



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

**(21) PI 0809269-9 A2**



\* B R P I 0 8 0 9 2 6 9 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 19/03/2008  
**(43) Data da Publicação: 02/09/2014**  
**(RPI 2278)**

**(51) Int.Cl.:**

**B29C 43/12**  
**B29B 15/10**  
**B29C 43/34**  
**B29C 43/36**  
**B29K 105/06**  
**B29K 105/08**

**(54) Título:** MÉTODO DE RTM AUXILIADA COM VÁCUO

**(57) Resumo:**

**(30) Prioridade Unionista:** 20/03/2007 JP 2007-072069

**(73) Titular(es):** Mitsubishi Heavy Industries, LTD., Toray Industries, INC.

**(72) Inventor(es):** Fumihito Takeda, Hiroshi Odani, Masumi Mizobata, Shigeru Nishiyama

**(74) Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

**(86) Pedido Internacional:** PCT JP2008055039 de 19/03/2008

**(87) Publicação Internacional:** WO 2008/114809de 25/09/2008

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO DE RTM AUXILIADA COM VÁCUO**".

Campo técnico da invenção

5 A presente invenção refere-se a um método de RTM auxiliada com vácuo (moldagem por transferência de resina), e especificamente, a um método de RTM auxiliada com vácuo capaz de impregnar uma resina uniformemente sobre todo o substrato da fibra de reforço e obter de maneira estável um produto moldado de plástico reforçado com fibra (FRP) de excelente qualidade.

10 Antecedentes da Técnica

Um método de RTM auxiliada com vácuo é conhecido que dispõe um meio de distribuição de resina sobre o todo de uma superfície de um substrato de fibra de reforço (geralmente, um substrato de fibra de reforço formado como uma pré-forma), cobre o todo com um material de saco para  
15 reduzir a pressão dentro do material de saco, injeta uma resina para o meio de distribuição de resina, primeiro, distribui a resina injetada substancialmente nas direções no plano do meio de distribuição de resina, e a seguir, impregna a resina no substrato da fibra de reforço na sua direção de espessura. Em um tal método de RTM auxiliada com vácuo, no caso onde a fluidez  
20 da resina da pré-forma não é uniforme, pelo fato de que ocorre uma diferença entre os tempos para o fluxo da resina na pré-forma sendo impregnada na pré-forma, pode ocorrer o problema que uma parte não-impregnada seja gerada ou que uma resina previamente impregnada interrompa a rota de sucção entre o orifício de sucção de pressão reduzida e a pré-forma, e a impregnação seguinte da resina é prejudicada. Por exemplo, no caso onde partes com espessura diferente existem na pré-forma, ou no caso onde partes com comprimento ou largura diferente a serem impregnadas com a resina (partes diferentes no comprimento de impregnação da resina) existem na direção longitudinal da pré-forma, pelo fato de que ocorre uma diferença  
25 entre os tempos para o fluxo da resina na pré-forma dependendo dessas partes, pode ocorrer o problema que uma parte não-impregnada seja gerada ou que uma resina previamente impregnada prejudique uma impregnação se-

guinte de resina.

A fim de aumentar a propriedade de distribuição da resina devido ao meio de distribuição da resina e melhorar a propriedade de superfície de um produto moldado no método da RTM auxiliada com vácuo, embora uma tecnologia seja conhecida para aumentar o número de meios de distribuição de resina dispostos (por exemplo, documento de Patente 1), meramente aumentando o número de meios de distribuição de resina sobre toda a superfície, embora a fluidez interna do próprio meio de distribuição de resina possa ser melhorada, os problemas acima descritos não podem ser resolvidos no caso onde existe uma mudança na fluidez da resina do substrato da fibra de reforço quando a resina é impregnada do meio de distribuição da resina para o substrato da fibra de reforço. Além disso, pelo fato de que uma grande quantidade de resina é distribuída na parte do meio de distribuição de resina, o desperdício de resina pode se tornar grande.

Além disso, embora um método seja também proposto para prover muitos orifícios de injeção de resina quando um material plano de grande dimensão é moldado pela RTM auxiliada com vácuo (por exemplo, documento de Patente 2), mesmo se a impregnação da resina em um meio de distribuição de resina é melhorada, os problemas acima mencionados não podem ser resolvidos no caso onde existe uma mudança na fluidez da resina do substrato da fibra de reforço quando a resina é impregnada do meio de distribuição de resina para o substrato da fibra de reforço.

Além disso, embora uma tecnologia também seja proposta para usar um meio de distribuição de resina estruturado estéreo similar a uma rede (por exemplo, documento de Patente 3), ela não descreve quanto a uma solução para o problema devido à mudança na fluidez da resina do substrato da fibra de reforço.

Documento de Patente 1: JP-A-2004-188750

Documento de Patente 2: JP-A-2003-011136

Documento de Patente 3: JP-A-2004-249527

### Descrição da invenção

Problemas a serem resolvidos pela invenção

Dessa maneira, um objetivo da presente invenção é prover um método de RTM auxiliada com vácuo, no caso onde existe uma mudança na fluidez da resina nas direções no plano de um substrato da fibra de reforço, que pode absorver a mudança pelo lado de um meio de distribuição de resina e com relação ao substrato da fibra de reforço impregnado com resina se tornar um produto ou uma parte estrutural principal de um produto, que pode evitar o problema que uma parte não-impregnada seja gerada ou o problema que uma resina previamente impregnada prejudique a ocorrência de uma impregnação seguinte de resina, e possa obter de maneira estável um produto moldado desejado de fato.

