

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

(22) Data de pedido: <b>2010.11.05</b>	(73) Titular(es): <b>THE BOEING COMPANY</b> <b>100 NORTH RIVERSIDE PLAZA CHICAGO, IL</b> <b>60606-2016</b> <b>US</b>
(30) Prioridade(s): <b>2009.12.08 US 633753</b>	
(43) Data de publicação do pedido: <b>2012.10.17</b>	
(45) Data e BPI da concessão: <b>2015.09.09</b> <b>235/2015</b>	(72) Inventor(es): <b>MICHAEL W. EVENS</b> <b>US</b> <b>MEGAN N. WATSON</b> <b>US</b> <b>MARY H. VARGAS</b> <b>US</b>
	(74) Mandatário: <b>ANTÓNIO INFANTE DA CÂMARA TRIGUEIROS DE ARAGÃO</b> <b>RUA DO PATROCÍNIO, Nº 94 1399-019 LISBOA</b> <b>PT</b>

(54) Epígrafe: **REMENDO DE SUBSTITUIÇÃO PARA PROCESSO DE REPARAÇÃO DE COMPÓSITOS**

(57) Resumo:

CONJUNTO DE REMENDO DE SUBSTITUIÇÃO PARA UMA ÁREA DE REPARAÇÃO DE UMA ESTRUTURA QUE COMPREENDE UM CORPO DE REMENDO DE SUBSTITUIÇÃO QUE PODE SER FORMADO NUM MATERIAL PARA EXTRAIR HUMIDADE A PARTIR DA ÁREA DE REPARAÇÃO. O CONJUNTO DE REMENDO PODE INCLUIR UM SENSOR MONTADO NO CORPO DE REMENDO DE SUBSTITUIÇÃO. O SENSOR PODE COMPREENDER UM SENSOR TÉRMICO PARA DETEÇÃO DA TEMPERATURA DA ÁREA DE REPARAÇÃO E DO CORPO DE REMENDO DE SUBSTITUIÇÃO. O SENSOR PODE COMPREENDER UM SENSOR DE HUMIDADE PARA DETEÇÃO DA HUMIDADE EXTRAÍDA PARA O CORPO DE REMENDO DE SUBSTITUIÇÃO.

## **RESUMO**

### **"REMENDO DE SUBSTITUIÇÃO PARA PROCESSO DE REPARAÇÃO DE COMPÓSITOS"**

Conjunto de remendo de substituição para uma área de reparação de uma estrutura que compreende um corpo de remendo de substituição que pode ser formado num material para extrair humidade a partir da área de reparação. O conjunto de remendo pode incluir um sensor montado no corpo de remendo de substituição. O sensor pode compreender um sensor térmico para deteção da temperatura da área de reparação e do corpo de remendo de substituição. O sensor pode compreender um sensor de humidade para deteção da humidade extraída para o corpo de remendo de substituição.

## DESCRIÇÃO

### "REMEMENDO DE SUBSTITUIÇÃO PARA PROCESSO DE REPARAÇÃO DE COMPÓSITOS"

#### CAMPO

A presente divulgação refere-se, de um modo geral, a uma reparação estrutural e, de um modo mais particular, a operações realizadas na preparação da reparação de estruturas compósitas.

#### ANTECEDENTES

Os materiais compósitos são utilizados em quantidades cada vez maiores numa ampla variedade de aplicações. Por exemplo, a aviação comercial está a incorporar quantidades crescentes de materiais compósitos na estrutura primária e secundária devido às propriedades mecânicas favoráveis dos materiais compósitos. Tais propriedades favoráveis podem traduzir-se numa redução do peso e num aumento da capacidade de carga e da economia de combustível. Além disso, os materiais compósitos podem proporcionar um tempo de vida de serviço prolongado do avião, quando comparado com um avião formado por uma construção metálica.

É necessário ocasionalmente uma reparação das estruturas compósitas de modo a remover uma inconsistência. Uma inconsistência pode incluir, uma fissura, uma delaminação, um vazio, uma massa, porosidade ou outras inconsistências na

estrutura compósita. Uma inconsistência pode necessitar de uma reparação quando a inconsistência sai fora das tolerâncias desejadas. A remoção da inconsistência pode necessitar da reparação de uma área na estrutura compósita contendo a inconsistência, através da remoção de uma parte da estrutura compósita que contém a inconsistência e substituição do material removido por um remendo. O remendo pode ser formado como uma pilha de camadas de material compósito do mesmo tipo ou diferente a partir do qual se forma a estrutura compósita. A sequência de empilhamento e a orientação das fibras das camadas compósitas no remendo podem corresponder à sequência de empilhamento e à orientação das fibras das camadas que constituem a estrutura compósita.

