(11) Número de Publicação: **PT 2452808 E**

(51) Classificação Internacional:
B29C 70/44 (2014.01)

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **2011.11.04**

(30) Prioridade(s): **2010.11.11 US 944089**

(43) Data de publicação do pedido: **2012.05.16**

(45) Data e BPI da concessão: **2014.05.07**
160/2014

(73) Titular(es):
THE BOEING COMPANY
100 NORTH RIVERSIDE PLAZA CHICAGO, IL 60606-2016 **US**

(72) Inventor(es):
PETER J. LOCKETT **AU**
DAVID POOK **AU**
ANDREW K. GLYNN **AU**

(74) Mandatário:
ANTÓNIO JOÃO COIMBRA DA CUNHA FERREIRA
RUA DAS FLORES, Nº 74, 4º AND 1249-235 LISBOA **PT**

(54) Epígrafe: **INFUSÃO DE RESINA DE PEÇAS COMPÓSITAS UTILIZANDO UMA FOLHA DE CARGA PERFURADA**

(57) Resumo:
AS PEÇAS COMPÓSITAS (24) INFUNDIDAS COM RESINA (34) SÃO FABRICADAS AO UTILIZAR UMA FOLHA DE CARGA (26) QUE TEM PERFURAÇÕES (48) NA MESMA PARA OPTIMIZAR O ESCOAMENTO DA RESINA (34) ATRAVÉS DAS PEÇAS (24), E PERMITINDO UMA DISPOSIÇÃO SIMPLIFICADA DE FERRAMENTAS E CONSUMÍVEIS PARA PEÇAS COMPLEXAS (24), AO MESMO TEMPO QUE SE ALCANÇA UM ACABAMENTO AERODINÂMICO LISO DO LADO DA CARGA OU DO LADO DO SACO.

RESUMO

"Infusão de resina de peças compósitas utilizando uma folha de carga perfurada"

As peças compósitas (24) infundidas com resina (34) são fabricadas ao utilizar uma folha de carga (26) que tem perfurações (48) na mesma para optimizar o escoamento da resina (34) através das peças (24), e permitindo uma disposição simplificada de ferramentas e consumíveis para peças complexas (24), ao mesmo tempo que se alcança um acabamento aerodinâmico liso do lado da carga ou do lado do saco.

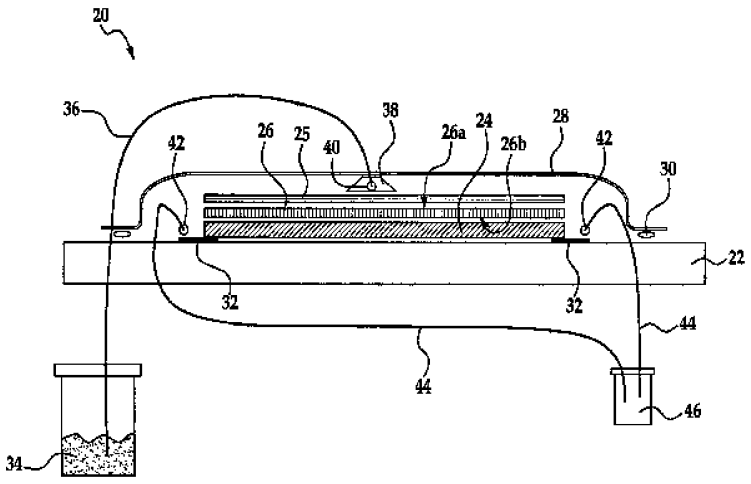

FIG. 1

DESCRIÇÃO

"Infusão de resina de peças compósitas utilizando uma folha de carga perfurada"

CAMPO TÉCNICO

Esta descrição refere-se em geral ao fabrico de estruturas compósitas, que utilizam especialmente técnicas de infusão de resina e lida, mais em particular, com uma folha de carga perfurada para optimizar o escoamento de resina através de um componente de fibra.

ANTECEDENTES

Uma técnica para fabricar peças compósitas envolve a infusão de um componente de fibra seco com resina ao utilizar um processo que se refere como sendo de infusão de resina. Numa variação deste processo, referido como sendo de infusão de resina ajudada por vácuo, depois do componente de fibra ser ensacado a vácuo numa ferramenta, um vácuo é removido o que tanto compacta o componente de fibra como arrasta a resina através do componente para produzir uma peça compactada infundida com resina.

A US 4 942 013 descreve um processo e sistema para impregnação a vácuo de um reforço de fibra, tal como um tecido de carbono, com uma resina, para produzir um compósito de resina-fibra. A resina líquida entra numa disposição ou sistema que compreende uma camada de reforço de fibra numa ferramenta ou molde, e é direccionada através de um sistema de percursos de escoamento para impregnar a camada de reforço de fibra uniformemente através da sua largura e ao longo do comprimento da camada de reforço de fibra. De acordo com uma concretização, uma camada de reforço de fibra, e.g., tecido de carbono, é colocada numa ferramenta. Uma película de guarnecimento porosa é aplicada sobre a camada de reforço de fibra e uma camada de drenagem, e.g., fibra de vidro, é aplicada sobre a película de guarnecimento. Uma película não porosa é colocada sobre a camada de drenagem, sendo então um tecido respirável, e.g., fibra de vidro, aplicado sobre a película não porosa, e um saco de vácuo é colocado sobre todo o conjunto e

vedado na superfície do molde. A resina líquida é alimentada para o conjunto dentro do saco de vácuo. Meios de dispersão de resina, e.g., uma tira transversal de tecido de fibra de vidro, ou meios mecânicos, tais como um tubo fendido, recebem a resina líquida e distribuem a mesma inicialmente através do painel adjacente a uma extremidade da camada de reforço depois do vácuo ter sido aplicado ao conjunto. A resina líquida é arrastada através do tecido de drenagem e através da camada de reforço de fibra desde uma extremidade até à sua oposta para impregnar completamente o mesmo. O sistema de resina está concebido de modo que o mesmo irá começar a gelificar quando a resina líquida tiver impregnado completamente a camada de reforço de fibra.

A WO 2006/096647 descreve um método de fazer uma mesa de marcação. Uma composição de espuma é interposta entre um conjunto de base e um conjunto de topo para formar uma composição compósita. O conjunto de base inclui uma primeira composição de fibra de carbono segmentada no mesmo e o conjunto de topo inclui uma segunda composição de fibra de carbono segmentada no mesmo. Uma placa de carga é então colocada adjacente à composição compósita. A placa de carga inclui uma pluralidade de aberturas de placa de carga. É depois disso gerado vácuo próximo da composição compósita. Uma resina é arrastada através da pluralidade de aberturas de placa de carga ao utilizar o vácuo gerado até a composição compósita ser infundida com a resina. A placa de carga é removida da adjacência da composição compósita e a composição compósita infundida com resina é cozida. Assim, é feita a mesa de marcação.