#### Meios para resolução dos problemas

Para realizar o objetivo acima descrito, um método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com a presente invenção, um método para dispor um meio de distribuição de resina em uma superfície de um substrato de fibra de reforço, cobrir o todo com um material de saco, reduzir a pressão dentro do material de saco, injetar uma resina no meio de distribuição de resina para distribuir a resina substancialmente nas direções no plano e a seguir impregnar a resina no substrato da fibra de reforço na sua direção de espessura e é caracterizado em que a resistência de fluxo do próprio meio de distribuição da resina durante a distribuição da resina é alterada em uma direção no plano do substrato da fibra de reforço, de acordo com uma diferença no peso da fibra por área unitária ou densidade entre partes a serem impregnadas com resina do substrato da fibra de reforço presente em uma direção ao longo de uma superfície do substrato da fibra de reforço, ou de acordo com a diferença na distância de uma parte de iniciação de impregnação da resina para uma parte de conclusão de impregnação da resina entre partes a serem impregnadas com resina do substrato da fibra de reforço presente em uma direção ao longo de uma superfície do substrato da fibra de reforço. A resistência de fluxo pode ser determinada pelo método descrito mais tarde.

A saber, alterando a resistência de fluxo do próprio meio de distribuição da resina durante a distribuição da resina de acordo com uma mu-

dança da fluidez da resina nas direções no plano do lado do substrato da fibra de reforço, em particular, uma mudança da fluidez da resina devido à diferença (mudança) no peso da fibra por área unitária ou densidade entre partes respectivas a serem impregnadas com resina do substrato da fibra de reforço presente em uma direção ao longo da superfície do substrato da fibra de reforço disposta sobre ele com o meio de distribuição de resina ou de acordo com uma mudança da fluidez da resina devido a uma diferença (mudança) na distância de uma parte de iniciação de impregnação da resina para uma parte de conclusão de impregnação da resina entre partes respectivas a serem impregnadas com resina do substrato da fibra de reforço presente em uma direção ao longo da superfície do substrato da fibra de reforço disposta nele com o meio de distribuição de resina, a mudança da fluidez da resina do lado do substrato da fibra de reforço é absorvida (ajustada) pelo lado do meio de distribuição de resina. Como um resultado, nas partes respectivas a serem impregnadas com resina do substrato da fibra de reforço, o tempo para a resina alcançar da parte de iniciação de impregnação da resina do meio de distribuição de resina para a parte de conclusão de impregnação da resina através do fluxo no substrato da fibra de reforço pode ser uniformizado, e para o substrato da fibra de reforço, pode ser impedido gerar o problema que a parte não-impregnada seja gerada ou o problema que uma resina previamente impregnada prejudique uma impregnação seguinte de resina. Portanto, um produto moldado impregnado com resina uniformemente sobre todo o substrato da fibra de reforço pode ser obtido.

No método acima descrito da RTM auxiliada com vácuo de acordo com a presente invenção, um método pode ser utilizado onde o meio de distribuição da resina é formado empilhando uma pluralidade de meios de distribuição de resina e a resistência de fluxo é alterada mudando o número de meios de distribuição de resina empilhados em uma direção no plano do substrato da fibra de reforço. Alternativamente, um método pode também ser utilizado onde a resistência de fluxo é alterada mudando a porosidade (a quantidade de poros) do meio de distribuição da resina em uma direção no plano do substrato da fibra de reforço (a saber, mudando a densidade de

volume do meio de distribuição da resina na direção no plano).

Nesse método da RTM auxiliada com vácuo de acordo com a presente invenção, é preferido que uma diferença de 1,2 vez ou mais seja dada entre um valor máximo e um valor mínimo da resistência de fluxo, e por  
5 isso, uma diferença significativa explícita pode ser fornecida relativamente a uma tecnologia convencional e isso pode ser claramente distinguido de um erro simples na fabricação de um meio de distribuição de resina (uma dispersão da espessura, etc.).

Dessa maneira, no método de RTM auxiliada com vácuo de a-  
10 cordo com a presente invenção, a mudança da fluidez da resina do lado do substrato da fibra de reforço pode ser adequadamente absorvida pelo lado do meio de distribuição de resina. Portanto, o método de acordo com a presente invenção é efetivo para um caso onde a espessura do substrato da fibra de reforço muda em uma direção no plano do substrato da fibra de re-  
15 forço ou no caso onde a densidade do substrato da fibra de reforço muda em uma direção no plano do substrato da fibra de reforço.

No método acima descrito de acordo com a presente invenção, no caso onde o valor máximo da espessura do substrato da fibra de reforço é 1,5 vez ou mais o valor mínimo da sua espessura, pelo fato de que a dife-  
20 rença no tempo requerido para impregnar completamente a resina na direção de espessura do substrato da fibra de reforço entre a espessura máxima e a espessura mínima se torna claramente grande, o efeito devido à presente invenção se torna mais evidente.

Além disso, no caso onde o substrato da fibra de reforço é um  
25 pano tecido unidirecional formado de um grupo de fios de fibra de reforço compreendendo fibras de carbono e um grupo de fios de fibra auxiliar estendido em uma direção através do grupo de fios de fibra de reforço, pelo fato de que as fibras de carbono têm um diâmetro de fibra única fino e o pano tecido unidirecional tem uma formação na qual o vão entre os fios da fibra de  
30 reforço é pequeno, a velocidade de impregnação da resina na direção de espessura do substrato da fibra de reforço é pequena e o efeito devido à presente invenção se torna mais evidente.

Além disso, o método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com a presente invenção é também efetivo, por exemplo, para o caso onde a resina é injetada no meio de distribuição de resina via uma linha de injeção de resina e o comprimento do substrato da fibra de reforço em uma direção perpendicular à linha de injeção da resina muda em uma direção no plano do substrato da fibra de reforço.

A presente invenção também proporciona um método para produzir um produto moldado de plástico reforçado com fibra tendo um processo para impregnar uma resina em um substrato da fibra de reforço pelo método acima descrito de RTM auxiliada com vácuo de acordo com a presente invenção.

