrutura entre o núcleo e a película.

[0014] Também é possível formar várias porções da estrutura fibrosa com fios de naturezas químicas diferente, a fim de proporcioná-las propriedades específicas desejadas, em particular, resistência ao desgaste ou à oxidação.

[0015] A tecedura da porção do núcleo pode ser executada com fios que são fabricados a partir de fibras descontínuas com substancialmente nenhuma torção e ao menos um fio de cobertura de sacrifício que forneça o fio com coesão.

[0016] A invenção também fornece uma peça de material compósito dotada de uma estrutura fibrosa de reforço, conforme definido acima, que é densificada por uma matriz.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0017] A invenção pode ser mais bem compreendida mediante a leitura da seguinte descrição feita com referência aos desenhos em anexo, em que:

[0018] As Figuras de 1 a 3 mostram as tecelagens tridimensionais multicamadas e de encadeamento;

[0019] As Figuras de 4A a 4H mostram diferentes planos de tecido sucessivos de uma estrutura fibrosa de reforço em uma primeira modalidade da invenção;

[0020] As Figuras de 5A a 5H mostram diferentes planos de tecido sucessivos de uma estrutura fibrosa de reforço em uma segunda modalidade da invenção;

[0021] As Figuras de 6A a 6H mostram diferentes planos de tecido sucessivos de estrutura fibrosa de reforço em uma terceira modalidade da invenção; e

[0022] As Figuras de 7A a 7L mostram diferentes planos de tecido de uma estrutura fibrosa de reforço em uma quarta modalidade da invenção.

DEFINIÇÕES

[0023] O termo "filamento contínuo" é usado no presente documento na maneira convencional para designar elementos de fibra de comprimento muito maiores que seu diâmetro. Dessa forma, por meio de exemplo, em uma textura de reforço que constitui uma pré-forma para uma peça de material compósito e fabricada a partir de filamentos contínuos, ao menos uma grande maioria desta se estende continuamente na pré-forma, sendo interrompida somente nos limites geométricos da pré-forma. Tendo em vista que os filamentos contínuos não são naturais, estes são convencionalmente obtidos pela fiação de um material sintético, possivelmente seguida de uma ou mais operações físico-químicas (estiragem, azeitamento, tratamento térmico, etc.).

[0024] Os fios feitos de filamentos contínuos ou fios multifilamentos, são formados pela montagem de filamentos contínuos lado a lado, com ou sem torção.

[0025] O termo "fibras descontínuas" é usado na presente invenção da maneira convencional para designar os elementos da fibra que, para fibras que não são naturais, são formados pelo corte ou bloqueio de estiramento de filamentos contínuos. As fibras descontínuas ou fibras curtas geralmente tem um comprimento de poucos milímetros a poucas dezenas de milímetros.

[0026] O fio feito de fibras descontínuas, ou "fio de fibra", é fabricado através da montagem de fibras descontínuas pela torção ou pela cobertura, onde a cobertura consiste em fornecer a coesão enrolando um fio de cobertura em torno de uma montagem de fibras descontínuas que não necessitam ser torcidas ou que podem ser torcidas apenas levemente.

[0027] O termo "tecedura bidimensional" ou "tecedura 2D" é

usado na presente invenção para designar uma técnica de tecedura convencional, na qual cada fio urdido passa de um lado para o outro dos fios em uma única camada de trama.

[0028] o termo "tecedura tridimensional" ou "tecedura 3D" é usado no presente para designar uma técnica de tecedura na qual ao menos alguns dos fios urdidos se entrelaçam com os fios da trama em uma pluralidade de camadas de trama, unindo-os por meio disso.

[0029] O termo "tecedura de encadeamento" é usado na presente invenção para designar uma tecedura 3D na qual cada camada urdida se entrelaça com uma pluralidade de camadas de trama com todos os fios de uma determinada coluna urdida dotada do mesmo movimento no plano do tecido. A Figura 1 é uma vista de um dos oito planos de tecido de encadeamento com sete camadas urdidas e oito camadas de trama. No tecido de encadeamento mostrado, uma camada de trama T é feita de duas meias camadas de trama adjacentes $\frac{1}{2}$ que são deslocadas uma em relação à outra na direção da urdidura. Dessa forma, existem 16 meias camadas de em uma configuração escalonada. Cada urdidura se entrelaça com três meias camadas de trama. Abaixo, o termo "camada" é usado tanto para designar uma camada completa de fios da trama como uma meia camada de fios da trama, salvo se especificado de modo contrário.

[0030] Também é possível adotar uma configuração de trama que não seja escalonada, com os fios da trama de camada de tramas adjacentes sendo alinhados nas mesmas colunas.

