



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

**(11) PI 0919688-9 B1**



**(22) Data do Depósito: 20/10/2009**

**(45) Data de Concessão: 02/04/2019**

---

**(54) Título:** MÉTODO PARA FORMAR PREPREGS CONFORMADOS COM COMPONENTES VOLÁTEIS REDUZIDOS

**(51) Int.Cl.:** B29C 70/44; B29C 70/54; C08J 5/24; B29B 13/06; B29C 35/04.

**(30) Prioridade Unionista:** 22/10/2008 US 61/107462.

**(73) Titular(es):** CYTEC TECHNOLOGY CORP..

**(72) Inventor(es):** JACK DOUGLAS BOYD; SPENCER DONALD JACOBS.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2009061242 de 20/10/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2010/048122 de 29/04/2010

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 19/04/2011

**(57) Resumo:** MÉTODO PARA FORMAR PREPREGS CONFORMADOS COM COMPONENTES VOLÁTEIS REDUZIDOS São descritos sistemas e métodos para a redução de conteúdo de componente volátil de prepregs conformados e as camadas e compósitos formados deles. Um ou mais prepregs conformados ou assentamentos de prepregs são colocados dentro de um recinto e um fluxo de um gás nãocondensante é introduzido adjacente a pelo menos uma superfície dos prepregs conformados ou assentamentos de prepregs, acelerando a velocidade e/ou a conclusão da remoção de componentes voláteis dos prepregs conformados ou assentamentos de prepregs. Os prepregs conformados ou assentamentos de prepregs podem ser ainda submetidos a calor, vácuo e pressão externa, para facilitar a remoção dos componentes voláteis: Os prepregs conformados e os assentamentos de prepregs com voláteis reduzidos desta maneira podem ser ainda consolidados com calor, pressão externa e/ou vácuo. Beneficamente, sangramento de matriz reduzido e movimento de fibra reduzido podem ser conseguidos durante o processamento, reduzindo o tempo de manufatura e melhorando parte da qualidade.

## “MÉTODO PARA FORMAR PREPREGS CONFORMADOS COM COMPONENTES VOLÁTEIS REDUZIDOS”

### FUNDAMENTOS

[0001] As formas de realização da presente descrição referem-se a compósitos de matriz polimérica e, em particular, a sistemas e métodos para a remoção de componentes voláteis de prepregs e assentamentos de prepregs e compósitos formados deles.

### DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RELACIONADA

[0002] Os compósitos de matriz polimérica reforçados com fibra (PMCs) são materiais estruturais de elevado desempenho, que são comumente usados em aplicações requerendo elevada resistência e/ou baixo peso. Exemplos de tais aplicações incluem componentes de avião (p. ex., caudas, asas, fuselagens, hélices), cascos de barco e armações de bicicleta. Os PMCs compreendem camadas de fibras que são ligadas entre si com um material matriz, tal como uma resina polimérica. As fibras reforçam a matriz, contendo a maior parte da carga suportada pelo compósito, enquanto a matriz contém a menor parte da carga suportada pelo compósito e também transfere carga das fibras rompidas para as fibras intactas. Desta maneira, os PMCs podem suportar maiores cargas do que a matriz ou fibra podem suportar sozinhas.

[0003] Os PMCs podem ser montados de uma ou mais camadas de fibras pré-impregnadas, ou prepregs, onde o material matriz é combinado com o material de fibra antes da fabricação do PMC. Os prepregs são montados em um assentamento, uma montagem de um ou mais assentamentos de prepregs tendo as fibras prepregs orientadas em uma configuração selecionada. O assentamento pode ser ainda submetido a calor, vácuo e pressão, para consolidá-la e conformá-la na parte compósita desejada. A fim de facilitar a manufatura de prepregs, o material matriz pode ser

dissolvido dentro de um solvente. Com alguns materiais matriz, por exemplo, resinas de poliimida, o solvente facilita o processo de moldagem provendo os prepregs com suficiente flexibilidade para adotar o formato do molde e/ou com pega.

[0004] Um desafio do processamento de compósito é a obtenção de compósitos de baixa porosidade. A porosidade é prejudicial aos PMCs, visto que ela pode enfraquecer as propriedades mecânicas da matriz, que, por sua vez, enfraquece as propriedades mecânicas do PMC. A alta porosidade é particularmente um problema encontrado na fabricação de PMCs de prepregs tendo uma elevada concentração de solventes. Em um exemplo, os componentes voláteis, tais como compostos orgânicos voláteis (VOCs), N-metilpirrolidona (NMP) e água, podem estar presentes dentro da matriz como solventes ou podem ser gerados dentro da matriz por reação química. Os componentes voláteis com pontos de ebulição relativamente baixos podem continuamente entrar na fase gás e ficarem presos durante o processamento dos prepregs, enquanto os componentes voláteis com pontos de ebulição relativamente elevados podem permanecer na fase líquida por mais tempo durante o processamento do compósito e também ficarem presos dentro do compósito como porosidade.

[0005] A remoção dos componentes voláteis de prepregs de PMC e assentamentos de prepregs é, entretanto, um problema significativo encontrado na manufatura de PMCs de prepregs e assentamentos. Por exemplo, embora os solventes possam ser removidos elevando-se a temperatura do prepeg ou assentamento de prepeg a uma temperatura em que os solventes dentro do prepeg ou assentamento ebulam sob vácuo, os processos de ebulição podendo resultar em perda significativa de resina, ou sangramento, dos prepregs e assentamentos. Este sangramento é problemático porque é necessário compensar a perda desta resina pela adição de mais resina

ao prepreg ou assentamento, aumentando o custo de manufatura do PMC. Em outro aspecto, ebulição significativa pode provocar distorção ou enrugamento das fibras de sua orientação pretendida, potencialmente enfraquecendo as propriedades mecânicas do PMC assim manufaturado. Adicionalmente, tempo significativo ou etapas de processamento extra podem ser requeridas para remover uma quantidade desejada de solvente, aumentando mais o custo de manufatura do PMC.

## SUMÁRIO

[0006] Em uma forma de realização, é provido um método de remover componentes voláteis de um prepreg conformado, para produzir um prepreg volátil reduzido. O método compreende introduzir um fluxo de um gás não-condensante adjacente a um prepreg conformado dentro de um recinto, onde o gás transporta um ou mais componentes volatilizados, que são desprendidos do prepreg conformado para longe do prepreg conformado. Em certas formas de realização do método, pelo menos uma parte do prepreg conformado é posicionada adjacente a ou em contato com um molde, enquanto exposto ao fluxo de gás não-condensante.

[0007] Em uma outra forma de realização, é provido um método para formar um assentamento de prepreg volátil reduzido. O método compreende a adição de um ou mais dos prepregs conformados a um assentamento para formar um assentamento de prepreg conformado e então reduzindo-se os voláteis de acordo com o método de reduzir componentes voláteis de um prepreg conformado discutido acima. Em uma outra forma de realização, é provido um método para formar um assentamento de prepreg volátil reduzido, onde qualquer combinação de um ou mais prepregs conformados, prepregs voláteis reduzidos, assentamentos de prepregs e/ou assentamentos de prepregs voláteis reduzidos são montados e onde um ou mais são um prepreg volátil reduzido ou um assentamento de prepregs

voláteis reduzidos, os voláteis sendo ainda reduzidos pelo fluxo de gás não-condensante descrito acima.

[0008] Em outra forma de realização, é provido um assentamento de prepreg volátil reduzido. O assentamento de prepreg volátil reduzido compreende assentamentos voláteis reduzidos, produzidos de acordo com os métodos discutidos acima.

[0009] Em uma forma de realização adicional, é provido um método para fabricar um compósito reforçado com fibra. O método compreende introduzir um fluxo de um gás não-condensante, adjacente pelo menos a uma superfície de um prepreg conformado ou assentamento de prepreg dentro de um recinto, a fim de remover pelo menos uma parte dos componentes voláteis que são emitidos pelo assentamento de prepreg de uma posição adjacente à pelo menos uma superfície. Em uma outra forma de realização, um método de fabricação de compósito reforçado com fibra é provido, em que qualquer combinação de um ou mais assentamentos voláteis reduzidos, prepregs conformados, assentamentos de prepregs e/ou prepregs voláteis reduzidos descritos acima, em que pelo menos um é um prepreg volátil reduzido ou assentamento volátil reduzido, é realizado, consolidado e curado usando-se um de vácuo, pressão e calor dentro de um compósito reforçado com fibra tendo um formato selecionado.

[0010] Em outra forma de realização, um compósito reforçado com fibra é provido. O compósito compreende qualquer combinação de um ou mais prepregs conformados, prepregs voláteis reduzidos, assentamentos de prepregs e/ou assentamentos de prepregs voláteis reduzidos, onde pelo menos um é um prepreg volátil reduzido ou assentamento volátil reduzido, que são consolidados sob aplicação de pelo menos um de calor, pressão e vácuo, para formar um compósito polimérico reforçado com fibra, tendo uma porosidade variando entre cerca de 0 a 30 %

volume, com base no volume total de compósito polimérico reforçado com fibra.

[0011] Em uma outra forma de realização, um prepreg volátil reduzido é provido. O prepreg volátil reduzido compreende um prepreg volátil reduzido, formado de acordo com o método de remoção de componentes voláteis de um prepreg conformado discutido acima.

[0012] Em outra forma de realização, é provido um método para facilitar a ligação adesiva de componentes. O método compreende introduzir um adesivo dentro de uma interface entre dois ou mais componentes chamados uma unidade. O método compreende ainda introduzir um fluxo de um gás não-condensante adjacente à interface ou unidade, onde o gás transporta um ou mais componentes voláteis desprendidos do adesivo para longe da interface ou unidade.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0013] As Figuras 1A-1I ilustra formas de realização de um método de reduzir componentes voláteis de prepregs conformados e assentamentos de prepregs e compósitos formados deles;

[0014] As Figuras 2A-2B ilustram uma forma de realização de um mecanismo possível para a redução dos componentes voláteis de prepregs conformados e assentamentos de prepregs que empregam um fluxo de um gás não-condensante adjacente ao prepreg conformado e assentamentos de prepregs; e

[0015] As Figuras 3A-3C ilustram formas de realização de recintos que podem ser empregados para a remoção de componentes voláteis de prepregs e assentamentos de prepregs e a manufatura de partes compósitas destes prepregs e assentamentos.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

[0016] Os termos “aproximadamente”, “cerca de” e “substancialmente” como aqui usados representam uma quantidade próxima da quantidade citada que ainda realiza uma desejada função ou obtém um desejado resultado. Por exemplo, os termos “aproximadamente”, “cerca de” e “substancialmente” podem referir-se a uma quantidade que está dentro de menos do que 10% de, dentro de menos do que 5% de, dentro de menos do que 1% de, dentro de menos do que 0,1% de e dentro de menos do que 0,01% da quantidade citada.

[0017] A frase “pelo menos uma parte de” como aqui usada representa uma quantidade de uma quantidade total que pode variar de menos do que a quantidade total até e incluindo a quantidade total. Por exemplo, a expressão “pelo menos uma parte de” pode referir-se a uma quantidade que é maior do que 0,01% de, mais do que 0,1% de, maior do que 1% de, maior do que 10% de, maior do que 20% de, maior do que 30% de, maior do que 40% de, maior do que 50% de, maior do que 60%, maior do que 70% de, maior do que 80% de, maior do que 90% de, maior do que 95% de, maior do que 99% de e 100% do total. A expressão % em peso ou % p, como aqui usada, tem seu significado comum como conhecido daqueles hábeis na arte.

[0018] A expressão “temperatura ambiente” como aqui usada tem seu significado comum como conhecido daqueles hábeis na técnica e pode incluir temperaturas dentro da faixa de cerca de 16°C (60°F) a 38°C (100°F).

[0019] O termo “fibra” como aqui usado tem seu significado comum como sabido por aqueles hábeis na técnica e pode incluir um ou mais materiais fibrosos, adaptados para o reforço de compósitos. As fibras podem tomar a forma de partículas, flocos, pelos, fibras curtas, fibras contínuas, filamentos, estopas, feixes, lâminas, camadas e combinações dos mesmos. As fibras contínuas podem ainda adotar qualquer uma das

configurações unidirecional, multidimensional (p. ex., bi ou tridimensional), não-tecido, tecido, tricotado, costurado, enrolado e entrançado, bem como estruturas de esteira em redemoinho, esteira de feltro e esteira picada. As estruturas de fibra tecida podem compreender uma pluralidade de estopas tecidas, tendo menos do que cerca de 1000 filamentos, menos do que cerca de 3000 filamentos, menos do que cerca de 6000 filamentos, menos do que cerca de 12000 filamentos, menos do que cerca de 24000 filamentos, menos do que cerca de 48000 filamentos, menos do que cerca de 56000 filamentos e menos do que cerca de 125000 filamentos. Em outras formas de realização, as estopas podem ser mantidas em posição por pontos de estopa cruzados, pontos de tricotagem por inserção de trama ou uma pequena quantidade de resina, tal como uma resina termoplástica.