#### Efeito de acordo com a invenção

No método da RTM auxiliada com vácuo de acordo com a presente invenção, no caso onde existe uma mudança na fluidez da resina nas direções no plano do lado do substrato da fibra de reforço, desde que ela pode ser absorvida mudando a resistência de fluxo do próprio meio de distribuição de resina durante a distribuição da resina em uma direção no plano do substrato da fibra de reforço de acordo com a mudança na fluidez da resina, torna-se possível uniformizar o tempo para a resina alcançar da parte de iniciação de impregnação da resina para o substrato da fibra de reforço para a parte de conclusão da impregnação da resina através do fluxo no substrato da fibra de reforço sobre todo o substrato da fibra de reforço, e torna-se possível impedir o problema que a parte não-impregnada seja gerada ou o problema que a resina previamente impregnada prejudique a ocorrência de uma impregnação seguinte de resina e obtenha um produto moldado de qualidade uniforme sem defeitos mesmo para um produto com mudança na espessura ou com mudança na largura.

#### Breve explicação dos desenhos

A figura 1 é um diagrama esquemático mostrando um exemplo de um método de RTM auxiliada com vácuo aplicado com a presente invenção.

A figura 2 é uma vista em perspectiva parcial de uma pré-forma

do substrato da fibra de reforço e um meio de distribuição de resina mostrando um exemplo de um objeto a ser aplicado com um método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com a presente invenção.

5 A figura 3 é uma vista plana de uma pré-forma do substrato da fibra de reforço mostrando outro exemplo de um objeto a ser aplicado com um método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com a presente invenção.

10 A figura 4 é um diagrama esquemático de um dispositivo de medição mostrando um método para determinar a resistência de fluxo de um meio de distribuição de resina em um método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com a presente invenção.

A figura 5 é uma vista plana esquemática do dispositivo de medição representado na figura 4.

O melhor modo para execução da invenção

15 A seguir, modalidades desejáveis da presente invenção serão explicadas com referência às figuras.

O método da RTM auxiliada com vácuo de acordo com a presente invenção é executado, por exemplo, como mostrado na figura 1. No método mostrado na figura 1, uma pré-forma 2 preparada formando um substrato de fibra de reforço em uma forma predeterminada é colocada em um molde 1, e em uma superfície da mesma sobre toda a superfície, um meio de distribuição de resina 4 é disposto, nessa modalidade, através de uma dobra de casca 3. Para o meio de distribuição da resina 4, um material com resistência de fluxo da resina menor do que o substrato da fibra de reforço é selecionado. O seu todo é coberto com uma película de saco 5 preparada como um material de saco e a circunferência é vedada via um elemento de vedação 6. O interior coberto com a película de saco 5 fica com pressão reduzida pela sucção do vácuo através de um orifício de sucção 7 e depois da redução da pressão, uma resina é injetada através de um orifício de injeção de resina 8. A resina injetada, primeiro, é distribuída nas direções no plano do meio de distribuição de resina 4 compreendendo substancialmente um material com baixa resistência de fluxo, e a seguir, é impregnada

20  
25  
30

do meio de distribuição da resina 4 na pré-forma 2 do substrato da fibra de reforço na direção da espessura. Naturalmente, embora uma pequena quantidade de resina seja impregnada na pré-forma 2 mesmo durante a distribuição no meio de distribuição de resina 4, pelo fato de que a velocidade de distribuição no meio de distribuição da resina 4 é muito mais alta quando comparada com a velocidade de impregnação na pré-forma 2, o fluxo da resina se torna substancialmente uma tal formação.

Em uma tal RTM auxiliada com vácuo, os problemas acima mencionados ocorrem no caso onde existe uma mudança na resistência de fluxo da resina na direção no plano na pré-forma do substrato da fibra de reforço. Por exemplo, como mostrado na figura 2, no caso onde uma mudança na espessura, portanto, uma mudança no peso da fibra por área unitária, está presente na pré-forma 11 em uma direção ao longo da superfície disposta com o meio de distribuição de resina 12, por exemplo, quando a resina é distribuída no meio de distribuição de resina 12 na direção da seta A do lado do orifício de injeção de resina 11 para o lado do orifício de sucção 13 e a resina distribuída é impregnada na pré-forma 11, pelo fato de que existe uma diferença na espessura entre as partes de impregnação de resina respectivas, ocorre uma dispersão no tempo requerido para a resina ser impregnada sobre toda a espessura em cada parte de impregnação da resina. A saber, o tempo para a impregnação se torna longo em uma parte grossa e o tempo se torna curto em uma parte fina e a impregnação é completada cedo. Portanto, em uma parte grossa, uma parte sem impregnação é propensa a ocorrer. Além disso, pelo fato de que a resina é impregnada cedo em uma parte fina, existe a possibilidade que a resina impregnada interrompa a rota da sucção entre o orifício de sucção 13 e a pré-forma 11 e isso prejudica a impregnação da resina em uma parte grossa.

Na presente invenção, entretanto, de acordo com essa mudança da fluidez da resina se originando da mudança na espessura do lado da pré-forma 11 do substrato da fibra de reforço, a resistência de fluxo do próprio meio de distribuição da resina 12 durante a distribuição da resina é alterada em uma direção no plano da pré-forma 11. A saber, um meio de distribuição

de resina com alta fluidez é disposto para uma parte requerendo um longo tempo de impregnação da resina e um meio de distribuição de resina com pouca fluidez é disposto para uma parte com um curto tempo de impregnação da resina. Concretamente, por exemplo, para uma parte da pré-forma 11 com uma grande espessura, um meio de distribuição da resina com alta fluidez é configurado aumentando o número de empilhamento dos meios de distribuição de resina, e para uma parte da pré-forma 11 com uma pequena espessura, um meio de distribuição de resina com pouca fluidez é configurado diminuindo o número de empilhamento dos meios de distribuição da resina. Por tal estrutura, torna-se possível uniformizar os tempos de conclusão de impregnação da resina entre a parte grossa e a parte fina da pré-forma 11 e isso torna possível resolver os problemas acima descritos de uma vez. Nesse caso, ao invés da mudança acima descrita do número de empilhamento, ou junto com a mudança acima descrita do número de empilhamento, a mudança na resistência de fluxo do meio de distribuição da resina 12 pode ser realizada mudando a porosidade do meio de distribuição da resina 12.