[0031] O termo "tecedura multicamada" é usado na presente invenção para designar a tecedura 3D com uma pluralidade de camadas de tramas, na qual o tecido básico de cada camada equivale a um tecido 2D convencional, como um tecido do tipo tafetá, cetim ou sarja, porém com certos pontos do tecido que entrelaça a camada de tramas uma à outra. A Figura 2 mostra um plano de pano multicamada do tipo tafetá ou "pano múltiplo-tafetá" no qual os fios da urdidura são defletidos de tempos em

tempos de seu trajeto de tecido 2D convencional associado com um fio de fio de trama para capturar um fio de um fio de trama adjacente e formar pontos de entrelaçamento particulares PT que se entrelaçam com duas camadas de tramas adjacentes. Em um ponto de entrelaçamento particular PT, o fio de urdidura passa em torno de dois fios da trama situados na mesma coluna em duas camadas de tramas adjacentes.

[0032] A Figura 3 mostra um plano de um pano multicamada do tipo cetim, ou "pano múltiplo cetim", em que cada fio de urdidura é defletido alternando entre uma direção e outra para mantê-lo em alternância, um fio de trama $\underline{n}$ em uma primeira camada de fios da trama, e um fio de trama $\underline{n}$ de uma segunda camada de fios da trama adjacente à primeira, sendo que $\underline{n}$ é um número inteiro maior que 2, unindo assim as duas camadas por dois pontos de entrelaçamento de cetim PS. No exemplo, $n=16$.

[0033] Em um tecido do tipo cetim, "intervalo" designa o vão entre dois pontos de entrelaçamento de cetim de um determinado fio de urdidura medido como um número de colunas de trama. No exemplo da Figura 3, este intervalo alterna entre 6 e 10, o que resulta em um intervalo médio de múltiplo cetim de 8, $n/2$.

[0034] Nos tecidos das Figuras 2 e 3, os fios da trama não estão em uma configuração escalonada, os fios da trama de duas camadas de fio de trama adjacentes são alinhados nas mesmas colunas. Todavia, é possível ter uma disposição de trama escalonada conforme mostrado na Figura 1, os pontos de entrelaçamento são fabricados entre duas meias camadas de trama adjacentes.

[0035] Deve ser observado que um entrelace usando um único fio de urdidura em um tecido de múltiplo tafetá ou múltiplo cetim não se restringe a duas camadas de tramas adjacentes, mas pode estender sobre uma profundidade de mais de duas camadas de tramas.

[0036] O termo "estrutura" é usado na presente invenção para designar o número de fios por comprimento de unidade tanto na direção da

trama como na direção da urdidura, de modo que uma estrutura de baixa contagem (uma estrutura aberta) tem um comprimento menor que permite fios, por meio disso, produzindo um pano mais aberto, quando comparado com uma estrutura de alta contagem (uma estrutura fechada).

[0037] Por convenção e conveniência, por todo o relatório descritivo abaixo e desenhos, somente aqueles fios de urdidura que são defletidos de seus trajetos e capturam os fios da trama de uma ou mais camada de tramas são mencionados e mostrados. Todavia, é possível inverter as atribuições entre urdidura e trama, e tal inversão deve ser considerada com também sendo abrangidas pelas reivindicações.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES DA INVENÇÃO

[0038] O campo de aplicação da invenção e a fabricação de estrutura fibrosa espessa adequada para constituir reforço de fibra ou pré-formas para uso na fabricação de peças de material compósito.

[0039] A fabricação da estrutura fibrosa pela tecedura 3D torna possível, em uma única operação têxtil, obter uma interligação entre as camadas e, assim, ter uma estrutura fibrosa e uma peça de material compósito resultante que apresente bom comportamento mecânico.

[0040] Quando a peça é obtida através da densificação da estrutura fibrosa ao menos na peça através da infiltração a vapor químico (CVI), e a fim de obter propriedades mecânicas que sejam uniformes quanto possíveis na peça, é vantajoso incentivar a densificação com um gradiente de densificação tão pequeno quanta possível entre uma porção interna ou núcleo da estrutura fibrosa e uma porção externa ou película desta, isto é, uma porção da estrutura fibrosa que seja adjacente a uma superfície externa.

[0041] Para este propósito, e para incentivar o acesso do gás de reação ao núcleo da pré-forma durante um processo de CVI, a porção do núcleo é tecida com fios feitos, ao menos a maioria, de fibras descontínuas que permitem que a porosidade seja subdividida por fibras de volume

aumentado. É possível usar os fios feitos de fibras descontínuas sem torção com muito pouca torção junto com um fio de cobertura de sacrifício que dá coesão aos fios, as fibras descontínuas formam a maioria dos fios mesmo se o fio de cobertura for feito de filamentos contínuos. Também é possível usar os fios feitos de fibras descontínuas que são torcidos juntos, conhecidos como fios de fibra descontínua.

[0042] Também é vantajoso incentivar a obtenção de um estado de superfície, após a densificação, isento de irregularidades, isto é, um bom estado final que evite ou limite as operações de finalização através da usinagem.

[0043] Até esse ponto, a película é fabricada pela tecedura fios feita de filamentos contínuos para evitar qualquer aumento no volume das fibras descontínuas. Isto se aplica à camada de fios da trama que define a porção externa da película e, possivelmente, também uma ou mais camadas das camadas de fios da trama adjacentes. Também é preferível aplicar a fios de urdidura que se nivelam com a superfície da película.