[0020] A composição das fibras pode ser variada, como necessário. As formas de realização da composição de fibra podem incluir mas não são limitadas a vidro, carbono, aramida, quartzo, polietileno, poliéster, poli-p-fenileno-benzobisoxazol (PBO), boro, poliamida e grafite, carbeto de silício, nitreto de silício, Astroquartz<sup>(R)</sup>, Tyranno<sup>(R)</sup>, Nestel<sup>(R)</sup> e Nicalon<sup>(R)</sup>, e combinações dos mesmos.

[0021] Os termos “matriz”, “resina” e “resina matriz” como aqui usados têm seu significado comum como conhecido por aqueles hábeis na técnica e podem incluir um ou mais compostos compreendendo materiais termocurados e/ou termoplásticos. Exemplos podem incluir mas não são limitados a epóxis, agentes de cura epóxi, fenólicos, fenóis, cianatos, polímidas (p. ex., imidas, poliimidas, bismaleimida (BMI), polieterimidas), poliésteres, benzoxazinas, polibenzoxazinas, polibenzoxazonas, polibenzimidazóis, polibenzotiazóis, amidas, poliamidas, ésteres, poliésteres, poliamidimidas, polissulfonas, poliéter sulfonas, policarbonatos, polietileno tereftalatos, cianatos e poliéter cetonas (p. ex., poliéter cetona (PEK), poliéter

éter cetona (PEEK), poliéter cetona cetona (PEKK) e similares), combinações dos mesmos e precursores dos mesmos.

[0022] O processamento de algumas destas resinas, por exemplo, resinas de poliamida e poliimida, podem ser aperfeiçoadas pelo uso de cápsulas extremas reativas ou não reativas. Exemplos de cápsulas extremas podem incluir mas não são limitados a compostos nádicos e nádicos substituídos, tais como imida ná dica e alilnadicimida, compostos de etinila e compostos de etinila substituída, tais como compostos de feniletinila e feniletinila ftálicos e compostos olefúricos.

[0023] As matrizes, como discutido aqui, podem ainda compreender aditivos. Tais aditivos podem ser providos para influenciar uma ou mais de propriedades mecânica, reológica, elétrica, óptica, química e/ou térmica da matriz. Tais aditivos podem ainda compreender materiais que quimicamente reagem com a matriz ou não são reativos com a matriz. Os aditivos podem ser qualquer combinação de solúvel, insolúvel ou parcialmente solúvel. A distribuição do tamanho e a geometria de tais aditivos podem também ser variadas, como necessário. Por exemplo, o tamanho dos aditivos pode variar entre dimensões de nanoescala (aproximadamente 1 nm – 100 nm), dimensões de microescala (aproximadamente 100 nm – 100 µm) e dimensões de macroescala, maiores do que cerca de 100 µm. Em outros exemplos, os aditivos podem ser configurados em geometrias incluindo mas não limitadas a partículas, flocos, bastões, fibras e similares. Em exemplos adicionais, os aditivos podem ser distribuídos dentro de uma área selecionada da matriz (p. ex., adjacente a uma superfície da matriz ou nas interfaces de dobras) ou uniformemente distribuídos ou dissolvidos dentro da matriz. Exemplos de aditivos podem incluir mas não são limitados a substâncias orgânicas e inorgânicas, tais como termoplásticos, borrachas, nanoborrachas, termocuráveis, retardantes de chama, protetores ultravioleta (UV), espessantes

(p. ex., Carbosil<sup>(R)</sup>) e reforços para aumentar uma ou mais de resistência, viscosidade, tolerância a avaria, dureza, resistência a fendimento, resistência a desgaste (p. ex., borrachas, cerâmicas e/ou vidros).

[0024] Os termos “cura” e “curando” como aqui usados têm seu significado comum, como conhecido daqueles hábeis na técnica e podem incluir processos de polimerização e/ou reticulação. A cura pode ser realizada por processos que incluem mas não são limitados a aquecimento, exposição a luz ultravioleta e exposição a radiação. Em certas formas de realização, a cura pode ocorrer dentro da matriz. Antes da cura, a matriz pode ainda compreender um ou mais compostos que são, próximo da temperatura ambiente, líquidos, semissólidos, sólidos cristalinos e combinações dos mesmos. Em outras formas de realização, a matriz dentro do prepreg pode ser formulada e/ou parcialmente curada a fim de exibir uma pegajosidade ou pega selecionada. Em certas formas de realização, a consolidação e cura podem ser realizadas em um único processo.

[0025] O termo “consolidação”, como aqui usado, tem seu significado comum como conhecido daqueles hábeis na técnica e pode incluir processos em que a resina ou material matriz flui a fim de deslocar espaços vazios dentro e adjacentes às fibras. Por exemplo, “consolidação” pode incluir mas não é limitada a fluxo de matriz para dentro de espaços vazios entre e dentro das fibras e prepregs e similares. “Consolidação” pode ainda ocorrer sob a ação de um ou mais de calor, vácuo e pressão aplicada.

[0026] O termo “impregnado” como aqui usado tem seu significado ordinário como sabido por aqueles hábeis na técnica e pode incluir a introdução de um material matriz entre ou adjacente a uma ou mais fibras. A matriz pode tomar a forma de películas, pós, líquidos e combinações dos mesmos. A impregnação pode ser facilitada pela aplicação de um ou mais de calor, pressão e solventes.

[0027] O termo “prepreg” como aqui usado tem seu significado comum como conhecido daqueles hábeis na técnica e pode incluir uma ou mais lâminas de fibras que foram total ou parcialmente impregnadas com um material matriz. A matriz pode também estar presente em um estado parcialmente curado.

[0028] A expressão “prepreg conformado” como aqui usada tem seu significado comum como sabido daqueles hábeis na técnica e pode incluir prepregs que possuem uma configuração geométrica selecionada. A configuração geométrica selecionada pode compreender geometrias planares, curvatura em uma ou mais dimensões e combinações dos mesmos. Em uma forma de realização, um prepreg pode ser conformado por impregnação de uma preforma de fibra tendo a configuração geométrica selecionada. Em outras formas de realização, o prepreg pode ser deformado de uma primeira configuração geométrica para uma segunda configuração geométrica selecionada. Em certas formas de realização, o prepreg pode possuir suficiente integridade, de modo que o prepreg conformado possa manter a configuração geométrica selecionada após deformação, sem restrição. Em outras formas de realização, o prepreg pode ser deformado e restringido em posição por um ou mais moldes ou outros dispositivos de conformação. Em uma forma de realização não-limitante, um prepreg conformado pode compreender um prepreg que possua suficiente drapejamento, a fim de conformar-se com pelo menos uma parte de um molde ou outro dispositivo de conformação, a fim de adotar a configuração geométrica selecionada.

[0029] A expressão prepreg volátil reduzido como aqui usado inclui prepregs conformados, que foram expostos a um fluxo de gás não-condensante, a fim de remover uma quantidade selecionada de componentes voláteis de um prepreg conformado. Em certas formas de

realização, os preregs voláteis reduzidos podem possuir uma concentração de componentes voláteis menor do que cerca de 30 % em peso. Em outras formas de realização, o prereg volátil reduzido pode ser menor do que cerca de 10 % em peso.

[0030] As expressões “assentamento de prereg” e “assentamento de prereg conformado”, como aqui usadas, têm seu significado comum como sabido daqueles hábeis na técnica e podem incluir uma pluralidade de preregs que são colocados adjacentes entre si. Em certas formas de realização, os preregs dentro do assentamento podem ser posicionados em uma orientação selecionada em relação entre si. Por exemplo, os assentamentos de preregs podem compreender preregs tendo arquiteturas de fibra unidirecionais, com as fibras orientadas a 0°, 90° ou um ângulo selecionado  $\theta$  e combinações dos mesmos, com respeito a uma dimensão do assentamento, tal como o comprimento ou largura. Pode ser ainda entendido que, em certas formas de realização, os preregs tendo qualquer combinação de arquiteturas, tais como unidirecional e multi-dimensional, podem ser combinados para formar o assentamento de prereg. Um assentamento de prereg pode ser conformada ao ser colocada sobre, dentro ou adjacente a um molde ou outro dispositivo de aprisionamento. Outras formas de realização de um assentamento de prereg pode incluir uma pluralidade de preregs conformados que são similarmente colocados adjacentes entre si.

[0031] Em uma outra forma de realização, um assentamento de prereg pode ser costurada junto com um material de enfiar, a fim de inibir o movimento relativo dos preregs de uma orientação selecionada. Os assentamentos de preregs podem ser manufaturadas por técnicas incluindo mas não limitadas o assentamento manual, assentamento de fita automatizada (ATL), colocação avançada de fibra (AFP) e enrolamento

de filamento, infusão de película de resina (RFI) ou moldagem por transferência de resina (RTM). O assentamento de prepreg ou assentamento de prepreg volátil reduzido pode ainda incluir outros materiais, exemplos não limitantes sendo favo de mel, núcleo de espuma ou outros materiais, por exemplo, enrijecedores metálicos.

[0032] As expressões “assentamento volátil reduzido” e “assentamento de prepreg volátil reduzido” como aqui usadas incluem assentamentos de prepregs conformados, que foram expostas a um fluxo de gás não-condensante em um recinto, a fim de remover uma quantidade selecionada de componentes voláteis de um assentamento de prepreg conformado. Em certas formas de realização, os assentamentos de prepregs voláteis reduzidos podem possuir uma concentração de componentes voláteis menor do que cerca de 30 % em peso. Outras formas de realização de assentamentos de prepregs voláteis reduzidos podem incluir um assentamento de prepreg compreendendo uma pluralidade de prepregs voláteis reduzidos. Em outra forma de realização, o assentamento de prepreg volátil reduzido pode ser qualquer combinação de prepregs conformados, prepregs voláteis reduzidos, assentamentos, e/ou assentamentos voláteis reduzidos, onde pelo menos um teve os componentes voláteis reduzidos por um fluxo de gás não-condensante descrito acima. Em outra forma de realização, os assentamentos de prepregs voláteis reduzidos após montagem podem ter os componentes voláteis reduzidos mais pelo fluxo de gás não-condensante.

[0033] As expressões “componente volátil” e “voláteis” como aqui usadas têm seu significado comum como sabido por aqueles hábeis na técnica e podem incluir compostos que têm uma pressão de vapor de modo que pelo menos uma parte do componente volátil possa vaporizar em temperaturas até cerca de 300°C. Exemplos podem incluir mas não limitados a gases dissolvidos dentro da resina matriz (p. ex., ar, nitrogênio, oxigênio,

água), solventes incluindo mas não limitados a alcoóis, solventes clorados, hidrocarbonetos, dimetilacetamida e N-metilpirrolidona (NMP) e compostos produzidos por reação, tais como alcoóis, ácidos orgânicos, água e outras espécies voláteis.

[0034] As formas de realização da presente descrição provêm métodos para a remoção de componentes voláteis de preregs conformados, assentamentos de preregs e/ou assentamentos de preregs voláteis reduzidos. Outras formas de realização da presente descrição provêm compósitos formados de preregs voláteis reduzidos e assentamentos de preregs voláteis reduzidos. Em algumas formas de realização, um ou mais preregs conformados, assentamentos de preregs e/ou assentamentos voláteis reduzidos são colocados dentro de um recinto e um gás não-condensante é introduzido dentro e removido do recinto simultânea ou sequencialmente, adjacente pelo menos a uma superfície do prereg conformado, assentamento de prereg e/ou assentamento volátil reduzido. Opcionalmente, um de calor, pressão e/ou vácuo pode ser aplicado para facilitar a remoção de volátil. Exemplos de gases não-condensantes adequados podem incluir mas não são limitados a ar, nitrogênio, oxigênio, neônio, argônio, metano, etano, etileno, propano, hidrogênio, hélio e combinações dos mesmos. O fluxo de gás não-condensante auxilia na remoção de componentes voláteis, tais como solventes, do prereg conformado, assentamentos de preregs ou assentamentos de preregs voláteis reduzidos aumentando pelo menos a taxa e/ou a completeza em que os componentes voláteis são removidos. Em certas formas de realização, os preregs conformados, assentamentos de preregs ou assentamentos voláteis reduzidos podem ser submetidos a calor, pressão, vácuo e combinações dos mesmos, para auxiliar ainda na evolução e remoção dos componentes voláteis. Combinações de preregs conformados, assentamentos de preregs

voláteis reduzidos, prepregs voláteis reduzidos e assentamentos de prepregs, onde pelo menos um é volátil reduzido, como descrito, podem ainda ser submetidas a calor, com pressão e/ou vácuo, para formar estruturas compósitas.