Onde, na modalidade mostrada na figura 2, no caso onde existe uma diferença na espessura na pré-forma 11 em uma direção através da direção de distribuição da resina no meio de distribuição da resina 12 mostrado pelas setas A, embora a resistência de fluxo durante a distribuição da resina do próprio meio de distribuição da resina 12 seja alterada em correspondência com a parte grossa e a parte fina da pré-forma 11, por exemplo, mesmo no caso onde o orifício de injeção da resina 14 é provido no lado direito na figura 2, o orifício de sucção 13 é provido no lado esquerdo na figura 2 e a resina é distribuída no meio de distribuição da resina 12 em uma direção perpendicular à direção da seta A do lado direito para o lado esquerdo na figura 2, por uma estrutura na qual um meio de distribuição da resina com alta fluidez é configurado para uma parte da pré-forma 11 com uma grande espessura aumentando o número de empilhamento dos meios de distribuição de resina, e um meio de distribuição da resina com baixa fluidez é configurado para uma parte da pré-forma 11 com uma pequena espessura dimi-

nuindo o número de empilhamento dos meios de distribuição de resina, torna-se possível uniformizar os tempos de conclusão de impregnação da resina entre a parte grossa e a parte fina da pré-forma 11.

Na presente invenção, no caso onde o valor máximo da espessura da pré-forma 11 é 1,5 vez ou mais o valor mínimo da mesma, pelo fato de que uma diferença no tempo requerido para impregnar completamente a resina na direção da espessura do substrato da fibra de reforço entre a espessura máxima e a espessura mínima se torna teoricamente 2 vezes ou mais, se é utilizado um meio de distribuição da resina uniforme na resistência de fluxo durante a distribuição da resina, a resina é impregnada logo na parte da espessura mínima e, portanto, existe uma possibilidade que a resina impregnada interrompa a rota de sucção entre o orifício de sucção 13 e a pré-forma 11 e isso prejudique a impregnação da resina na parte da espessura máxima. Entretanto, pela presente invenção, um tal temor de prejudicar a impregnação da resina pode ser removido mudando a resistência de fluxo durante a distribuição da resina do próprio meio de distribuição da resina 12 de acordo com a mudança na espessura da pré-forma 11 como descrito acima. Portanto, no caso onde o valor máximo da espessura da pré-forma 11 é 1,5 vez ou mais o seu valor mínimo, o efeito devido à presente invenção se torna mais evidente. Além disso, no caso onde a espessura máxima da pré-forma 11 é 5 mm ou mais, pelo fato de que o tempo requerido para impregnar completamente a resina na direção de espessura da pré-forma 11 se torna longo, o efeito devido à presente invenção se torna mais evidente.

Além disso, embora o tipo das fibras de reforço e a formação do substrato para a pré-forma de acordo com a presente invenção não sejam particularmente restritos, no caso de uma pré-forma com propriedade de impregnação de resina insuficiente, pelo fato de que o tempo requerido para impregnar completamente a resina na direção da espessura da pré-forma se torna longo, o efeito devido à presente invenção se torna mais evidente. Com relação às fibras de reforço, fibras de carbono com um pequeno diâmetro de fibra única são insuficientes na propriedade de permeação da resina, e com relação à formação do substrato da fibra de reforço, pelo fato de que

um pano tecido unidirecional é de vão pequeno entre os fios da fibra de reforço e a propriedade de permeação da resina é insuficiente, por exemplo, quando comparado com o pano tecido bidirecional, o efeito devido à presente invenção se torna mais evidente.

5 Além disso, mesmo no caso onde o tempo de impregnação da resina da pré-forma 11 do substrato da fibra de reforço muda não pela mudança na espessura, mas pela mudança na densidade do substrato da fibra de reforço que forma a pré-forma 11 (por exemplo, mesmo no caso onde a estrutura de empilhamento do substrato da fibra de reforço que forma a pré-  
10 forma 11 ou o tipo do substrato muda), similarmente ao que descrito acima, mudando a resistência de fluxo do lado do meio de distribuição da resina 12, torna-se possível uniformizar o tempo de conclusão da impregnação da resina sobre o todo da pré-forma 11.

Além disso, como mostrado como uma vista plana na figura 3,  
15 com um caso da pré-forma 21 do substrato da fibra de reforço, no caso onde o comprimento na direção de fluxo da resina mostrada pelas setas B muda na direção longitudinal da pré-forma 21, no exemplo mostrado na figura, a resina é injetada em um meio de distribuição da resina (não mostrado, disposto em um lado superior da pré-forma 21) via a linha de injeção de resina  
20 22 (símbolo 23 mostra uma linha de sucção de pressão reduzida), também no caso onde o comprimento da pré-forma 21 compreendendo o substrato da fibra de reforço em uma direção perpendicular relativa à linha de injeção da resina 22 muda em uma direção no plano da pré-forma 21, pelo fato de que o comprimento na direção de fluxo da resina não é uniforme na direção  
25 longitudinal da pré-forma 21, no caso onde um meio de distribuição da resina igual sobre toda a superfície é disposto, a resina é impregnada mais rapidamente em uma parte com uma distância de fluxo mais curta, e, portanto, pela mesma razão como descrita acima, existe a possibilidade que a resina previamente impregnada prejudique a impregnação sucessiva da resina.

30 Pela aplicação da presente invenção, entretanto, mudando a resistência de fluxo do próprio meio de distribuição da resina durante a distribuição da resina de acordo com uma mudança da fluidez da resina devido

a uma diferença na distância da parte de iniciação de impregnação da resina para a parte de conclusão da impregnação da resina entre partes respectivas a serem impregnadas com a resina do substrato da fibra de reforço presente na direção ao longo da superfície do substrato da fibra de reforço disposta sobre ele com o meio de distribuição da resina, a mudança da fluidez da resina do lado do substrato da fibra de reforço pode ser absorvida pelo lado do meio de distribuição da resina. A saber, na modalidade mostrada na figura 3, mudando a resistência de fluxo do lado do meio de distribuição da resina de acordo com a mudança no comprimento da distância de fluxo na direção longitudinal da pré-forma 21, torna-se possível uniformizar o tempo de conclusão da impregnação da resina sobre o todo da pré-forma 21. A saber, dispondo um meio de distribuição da resina com alta fluidez (baixa resistência de fluxo) para uma parte da pré-forma 21 com uma longa distância de fluxo na direção longitudinal da pré-forma 21, e dispondo o meio de distribuição da resina com pouca fluidez (alta resistência de fluxo) para uma parte da pré-forma 21 com uma curta distância de fluxo, torna-se possível uniformizar o tempo de conclusão da impregnação da resina sobre o todo da pré-forma 21.