[0044] Em uma modalidade da invenção, o núcleo é fabricado através da tecedura tridimensional do tipo encadeamento, e a película é fabricada pela tecedura com um tecido do tipo tafetá, cetim ou sarja. A tecedura de encadeamento no núcleo incentiva o acesso do gás durante um processo de CVI, tendo em vista que proporciona uma comunicação fácil entre uma pluralidade de camadas de pano. A tecedura da película pode compreender a tecedura bidimensional com um tecido de tafetá, cetim ou sarja, a tecedura de encadeamento da porção do núcleo que estende, então, a peça no sentido da película ou pode compreender uma tecedura multicamada usando um tecido do tipo tafetá, cetim ou sarja.

[0045] Em outra modalidade, o núcleo e a película são fabricados através da tecedura multicamada usando diferentes tecidos. O núcleo pode ser fabricado através da tecedura multicamada com tecido do tipo cetim e a película através da tecedura multicamada com um tecido do

tipo tafetá ou sarja.

[0046] Ainda com o propósito de incentivar o acesso do gás de reação, a película pode ser fabricada com uma estrutura que apresenta uma contagem menor que a contagem da estrutura do núcleo.

[0047] Pode, também, ser desejável usar fios de diferentes tipos químicos no núcleo e na película a fim de conferir propriedades específicas à peça de material compósito resultante, em particular, propriedades que se diferem em termos de resistência a oxidação ou ao desgaste.

[0048] Dessa forma, para uma peça feita de material compósito termoestrutural com fibra reforço refratária, é possível fabricar uma pré-forma com fibras de carbono no núcleo e com fibras de cerâmica, por exemplo, fibras de carboneto de silício (SiC), em uma película a fim de aumentar a resistência ao desgaste da peça compósita na película.

[0049] Os exemplos de estruturas de fibra de com acordo com a invenção são descritos abaixo. Em todos estes exemplos, a tecitura é executada em um tear do tipo Jacquard.

Exemplo 1

[0050] As Figuras de 4A a 4H mostram poções de oito planos sucessivos de um tecido de uma estrutura de fibra obtida pela tecitura 3D, os fios da trama são mostrados em seção.

[0051] A estrutura da fibra 10 compreende nove camadas de fios da trama, isto é, 18 meias camadas de t1 a t18. No núcleo 12 situado entre as películas 14 e 16 opostas, a tecitura 3D é do tipo encadeamento com fios feitos, em sua maioria, de fibra de carbono descontínua, presa por um material de sacrifício do fio de cobertura, conforme descrito em EP0489637, e com uma estrutura por camada 10/10 (10 fios por centímetro tanto na direção da trama como na direção da urdidura). O fio de cobertura é constituído, por exemplo, por um polímero solúvel como álcool polivinílico ou um polímero que possa ser eliminado pelo tratamento térmico sem afetar o carbono das fibras, como um polietileno ou um acetato de polivinila. Nas películas 14 e 16, a

tecedura é bidimensional com um tecido do tipo tafetá usando fios feitos de filamentos de carbono descontínuos e com uma estrutura por camada 5/5. O entrelaçamento através da tecedura com um tecido tafetá se aplica somente às meias camadas t1 e t2 e as meias camadas t17 e t18 dos fios da trama. Deve-se observar que a tecedura 3D de encadeamento no núcleo se estende até as meias camadas t1 e t18 da trama das películas a fim de unir estas meias camadas com as camadas do núcleo.

[0052] Neste exemplo, os fios feitos de filamentos contínuos são os fios das meias camadas t1, t2, t17 e t18 da trama e o fio de urdiduras dos tecidos tipo tafetá na superfície, isto é, os fios de urdidura Ct1, Ct2 e os fios de urdidura Ct17, Ct18 nas Figuras 4A e 4B. Os fios de urdidura da tecedura de encadeamento que capturam os fios das meias camadas t1 e t18 e que, portanto, se nivelam com a superfície da película poderiam ser, da mesma forma, feitos de filamentos contínuos (fios de urdidura Ci1 e Ci3 nas Figuras 4B e 4A).

[0053] Neste exemplo, além do tipo de fio variar entre o núcleo e a película, a tecedura 3D e a estrutura também variam. A tecedura 3D de encadeamento e o uso de fios feitos de fibras descontínuas no núcleo servem para minimizar um gradiente de densificação de CVI entre as películas e o núcleo. Um tecido tafetá e o uso de fios feitos de filamentos contínuos na película ajudam a obter um estado de superfície relativamente liso, e um tecido tafetá com uma estrutura de contagem mais baixa nas películas incentiva o acesso de um gás de reação através das películas.

Exemplo 2

[0054] As Figuras de 5A a 5H mostram porções de planos sucessivos de uma estrutura fibrosa 20 obtidas pela tecedura 3D, esta textura se difere daquela do Exemplo 1 diante do fato de que a tecedura multicamada é executada nas películas 24 e 26 com um tecido análogo a um tecido múltiplo tafetá sobre uma espessura de duas meias camadas de trama, a tecedura 3D na poção do núcleo 22 é do tipo encadeamento com cada fio de

urdidura se estendendo sobre uma profundidade de três meias camadas de fios da trama, os fios da trama são dispostos em uma configuração escalonada.