A US 2003/0025231 descreve um aparelho para fabricar estruturas de plástico reforçadas com fibra. O aparelho inclui uma superfície de molde sobre a qual pode ser suportado um depósito de uma ou mais camadas de um material fibroso, e sobre a qual pode ser colocada uma folha externa impermeável a fluidos com um orifício de entrada, e tendo os seus bordos marginalmente selados sobre a superfície de molde para formar uma câmara. Uma saída de vácuo está ligada à câmara para arrastar vácuo da mesma. Um sistema de distribuição de resina encontra-se posicionado entre o depósito e a folha impermeável a fluidos. O sistema de distribuição de resina inclui uma folha de distribuição

para receber resina a partir do orifício de entrada e pelo menos uma linha de distribuição de resina plana ligada ao orifício de entrada.

Um artigo por FC Campbell em "Manufacturing Processes for Advanced Composites", publicado em 18 de Dezembro de 2003 por Elsivier, páginas 128 e 129, descreve a utilização de placas de carga para proporcionar acabamentos superficiais aperfeiçoados. Este documento descreve que é importante que a placa de carga seja suficientemente flexível para que não ocorra a ligação da superfície local. Também é descrito que as placas de carga podem ser perfuradas para permitir a evacuação do ar e, em alguns casos, a drenagem da resina.

O processo de infusão de resina pode apresentar vários problemas em algumas aplicações. Um destes problemas envolve a necessidade de utilizar uma camada de descasque a qual pode ter uma tendência para restringir o escoamento da resina a partir da fonte de resina para o componente a ser infundido. Um outro problema refere-se às dificuldades em fazer à medida o escoamento de resina através da área do componente devido ao facto de o meio de distribuição de resina tender a distribuir a resina de modo uniforme através da área do componente de fibra. Esta uniformidade do escoamento de resina pode resultar em "retenção" de certas áreas do componente, algumas vezes referida como uma "fome de resina", provocada por áreas infundidas com resina que isolam áreas secas adjacentes dos percursos de vácuo activos. Um outro problema envolve a necessidade de localizar os componentes de fornecimento de resina, tais como canais, tubagens e calhas, do componente de fibra, de modo que não deixem qualquer marca na peça infundida. Localizar estes componentes de fornecimento de resina fora do componente de fibra pode limitar o fornecimento de resina, pode aumentar as distâncias de infusão e pode aumentar o tempo de infusão ao mesmo tempo que se restringe a optimização do fornecimento de resina para um componente particular.

Ainda um outro problema com os processos de infusão de resina existentes resulta da necessidade de colocar uma camada de descasque flexível e um meio de distribuição de

resina flexível em contacto com o componente de fibra. Este contacto directo pode resultar num acabamento superficial relativamente grosseiro na peça, comummente conhecido como o acabamento do lado do saco, o que pode ser inaceitável em aplicações onde é necessário um acabamento superficial liso, tal como em aplicações de aeronaves que precisam de um acabamento superficial aerodinâmico.

Um outro problema surge em ligação com a infusão de componentes integrados que compreendem múltiplas peças. No caso de componentes integrados, as técnicas de infusão anteriores que utilizavam ferramentas simples precisavam de uma disposição complexa de ensacamento e/ou consumíveis, enquanto que aquelas que usavam uma disposição simples de ensacamento/consumíveis precisavam de ferramentas complexas.

Em conformidade, existe a necessidade de um método e aparelho para infusão de resina que possa eliminar a necessidade de uma camada de descasque enquanto permita a optimização do fornecimento de resina através da área do componente de fibra, controlando assim a quantidade de resina fornecida a regiões particulares no componente. Existe também a necessidade de um aparelho de infusão de resina que aumente a flexibilidade das ferramentas ao localizar o suporte físico de fornecimento de resina directamente no topo do componente a ser infundido, sem provocar marcas da peça enquanto se proporciona um acabamento liso da peça curada.

SUMÁRIO

De acordo com o presente invento é proporcionado um aparelho para fabricar peças compósitas infundidas com resina e um método de fabricar peças compósitas infundidas com resina tal como reivindicado nas reivindicações anexas.

As concretizações descritas proporcionam um método e aparelho para infusão de resina que permite um fornecimento de resina preciso feito à medida a um componente de fibra, resultando em tempos de infusão reduzidos enquanto se proporciona simultaneamente um acabamento superficial aerodinâmico liso no lado do saco do componente e

permitindo ferramentas simplificas para componentes complexos. A fiabilidade da infusão bem sucedida de peças pode ser melhorada, o que pode reduzir o refugo, novos trabalhos e reparações. O método e aparelho simplificam o depósito dos consumíveis, o que pode reduzir o custo de fabrico e mão-de-obra. Ao proporcionar meios de infusão com permeabilidade realizada à medida em diferentes zonas do componente de fibra, as concretizações descritas podem permitir uma gama ampla de componentes a serem infundidos com resina, enquanto se reduz a complexidade das ferramentas internas e o potencial enrugamento dos consumíveis. As concretizações também podem permitir disposições de ferramentas mais favoráveis enquanto se alcança um acabamento superficial de OML relativamente liso no lado do componente de fibra a partir de onde a resina é infundida. As concretizações proporcionam vantagens adicionais no caso da infusão de resina de peças complexas tais como aquelas que têm componentes integrados. Os componentes integrados podem ser infundidos com resina ao utilizar tanto ferramentas simples como disposições simples de ensacamento e consumíveis, ao mesmo tempo que se alcança um acabamento aerodinâmico liso do lado da carga ou do lado do saco.

De acordo com uma concretização, é proporcionado um aparelho tal como reivindicado na reivindicação 1. As perfurações podem ter uma secção transversal afunilada e podem estar localizadas de modo não uniforme sobre a área da folha de carga.

De acordo com uma outra concretização, é proporcionado um método de fabricar peças compósitas infundidas com resina tal como reivindicado na reivindicação 9. O método pode incluir ainda controlar a infusão do componente ao controlar a distribuição das perfurações, a densidade das perfurações ou o tamanho das perfurações. O método pode incluir ainda o escoamento da resina para cima da folha de carga numa localização geralmente central na folha de carga.

BREVE DESCRIÇÃO DAS ILUSTRAÇÕES

A FIG. 1 é uma ilustração de uma vista em secção do aparelho para infusão de resina de um componente de fibra.

A FIG. 2 é uma ilustração de uma vista isométrica de uma porção da folha de carga utilizada no aparelho mostrado na FIG. 1.

A FIG. 3 é uma ilustração de uma vista em secção tirada ao longo da linha 3-3 na FIG. 2.

A FIG. 4 é uma ilustração similar à FIG. 3 mas que mostra a resina que foi infundida dentro do componente, em que a resina permanece nas perfurações de folha de carga.

A FIG. 5 é uma ilustração similar à FIG. 4 mas que mostra a folha de carga que foi separada do componente infundido.

A FIG. 6 é uma ilustração de um conjunto de depósitos para infusão de resina em que as peças estão parcialmente explodidas para clarificação.

A FIG. 7 é uma ilustração de um diagrama de fluxos de um método para infusão de resina que utiliza o conjunto de depósitos mostrado na FIG. 6.

A FIG. 8 é uma ilustração de uma vista planificada de uma porção do aparelho de infusão de resina que mostra uma folha de carga que tem diferentes densidades de perfurações para conseguir uma infusão de resina feita à medida.