A resistência de fluxo acima descrita do meio de distribuição da resina no método da RTM auxiliada com vácuo de acordo com a presente invenção pode ser determinada pelo método seguinte. A saber, a resistência de fluxo  $R$  de acordo com a presente invenção representa uma quantidade da resistência de um meio quando uma resina é circulada através de um meio de distribuição da resina, e isso pode ser medido fluindo um líquido no meio sob uma condição de pressão reduzida. Na determinação da resistência de fluxo  $R$ , como mostrado nas figuras 4 e 5, o meio de distribuição da resina 32 com uma largura de 150 mm e um comprimento arbitrário (aproximadamente 1.000 mm) é disposto em um molde de metal 31, um orifício de injeção 33 é colocado em um lado e um orifício de redução de pressão 34 é colocado no outro lado, o seu todo é coberto com um material de saco 35 e a circunstância é vedada por um elemento de vedação 36, o interior do material de saco 34 é sugado por uma bomba de vácuo 37 para reduzir a pres-

são para 666,7 Pa (5 torr) ou menor, um líquido 38 com uma viscosidade  $\mu$  (uma resina sem mudança na viscosidade, etc.) é injetado do orifício de injeção 33 e o líquido 38 é distribuído no meio de distribuição da resina 32. Depois que o líquido 38 é circulado para dentro do meio de distribuição da resina 32 por um tempo predeterminado de T segundos, uma distância L do orifício de injeção 33 para uma parte frontal de fluxo 39 (figura 5) do líquido é medida. É planejado que quanto mais longa seja essa distância L, maior é a fluidez do meio de distribuição da resina 32, a saber, menor é a resistência de fluxo.

Quantitativamente, a resistência de fluxo R na presente invenção é definida como mostrado nas equações (1) e (2) seguintes.

$$L = \sqrt{(2 \cdot K \cdot T \cdot P/\mu)} \quad (1)$$

$$R = \sqrt{(1/K)} \quad (2)$$

Onde,

- T: tempo predeterminado (s)
- L: distância circulada com a resina pelo tempo predeterminado (mm)
- K: coeficiente para o fluxo ( $\text{mm}^2$ )
- $\mu$ : viscosidade do líquido ( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ )
- P: diferença na pressão entre o interior do material de saco e a pressão da resina
- R: resistência de fluxo ( $\text{mm}^{-1}$ ).

Como descrito acima, na presente invenção, mudando a fluidez do meio de distribuição da resina em uma direção no plano, concretamente, pela distribuição precoce da resina parcialmente dispondo um meio de distribuição da resina com alta fluidez em uma parte com uma grande espessura, uma parte com uma grande resistência de fluxo da pré-forma ou uma parte com uma longa distância de fluxo, o tempo para a resina impregnar no todo da pré-forma se torna uniforme e a qualidade do produto moldado pode ser estabilizada. Além disso, sem a interrupção da rota de sucção pela resina, a resina pode ser impregnada no todo da pré-forma seguramente.

### Exemplos

Exemplo 1:

Um pano tecido multiaxial (produzido por Toray Industries, Inc., tipo: MK8260-JN, peso da fibra por área unitária por uma camada: 300 g/m<sup>2</sup>) preparado costurando duas camadas de camadas de fibra de reforço unidirecionais, cada uma formada com fibras de carbono T700S (fibras de carbono do sistema PAN) produzidas por Toray Industries, Inc. foi cortado em 8 pedaços, cada com uma largura de 400 mm e um comprimento de 800 mm, e além disso, cortado em 8 pedaços, cada um com uma largura de 400 mm e um comprimento de 400 mm. A seguir, depois que os 8 pedaços de panos tecidos de fibra de carbono, cada um com um tamanho de 400 mm x 800 mm foram empilhados em um molde de metal, 8 pedaços de panos tecidos de fibra de carbono, cada um com um tamanho de 400 mm x 400 mm foram empilhados para preparar uma pré-forma de fibra de reforço 11 presente com partes tendo espessuras diferentes uma da outra, como mostrado na figura 2.

A seguir, como o meio de distribuição da resina 12, dois materiais de malha de polipropileno (TSX-400P, produzido por Tokyo Polymer Corporation), um dos quais tinha um tamanho de largura de 400 mm e um comprimento de 800 mm e o outro dos quais tinha um tamanho de largura de 400 mm e um comprimento de 400 mm, foram preparados.

A seguir, como mostrado na figura 1, a pré-forma de fibra de reforço acima descrita 2 (pré-forma de fibra de reforço 11 na figura 2) foi colocada no molde de aço similar a uma placa plana 1, de modo que a espessura mudou na mesma direção que o orifício de sucção 7, e depois que o meio de distribuição da resina 4 com uma largura de 400 mm e um comprimento de 800 mm (meio de distribuição da resina 12 na figura 2) foi colocado em toda a sua superfície superior, um meio de distribuição da resina com uma largura de 400 mm e um comprimento de 400 mm foi também colocado na parte grossa (a parte empilhada com 16 pedaços de panos tecidos de fibra de carbono).

A seguir, depois que o orifício de injeção da resina 8 e o orifício de sucção 7 foram dispostos, o todo da pré-forma da fibra de reforço 2 foi

coberto com a película do saco 5 (uma película de náilon), a circunferência foi fechada por vedador 6 (SM5126, produzido por Richmond Corporation) e o interior da película do saco 5 foi reduzido na pressão por uma bomba de vácuo em comunicação com o orifício de sucção 7.