[0055] Quando a tecedura multicamada é executada na película, não existe necessidade pela tecedura de encadeamento para cobrir todas as camadas de trama da película. Pode ser suficiente para uma única camada de trama ou meia camada situada na interface entre o núcleo e a película, ser envolvida tanto com a tecedura de encadeamento como com a tecedura multicamada a fim de que se obtenha o entrelaçamento através da tecedura 3D entre todos os fios da trama. Contudo, no exemplo mostrado, a tecido de encadeamento envolve todas as meias camadas de fios da trama.

[0056] Como no Exemplo 2, a tecedura no núcleo é executada com fios feitos de fibras descontínuas presos juntos por um fio de cobertura de sacrifício, enquanto a tecedura na película é executada com fios de fibras contínuas. Dessa forma, por exemplo, nas modalidades mostradas nas Figuras 5A a 5H, os fios feitos de filamentos contínuos são os fios nas meias camadas t1, t2, t17 e t18 de fio de trama, junto com os fios de urdidura da tecedura em múltiplo plano e da tecedura de encadeamento que engata os fios das meias camadas t1 e t18 (isto é, fios de urdidura Ct1, Ct8, Ci1, Ci8 nas Figuras 5B e 5C).

Exemplo 3

[0057] As Figuras de 6A a 6H mostram porções de planos de trama sucessivos em uma textura 30 obtida através da tecedura multicamada tridimensional, esta textura se difere daquela do Exemplo 1 pelo fato de que a mesma tecedura 3D de encadeamento é executada no núcleo 32 e nas películas 34 e 36.

[0058] No núcleo 32, a tecedura é executada usando fios feitos de fibras descontínuas unidas por um fio de cobertura de sacrifício, enquanto que as películas 34 e 36, isto é, sobre um ou reais extremos das meias camadas da trama, a tecedura é executada usando os fios feitos de

filamentos contínuos. No exemplo mostrado, os fios feitos de filamentos contínuos são os fios das meias camadas t1, t2, t17 e t18 do fio de trama, e os fios de urdidura que engatam os fios das meias camadas t1, t18 (fios de urdidura C1 e C7 nas Figuras 6B e 6A).

[0059] Neste exemplo, apenas o tipo de fio varia entre o núcleo e a película.

Exemplo 4

[0060] As Figuras de 7A a 7L mostram planos de camada sucessivos de uma textura 40 obtida pela tecedura 3D multicamada, que compreende 12 camadas de fios da trama U1 a U12. A tabela abaixo soma os tecidos e as estruturas da tecedura 3D usadas, com a variação no tecido da textura 40 sendo simétrica em torno de um plano médio entre suas películas 44, 46 que estão situadas em cada lado do núcleo 42. Deve-se observar que os fios da trama não são dispostos em uma configuração escalonada, mas que certas camadas de trama tem números de fios da trama que se diferem dos números nas outras camadas de trama (variação da estrutura da trama).

Camadas de fio trama	Tecido multicamada	Estrutura
U1	Tafetá	6,6/6,6
U2	Múltiplo tafetá	6,6/6,6
U3	Múltiplo cetim 5	8/8
U4	Múltiplo cetim 5	8/8
U5	Múltiplo cetim 6	10/10
U6	Múltiplo cetim 6	10/10
U7	Múltiplo cetim 6	10/10
U8	Múltiplo cetim 6	10/10
U9	Múltiplo cetim 5	8/8
U10	Múltiplo cetim 5	8/8
U11	Múltiplo tafetá	6,6/6,6
U12	Tafetá	6,6/6,6

[0061] Conforme pode ser visto nas figuras, a tecedura de múltiplo cetim é executada através da alternância de um fio de trama a partir de uma primeira camada e um fio de trama a partir de uma segunda camada adjacente à primeira.

[0062] Na porção do núcleo 42 (correspondente às camadas de trama U3 a U10), os fios usados para a urdidura e a trama são fios feitos de fibras de carbono descontínuas presas juntas por um fio de cobertura de sacrifício. Nas porções da película 44, 46 (camadas de tramas U1, U2 e U11, U12), os fios são feitos de filamentos de carona contínuos, isto é, os fios da trama U1, U2, U11 e U12 os fios de urdidura na tecedura de plano e múltiplo-plano.

[0063] Dessa forma, neste exemplo, o tipo de fio, o tecido multicamada 3D e a estrutura variam entre o núcleo 42 e as películas 44, 46. Deve-se observar que a variação no tecido e na estrutura é algo progressivo através da adoção de cetim 5 para as camadas de trama U3, U4 e U9, U10, tendendo entre o cetim 6 das camadas U5 a U8 e tecido tafetá das películas, a fim de evitar que se tenha descontinuidades muito afiadas entre o núcleo e a película.

[0064] Um tecido de múltiplo cetim no núcleo proporciona uma elevação no encolhimento reduzido da urdidura e melhor comportamento mecânico paralelo as camadas de trama, particularmente na direção da urdidura, em comparação com tecido de encadeamento.