[0035] Em certas formas de realização, a perda da resina matriz do prepreg conformado ou assentamentos de prepregs, p. ex., sangria, que ocorre quando removendo-se componentes voláteis, pode ser reduzida usando-se um fluxo de gás não-condensante. Efeitos subordinados, associados com sangria excessiva, tais como bloqueio de passagens de matriz e fluxo de gás, podem também ser melhorados pelo uso de um fluxo de gás não-condensante, para remover componentes voláteis de prepregs conformados, assentamentos de prepregs e assentamentos de prepregs voláteis reduzidos. Por exemplo, em certas formas de realização, cerca de 0 a 30 % em peso dos sólidos de matriz, com base no peso total dos sólidos de matriz antes da remoção dos componentes voláteis, podem sangrar quando fabricando-se prepregs voláteis reduzidos ou assentamentos de prepregs voláteis reduzidos, de acordo com as formas de realização descritas. Como discutido, o fluxo de gás não-condensante pode aumentar a taxa ou a completeza da remoção dos componentes voláteis, tais como solventes, dos prepregs conformados, assentamentos de prepregs ou assentamentos de prepregs voláteis reduzidos. Sem ficarmos presos a uma teoria particular, a remoção de voláteis, por sua vez, pode fazer com que a viscosidade da matriz aumente em uma taxa mais rápida do que seria conseguido ausente o fluxo de gás não-condensante, inibindo o fluxo da matriz dos prepregs conformados, assentamentos de prepregs ou assentamentos de prepregs voláteis reduzidos. Em uma outra forma de realização, a remoção dos componentes voláteis pode fazer com que os componentes da resina de matriz para formar cristais que podem ainda inibir a sangria e podem promover o transporte de volátil de camada para

camada. Beneficamente, mantendo-se uma maior parte do volume de partida da matriz dentro dos preregs conformados, assentamentos de preregs ou assentamentos de preregs voláteis reduzidos, um volume reduzido de matriz em excesso é necessário para compensar a sangria, reduzindo o custo de manufaturar componentes compósitos.

[0036] Em outras formas de realização, o uso de um fluxo de gás não-condensante para remover componentes voláteis de preregs conformados, assentamentos de preregs ou assentamentos voláteis reduzidos pode inibir o desenvolvimento de fibras desalinhadas da parte compósita. Quando preregs ou preregs conformados são empilhados em um assentamento de prereg, as fibras são geralmente alinhadas em orientações selecionadas para resistência. Sem ficarmos ligados a teoria, acredita-se que, quando os componentes de matriz são volatilizados e desprendem-se do prereg conformado, o assentamento de prereg ou assentamento volátil reduzido, um excesso de componentes volatilizados pode desenvolver-se dentro do prereg conformado, assentamento de prereg ou assentamento volátil reduzido, se sua taxa de desprendimento for maior do que sua taxa de remoção do prereg conformado, assentamento de prereg ou assentamento volátil reduzido, exercendo uma pressão que desloca as fibras. As fibras que são deslocadas podem ainda enrugar, quando elas tendem a não ficarem planas após serem deslocadas. Tanto o deslocamento como o enrugamento da fibra podem mover as fibras de sua orientação pretendida e podem enfraquecer a resistência do compósito. Removendo-se os componentes voláteis em uma taxa suficiente do prereg conformado ou assentamento de prereg, a quantidade de gás excedente que se acumula dentro do prereg conformado, assentamento de prereg ou assentamento volátil reduzido durante a redução de volátil, consolidação e/ou cura, pode ser grandemente

reduzida, reduzindo a probabilidade de deslocamento da fibra durante a consolidação e cura.

[0037] Em uma forma de realização, o deslocamento da fibra pode ser quantificado em um ângulo em que uma fibra unidirecional ou uma fibra contínua de uma estrutura de fibra tecida é posicionada com respeito a uma direção selecionada. Por exemplo, uma fibra apropriadamente alinhada demonstraria um ângulo de cerca de  $0^\circ$  com respeito a uma direção selecionada. Em certas formas de realização, o deslocamento da fibra pode ser caracterizado por microscopia.

[0038] Em formas de realização adicionais, o uso de um fluxo de gás não-condensante para remover componentes voláteis de um prepreg conformado, assentamento de prepreg ou assentamento volátil reduzido pode simplificar o processo de fabricação. Por exemplo, um prepreg conformado, assentamento de prepreg ou assentamento volátil reduzido pode ser submetido a um fluxo de um gás não-condensante, em combinação com pressão térmica e/ou vácuo, a fim de propender os componentes voláteis dentro das matrizes do prepreg conformado, prepreg volátil reduzido ou assentamento de prepreg para entrar na fase gás, despende-se do prepreg conformado, prepreg volátil reduzido ou assentamento de prepreg e ser transportado para longe do prepreg conformado ou assentamento de prepreg. Vantajosamente, uma tal operação pode remover uma quantidade comparável de teor de volátil que pode ser conseguida por aplicação de calor e pressão apenas, porém em uma taxa mais rápida ou para uma mais elevada completeza.

[0039] Em outras formas de realização, o uso de um fluxo de gás não-condensante para remover os componentes voláteis de um prepreg conformado ou assentamento de prepreg pode possibilitar a fabricação de compósitos maiores, mais complexos do que tem sido tradicionalmente

possível. À medida que o tamanho de uma parte componente é aumentada, o volume do material matriz, dentro de um prepreg conformado, assentamento de prepreg ou assentamento volátil reduzido, usado para formar a parte compósita, é também aumentado, resultando em maior sangria de matriz do prepreg conformado, assentamento de prepreg ou assentamento volátil reduzido, em comparação com menores partes de compósito. Além disso, significativamente mais tempo é necessário para remover os componentes voláteis dos assentamentos de prepregs para grandes partes compósitas, em comparação com menores partes compósitas. Introduzindo-se um fluxo de gás não-condensante através do recinto contendo um prepreg conformado, assentamento de prepreg ou assentamento volátil reduzido, a quantidade de sangria de matriz exibida pelo prepreg conformado, assentamento de prepreg ou assentamento volátil reduzido e/ou o tempo necessário para remover os componentes voláteis do prepreg conformado, assentamento de prepreg ou assentamento volátil reduzido, pode ser reduzida, facilitando a fabricação de grandes partes de compósito e reduzindo-se a porosidade e/ou sangria. Estas e outras vantagens das formas de realização descritas são discutidas em detalhe abaixo.

[0040] As figuras 1A-1I ilustram formas de realização de um método de manufaturar prepregs voláteis reduzidos, assentamentos de prepregs voláteis reduzidos e compósitos formados usando-se estes prepregs voláteis reduzidos e assentamentos de prepregs voláteis reduzidos. Dependendo da forma de realização, o método das Figuras 1A-1I pode incluir menos etapas ou etapas adicionais e as etapas podem ser realizadas em uma diferente ordem, como necessário, sem desvio do escopo das formas de realização descritas.

[0041] Em uma forma de realização, Figuras 1A-1B, os prepregs 104 podem ser manufaturados por impregnação de uma matriz 100,

na forma de sólidos, películas semi-sólidas, pós e líquidos, em fibras 102, com ou sem aplicação de pressão térmica e/ou vácuo. A impregnação pode ser realizada usando-se numerosas técnicas, incluindo mas não limitado a processos de solução, tais como imersão de solução e pulverização de solução, processos de fusão e trabalho, tais como fusão direta e calandragem de película, e transferência de resina (RTM), transferência de resina assistida por vácuo (VARTM) ou infusão de película de resina (RFI). Estes processos são projetados para trazer pelo menos uma parte das fibras 102 em contato com a matriz 100 em um estado escoável ou maleável e impregnar as fibras 102 com a matriz 100. Para facilitar o processo de assentamento, a pega do prepreg pode ser ajustada desta maneira durante e/ou após a impregnação de matriz pelo teor de solvente da resina de matriz.

[0042] Em processos de imersão de solução, as fibras 102 podem ser passadas através de um banho de sólidos de matriz, que são dissolvidos dentro de um solvente. Quando as fibras 102 passam através do banho, elas pegam uma quantidade de sólidos de matriz que varia com fatores tais como a velocidade em que as fibras 102 são passadas através do banho e a concentração dos sólidos de matriz dentro do banho. Em processos de pulverização de solução, uma quantidade selecionada de sólidos de matriz é pulverizada sobre a fibra 102. Em cada caso de processamento de solução, a fibra impregnada 102 pode ser aquecida após exposição ao banho ou pulverização, a fim de substancialmente ajustar o teor de solvente e ajustar, por exemplo, o manuseio do prepreg.

[0043] Em processos de fusão direta, a matriz 100 é provida como um revestimento diretamente sobre a fibra 102 em uma temperatura elevada. Na temperatura da aplicação, a matriz 100 é suficientemente escoável a fim de impregnar pelo menos uma parte das fibras 102. Alternativamente, na calandragem de película, a matriz 100 é moldada

em uma película da massa em fusão ou solução. A fibra 102 é subsequentemente intercalada entre uma ou mais películas de matriz e calandrada para trabalhar a película de matriz na fibra 102. Em cada caso, a fibra impregnada 102 pode ser aquecida e/ou solvente pode ser adicionado a fim de substancialmente ajustar o teor de solvente e ajustar, por exemplo, a flexibilidade do prepreg.

[0044] Em RTM e VARTM, a matriz 100 é injetada em um molde ou molde que contenha as fibras 102. As fibras 102 são providas como uma preforma de fibra seca ou uma preforma pré-impregnada com menos do que a quantidade desejada de matriz 100. A matriz 100 é então introduzida dentro do molde com ou sem um solvente veículo. Sob a influência da gravidade, pressão e ação capilar (RTM) ou gravidade, ação capilar e vácuo (VARTM) a matriz 100 entra nas fibras 102. Em RFI, uma película é usada para prover resina e tipicamente colocada adjacente às fibras, tais como em um molde ou saco de vácuo.

[0045] O teor de fibra do prepreg 104 pode ser variado, como ditado pela aplicação. Em uma forma de realização, a fração de peso da fibra 102 pode variar entre cerca de 20 a 80 % em peso, com base no peso total do prepreg 104.

[0046] O teor e composição da matriz 100 dentro do prepreg 104 podem também ser variados, como necessário. Em uma forma de realização, os sólidos de matriz dentro do prepreg 104 podem variar entre aproximadamente 20 a 80 % em peso, com base no peso total do prepreg 104. Em uma forma de realização, múltiplos solventes podem ser vantajosos. Um exemplo não limitante é uma mistura de metanol e propanol, onde os diferentes pontos de ebulição provêm um desprendimento mais controlável das espécies voláteis, tornando prepreg conformado, assentamento de prepreg

e/ou assentamento volátil reduzido menos susceptíveis a dobra e movimento de vidra. Outro exemplo não limitante é uma mistura de 3 ou 4 solventes.

[0047] A matriz 100 pode ainda compreender um ou mais solventes veículo que reduzem a viscosidade da matriz 100, facilitando a impregnação e manuseio do prepeg. Exemplos podem incluir mas não são limitados a alcoóis, solventes clorados, hidrocarbonetos, N-metilpirrolidona (NMP) e dimetilacetamida. Em certas formas de realização, o solvente está presente dentro do prepeg 104 em uma concentração de cerca de 1 a 60 % em peso com base no peso total do prepeg 104.

[0048] Os preregs assim formados são ainda conformados antes da redução de solvente. Em uma forma de realização, um prepeg 104 pode ser conformado por impregnação de uma preforma de fibra tendo uma configuração geométrica selecionada. A configuração geométrica selecionada pode compreender geometrias planares, curvatura em uma ou mais dimensões e combinações dos mesmos. Em outras formas de realização, o prepeg 104 pode ser deformado de uma primeira geometria para uma segunda geometria selecionada. Em certas formas de realização, o prepeg 104 pode possuir suficiente integridade, de modo que o prepeg possa manter a configuração geométrica selecionada após deformação, sem restrição. Em outras formas de realização, o prepeg 104 pode ser aprisionado em posição por um molde 116 ou outro dispositivo conformante. O molde 116 pode ainda compreender textura e/ou outros detalhes de superfície e através da espessura, como necessário. Em uma forma de realização não limitante, um prepeg conformado pode compreender preregs que possuem suficiente drapejamento, a fim de conformarem-se com pelo menos uma parte de um molde ou outro dispositivo de conformação, a fim de adotar a configuração selecionada.