5                   A seguir, o todo do dispositivo de moldagem foi colocado sob uma atmosfera em 20°C, uma resina de viniléster termorrígida (viscosidade: 200 mPa . s, R-7070 produzida por Showa Polymer Corporation) foi preparada e a injeção da resina foi iniciada do orifício de injeção 8. A resina foi distribuída no meio de distribuição da resina 12 com uma diferença de velocidade, depois de 2 minutos do início da injeção, a distribuição da resina foi  
10                   concluída antecipadamente na parte empilhada com dois pedaços de meios de distribuição de resina (em uma superfície da parte grossa da pré-forma da fibra de reforço) e depois de 4 minutos do início da injeção, a resina foi distribuída no todo do meio de distribuição da resina. Além disso, a resina foi  
15                   impregnada do meio de distribuição da resina na pré-forma, depois de 8 minutos do início da injeção, a resina foi impregnada no todo da pré-forma da fibra de reforço e a resina circulada para fora do todo da pré-forma da fibra de reforço 11, simultaneamente.

                    Finalmente, a injeção da resina foi parada, a resina foi curada e  
20                   um produto moldado de plástico reforçado com fibra foi retirado do molde de metal. Como o resultado da inspeção da aparência do produto moldado, uma parte não-impregnada com resina não estava presente na superfície, e além do que, como o resultado da inspeção dos defeitos no interior do produto moldado de FRP pelo detector ultrassônico (EPOCH4, produzido por  
25                   Panametrics Corporation), um eco de uma superfície inferior foi reconhecido sobre toda a superfície do FRP e um produto moldado de plástico reforçado com fibra de qualidade excelente, no qual não existia parte não-impregnada com resina sobre todo o FRP, pôde ser obtido.

Exemplo comparativo 1:

30                   Em uma maneira similar a essa no exemplo 1, a pré-forma da fibra de reforço 11, na qual existiam partes diferentes na espessura uma da outra como mostrado na figura 2, foi preparada. A seguir, como o meio de

distribuição da resina 12, um pedaço de material de malha de polipropileno (TSX-400P, produzido por Tokyo Polymer Corporation) tendo um tamanho de largura de 400 mm e um comprimento de 800 mm foi preparado.

5 Como mostrado na figura 1, a pré-forma de fibra de reforço acima descrita 2(11) foi colocada no molde de aço similar a uma placa plana 1, de modo que a espessura mudou na mesma direção que a direção de extensão do orifício de sucção 7, e em toda a sua superfície superior, o meio de distribuição da resina 4(12) com uma largura de 400 mm e um comprimento de 800 mm foi colocado por somente um pedaço.

10 A seguir, o dispositivo de moldagem foi estruturado da mesma maneira que esse no exemplo 1 e a injeção da resina foi iniciada. A resina foi distribuída no meio de distribuição de resina em uma mesma velocidade e depois de 4 minutos do início da injeção, a resina foi distribuída sobre toda a superfície do meio de distribuição da resina. A resina foi impregnada do meio de distribuição da resina na pré-forma, depois de 8 minutos do início da injeção, a resina circulou para fora da parte fina do substrato da fibra de reforço para o orifício de sucção e um estado apareceu onde a resina circulada para fora interrompeu a rota de sucção entre o orifício de sucção 7 e a parte grossa da pré-forma.

20 A injeção da resina foi parada depois de 30 minutos do início da injeção, a resina foi curada e um produto moldado de plástico reforçado com fibra foi retirado do molde de metal. Como o resultado da inspeção da aparência do produto moldado, uma parte não-impregnada com resina foi reconhecida na superfície do lado do produto moldado na parte da placa grossa do produto moldado de plástico reforçado com fibra.

#### Aplicações industriais da invenção

30 A presente invenção pode ser aplicada em qualquer RTM auxiliada com vácuo, e em particular, ela é adequada para moldagem de um produto moldado com uma forma complicada ou um produto moldado de largura variada, etc.

Listagem de referência

- 1: molde
- 2: pré-forma do substrato da fibra de reforço
- 3: dobra de casca
- 5 4: meio de distribuição da resina
- 5: película de saco como material de saco
- 6: elemento de vedação
- 7: orifício de sucção
- 8: orifício de injeção de resina
- 10 11: pré-forma do substrato da fibra de reforço
- 12: meio de distribuição da resina
- 13: orifício de sucção
- 14: orifício de injeção da resina
- 21: pré-forma do substrato da fibra de reforço
- 15 22: linha de injeção de resina
- 23: linha de sucção de pressão reduzida

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de RTM auxiliada com vácuo para dispor um meio de distribuição de resina em uma superfície de um substrato de fibra de reforço, cobrir o todo com um material de saco, reduzir a pressão dentro do dito material de saco, injetar uma resina no dito meio de distribuição de resina para distribuir a dita resina substancialmente nas direções no plano e a seguir impregnar a dita resina no dito substrato da fibra de reforço na sua direção de espessura, caracterizado pelo fato de que a resistência de fluxo do dito próprio meio de distribuição da resina durante a distribuição da resina é alterada em uma direção no plano do dito substrato da fibra de reforço, de acordo com uma diferença no peso da fibra por área unitária ou densidade entre partes a serem impregnadas com resina do dito substrato da fibra de reforço presente em uma direção ao longo da dita uma superfície do dito substrato da fibra de reforço, ou de acordo com a diferença na distância de uma parte de iniciação de impregnação da resina para uma parte de conclusão de impregnação da resina entre partes a serem impregnadas com resina do dito substrato da fibra de reforço presente em uma direção ao longo da dita uma superfície do dito substrato da fibra de reforço.

2. Método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com a reivindicação 1, em que o meio de distribuição da resina é formado empilhando uma pluralidade de meios de distribuição de resina e a dita resistência de fluxo é alterada mudando o número de meios de distribuição de resina empilhados em uma direção no plano do dito substrato da fibra de reforço.