[0065] Quando a densificação é executada pela CVI, um tecido tafetá na película proporciona acesso facilitado do gás através da película, em comparação com um tecido do tipo cetim.

[0066] Todavia, em uma variante, é possível usar um tecido do tipo sarja para a tecedura da película.

[0067] As texturas de fibra, se obtidas pelos métodos da invenção, são adequadas para a fabricação de peças de material compósito

que são obtidas pela densificação das texturas de fibra pela CVI, em particular, peças feitas de material compósito termoestructural dotadas de reforços de fibra constituídos por fibras de carbono e uma matriz de carbono e/ou de cerâmica.

REIVINDICAÇÕES

1. Estrutura fibrosa para reforço (10, 20, 30, 40) de uma peça em material composto, a estrutura fibrosa sendo tecida como uma peça única e possuindo uma porção interna, ou núcleo (22, 32 e 42), e uma porção adjacente a uma superfície externo, ou película (14, 16; 24, 26; 34, 36; 44, 46), **CARACTERIZADA** pela estrutura núcleo (22, 32 e 42) ser feita por tecedura tridimensional com fios que são feitos, pelo menos na maioria, de fibras descontínuas, e a película (14, 16; 24, 26; 34, 36; 44, 46) feita pela tecedura com fios feitos de filamentos contínuos.

2. Estrutura de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** núcleo (22, 32 e 42) ser feito por tecedura tridimensional do tipo encadeamento e a película (14, 16; 24, 26; 34, 36; 44, 46), sendo feita pela tecedura com tecido tipo tafetá, cetim, ou sarja.

3. Estrutura de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pela tecedura da película (14, 16; 24, 26; 34, 36; 44, 46), compreender tecedura bidimensional com um tecido tipo tafetá, cetim, ou sarja e a tecedura de encadeamento do núcleo (22, 32 e 42) se estende até a película (14, 16; 24, 26; 34, 36; 44, 46).

4. Estrutura de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** tecedura da película (14, 16; 24, 26; 34, 36; 44, 46) compreender tecedura tridimensional multi-camadas com um tecido tipo tafetá, cetim, ou sarja.

5. Estrutura fibrosa de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo núcleo (22, 32 e 42) e a película (14, 16; 24, 26; 34, 36; 44, 46) serem feitos por tecedura multi-camadas com pontos de tecidos diferentes

6. Estrutura fibrosa de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADA** pelo núcleo (22, 32 e 42) ser feito por tecedura multi-camadas com um tecido tipo cetim e a película (14, 16; 24, 26; 34, 36; 44, 46) ser feita por tecedura tridimensional com um tecido tipo tafetá ou sarja.

7. Estrutura de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **CARACTERIZADA** pela película (14, 16; 24, 26; 34, 36; 44, 46), ser feita com uma estrutura de contagem mais baixa do que aquela com que o núcleo (22, 32 e 42) é feito.

8. Estrutura de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADA** pelas várias porções da estrutura fibrosa serem feitas com fios de diferentes naturezas químicas.

9. Estrutura de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **CARACTERIZADA** pela tecedura da porção do núcleo (22, 32 e 42) ser realizada com fios em que cada um é feito de fibras descontínuas substancialmente isentas de torção junto com pelo menos um fio de cobertura de sacrifício que fornece coesão ao fio.

10. Peça em material composto que compreende uma estrutura de reforço de fibra de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **CARACTERIZADA** por ser espessada por uma matriz obtida pelo menos em parte por infiltração química de vapor.

FIG.1

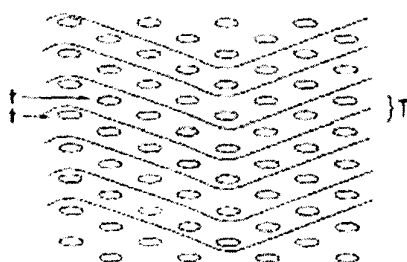


FIG.2

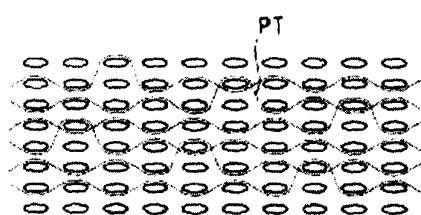
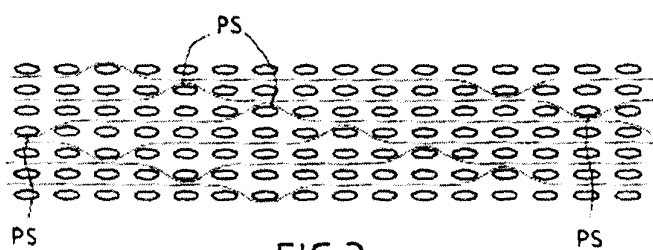