[0049] Como ilustrado nas Figuras 1D, o prepeg conformado 104A pode ser colocado dentro de um recinto 110, por exemplo, um saco de vácuo ou forno ou prensa e exposto a um fluxo de gás não-condensante 112 para a remoção de pelo menos uma parte de seus componentes voláteis 114, para formar um prepeg volátil reduzido 106. Por exemplo, em uma forma de realização, o prepeg 104 pode ser conformado pela colocação de pelo menos uma parte dos prepegs 104 adjacentes a ou em contato com o molde 116, enquanto exposto a um fluxo de gás não-condensante 112.

[0050] Em certas formas de realização, os prepegs conformados 104A são adicionados a um recinto 110 para redução de voláteis, como na Figura 1D. Em formas de realização alternativas, o prepeg conformado 104A pode ser preparado dentro do recinto 110. Por exemplo, uma preforma de fibra conformada seca pode ser introduzida dentro do recinto 110 e impregnada com a matriz 100 para formar o prepeg conformado 104A. Em ainda outras formas de realização, o prepeg conformado 104A pode conter menos do que uma quantidade selecionada de matriz 100 e pode ser ainda impregnado com matriz adicional 100 dentro do molde 116, para formar o prepeg conformado 104A.

[0051] O fluxo do gás não-condensante 112 pode ser injetado e removido do recinto 110 a fim de reduzir o teor dos componentes voláteis 114 do prepeg conformado 104A e produzir prepeg volátil reduzido 106 como na Figura 1D. Em uma forma de realização, o gás não-condensante 112 pode ser introduzido em e removido do recinto 110 contendo prepeg conformado 104A, em uma taxa selecionada por um período de tempo selecionado, a fim de produzir prepeg volátil reduzido 106, tendo uma concentração de componentes voláteis que é menor do que aquela do prepeg conformado 104A. Em outra forma de realização, o gás não-condensante 112

pode ser permitido fluir adjacente a pelo menos uma superfície do prepreg conformado 104A em uma taxa selecionada por um tempo selecionado, produzindo prepreg volátil reduzido 106, tendo uma concentração de componentes voláteis que é menor do que aquela do prepreg conformado 104A. O gás não-condensante 112 pode compreender espécie gasosa, incluindo mas não limitado a ar, oxigênio, nitrogênio, neônio, argônio, metano, etano, etileno, propano, hidrogênio, hélio e combinações dos mesmos.

[0052] O gás não-condensante 112 pode ser introduzido e removido do recinto 110 em uma variedade de maneiras. Em uma forma de realização, o gás não-condensante 112 pode ser introduzido e removido do recinto 110 continuamente. Em outras formas de realização, o gás não-condensante 112 pode ser adicionado e removido do recinto 110 em escalonadamente, em vez de em um fluxo contínuo. A entrada e a saída para adição e remoção do gás não-condensante 112 do recinto 110 podem ser as mesmas ou diferentes, como necessário.

[0053] O prepreg volátil reduzido 106 assim formado pode ser empregado para formar assentamentos de prepregs voláteis reduzidos 122. Em uma forma de realização, um ou mais prepregs voláteis reduzidos 106 podem ser empilhados para formar o assentamento de prepreg volátil reduzido 122 (Figura 1E). Em uma outra forma de realização, o assentamento de prepreg volátil reduzido 122 pode compreender um ou mais prepregs voláteis reduzidos 106 e/ou assentamento de prepreg volátil reduzido 122 e/ou prepregs conformados 104A e/ou assentamentos de prepregs 120 (Figura 1E). Em uma outra forma de realização, o assentamento de prepreg volátil reduzido 122 pode consistir inteiramente de uma pluralidade de prepregs voláteis reduzidos 106. Na forma de realização acima da Fig. 1E, a operação de redução de volátil é opcional, contanto que pelo menos um seja um prepreg

volátil reduzido 106 ou assentamento volátil reduzido 122. Em formas de realização alternativas, Figuras 1H-1I, os assentamentos de preregs voláteis reduzidos 122 são formados realizando-se as operações de redução de voláteis discutidas acima sobre assentamentos de preregs 120, em vez de quaisquer combinações como discutido acima. Em um tal caso, o processo de redução de voláteis deve ser empregado para produzir o assentamento de prepeg volátil reduzido 122.

[0054] Em outras formas de realização, o processo de redução de voláteis discutido acima, com respeito ao prepeg conformado 104A, pode ser realizado em prepeg volátil reduzido 106 ou assentamento de prepeg volátil reduzido 122, sozinho ou em combinação com prepeg conformado 104A ou assentamento de prepeg 120, sem limite. Por exemplo, o prepeg volátil reduzido 106 e assentamento de prepeg volátil reduzido 122 podem ser repetidamente submetidos a redução de volátil por exposição a um fluxo de gás não-condensante 112, a fim de obter-se um teor de volátil selecionado.

[0055] A quantidade dos componentes voláteis removidos do prepeg conformado 104A ou assentamento de prepeg conformado 120 ou assentamento volátil reduzido 122 no processo de redução de volátil pode ser variada, como necessário. Em uma forma de realização, o prepeg volátil reduzido e o assentamento de prepeg volátil reduzido 106, 122 podem compreender cerca de 0 – 99% dos componentes voláteis contidos dentro do prepeg conformado 104A, assentamentos de preregs 120 ou assentamentos voláteis reduzidos 122. Isto é, aproximadamente 1 – 100% do teor de volátil dentro do prepeg conformado 104A, assentamentos de preregs conformados 120 ou assentamentos de preregs voláteis reduzidos 122 podem ser removidas na formação dos preregs voláteis reduzidos 106 e assentamento de prepeg volátil reduzido 122. Em outras formas de realização, a

viscosidade da matriz nos prepregs voláteis reduzidos 106 e assentamentos de prepregs voláteis reduzidos 122, após remoção de uma quantidade selecionada de componentes voláteis, é mais elevada do que no prepeg conformado 104A, o assentamento de prepeg 120 ou assentamento reduzida prepeg volátil 122, antes da redução do volátil. Em outras formas de realização, alguns dos componentes dos prepregs voláteis reduzidos 106 ou assentamentos voláteis reduzidos 122 podem cristalizar-se, o que pode promover, por exemplo, movimento volátil de camada para camada.

[0056] Em outra forma de realização, poros, furos ou penetrações podem ser feitos dentro dos prepregs 104, prepregs conformados 104A, assentamentos de prepregs 120, prepregs voláteis reduzidos 106 e camadas reduzidas 122, para promover movimento de volátil de camada para camada maior do que 0,1 mm ou menor do que 20 mm.

[0057] Sem ficarmos presos a teoria, acredita-se que, em certas formas de realização, pelo menos uma parte dos componentes voláteis dentro da matriz 100 emitam gases 114, tais como os solventes volatilizados e/ou outros produtos de reação volatilizados, que se deslocam através do interior 204 do prepeg conformado e assentamento de prepeg conformado 104A, 120 para suas superfícies externas, tais como superfícies externas 202A, ilustrada na Figura 2A. O fluxo de gás não-condensante 112 adjacente a pelo menos uma superfície externa do prepeg conformado 104A ou assentamento de prepeg 120, ou assentamento volátil reduzido 122, tal como superfície externa 202A, pressionam os gases desprendidos 114 para longe do prepeg conformado 104A, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 e para fora do recinto 110.

[0058] Os prepregs voláteis reduzidos e camadas prepregs voláteis reduzidas 106, 122 assim formados possuem uma quantidade selecionada de solventes e outros voláteis que facilitam o processamento da

parte compósita 124. O teor de solvente de um prepreg conformado varia entre cerca de 1 a 50 % em peso, por exemplo, cerca de 15 % em peso, com base no peso total do prepreg conformado 104A. O teor de solvente de um prepreg volátil reduzido 106 varia entre cerca de 0 a 40 % em peso, por exemplo, menos do que 10 % em peso, com base no peso total do prepreg volátil reduzido 106. A viscosidade da matriz dentro do prepreg conformado 104A é também menor do que a viscosidade da matriz dentro do prepreg volátil reduzido 106 ou assentamento de prepreg volátil reduzido 122.

[0059] A vazão do gás não-condensante 112 pode ser variada, dependendo dos parâmetros, incluindo mas não limitado ao tamanho e geometria do prepreg conformado ou assentamento de prepreg 104A, 120. Em certas formas de realização, a maneira de adição e remoção de gás não-condensante pode ser variada. Em uma forma de realização de fluxo contínuo do gás não-condensante 112, a vazão pode ser maior do que 0,001 ml/s. Em outras formas de realização, a vazão pode variar entre cerca de 0,001 a 1000 ml/s.

[0060] As Figuras 3A-3C ilustram uma forma de realização do recinto 110 mais detalhadamente. Em certas formas de realização, o recinto 110 pode ser configurado para prover calor 300, pressão 302, vácuo e combinações dos mesmos 110. Em outras formas de realização, o calor 300, pressão 302 e/ou vácuo podem ser providos ao recinto 110 antes, durante e/ou após introdução do fluxo de gás não-condensante 112, a fim de facilitar a remoção dos componentes voláteis de um prepreg conformado 104A ou assentamento de prepreg 120. Em outras formas de realização, o recinto 110 pode também ser empregado para prover qualquer combinação de calor 300, pressão 302 e vácuo, a fim de facilitar a consolidação e cura do prepreg desvolatizado 105, assentamentos de prepregs 122 dentro das partes compósitas 124, como ilustrado nas Figuras 1E-1F.

[0061] Por exemplo, como ilustrado na forma de realização da Figura 3A, o recinto 110 pode compreender uma estrutura capaz de aplicar pelo menos um calor 300, pressão 302 e vácuo a um prepreg conformado 104A, um prepreg volátil reduzido 106, um assentamento de prepreg 120 ou um assentamento de prepreg volátil reduzido 122 sofrendo redução de volátil, tal como fornos e autoclaves. Em formas de realização alternativas, o recinto 110 pode ser configurado para colocação em um dispositivo capaz de adicionar calor, vácuo e/ou pressão, por exemplo, um forno, autoclave e/ou prensa. Por exemplo, em uma forma de realização, o fluxo de gás não-condensante 112 pode ser introduzido no prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106 ou assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 em um forno para produzir um prepreg volátil reduzido ou assentamento volátil reduzido 106, 122, respectivamente. Subsequentemente, o prepreg volátil reduzido ou assentamento volátil reduzido 106,122 podem ser transferidas para um autoclave ou prensa para consolidação e cura, para formar uma parte compósita 124. Em outra forma de realização, um prepreg volátil reduzido ou assentamento de prepreg volátil reduzido 106, 122, respectivamente, podem ser manufaturados em um autoclave ou prensados sob pressão.

[0062] Em formas de realização em que o prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 são aquecidos durante a desvolatilização, a temperatura final pode depender da composição do prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 e pode ainda compreender uma temperatura que seja aproximadamente igual ao ponto de ebulição de pelo menos um solvente dentro da matriz 100. Por exemplo, quando reduzindo os voláteis em um prepreg conformado 104A, o prepreg volátil reduzido 106,

assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 contendo etanol, a temperatura pode igualar aproximadamente 88°C a 110°C. Em outra forma de realização, a temperatura pode ser maior do que 70%, maior do que 75%, maior do que 80%, maior do que 85%, maior do que 90% ou maior do que 95% do ponto de ebulição de pelo menos um solvente da matriz 100.

[0063] Em certas formas de realização, pode ser vantajoso aquecer o prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 lentamente durante a desvolatização, visto que o aquecimento durante longos tempos pode permitir o desprendimento de gases para difundirem-se fora do prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 e serem removidos pelo fluxo de gás não-condensante 112. Em certas formas de realização, a taxa de aquecimento pode variar entre cerca de 0,01 a 5°C/min. Vantajosamente, selecionando-se a temperatura final e/ou a taxa de aquecimento com respeito ao ponto de ebulição dos solventes dentro da matriz 100, podem ser inibidos a ebulição ou rápido desprendimento dos solventes e voláteis, resultando em deslocamento das fibras 102.

[0064] Em outras formas de realização, o recinto 110 pode ser capaz de aplicar e/ou suportar um vácuo aplicado. Por exemplo, o recinto 110 pode ainda compreender um recinto de vácuo ou saco de vácuo 306 bem conhecido na arte, que forma aproximadamente uma região hermética a gás, em que o prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 podem ser colocados. O vácuo aplicado pode ser provido por uma fonte de vácuo em comunicação com um respiradouro de gás 304 do recinto 110. O vácuo aplicado pode ainda ser variado ou mantido constante, enquanto os componentes voláteis são removidos do prepreg conformado 104A, prepreg

volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Por exemplo, um vácuo de cerca de 1 mm Hg ou menos pode ser suportado pelo invólucro de vácuo 306. Em certas formas de realização, um vácuo de 350 a 750 mm Hg pode ser usado durante o fluxo de gás não-condensante. Em outras formas de realização, o vácuo pode ser menor.