3. Método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com a reivindicação 1, em que a dita resistência de fluxo é alterada mudando a porosidade do dito meio de distribuição da resina em uma direção no plano do dito substrato da fibra de reforço.

4. Método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, em que uma diferença de 1,2 vez ou mais é dada entre um valor máximo e um valor mínimo da dita resistência de fluxo.

5. Método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com qualquer

uma das reivindicações de 1 a 4, em que a espessura do dito substrato da fibra de reforço muda em uma direção no plano do dito substrato da fibra de reforço.

5 6. Método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com a reivindicação 5, em que o valor máximo da dita espessura do dito substrato da fibra de reforço é 1,5 vez ou mais o valor mínimo da dita espessura.

10 7. Método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, em que a densidade do dito substrato da fibra de reforço muda em uma direção no plano do dito substrato da fibra de reforço.

15 8. Método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, em que o dito substrato da fibra de reforço é um pano tecido unidirecional formado de um grupo de fios de fibra de reforço compreendendo fibras de carbono e um grupo de fios de fibra auxiliar estendido em uma direção através do dito grupo de fios de fibra de reforço.

20 9. Método de RTM auxiliada com vácuo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, em que a dita resina é injetada no dito meio de distribuição de resina via uma linha de injeção de resina e o comprimento do dito substrato da fibra de reforço em uma direção perpendicular à dita linha de injeção da resina muda em uma direção no plano do dito substrato da fibra de reforço.

25 10. Método para produzir um produto moldado de plástico reforçado com fibra tendo um processo para impregnar uma resina em um substrato da fibra de reforço por um método de RTM auxiliada com vácuo como definido em qualquer uma das reivindicações de 1 a 9.