FIG.3



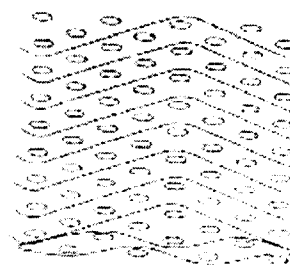
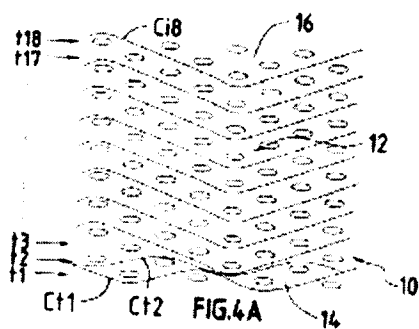


FIG. 4E

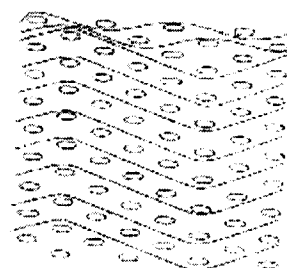
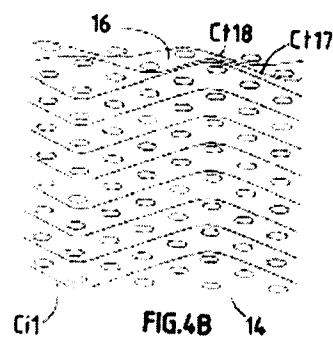


FIG. 4F

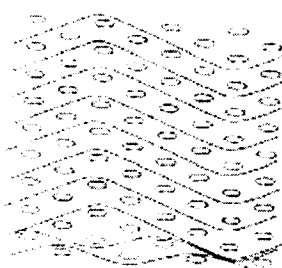


FIG. 4C

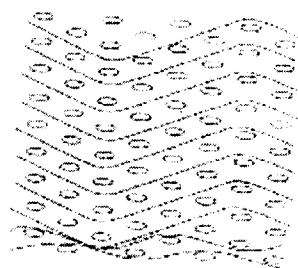


FIG. 4G

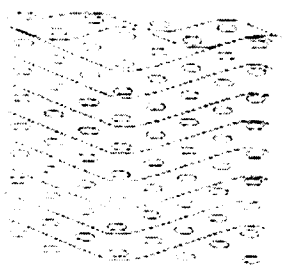


FIG. 4D

FIG. 4

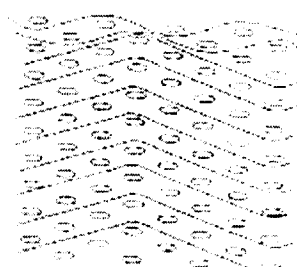


FIG. 4H

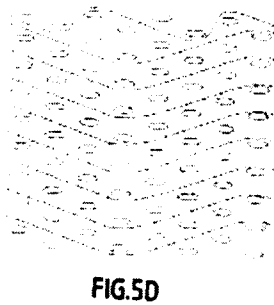
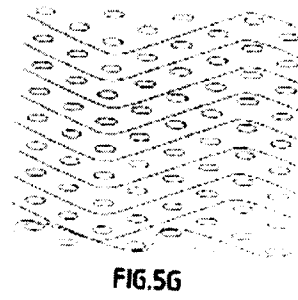
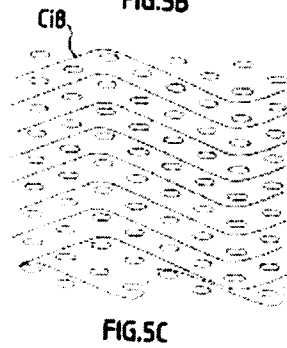
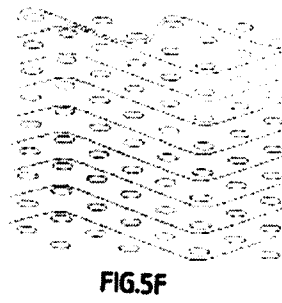
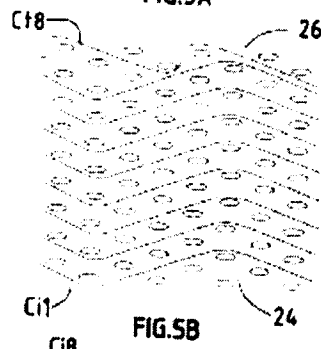
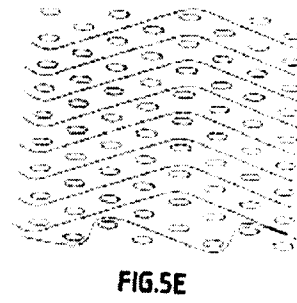
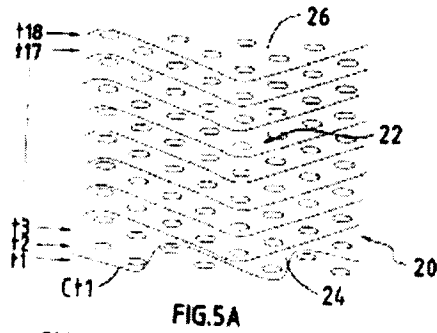
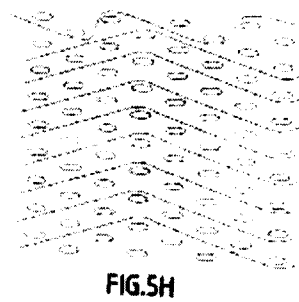