A FIG. 9 é uma ilustração de uma disposição de ferramentas e composição para infusão de resina de componentes integrados.

A FIG. 10 é uma ilustração de um diagrama de fluxos de produção de aeronaves e metodologia de serviço.

A FIG. 11 é uma ilustração de um diagrama de blocos de uma aeronave.

DESCRIÇÃO DETALHADA

Fazendo referência à FIG. 1, o aparelho de infusão de resina 20 compreende em geral uma ferramenta 22, um componente de fibra 24 coberto por uma folha de carga perfurada 26, um meio de distribuição de resina 25, um saco de vácuo 28 e uma fonte de resina 34. Tal como aqui utilizado, "componente" e "componente de fibra" referem-se a uma fibra seca ou componente de fibra parcialmente impregnado (também conhecido como uma "pré-forma") que se destina a ser infundido com resina ao utilizar um processo de infusão de resina. O componente de fibra 24 pode ou não ter uma forma que seja pré-formada. Os consumíveis de saída 32 estão posicionados entre a ferramenta 22 e o componente de fibra 24, e a folha de carga 26 assenta directamente no topo do componente 24. O saco 28, o qual cobre o componente 24, a folha de carga 26 e o meio de distribuição de resina 25, é selado na ferramenta 22 por meio de um vedante periférico 30.

A fonte de resina 34 é acoplada por uma linha de fornecimento de resina 36 a um orifício de entrada 38 que está em geral localizado centralmente sobre a folha de carga 26, dentro do saco 28. A resina a partir da fonte 34 é introduzida dentro do saco 28 através do orifício de entrada 38 e escoa-se através de um canal de entrada 40 e o meio de distribuição 25 através e externamente sobre a folha de carga 26. A resina em excesso é removida do saco 28 através dos canais de saída 42, dos consumíveis de saída 32 e uma saída (não mostrada na FIG. 1) onde é arrastada através de linhas de saída 44 para um reservatório de vácuo de saída 46. A localização central do orifício de entrada 38 e canal de entrada 40 na folha de carga 26 pode ajudar a controlar a distribuição inicial da resina 34 e formação da frente de onda 76 (FIG. 8) da resina 34 à medida que se escoa sobre a folha de carga 26. A capacidade para controlar a distribuição inicial da resina 34 sobre o componente 24 e a infusão feita à medida do componente 24 tornada possível pela folha de carga perfurada 26 pode reduzir as variações na fracção de volume de fibra da peça curada, melhorando assim a qualidade da peça.

O orifício de entrada 38 e canal de entrada 40 assentam directamente no topo do meio de distribuição 25 e da folha de carga 26. Em outras concretizações, o orifício de entrada 38 e canal de entrada 40 podem estar localizados em outras posições no topo da folha de carga 26. Em ainda outras concretizações, um ou mais colectores (não mostrados) podem ser acoplados ao orifício de entrada 38 para distribuir resina em diferentes localizações na folha de carga 26. A dureza relativa da folha de carga perfurada 26 permite a colocação do suporte físico de fornecimento de resina, i.e., o orifício de entrada 38 e o canal de entrada 40, directamente sobre o componente 24 sem provocar qualquer substancial marca da peça. Em geral, localizar o orifício de entrada 38 e o canal de entrada 40 centralmente sobre a folha de carga 26 pode resultar em tempos mínimos de infusão. A folha de carga perfurada 26 pode eliminar a necessidade da utilização de uma camada de descasque de restrição de escoamento (não mostrada) e pode optimizar o fornecimento de resina ao componente através da variação e densidade das perfurações, e assim a capacidade de variar a quantidade de resina fornecida às regiões particulares do componente 24. Em algumas aplicações, no entanto, de modo a alcançar um acabamento superficial desejado no componente infundido 24, pode ser colocada uma camada de descasque (não mostrada) entre a folha de carga 26 e o componente 24.

Fazendo agora referência a ambas as FIGS. 1 e 2, a folha de carga 26 pode ser formada de qualquer material de folha relativamente rígido tal como, sem limitação, aço inoxidável ou alumínio, que tem um acabamento superficial adequado à aplicação. Onde for desejado alcançar um acabamento superficial relativamente liso no componente infundido 24, a folha de carga 26 deverá também ter um acabamento superficial relativamente liso uma vez que esse acabamento irá ser substancialmente transmitido ao componente 24. Numa aplicação típica, a folha de carga 26 pode ter uma espessura de aproximadamente 0,8 a 2 mm, mas pode ter qualquer outra espessura que seja adequada para a aplicação particular e requisitos de fabrico. Em algumas aplicações, pelas razões acima discutidas, pode ser desejado seleccionar um material para a folha de carga 26 que tenha um coeficiente de expansão térmica (CTE) que seja substancialmente diferente daquele do compósito.

A folha de carga 26 pode ser formada em qualquer forma, incluindo formas planas e contornadas que coincidem com a forma final da peça, e pode ter a capacidade de se deformar e, desse modo, conformar-se com a forma da ferramenta 22, incluindo deformar-se sob vácuo durante o processamento. A folha de carga 26 tem uma multiplicidade de perfurações 48 na mesma através das quais a resina pode escoar-se a partir do topo 26a da folha de carga 26 onde é distribuída pelo meio 25, no componente 24, que está em contacto de face com face com o fundo 26b da folha de carga 26. O número, tamanho, densidade, localização e distribuição das perfurações 48 na folha de carga 26 podem variar, dependendo das variações de configuração, geometria e espessura do componente 24. Numa concretização prática que proporciona resultados satisfatórios, por exemplo, e sem limitação, as perfurações 48 podem ter um diâmetro de entre aproximadamente 1,5 e 2,5 mm, espaçadas aproximadamente 15 a 25 mm. Numa outra concretização prática que proporciona resultados satisfatórios, as perfurações 48 podem ter um diâmetro de aproximadamente 0,5 mm e podem estar espaçadas aproximadamente 4 mm uma da outra.

Tal como vai ser discutido abaixo em maior detalhe, o padrão e distribuição das perfurações 48 na folha de carga 26 pode variar de relativamente denso para relativamente escasso para se adequar aos requisitos de fornecimento de resina do componente subjacente 24. De facto, algumas áreas (não mostradas) da folha de carga 26 podem estar livres de perfurações 48 e assim impermeáveis onde o componente subjacente 24 não precisa de um fornecimento activo de resina a partir de cima. O número e diâmetro das perfurações 48 também pode depender, pelo menos em parte, da viscosidade da resina.