[0065] Em outras formas de realização, o recinto 110 pode ser capaz de aplicar e/ou suportar uma pressão 302. A pressão aplicada 302 pode ser provida por uma fonte de pressão em comunicação com o recinto 110. A pressão aplicada 302 pode ser variada ou mantida constante, enquanto os componentes voláteis são reduzidos do prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Por exemplo, uma pressão variando de aproximadamente atmosférica até 281 kg/cm<sup>2</sup> pode ser aplicada.

[0066] Em outras formas de realização, o recinto 110 pode compreender uma ou mais estruturas capazes de inibir o fluxo da matriz 100 do prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 durante a redução e consolidação do volátil. Por exemplo, as barragens 314 podem ser posicionadas adjacentes aos lados do prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122, a fim de inibir o fluxo da matriz dos lados do prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Alternativamente, as barreiras ou separadores de sangria 322 podem ser colocadas(os) adjacentes pelo menos das superfícies superior e inferior do prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122, a fim de inibir o fluxo da matriz das superfícies superior e

inferior do prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122.

[0067] O fluxo do gás não-condensante 112 pode ser injetado dentro do recinto 110 através de uma entrada de gás 310 e removido do recinto de um respiradouro de gás 304 contendo prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Em certas formas de realização, o respiradouro de gás 304 pode ficar em comunicação fluida com uma fonte de vácuo, de modo que um vácuo possa ser exercido sobre o prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Em outras formas de realização, a entrada de gás 310 pode ser posicionada de modo que o prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 sejam interpostas entre a entrada de gás 310 e o respiradouro para o vácuo 304, como ilustrado na Figura 3A. Esta configuração permite que um vácuo exercido pela fonte de vácuo para pressionar o gás não-condensante 112 para seguir um trajeto, de aproximadamente a entrada de gás 310 até o respiradouro de gás 304, que passa adjacente a pelo menos uma superfície do prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Em formas de realização alternativas, o gás não-condensante 112 pode ser injetado e removido do recinto 110 aproximadamente no mesmo local.

[0068] O gás não-condensante 112 pode ser injetado e/ou removido do recinto 110 em uma variedade de maneiras. Em uma forma de realização, a injeção e remoção do gás não-condensante 112 do recinto 110 podem ser realizadas concomitante e continuamente. Em outra forma de realização, a injeção e remoção do gás não-condensante 112 do recinto 110

podem ser realizadas sequencial ou escalonadamente. Por exemplo, o gás não-condensante 112 pode ser primeiro introduzido dentro do recinto 110 e, subsequentemente, o recinto 112 pode ser ventilado para remover o gás não-condensante do recinto 110.

[0069] Em outras formas de realização, o recinto 110 pode compreender uma ou mais estruturas que possibilitem o fluxo de gás não-condensante 112 adjacente ao prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Por exemplo, os moldes 116, 116A podem possuir uma pluralidade de furos de purga 312, como ilustrado na Figura 3A. Os furos de purga 312 podem compreender condutos através dos moldes 116, 116A, que permitem o transporte de gases, tais como gases desprendidos e o gás não-condensante 112, através dos moldes 116, 116A. Os furos de purga 312 podem ser ainda orientados aproximadamente perpendiculares ao e/ou aproximadamente paralelos ao plano do prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Beneficamente então, mesmo quando um ou mais dos moldes 116, 116A contatam as superfícies externas do prepreg conformado 104A, o prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122, a pluralidade de furos de purga 312 permite que o gás não-condensante 112 e os gases emitidos 114 movam-se adjacentes às superfícies externas do prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122, facilitando a remoção dos componentes voláteis do prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Em outras formas de realização ilustradas na figura 3A, um respiradouro opcional 330 pode ser colocado entre a barreira de sangria ou separador 322 e o invólucro de vácuo 306. O fluxo sobre o gás

não-condensante 112 pode ser através deste respiradouro. O respiradouro pode ser fibra de vidro, poliéster, pilha de poliéster e similares.

[0070] Em outras formas de realização, ilustradas na Figura 3B, o invólucro de vácuo 306 pode ser omitido do recinto 110. Sob estas circunstâncias, o fluxo de gás não-condensante 112 pode entrar e sair do recinto 110 através de uma entrada de gás 310A e ventilação de gás 310B dentro das paredes do recinto 110. Similar à entrada de gás 310 e a ventilação para o vácuo 304, ilustrado na Figura 3A, a entrada de gás 310A e ventilação de gás 310B podem ser posicionadas de modo que o prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 sejam interpostos entre a entrada de gás 310A e ventilação de gás 310B. Mantendo-se a ventilação de gás 310B em uma pressão menor do que aquela da entrada de gás 310A, o gradiente de pressão entre a entrada de gás 310A e a ventilação de gás 310B pode pressionar o gás não-condensante 112 para seguir um trajeto que corre adjacente a pelo menos uma superfície do prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122, transportando os gases desprendidos 114 para longe do prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 e aumentando a taxa e/ou completeza da remoção dos componentes voláteis do prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Em formas de realização alternativas, a entrada de gás 310A e ventilação de gás 310B podem ser combinadas e as operações de injetar o gás não-condensante e remover o gás não-condensante 112 de dentro do recinto 110 podem ser realizadas sequencialmente.

[0071] Em uma forma de realização, o prepeg conformado 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou

assentamento volátil reduzido 122 podem ser ainda moldadas sem uma cavidade. Por exemplo, o prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 podem ser cobertos com um separador de molde permeável ou barreira de sangria 322, onde não há aproximadamente resistência para os gases desprendidos 114 escapando da superfície do prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Esta configuração pode ainda empregar pesos, molas, correias tensionantes ou outros mecanismos se prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 possuírem curvatura. O prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 podem então ser colocadas em um forno e aquecidos. Os gases e voláteis são prontamente removidos pela rápida difusão para longe do prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Os prepregs desvolatilizados e assentamentos desvolatilizados 106, 122 podem então ser transferidos para uma prensa, recinto, invólucro de vácuo ou autoclave de vácuo para consolidação e/ou cura para formar a parte compósita. Uma tal forma de realização pode ser vantajosa em circunstâncias em que os prepregs conformados 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 são adicionados às camadas prepregs 120, 122 durante a redução de volátil em múltiplos estágios.

[0072] Nas formas de realização adicionais, Fig. 3C, prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 podem ser ainda combinados com uma pluralidade de núcleos 320 formados de espuma, favo ou outros materiais. Os núcleos 320 podem ser posicionados adjacentes aos

prepregs 104A, 106, antes ou durante a remoção dos componentes voláteis do prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Por exemplo, os núcleos 320 podem ser posicionados adjacentes a um lado de um ou mais prepregs conformados 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122. Alternativamente, os núcleos 320 podem ser posicionados entre prepregs adjacentes 104, 106. Os componentes voláteis podem ser removidos do prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 com os núcleos 320, em uma maneira similar àquela discutida acima. Em certas formas de realização, o prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122, moldes 116 e núcleos 320 podem ser colocados dentro de um invólucro de vácuo 306. Em formas de realização alternativas, o invólucro de vácuo 306 pode ser omitido. O fluxo de gás não-condensante 112 é injetado dentro do recinto 110 e flui adjacente às superfícies dos moldes 116, núcleos 320, prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 e combinações dos mesmos. Os componentes voláteis dentro do prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 podem emitir gases 114 espontaneamente ou na exposição ao calor 300, pressão 302 e/ou vácuo, e deslocarem-se através do prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122, moldes 116 e/ou núcleos 320. Quando os gases desprendidos 114 encontram o fluxo do gás não-condensante 112, pelo menos uma parte dos gases desprendidos 114 é transportada para longe do prepreg conformado 104A, prepreg volátil

reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122, com o fluxo de gás não-condensante 112.

[0073] Os moldes 116 e núcleos 320 podem ainda assistir na redução dos componentes voláteis no prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 e contenção da matriz 100. Por exemplo, em uma forma de realização, os moldes 116 e núcleos 320 podem funcionar de uma maneira similar à barreira de sangria ou separador 322. Em outras formas de realização, os moldes 116 e núcleos 320 podem funcionar similarmente a uma camada respiradouro, mantendo um trajeto por todo o invólucro 306 até a fonte de vácuo. Este trajeto possibilita que o gás não-condensante 112 e os gases desprendidos 114 sejam removidos do invólucro de vácuo 306, sem ser diminuídos pelos obstáculos que poderiam estar de outro modo ausentes do trajeto. O trajeto possibilita ainda um vácuo aproximadamente contínuo e/ou pressão 302 serem aplicados ao prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122.

[0074] Pode ser entendido que o processo de reduzir o prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 pode ser interrompido e/ou reiniciado a qualquer tempo. Em uma forma de realização, um ou mais dos prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 podem ser colocadas dentro do recinto 110 para remoção do componente volátil, empregando-se o fluxo de gás não-condensante 112, como discutido acima, e o processo de remoção de volátil pode ser interrompido antes da remoção de uma quantidade desejada de componentes voláteis de prepreg conformado 104A, prepreg volátil reduzido 106, assentamento de prepreg 120 ou assentamento volátil

reduzido 122. Em outras formas de realização, os preregs 104A, prepeg volátil reduzido 106, assentamento de prepeg 120 ou assentamento volátil reduzido 122 adicionais podem ser adicionados àqueles já presentes dentro do recinto e o processo de desvolatização pode ser reiniciado.

[0075] Como ilustrado na Figura 1E outras formas de realização, preregs voláteis reduzidos 106 ou assentamentos de preregs voláteis reduzidos 122 podem ser empregadas para formar a parte compósita 124. O processo de consolidação pode empregar pelo menos um de calor, pressão e vácuo, a fim de pressionar a matriz 100 para fluir para dentro de pelo menos uma parte do espaço vazio que é localizado dentro e entre o prepeg volátil reduzido 106 ou assentamento volátil reduzido 122. Em formas de realização em que o recinto 110 compreende um autoclave, prepeg volátil reduzido 106 ou assentamento de prepeg volátil reduzido 122 pode ser submetido a calor 300, vácuo e/ou pressão 302 para consolidar o prepeg volátil reduzido 106 ou assentamento de prepeg volátil reduzido 122 para dentro da parte compósita 124 e curar a matriz 102. Em formas de realização onde o recinto 110 compreende um forno, o prepeg volátil reduzido 106 ou assentamento de prepeg volátil reduzido 122 pode ser submetido a calor, sem pressão, para consolidar o prepeg volátil reduzido 106 ou assentamento de prepeg volátil reduzido 122 dentro da parte compósita 124 e curar a matriz 102. Em formas de realização em que o recinto compreende um invólucro de vácuo 306 o assentamento de prepeg volátil reduzido 122 pode ser submetida a vácuo e/ou calor, para consolidar o prepeg volátil reduzido 106 ou assentamento de prepeg volátil reduzido 122 dentro da parte compósita 124. Em formas de realização em que o recinto 110 compreende os moldes 116, 116A, o prepeg volátil reduzido 106 ou assentamento de prepeg volátil reduzido 122 pode ser ainda moldado e/ou moldado por compressão empregando-se os moldes 116, 116A para consolidar o prepeg volátil

reduzido 105 ou assentamento de prepreg volátil reduzido 122 dentro da parte compósita 124.

[0076] No término da consolidação e cura de prepreg volátil reduzido 106 ou assentamento de prepreg 122, a parte compósita 124 formada pode possuir uma porosidade variando entre cerca de 0 a 30 % em volume com base no volume total do compósito.

[0077] Em outras formas de realização, os processos redutores de voláteis discutidos aqui podem ser ainda empregados para facilitar a ligação adesiva. Os adesivos, tais como adesivos de resina de poliimida, pode compreender alcoóis e solventes de ebulição mais elevada, por exemplo, NMP. Os adesivos podem ainda compreender um portador, por exemplo, fibra de vidro, ou Astroquartz®. Os adesivos podem ser colocados entre componentes curados ou não curados, por exemplo, partes compósitas 124 e/ou favo ou núcleo de espuma para formar uma unidade. A unidade incluída pode ter a capacidade de adicionar pelo menos um de pressão de vácuo ou calor. Expondo-se o sistema componente/adesivo a um fluxo de gás não-condensante 112 adjacente à interface entre os componentes, ou através da unidade incluída com consolidação e cura subsequentes como descrito aqui, pode-se reduzir a porosidade da interface.