FIG. 5



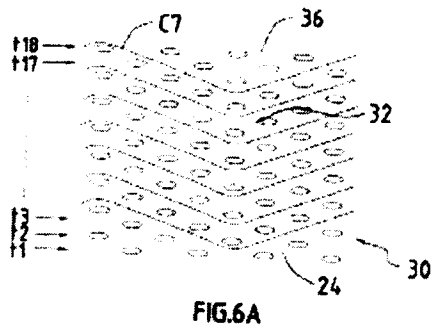


FIG. 6A

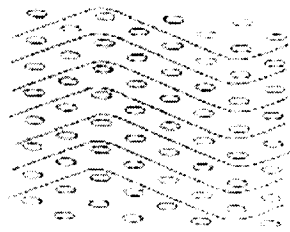


FIG. 6E

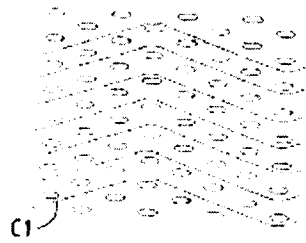


FIG. 6B

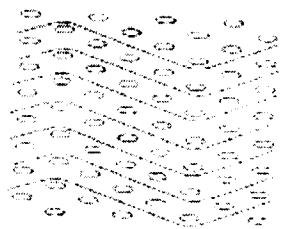


FIG. 6F

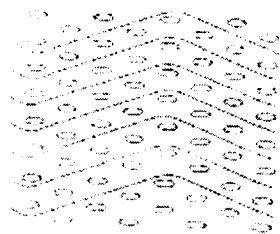


FIG. 6C

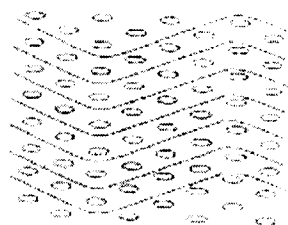


FIG. 6G

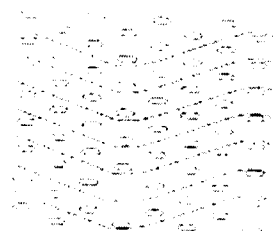


FIG. 6D

FIG. 6

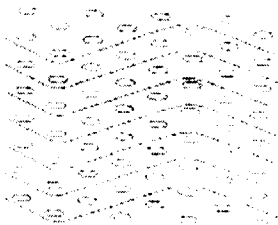
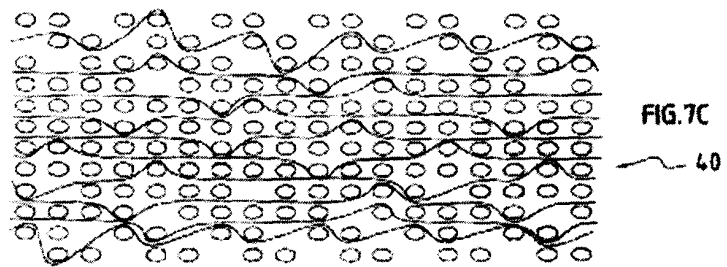
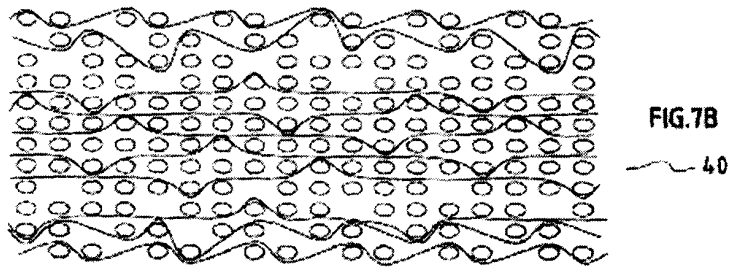
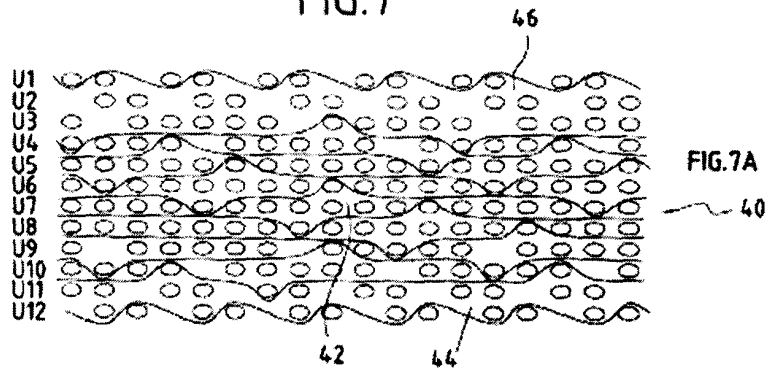