Fazendo referência à FIG. 3, as perfurações 48 podem ter um afunilamento 50 o qual se pode prolongar parcialmente ou completamente através da folha de carga 26. A FIG. 4 mostra a resina 52 que encheu o meio de distribuição 25 no topo da folha de carga 26 e passou através da totalidade das perfurações afuniladas 48, deixando as perfurações 48 cheias com resina 52 a seguir ao

processo de infusão e cura. Fazendo referência à FIG. 5, a seguir à cura da resina 52, a folha de carga 26 pode ser separada do componente curado 24, tal como mostrado pelas setas 56, resultando num tampão de resina curada 55 que é deixado nas perfurações 52. Devido ao afunilamento 50, os tampões 55 podem ser removidos da folha de carga 26 quando o meio de distribuição de resina 25 for descascado do topo da folha de carga 26. Na concretização ilustrada, em que o afunilamento 50 se prolonga através de toda a profundidade das perfurações 48, os tampões 52 podem partir de modo limpo a partir da superfície 24a do componente 24 e deixar uma superfície substancialmente lisa 24a que está substancialmente livre de marcas. Em aplicações onde o CTE da folha de carga 26 é substancialmente diferente daquele do compósito 52, o encolhimento da folha de carga 26 durante o arrefecimento a seguir à cura pode resultar no corte dos tampões de resina 52 a partir do componente curado subjacente 24, facilitando deste modo a separação da folha de carga 26 a partir do componente curado 24.

É dirigida agora a atenção para a FIG. 6, a qual ilustra uma outra disposição de ferramenta na qual uma folha de carga curvada 26 é utilizada em combinação com uma ferramenta 58 de IML (linha de molde interna) que tem uma superfície de ferramenta de IML 60. Neste exemplo, o componente 24 está colocado entre a folha de carga 26 e a superfície de ferramenta de IML 60. As entradas/saídas de infusão de resina e canais associados não são mostrados na FIG. 6 para simplicidade da descrição. Um meio de distribuição de resina 25 e um saco de vácuo 28 são colocados sobre a folha de carga 26. Muito embora não mostrado na Figura, o saco 28 está vedado (não mostrado) à volta do seu perímetro na ferramenta 58. Neste exemplo, a resina introduzida no saco 28 é distribuída através da folha de carga 26 pelo meio de distribuição 25 e passa através das perfurações 48 na folha de carga 26, infundindo o componente de fibra 24. O saco 28 compacta o componente 24 entre a superfície de ferramenta de IML 60 e a superfície de ferramenta de OML 62 definida pela folha de carga 26. Esta disposição resulta numa peça acabada que tem acabamentos superficiais de IML e OML substancialmente lisos, enquanto se evita a necessidade de consumíveis entre a ferramenta 58 e o componente 24, assim como a necessidade

de ferramentas fêmeas complexas. Os acabamentos superficiais de IML e OML relativamente lisos que permanecem na peça podem reduzir ou eliminar a necessidade de outras operações de acabamento superficial a seguir à cura da peça.

A FIG. 7 ilustra os passos de um método de infusão de resina que utiliza a folha de carga perfurada 26 previamente descrita. Começando em 64, um componente de fibra 24 é colocado sobre uma ferramenta 58, tal como aquela mostrada na FIG. 6. A seguir em 66, uma folha de carga perfurada 26 e meio de distribuição de resina 25 são colocados sobre o componente de fibra 24. O saco de vácuo 28 é então colocado sobre o meio 25, a folha de carga 26 e a ferramenta 58. Em 69, é arrastado vácuo para dentro do saco 28, o qual compacta e consolida o componente 24. Finalmente, no passo 70, o componente seco 24 é infundido com resina através da folha de carga perfurada 26.

É agora dirigida a atenção para a FIG. 8, a qual ilustra uma folha de carga perfurada 26 na qual a permeabilidade relativa da folha de carga 26 é diferente em certas áreas da folha de carga 26. Esta diferença na permeabilidade pode ser alcançada ao alterar o tamanho das perfurações 48 e/ou a densidade das perfurações 48. No exemplo mostrado na FIG. 8, áreas padronizadas 75 da folha de carga 26 têm uma densidade de perfurações que é mais elevada do que aquela das outras áreas 77 da folha de carga 26. Esta variação na densidade resulta numa variação da permeabilidade da folha de carga 26, permitindo um melhor controlo do padrão de infusão da resina fornecida ao componente seco subjacente 24 (não mostrado na FIG. 8) através da folha de carga 26. Muito embora não mostrado nas Figuras, a folha de carga 26 pode ter áreas que não contêm quaisquer perfurações onde o componente 24 não precisa de um fornecimento activo de resina.

A FIG. 8 também ilustra o orifício de entrada 38 e o canal de entrada 40 localizados no topo e aproximadamente a meio caminho através da largura "W" da folha de carga 26. Este posicionamento central do orifício de entrada 38 e canal de entrada 40 corta essencialmente a meio a distância "W" que a resina tem de percorrer (W/2) de modo a infundir

o componente 24, reduzindo assim os tempos de infusão de resina em comparação com uma disposição onde a resina é alimentada a partir do lado do componente 24. Muito embora seja mostrado um canal de entrada 40 único direito, localizado centralmente, na concretização ilustrada, podem ser utilizados múltiplos canais que formam um colector (não mostrado) para distribuir a resina, tal como mencionado anteriormente.

A resina escoa-se através do orifício de entrada 38 e ao longo do canal de entrada 40, o que resulta no escoamento para fora da resina através do meio de distribuição de resina 25 (não mostrado na FIG. 8) indicado pelas setas 74, através da folha de carga 26. As linhas de representação dos contornos de frente de onda do escoamento de resina substancialmente regular são mostradas em 76. As frentes de onda de escoamento de resina 76 são controladas pela folha de carga 26. No exemplo ilustrado, as áreas 75 da folha de carga 26 que têm uma densidade de perfurações mais elevada 48 sobrepõem porções mais grossas (não mostradas) do componente subjacente 24, enquanto as áreas 77 da folha de carga 26 que têm uma densidade de perfurações mais baixa 48 sobrepõem porções mais finas (não mostradas) do componente subjacente 24. As áreas 75 que têm uma densidade de perfurações mais elevada 48 resultam em resina adicional ser fornecida às porções correspondentes do componente subjacente 24. Em resultado disso, as áreas grossas e finas do componente 24 podem infundir a uma velocidade substancialmente regular, e as frentes de onda substancialmente regulares 74 do escoamento de resina podem resultar no evitar de áreas retidas.

A utilização de uma folha de carga 26 que tem permeabilidade variável sobre a sua área pode ser utilizada para controlar melhor o padrão de infusão e o fornecimento de resina ao componente 24 para alcançar uma impregnação de resina variavelmente selectiva mas robusta do componente 24. Ao variar a permeabilidade da folha de carga pode ser utilizado um fornecimento de resina maior nas áreas onde for necessário, por exemplo, numa área espessa do componente 24 (áreas perfuradas subjacentes 75), algumas vezes referida como uma cobertura especialmente grossa de camadas, e sendo proporcionado um fornecimento menor às

áreas mais finas do mesmo componente, tais como aquelas áreas perfuradas subjacentes 77. O diâmetro das perfurações 48 na folha de carga 26 pode ser variado de modo a controlar a velocidade da infusão da resina dentro do componente 24. A permeabilidade variável da folha de carga 26 ajuda a alcançar o padrão de infusão desejado e pode evitar características de escoamento indesejado tais como áreas retidas, vazios e/ou regiões privadas de resina. Tais padrões de infusão podem ser optimizados através da modelagem pelo processo de infusão da folha de carga 26, incluindo o padrão de perfuração e depósito de componente associado.