### **Exemplos**

[0078] Os seguintes exemplos são providos para demonstrar os benefícios das formas de realização dos descritos prepregs desvolatizados, camadas desvolatizadas e compósitos formados deles. Por exemplo, como discutido abaixo, os exemplos mostram que um fluxo de um gás não-condensante possibilita a remoção de gases das camadas prepregs mais eficientemente e produz menor sangria e perda de resina e/ou compósitos de porosidade reduzida na consolidação e cura. Estes exemplos

são discutidos para fins ilustrativos e não deve ser interpretado como limitando o escopo das formas de realização descritas.

Exemplo 1 – Compósitos de fibra de carbono/poliimida fabricados com e sem fluxo de gás não-condensante

[0079] Três compósitos de fibra de carbono/epóxi, Ensaio 1, Ensaio 2 e Ensaio 3, foram fabricados de assentamentos de prepregs conformados em um recinto representado na Figura 3A usando-se respiradouro opcional. Os assentamentos de prepregs conformados dos Ensaio 2 e Ensaio 3 foram submetidas a um fluxo de gás não-condensante, em combinação com calor e pressão de vácuo, para facilitar a remoção de componentes voláteis dos assentamentos de prepregs conformados. Para comparação, o assentamento de prepeg conformado do Ensaio 1 não foi submetida ao fluxo de gás não-condensante. Subsequentemente os assentamentos voláteis reduzidos foram curadas usando-se uma combinação de calor, vácuo e pressão. Foi observado que as partes formadas com prepregs desvolatilizados nos Ensaio 1 e Ensaio 3 exibiram substancialmente nenhum sangramento ou perda de resina, enquanto as partes formadas sem o fluxo de gás não-condensante, Ensaio 1, exibiram cerca de 5 prepregs conformados 104A de perda de resina.

Tabela 1 – Parâmetros de Teste e resultados do Exemplo 1

Ensaio	Experimento	Sistema de resina	Fluxo de gás não-condensante ?	Sangria (% em peso)
1	Laminado 6" x 6" (2,54 x 2,54 cm)	Poli-imida	Não	5,0%
2	Laminado 6" x 6" (2,54 x 2,54 cm)	Poli-imida	Sim	0%
3	Laminado 6" x 6" (2,54 x 2,54 cm)	Poli-imida	Sim, até terminar a manutenção da 98,9°C	0%

*Ensaio 1 – Compósito de fibra de vidro/epóxi fabricado sem fluxo de gás não-condensante*

[0080] A parte compósita do Ensaio 1 foi fabricada de prepregs compreendendo pano de fibra de carbono T65035 6K 5HS. A resina

matriz, compreendendo uma mistura de resina de poliimida, que continha cerca de 20% de solvente etanol e um teor de sólido de resina de cerca de 80%, foi impregnada dentro do pano, de modo que a fração de peso da matriz dos prepregs fosse de aproximadamente 60 % em peso. Os prepregs foram cortados em lâminas de aproximadamente 15 x 15 cm e oito prepregs foram empilhados para formar uma camada de 0/90 prepregs. O assentamento de prepeg foi circundado por uma barreira e sobreposta com duas camadas de separador de Teflon TX-1080 e respiradouro de fibra de poliéster e foi conectada a uma fonte de vácuo.

[0081] Calor e vácuo foram ainda aplicado à unidade para redução de volátil. O nível de vácuo aplicado foi de cerca de 735 mm Hg absolutos e a unidade foi aquecida a cerca de  $-15^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$  a cerca de  $88^{\circ}\text{C}$ . Subsequentemente, a unidade foi ainda aquecida a cerca de  $-18^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$  a cerca de  $99^{\circ}\text{C}$  e esfriada à temperatura ambiente.

[0082] A fim de formar o compósito, a barreira foi removida e o respiradouro de poliéster foi substituído por 3 camadas de fibra de vidro estilo 7781. A unidade contendo o assentamento volátil reduzido foi então curado como segue.

(1) aplicação de cerca de 25 mm de vácuo;

(2) a unidade foi aquecida de aproximadamente a temperatura ambiente a cerca de  $249^{\circ}\text{C}$  a cerca de  $-16^{\circ}\text{C}/\text{min}$  e mantida ali por cerca de 2 horas.

(3) a unidade foi aquecida de cerca de  $249^{\circ}\text{C}$  a cerca de  $302^{\circ}\text{C}$  a cerca de  $-17^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$  e mantida ali por cerca de 2 horas.

(4) pressão de autoclave de cerca de  $14\text{ kg}/\text{cm}^2$  por minuto foi adicionada a cerca de  $-7^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$ ;

(5) a unidade foi aquecida de cerca de  $302^{\circ}\text{C}$  a cerca de  $371^{\circ}\text{C}$  a aproximadamente  $17^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$  e mantida ali por cerca de 3 horas.

(6) a unidade foi esfriada a aproximadamente à temperatura ambiente.

[0083] A parte compósita formada no Ensaio 1 foi então examinada para medir a sangria de resina e porosidade do compósito. Foi determinado que a porosidade do compósito era de cerca de 0% e sangria de aproximadamente 5% de resina ocorreu durante a manufatura.

*Ensaio 2 – Compósito de fibra de carbono/epóxi fabricado com fluxo de gás não-condensante*

[0084] A parte de compósito do Ensaio 2 foi manufaturada de uma maneira similar como a do Ensaio 1, com exceção de que uma corrente de ar a cerca de 300 ml/min foi passada através do invólucro de vácuo durante a operação de redução de volátil. O exame do compósito formado no Ensaio 2 constatou que o compósito tinha aproximadamente 0% de porosidade e aproximadamente nenhuma sangria de resina tinha ocorrido durante a manufatura.

*Ensaio 3 – Compósito de fibra de carbono/epóxi, fabricado com fluxo de gás não-condensante e sem respiradouro de poliéster*

[0085] A parte compósita do Ensaio 3 foi manufaturada de uma maneira similar à do Ensaio 2, exceto que o invólucro de vácuo consistiu de um respiradouro de fibra de vidro 7781, não-poliéster. A parte compósita, além do respiradouro 7781, foi aquecida da temperatura ambiente a cerca de 88°C a cerca de -15°C/min e em seguida a cerca de 99°C a cerca de -18°C/minuto. Durante a operação de redução do volátil, o fluxo de ar foi mantido a cerca de 300 ml/min, até o término do período durante, durante o que a temperatura foi mantida a cerca de 99°C. Subsequentemente, o ciclo de cura do Ensaio 1 foi aplicado, sem remover a camada desvolatilizada do invólucro de vácuo e sem substituir o invólucro de vácuo contendo o respiradouro 7781. O exame do compósito formado no Ensaio 2 constatou

que o compósito tinha aproximadamente 0% de porosidade e aproximadamente nenhuma sangria de resina tinha ocorrido durante a manufatura.

Exemplo 2 – Fabricação semi-cilindro de fibra de carbono/poliimida com e sem fluxo de gás não-condensante

[0086] Dois compósitos de fibra de carbono/epóxi, Testes 4 e 5, foram fabricados sob as mesmas condições de montagem e cura de camada, como discutido acima no Exemplo 1. Entretanto, os testes 4 e 5 foram realizados com um número maior de camadas prepregs no assentamento de prepreg, camadas de assentamento de prepreg com dimensão maior e o assentamento e consolidação foram realizadas em um molde complexo grande. Foi observado que as partes formadas com o fluxo de gás não-condensante, no Ensaio 5, não exibiram substancialmente sangria ou perda de resina, enquanto as partes formadas sem o fluxo de gás não-condensante, Ensaio 4, exibiu cerca de 16 % em peso de perda de resina.

Tabela 2 – Parâmetros de teste e resultados do Exemplo 2

Ensaio	Experimento	Sistema de resina	Fluxo de gás não-condensante	Sangria
4	Parte Curva Grande	Poli-imida	Não	16%
5	Parte Curva Grande	Poli-imida	Sim	0%

*Ensaio 4 – Compósito de fibra de carbono/epóxi fabricado sem fluxo de gás não-condensante em moldagem complexa*

[0087] A parte compósita do Experimento 4 foi manufaturada de uma maneira similar ao Ensaio 1, exceto com um maior tamanho de camada e maior quantidade e em um molde maior, mais complicado. Para este experimento, quinze camadas prepregs foram cortadas a aproximadamente 5,08 cm x 5,08 cm, colocadas sobre um cilindro semi-circular, com o diâmetro de 40,64 cm de diâmetro e os voláteis foram reduzidos. Durante este processo de redução de voláteis, um vácuo de cerca

de 125 mm Hg foi aplicado. O exame do assentamento de prepreg formada no Experimento 4 após redução de volátil constatou que o assentamento tinha sangrado excessivamente, perdendo aproximadamente 16% de sua resina matriz, em peso.

*Ensaio 5 – Compósito de fibra de carbono/epóxi, fabricado com fluxo de gás não-condensante em moldagem complexa*

[0088] A parte compósita do Ensaio 5 foi manufaturada de uma maneira similar ao Ensaio 4, Ensaio 2 com exceções observadas em e com diferentes tamanho e quantidade de camada e em um molde maior e mais complicado. Para este ensaio, quinze camadas de prepreg foram cortadas a aproximadamente 5,08 x 5,08 cm, colocadas sobre um cilindro semi-circular e os voláteis reduzidos usando-se um fluxo de gás de cerca de 5 litros/minuto. O material barreira foi removido e a parte foi consolidada e curada como descrito no Ensaio 1. Exame do compósito formado no Ensaio 5 constatou que o compósito tinha aproximadamente 0% de porosidade e aproximadamente nenhuma sangria de resina tinha ocorrido durante a manufatura.

*Exemplo 3 – Compósitos de fibra de carbono/ poliimida contendo etanol e NMP (Avimid RB), fabricado com e sem fluxo de gás não-condensante.*

[0089] O exemplo 3 demonstrou o uso de uma corrente de ar em um sistema de multi-solventes para reduzir sangria de solvente. Dois compósitos de fibra de carbono/epóxi, Ensaios 6 e 7, foram fabricados sob as condições montagem e cura como no Ensaio 1 e Ensaio 2 do Exemplo 1, empregando-se prepreg de poliimida Avimid RB, T650-35 6K 5HS. O prepreg Avimid RB consiste de cerca de 8% de etanol em peso e cerca de 8% NMP em peso, com uma fração de peso de matriz de cerca de 60%. Foi observado que as partes formadas com o fluxo de gás não-condensante no Ensaio 6 exibiram sangria relativamente baixa, cerca de 1,9 % p, enquanto

partes formadas sem o fluxo de gás não-condensante, Ensaio 7, exibiram cerca de 12,6 % peso de perda de resina.

Tabela 3 – Parâmetros de Teste e resultados do Exemplo 3

Ensaio	Experimento	Sistema de resina	Fluxo de gás não-condensante ?	Sangria (% em peso)
	Laminado 6" x 6" (2,54 x 2,54 cm)	Avimid RB	Não	1,9%

*Ensaio 6 – Prepreg de poliimida Avimid RB, fabricado com fluxo de gás não-condensante*

[0090] O ensaio 6 avaliou a sangria empregando prepreg de poliimida Avimid RB T650-35 6K 5HS. A montagem do assentamento de prepreg foi realizada de uma maneira similar àquela do experimento 1. Uma corrente de ar a cerca de 300 ml/min foi passada através do invólucro de vácuo durante a operação de redução de volátil. Inicialmente, calor foi adicionado a cerca de  $-17^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$  de cerca de  $88^{\circ}\text{C}$  a cerca de  $99^{\circ}\text{C}$ . Calor foi então adicionado a cerca de  $-17^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$  a cerca de  $260^{\circ}\text{C}$  para impelir para fora o NMP. O exame do compósito formado no Ensaio 6 constatou que cerca de 1,95 % p de resina tinham sangrado durante a manufatura.

*Ensaio 7 – Prepreg de poliimida Avimid RB, fabricado sem fluxo de gás não-condensante*

[0091] O ensaio 7 foi realizado similarmente ao Teste 6, exceto sem o uso de uma corrente de ar. O exame do compósito formado no Ensaio 7 constatou que cerca de 12,6 % p de resina tinham sangrado durante a manufatura.