FIG. 1

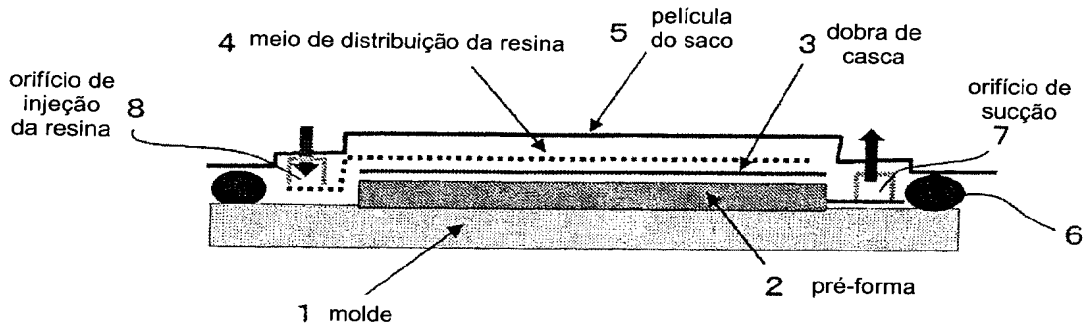


FIG. 2

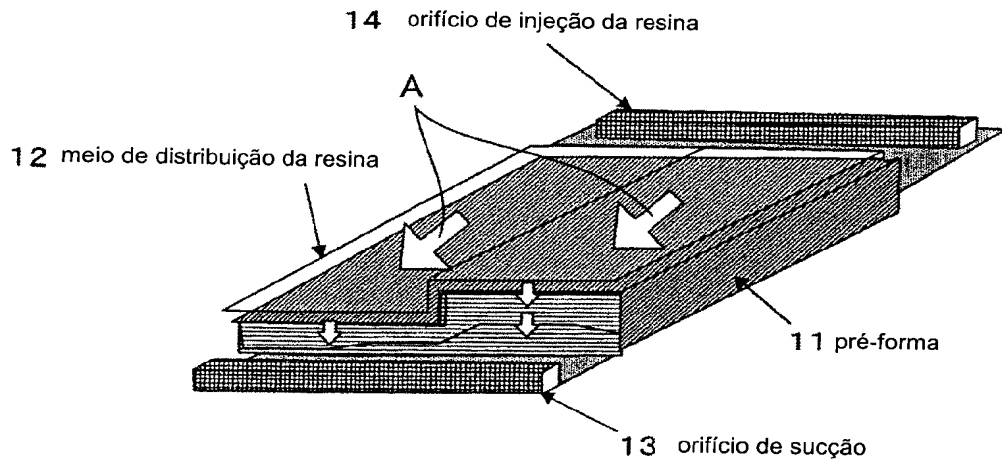


FIG. 3

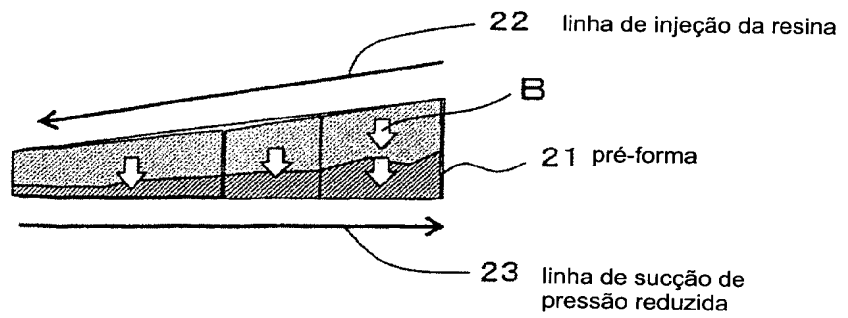


FIG. 4

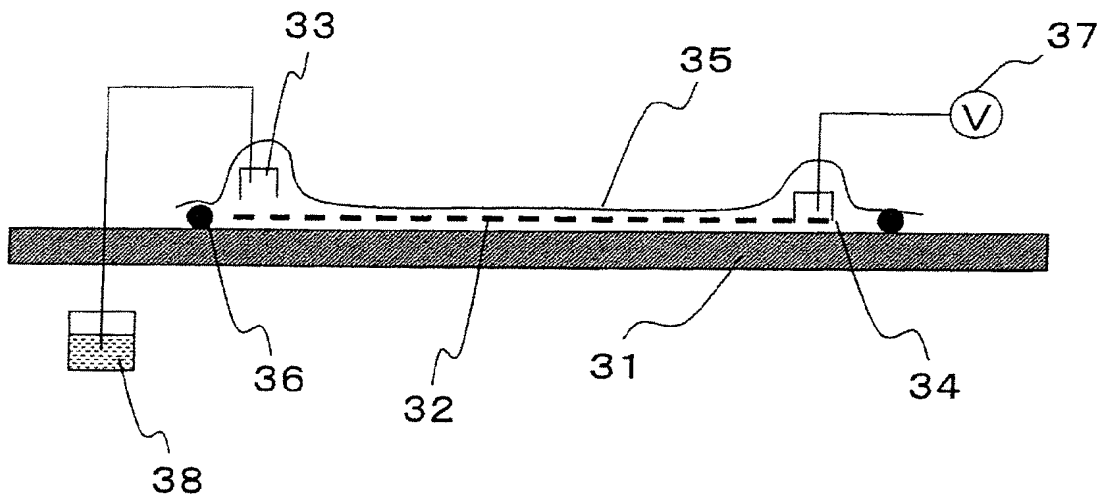
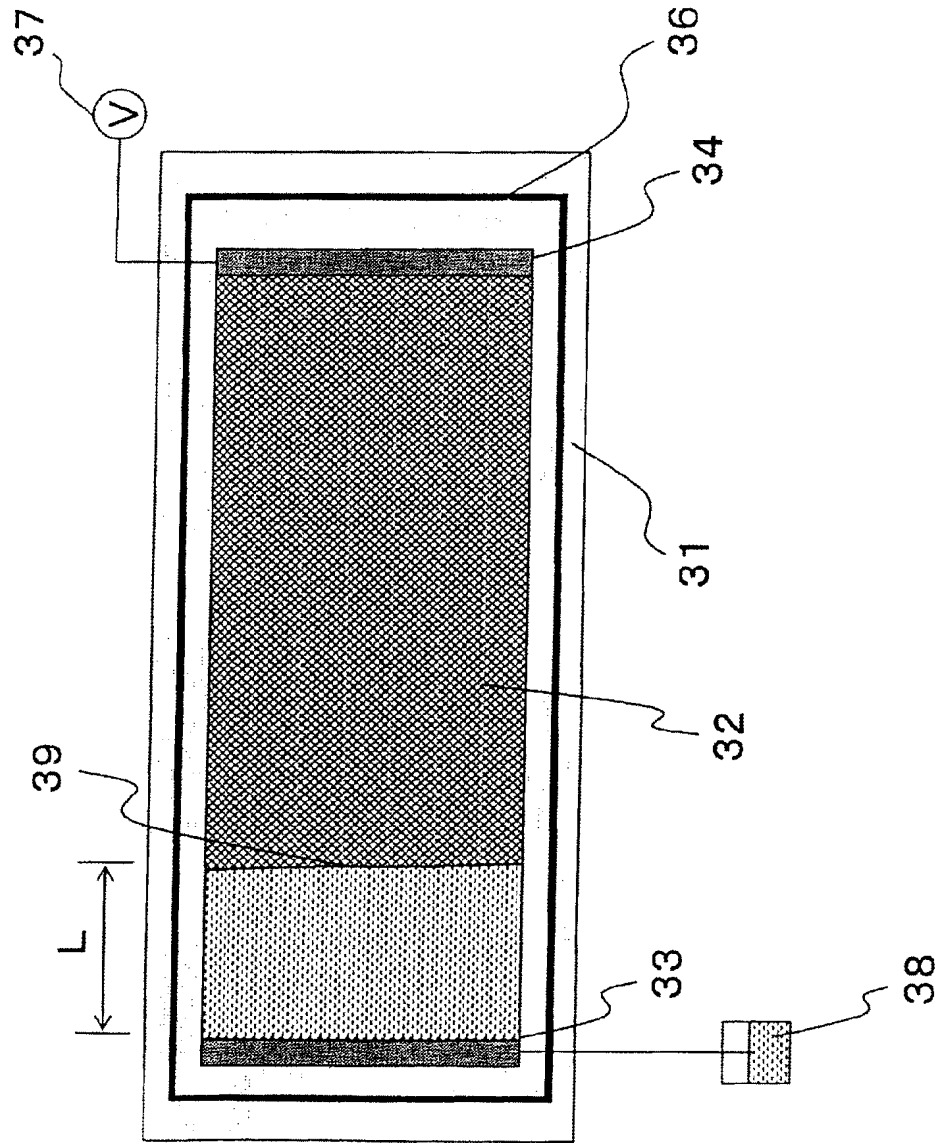


FIG. 5



## RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO DE RTM AUXILIADA COM VÁCUO"**.

A presente invenção refere-se a um método de RTM auxiliada com vácuo que compreende dispor um meio de distribuição de resina em  
5 uma superfície de um substrato de fibra de reforço, cobrir o todo com um material de saco, reduzir a pressão dentro do material de saco e injetar uma resina no meio de distribuição de resina para distribuir a resina substancialmente nas direções no plano e a seguir impregnar a resina no substrato da fibra de reforço na direção de espessura. O método é caracterizado pelo fato  
10 de que a resistência de fluxo do próprio meio de distribuição da resina durante a distribuição da resina é alterada em direções no plano do substrato da fibra de reforço, de acordo com uma diferença no peso da fibra por área unitária ou densidade entre partes a serem impregnadas com resina do substrato da fibra de reforço presente em uma direção de plano do substrato da fi-  
15 bra de reforço, ou de acordo com a diferença na distância de uma parte de iniciação de impregnação da resina para uma parte de conclusão de impregnação da resina entre partes a serem impregnadas com resina do substrato da fibra de reforço presente em uma direção de plano do substrato da fibra de reforço. No caso onde a mudança da fluidez da resina nas direções de  
20 plano existe no substrato da fibra de reforço, a mudança pode ser absorvida pelo lado do meio de distribuição da resina, e torna-se possível obter de maneira estável um produto moldado desejado seguramente.