A FIG. 9 ilustra a utilização de uma folha de carga perfurada 26 como parte da ferramenta utilizada para infundir com resina um componente integrado 24 de duas peças que, neste exemplo, compreende uma longarina em forma de chapéu 88. O componente 24 está colocado numa cavidade 86 numa ferramenta de IML 80, e um mandril 82 está colocado no lado de dentro de um componente em forma de chapéu 24. A folha de carga 26 está colocada sobre a base 90 da longarina 88, e o saco 28 está colocado sobre o meio de distribuição de resina 25 e a folha de carga 26. A folha de carga 26 actua como uma ferramenta de OML que transmite um acabamento superficial de OML substancialmente liso à longarina 88. Esta disposição de ferramentas evita a necessidade de os consumíveis de infusão se conformarem às estruturas internas da ferramenta e resulta numa superfície de ferramenta de OML lisa 90 na base 90. A folha de carga 26 pode incluir perfurações de densidade mais elevada e/ou diâmetro maior 48 na área 85 que sobrepõe a secção de chapéu 87 para assegurar que a resina adequada seja infundida para baixo para dentro da secção de chapéu 87 do componente 24 dentro da cavidade 86. Também pode ser conseguida a infusão de resina adequada da secção de chapéu 87 ao introduzir resina dentro da extremidade (não mostrada) da cavidade 86, infundindo deste modo a secção de chapéu 87 de modo longitudinal em adição à infusão de resina conseguida através da placa de carga 26. A disposição acima é particularmente vantajosa pelo facto de permitir a utilização de ferramentas simples e disposições simples de ensacamento e consumíveis, ao mesmo tempo que

resulta nas peças terem um acabamento aerodinâmico liso do lado da carga ou do lado do saco.

Fazendo a seguir referência às FIGS. 10 e 11, as concretizações da descrição podem ser utilizadas no contexto de um fabrico de aeronave e método de serviço 92 tal como mostrado na FIG. 10 e uma aeronave 94 tal como mostrada na FIG. 11. Durante a pré-produção, o método 92 exemplificativo pode incluir especificação e concepção 96 da aeronave 94 e aprovisionamento de material 98. Durante a produção, tem lugar o fabrico dos componentes e subconjuntos 100 e integração do sistema 102 da aeronave 94. Durante o passo 100, o método e aparelho descritos podem ser empregues para fabricar peças compósitas tais como secções de fuselagem as quais são depois montadas no passo 102. Depois disso, a aeronave 94 pode passar pela certificação e distribuição 104 de modo a ser colocada em serviço 106. Enquanto está em serviço por um cliente, a aeronave 94 pode ser programada para manutenção de rotina e serviço 108 (o que também pode incluir modificação, reconfiguração, renovação e por aí fora).

Cada um dos processos do método 92 pode ser realizado ou levado a cabo por um integrador de sistema, por terceiros e/ou por um operador (e.g., um cliente). Com a finalidade desta descrição, um integrador de sistema pode incluir, sem limitação, qualquer número de fabricantes de aeronaves e subempreiteiros do sistema principal; os terceiros podem incluir, sem limitação, qualquer número de fornecedores, subempreiteiros e fornecedores; e um operador pode ser uma companhia aérea, companhia de “leasing”, entidade militar, organização de serviço e por aí fora.

Tal como mostrado na FIG. 11, a aeronave 94 produzida pelo método exemplificativo 92 pode incluir uma armação de aeronave 110 com uma pluralidade de sistemas 112 e um interior 114. O método e aparelho descritos podem ser empregues para fabricar secções de fuselagem as quais fazem parte da armação de aeronave 110. Exemplos de sistemas de alto nível 112 incluem um ou mais de um sistema de propulsão 116, um sistema eléctrico 118, um sistema hidráulico 120 e um sistema ambiental 122. Pode ser incluído qualquer número de outros sistemas. Muito embora

seja mostrado um exemplo aeroespacial, os princípios do invento podem ser aplicados a outras indústrias, tais como a indústria automóvel.

O aparelho aqui concretizado pode ser empregue durante qualquer uma ou mais das etapas do meio de produção e serviço 92. Por exemplo, os componentes ou subconjuntos que correspondem ao processo de produção 100 podem ser fabricados ou manufacturados de uma maneira similar aos componentes ou subconjuntos produzidos enquanto a aeronave 132 está em serviço. Mais ainda, pode utilizar-se uma ou mais concretizações de aparelho durante as etapas de produção 100 e 102, por exemplo, ao expedir substancialmente a montagem de uma aeronave 942 ou ao reduzir o custo da mesma. De modo similar, pode utilizar-se uma ou mais concretizações de aparelho enquanto a aeronave 94 está em serviço, por exemplo, e sem limitação, para manutenção e serviço 108.

Muito embora as concretizações desta descrição tenham sido descritas em relação a certas concretizações exemplificativas, é para ser entendido que as concretizações específicas são para fins de ilustração e não para limitação, dado que irão ocorrer outras variações para aqueles que são especialistas na arte.

Lisboa, 2014-08-01

REIVINDICAÇÕES

1 - Aparelho para fabricar peças compósitas infundidas com resina, que compreende:

uma folha de carga (26) que tem perfurações (48) na mesma para controlar o escoamento de resina através de um componente (24) durante a infusão de resina, sendo o aparelho caracterizado por:

a folha de carga ter áreas padronizadas (75) que têm perfurações (48) e outras áreas (77) que têm perfurações (48), em que as áreas padronizadas (75) da folha de carga têm uma densidade de perfurações que é mais elevada do que aquela de outras áreas (77) da folha de carga, de modo que esta variação na densidade resulta numa variação da permeabilidade da folha de carga (26).

2 - Aparelho da reivindicação 1, em que as perfurações (48) têm uma secção transversal afunilada.

3 - Aparelho da reivindicação 1, em que a folha de carga é geralmente rígida.

4 - Aparelho da reivindicação 1, em que a folha de carga compreende ainda pelo menos uma área que não contém quaisquer perfurações.

5 - Aparelho da reivindicação 1, em que o tamanho de algumas das perfurações é maior do que outro das perfurações.

6 - Aparelho da reivindicação 1, que compreende ainda:

um meio de distribuição de resina que cobre a folha de carga (24) para distribuir resina sobre a folha de carga.

7 - Aparelho da reivindicação 1, que compreende ainda:

uma camada de descasque entre o componente (24) e a folha de carga (26).

8 - Método de fabricar peças compósitas infundidas com resina, que compreende:

colocar um componente de fibra (24) numa ferramenta;

colocar a folha de carga que tem áreas padronizadas (75) que têm perfurações (48) e outras áreas (77) que têm

perfurações (48), em que as áreas padronizadas (75) da folha de carga têm uma densidade de perfurações que é mais elevada do que aquela das outras áreas (77) da folha de carga, de modo que esta variação na densidade resulta numa variação da permeabilidade da folha de carga (26); e

infundir o componente com resina através de perfurações (48) na folha de carga, de tal modo que é proporcionado um fornecimento de resina maior à porção do componente (24) subjacente às áreas padronizadas (75), e é proporcionado um fornecimento de resina menor à porção do componente (24) subjacente às outras áreas (77).