[0092] Embora a descrição precedente tenha mostrado, descrito e salientado os aspectos novos fundamentais dos presentes ensinamentos, será entendido que várias omissões, substituições e/ou adições na forma do detalhe do aparelho como ilustrado, bem como seu usos, podem ser feitas por aqueles hábeis na arte, sem desvio do escopo dos presentes ensinamentos. Conseqüentemente, o escopo dos presentes ensinamentos não

deve ser limitado à discussão precedente, porém deve ser definido pelas reivindicações anexas.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para formar preregs conformados com componentes voláteis reduzidos, caracterizado pelo fato de compreender:

prover pelo menos um prereg curável compreendendo uma resina matriz reforçada com fibras e um ou mais componentes voláteis nele embebidos, dito prereg tendo uma primeira configuração geométrica;

deformar dito pelo menos um prereg de uma primeira configuração geométrica para uma segunda conformação geométrica através de um dispositivo de conformação para formar pelo menos um prereg conformado, de modo que uma superfície do prereg é exposta;

circundar o dito pelo menos um prereg conformado com um recinto enquanto o dito pelo menos um prereg está sendo deformado pelo dispositivo de conformação;

introduzir um fluxo de um gás não-condensante para dentro do recinto adjacente a pelo menos um prereg conformado no recinto e simultaneamente remover pelo menos uma porção do gás não-condensante do recinto de modo que o gás não-condensante transporta um ou mais componentes voláteis longe da superfície exposta de pelo menos um prereg conformado, resultando assim em pelo menos um prereg conformado curável com voláteis reduzidos;

aplicar vácuo e aquecer a pelo menos um prereg conformado curável durante a introdução de fluxo de gás não-condensante para facilitar a evolução de um ou mais componentes voláteis de pelo menos um prereg conformado,

em que a introdução e remoção de gás não-condensante, e a aplicação de vácuo e aquecimento são realizados antes de curar pelo menos um prereg conformado com voláteis reduzidos.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo

fato de que o fluxo do gás não-condensante ser introduzido até a resina matriz do prepreg conformado ter mais elevada viscosidade.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o gás não-condensante compreender ar, nitrogênio, oxigênio, neônio, argônio, metano, etano, etileno, propano, hidrogênio ou hélio e combinações dos mesmos.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o fluxo do gás não-condensante ser em uma taxa variando entre cerca de 0,001 a 1000 ml/s.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o recinto é um autoclave ou um forno.

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a resina matriz do prepreg compreender uma ou mais resinas selecionadas dentre epóxis, fenólicos, imidas, poliimidas, ésteres, poliésteres e benzoxazinas.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de o a resina matriz compreender adicionalmente uma etinila, maleimida ná dica, alilná dica ou grupo capeado na extremidade com olefínico.

8. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que menos do que 10 % em peso da resina matriz sangra durante a formação dos prepregs com voláteis reduzidos, com base no peso total do pelo menos um prepreg conformado antes da formação.

9. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda consolidar e curar pelo menos um pré-conformado resultante com voláteis reduzidos para produzir um compósito conformado, em que os resultados de cura resultam na reticulação da resina matriz.

10. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de que compreende ainda curar o prepreg resultante com voláteis reduzidos, em que a cura resulta em reticulação da resina matriz.

11. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um ou mais componentes voláteis compreende pelo menos um solvente, e aquecimento é aplicado a pelo menos um prepreg conformado para desenvolver um ou mais componentes voláteis a partir de pelo menos um prepreg conformado, o dito aquecimento compreendendo o aumento da temperatura de pelo menos um prepreg conformado a partir de uma primeira temperatura até uma segunda temperatura que é aproximadamente um ponto de ebulição de pelo menos um solvente contido no prepreg conformado.

12. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de moldagem compreende duas partes de molde opostas, e o prepreg conformado é posicionado entre e restringido pelas partes de molde, e em que o fluxo de gás não-condensante passa entre as partes do molde.

13. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma porção do dispositivo de moldagem compreende uma curvatura e pelo menos uma porção do prepreg conformado está em conformidade com a referida curvatura.

14. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito pelo menos um prepreg é uma pluralidade de prepregs posicionados de forma adjacente um ao outro para formar uma camada de prepreg.

15. Método para formar prepregs conformados com componentes voláteis reduzidos, caracterizado pelo fato de compreender:

prover pelo menos um prepreg curável compreendendo uma resina matriz reforçada com fibras e um ou mais componentes voláteis, dito prepreg tendo uma primeira configuração geométrica;

deformar o prepreg de uma primeira configuração geométrica para uma segunda configuração geométrica para formar prepreg conformado colocando o prepreg em contato com um molde e limitando o prepreg no molde, de modo que uma superfície do prepreg é exposta;

encerrar o prepreg conformado com um saco de vácuo enquanto o prepreg conformado está em contato com o molde, o dito saco de vácuo estando em comunicação com uma fonte de vácuo;

colocar um respiradouro entre o saco de vácuo e a superfície exposta do prepreg conformado, o dito respiradouro estando configurado para permitir que o gás não-condensante flua;

introduzir um fluxo de gás não-condensante no saco de vácuo, aplicando vácuo de modo que o fluxo de gás não-condensante passe pelo respiradouro e transporte um ou mais componentes volatilizados para longe da superfície exposta do prepreg conformado, resultando assim em prepreg conformado curável com voláteis reduzidos; e

aplicar aquecimento ao prepreg conformado para facilitar a remoção de um ou mais componentes voláteis do prepreg,

em que a introdução do gás não-condensante, a aplicação de vácuo e aquecimento são realizadas antes da cura do prepreg conformado.

16. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a consolidação e cura do prepreg conformado com voláteis reduzidos, em que a cura resulta na reticulação da resina matriz.

17. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma porção do molde compreende uma curvatura e pelo menos uma porção do prepreg conformado está em conformidade com a referida curvatura.

18. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado

pelo fato de que o dito pelo menos um prepeg é uma pluralidade de preregs posicionados de forma adjacente um ao outro para formar uma camada de prepeg.