FIG. 6H

FIG. 7



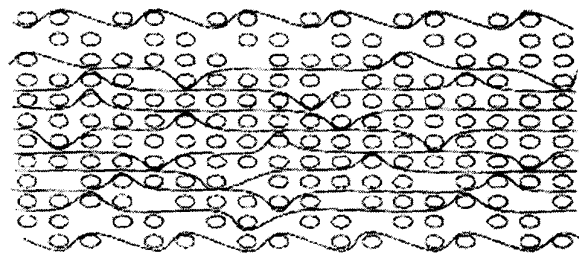


FIG. 7D

40

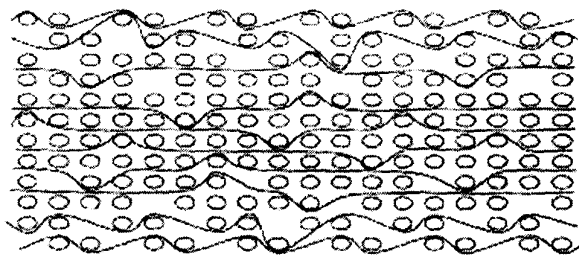


FIG. 7E

40

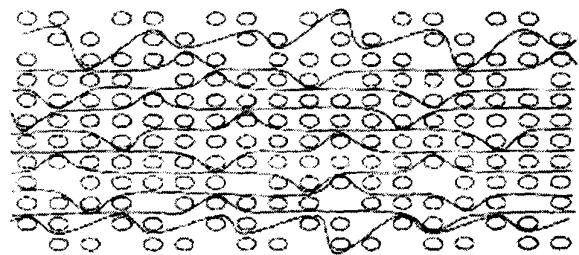


FIG. 7F

40

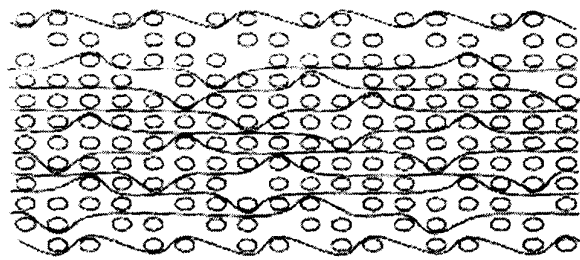


FIG. 7G

40

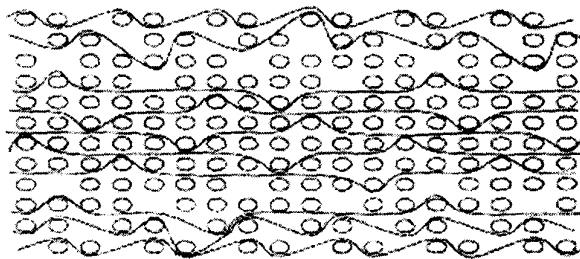


FIG. 7H

40

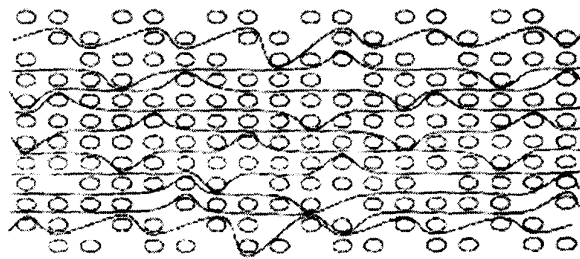


FIG. 7I

40

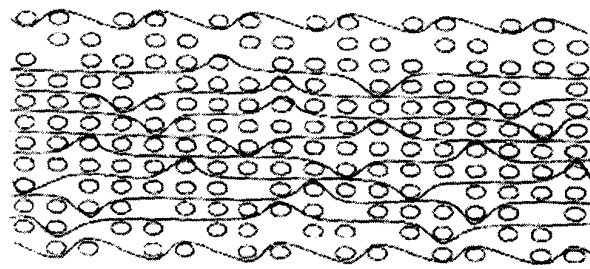


FIG. 7J

40

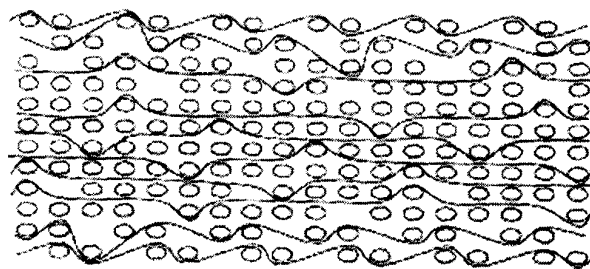


FIG. 7K

40

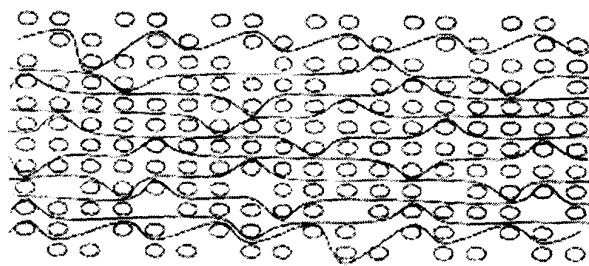


FIG. 7L

40