9 - Método da reivindicação 8, que inclui ainda controlar a infusão do componente ao controlar o tamanho das perfurações.

10 - Método da reivindicação 8, que inclui ainda colocar uma camada de descasque entre a folha de carga (26) e o componente (24).

11 - Método da reivindicação 8, que inclui ainda colocar o meio de distribuição de resina sobre a folha de carga (26).

12 - Método da reivindicação 8, que inclui ainda:

escoar a resina para cima da folha de carga (26) numa localização geralmente central na folha de carga.

13 - Método da reivindicação 8, que compreende ainda:

controlar o escoamento de resina para o componente ao utilizar a folha de carga (26).

Lisboa, 2014-08-01

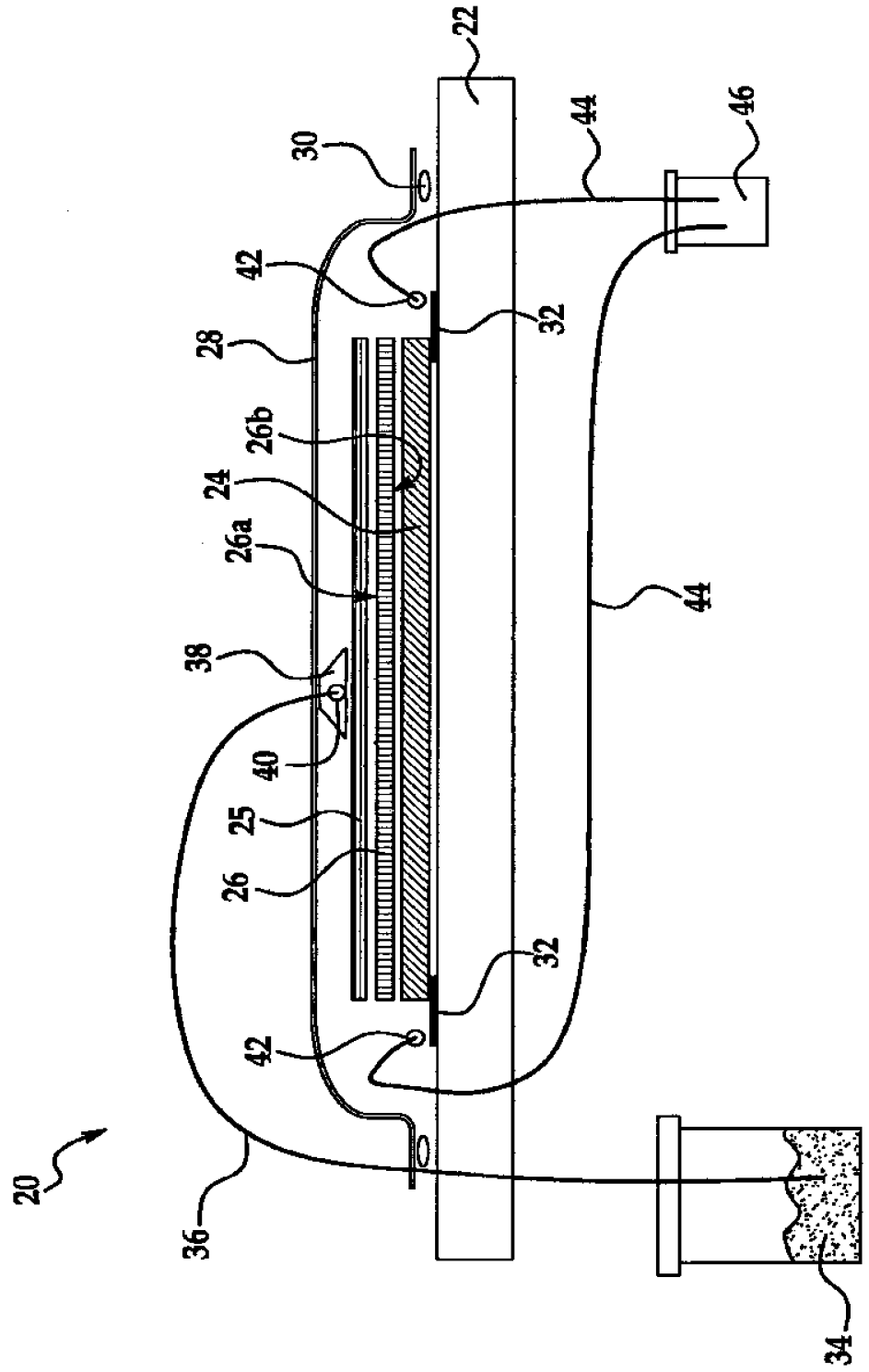

FIG. 1

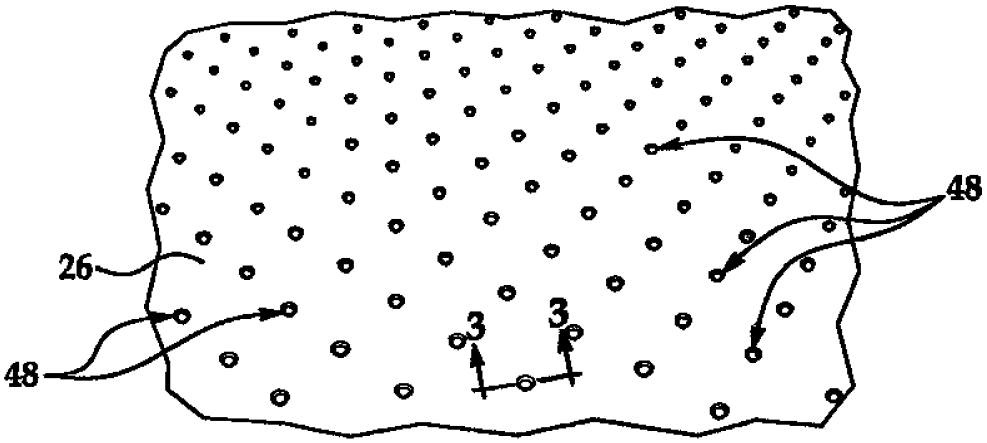

FIG. 2

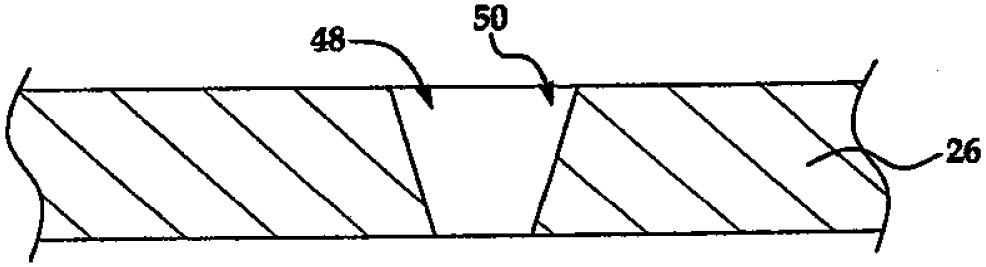

FIG. 3

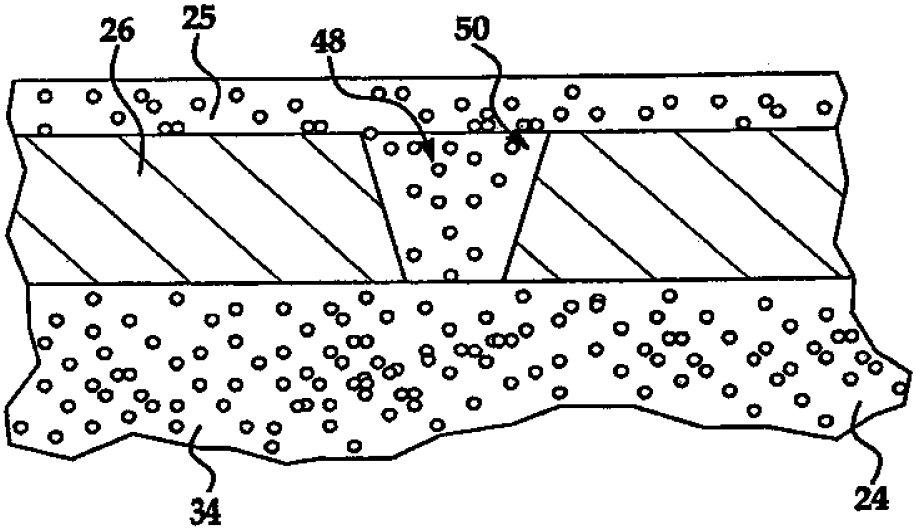

FIG. 4

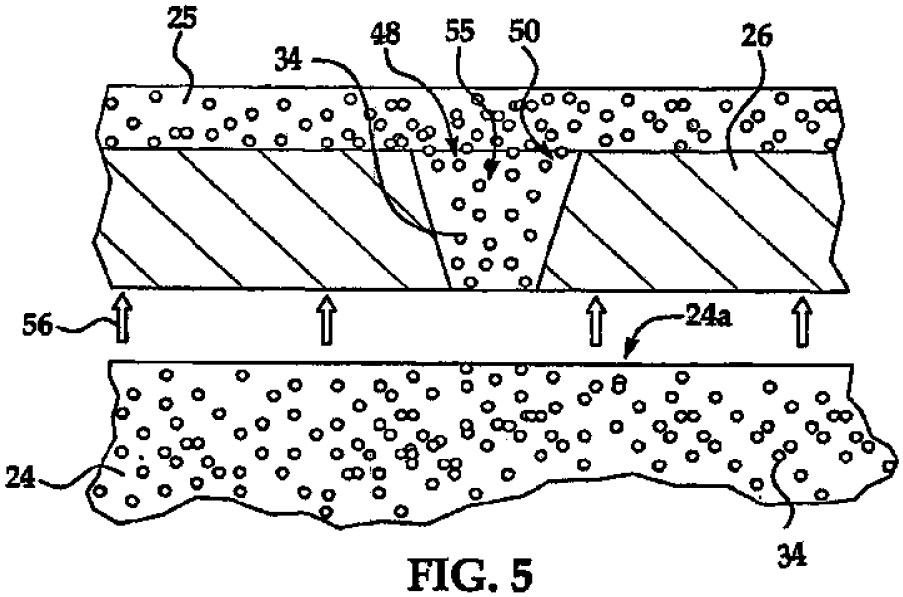

FIG. 5

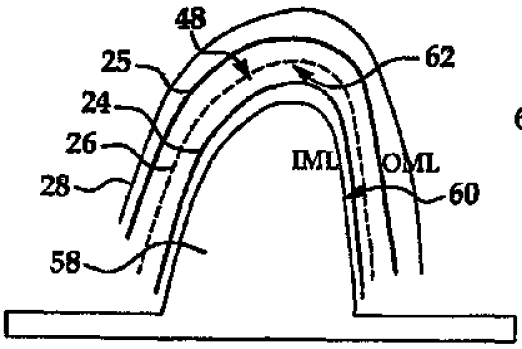

FIG. 6

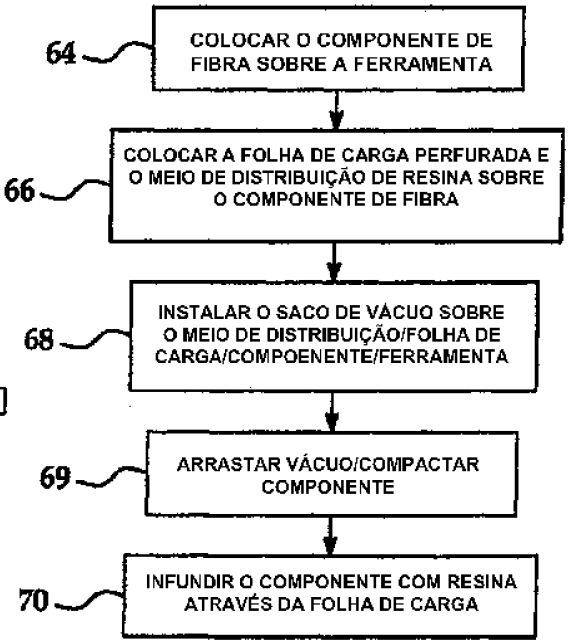

FIG. 7

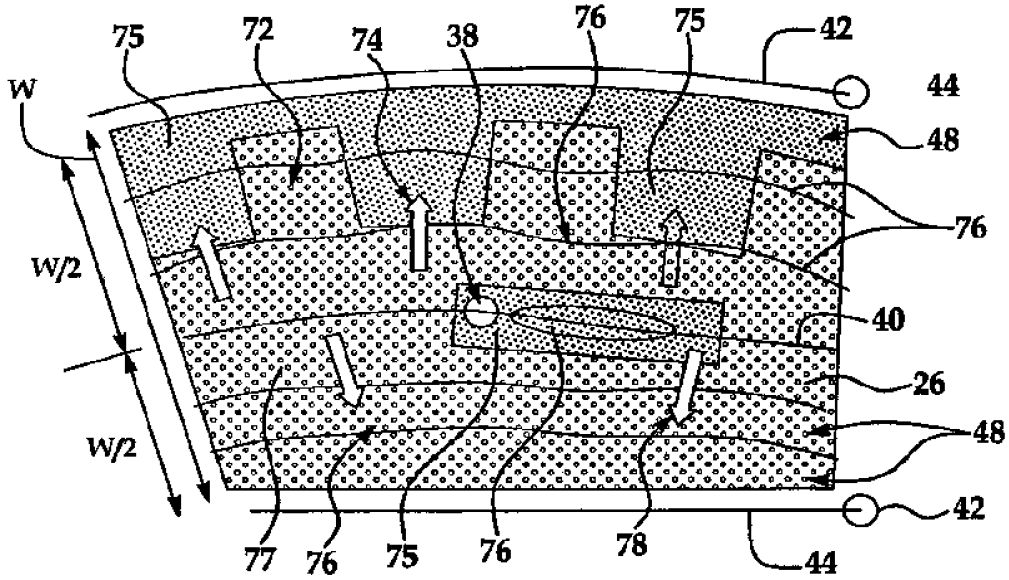
75
72
74
38
76
75
42
44
W
48
76
W/2
40
26
W/2
48
42
77
76
75
76
78
44