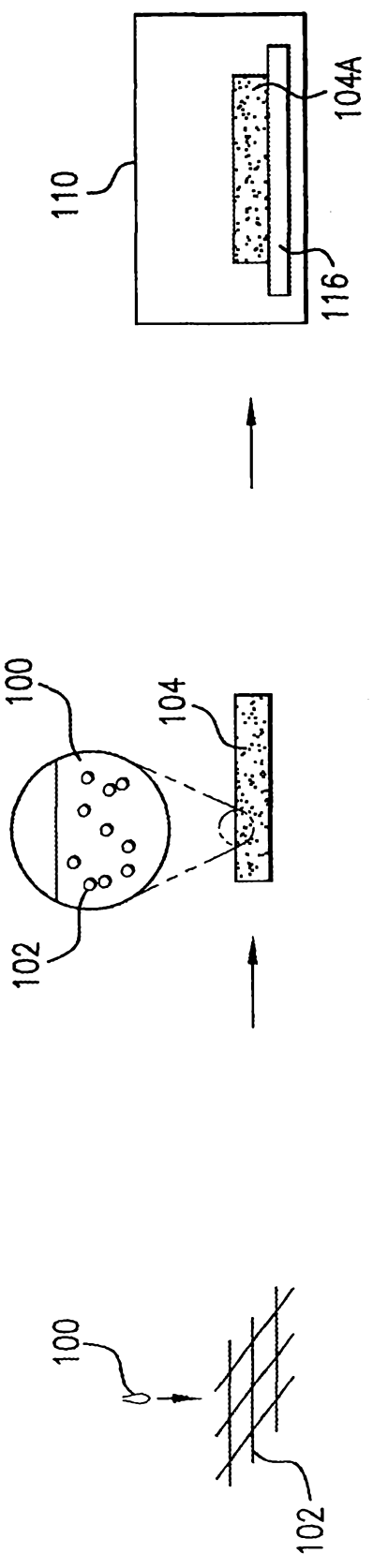


FIG. 1A

FIG. 1B

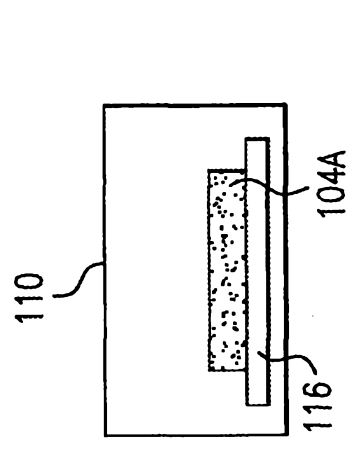


FIG. 1C

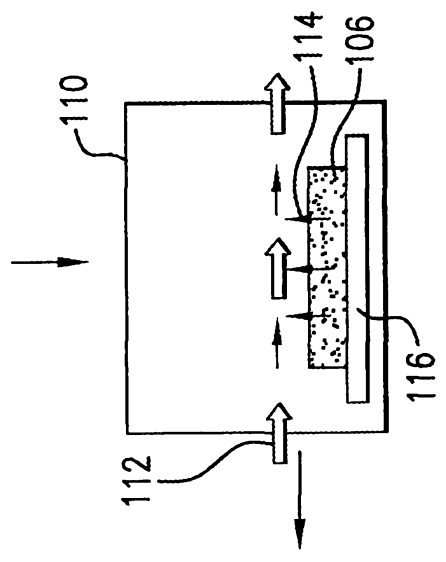


FIG. 1D

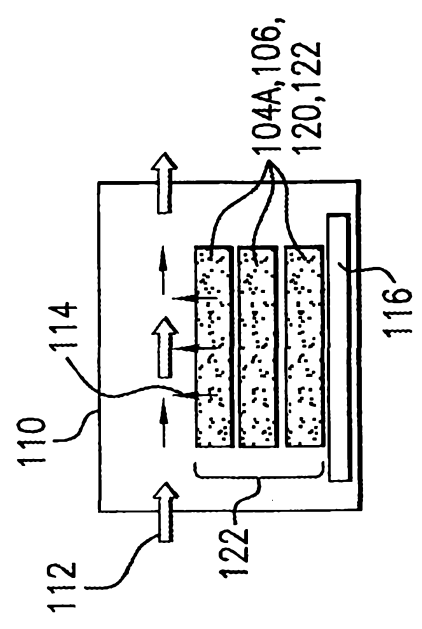


FIG. 1E

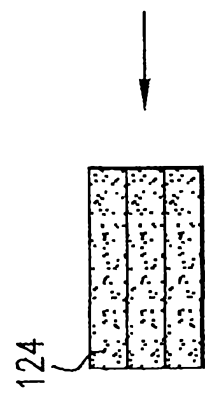


FIG. 1F

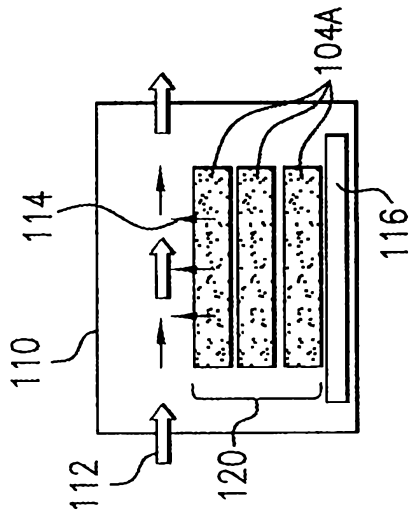


FIG. 1H

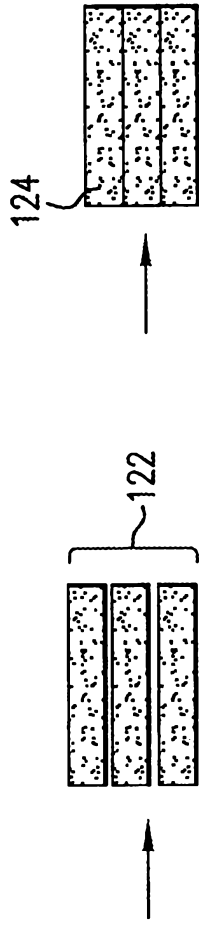


FIG. 1I

FIG. 1J

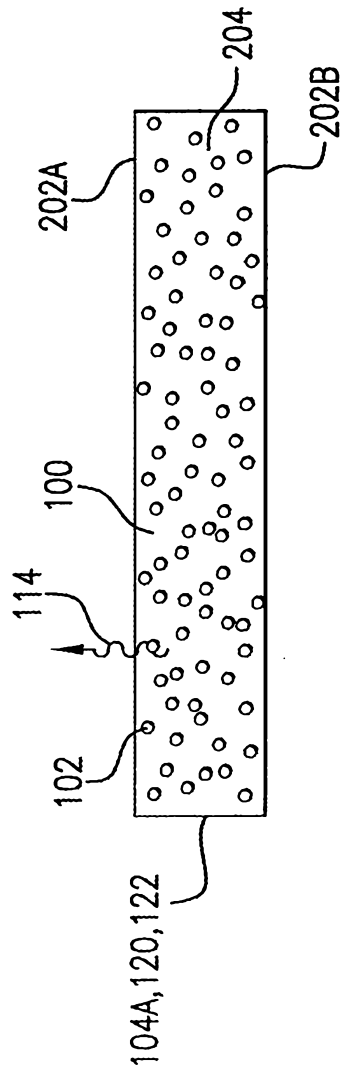


FIG. 2A

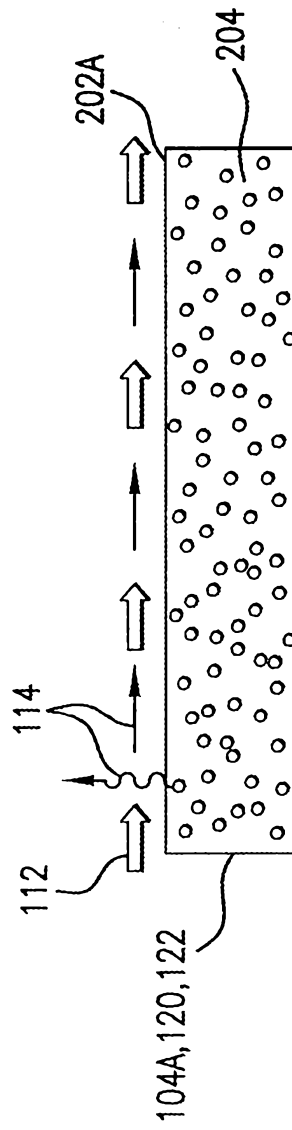


FIG. 2B

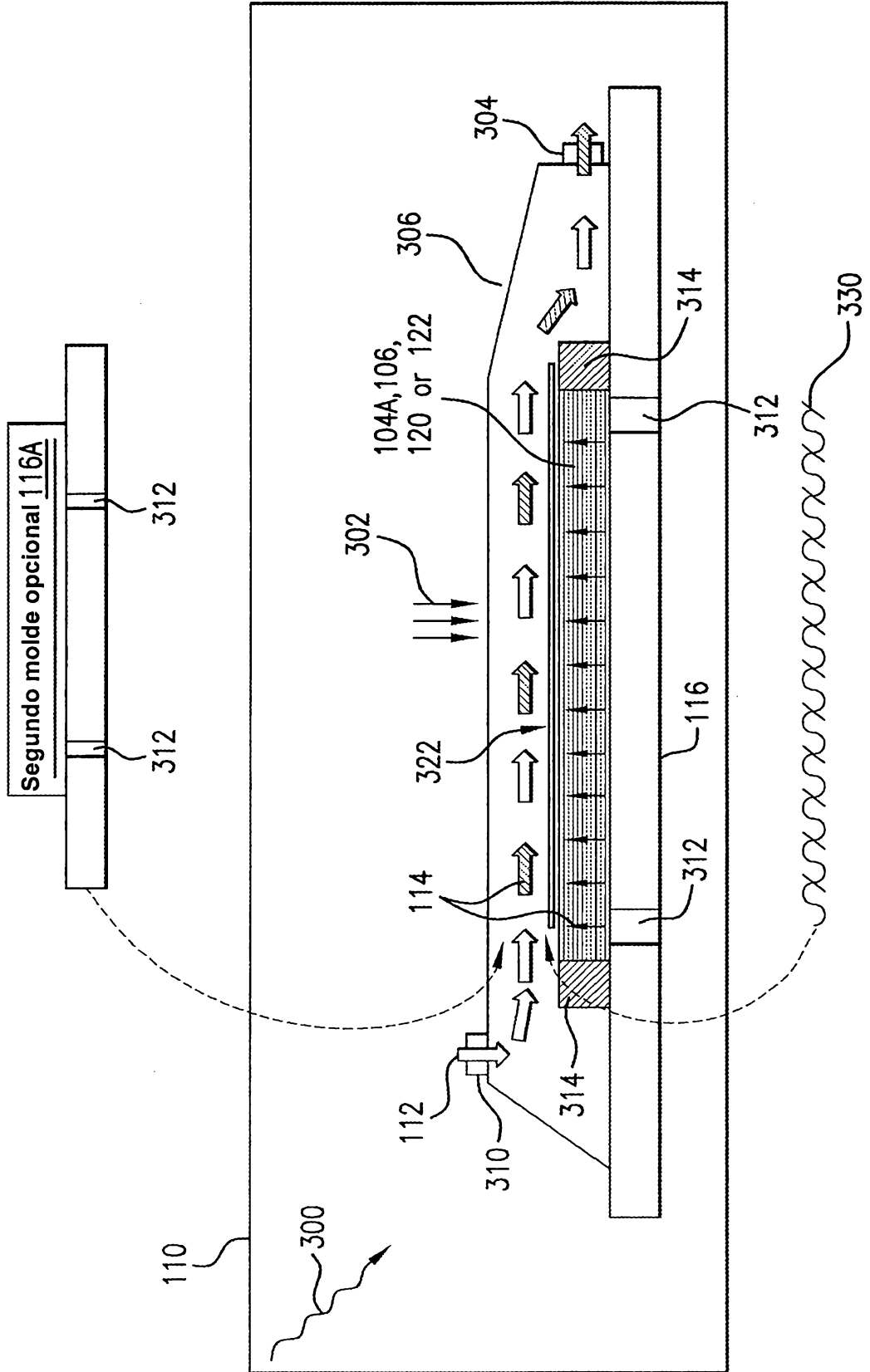


FIG.3A

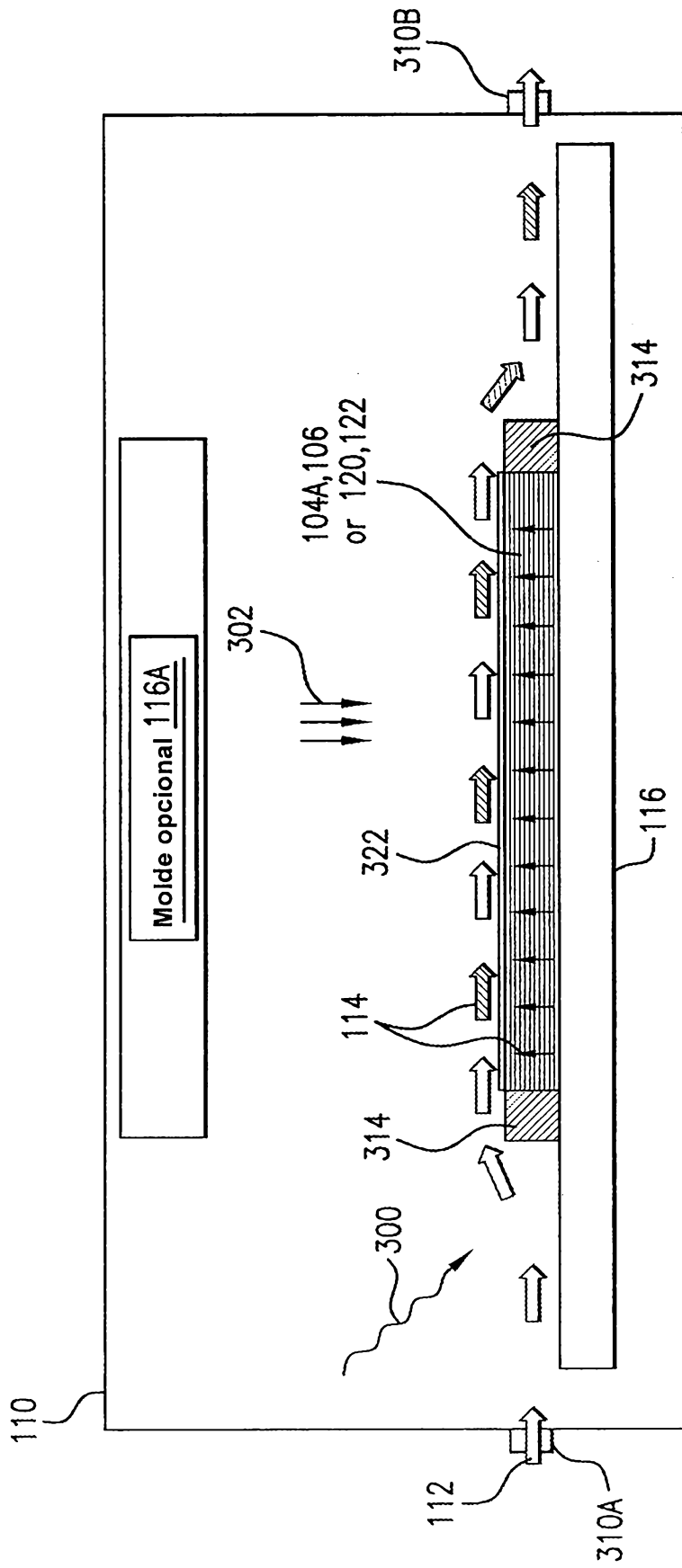


FIG. 3B

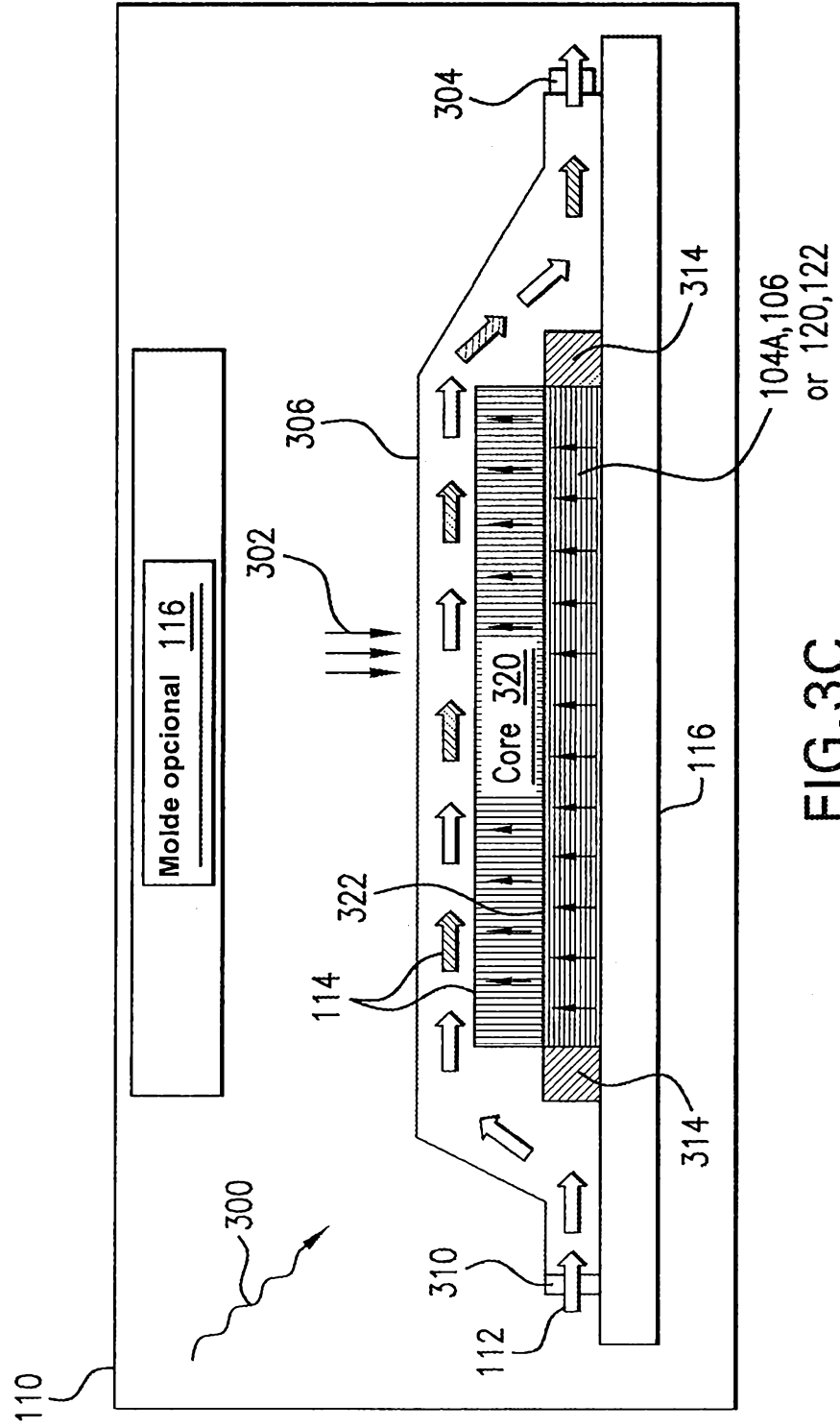


FIG.3C