FIG. 8

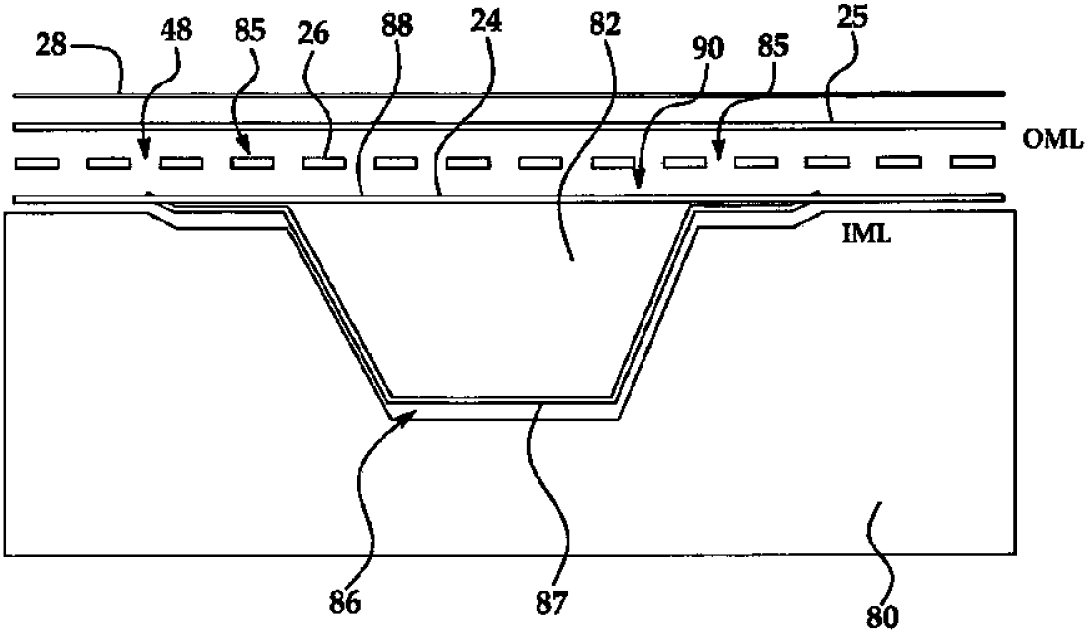
28
48
85
26
88
24
82
90
85
25
OML
IML
86
87
80

FIG. 9

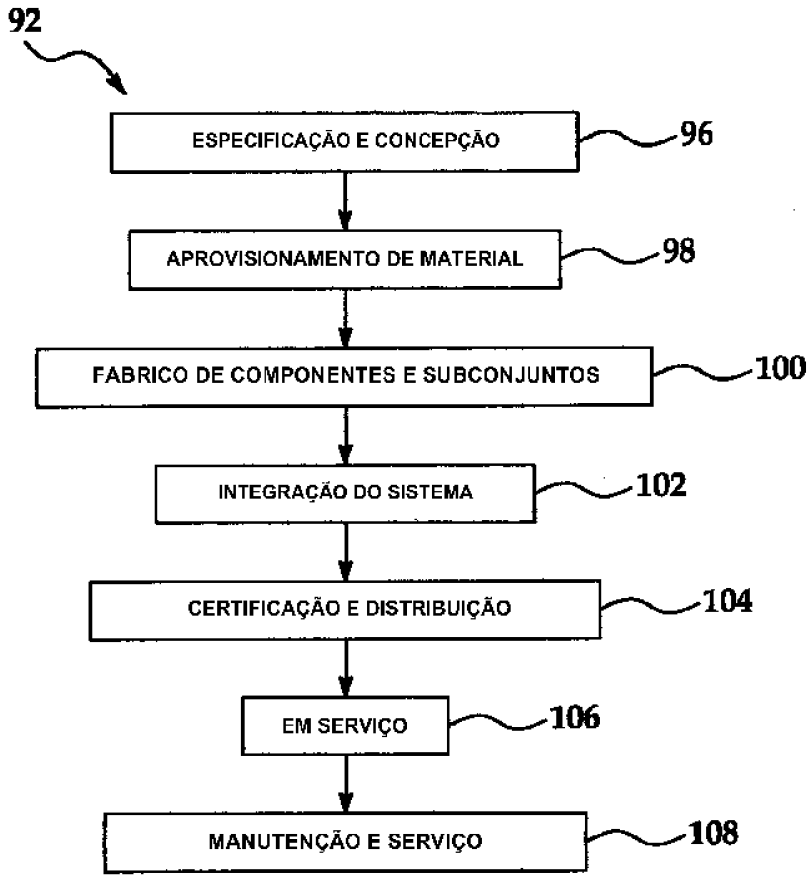
92
ESPECIFICAÇÃO E CONCEPÇÃO
96
APROVISIONAMENTO DE MATERIAL
98
FABRICO DE COMPONENTES E SUBCONJUNTOS
100
INTEGRAÇÃO DO SISTEMA
102
CERTIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO
104
EM SERVIÇO
106
MANUTENÇÃO E SERVIÇO
108

FIG. 10

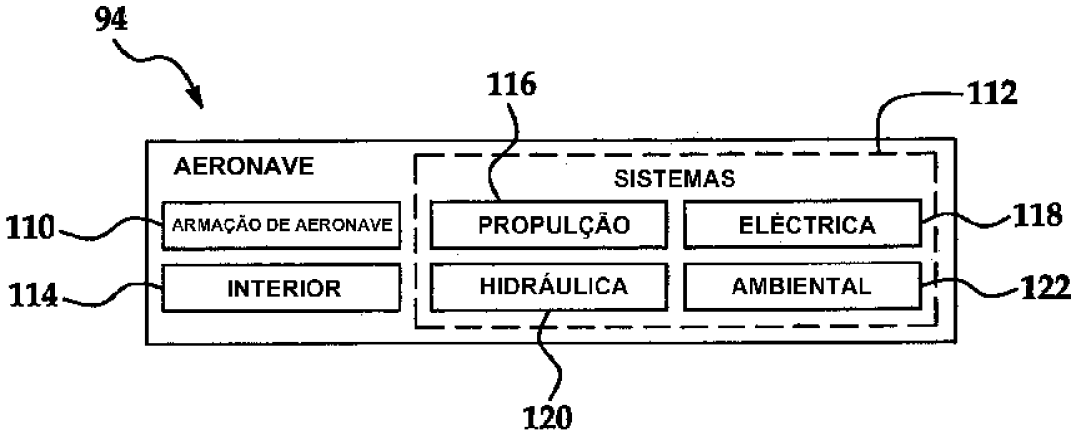
94
116
112
AERONAVE
SISTEMAS
110
ARMAÇÃO DE AERONAVE
PROPULÇÃO
ELÉCTRICA
118
114
INTERIOR
HIDRÁULICA
AMBIENTAL
122
120

FIG. 11