Depois de montar o remendo a partir do empilhamento de camadas, o remendo é ligado tipicamente à área de reparação com um adesivo instalado na linha de ligação entre o remendo e a área de reparação. Tipicamente aplica-se calor e pressão no remendo, tal como através de um cobertor de aquecimento e um saco de vácuo. O cobertor de aquecimento pode ser utilizado para elevar a linha de ligação até uma temperatura de cura de adesivo apropriada. O saco de vácuo pode utilizar-se para consolidar o remendo. Durante a cura, a linha de ligação pode ser mantida dentro de um intervalo de temperaturas relativamente estreito durante um período de tempo predeterminado de modo a curar totalmente o adesivo. Além disso, a área total da linha de ligação pode ser mantida dentro do intervalo de temperaturas sem uma variação substancial através da linha de ligação.

Antes da ligação do remendo na área de reparação, pode ser necessário um levantamento térmico da área de reparação. O levantamento térmico pode ser necessário para identificar locais

de aquecimento não uniforme da área de reparação pelo cobertor de aquecimento. O aquecimento não uniforme pode ser provocado pela estrutura adjacente que pode atuar como um elemento de dissipação de calor que extrai o calor para fora de partes localizadas da área de reparação resultando num aquecimento diferencial da linha de ligação. Neste sentido, o levantamento térmico pode proporcionar um meio para identificação de pontos quentes e frios na área de reparação, de modo que se possam efetuar ajustes através da adição de um isolamento temporário na estrutura compósita e/ou através de ajuste do aquecimento proveniente do cobertor de aquecimento até que a temperatura esteja dentro do intervalo requerido.

Um processo de levantamento térmico convencional pode necessitar da montagem de um remendo de substituição que é um duplicado do remendo que se destina a estar ligado permanentemente na estrutura compósita. Neste sentido, o remendo de substituição convencional é formado pelo mesmo tipo de material compósito e com o mesmo número de camadas que o remendo final. A construção de um remendo de substituição convencional é um processo moroso e de mão de obra intensiva que requer tipicamente o corte manual de múltiplas camadas compósitas possuindo cada uma, uma dimensão e uma forma únicas para cada uma das camadas da área de reparação a ser substituída. Depois do levantamento térmico, o remendo de substituição convencional é tipicamente descartado a seguir a uma única utilização.

Além do levantamento térmico, pode ser necessário um processo de remoção de humidade, para remover a humidade indesejável da área de reparação, de modo a melhorar a ligação final entre o remendo e a área de reparação através da redução do risco de porosidade no interior da linha de ligação. Um

processo de remoção de humidade convencional compreende um ciclo de secagem e pode ser necessário numa estrutura compósita que tenha estado em serviço durante um determinado período de tempo e/ou quando se utilizam determinados adesivos no processo de reparação.

Infelizmente, o ciclo de secagem convencional requer tipicamente mais do que 24 horas para estar completo, o que pode exceder a quantidade de tempo que pode estar disponível para as operações de reparação realizadas no campo, tal como num avião em serviço. Além disso, a prática convencional de realização do levantamento térmico e do ciclo de secagem como dois processos separados, resulta na aplicação de dois ciclos de aquecimento na estrutura compósita que podem afetar o tempo de vida de serviço. Mais ainda, o levantamento térmico convencional requer um processo de produção com mão de obra intensiva e moroso do remendo de substituição convencional, depois do qual se descarta o remendo de substituição a seguir a uma única utilização. Neste sentido, os materiais para formar o remendo de substituição convencional podem ser relativamente dispendiosos, dependendo da quantidade e do tipo de material utilizado.

No documento GB 2213596 A é mostrado um sensor de humidade descartável conhecido. Além disso, no documento GB 2375742 A é mostrado um remendo de reparação de pneus possuindo uma camada de material não curado macio e um elemento de aquecimento.

Como se pode observar, existe uma necessidade na técnica para um sistema e um método de realização de um levantamento térmico que elimine a necessidade de produzir um duplicado do remendo final. Além disso, existe uma necessidade na técnica de um sistema e um método de realização de um processo de remoção

de humidade numa área de reparação numa estrutura compósita que evite a aplicação de um ciclo de calor adicional na estrutura compósita.

## **SUMÁRIO**

É Proporcionado um conjunto de remendo de substituição de acordo com a reivindicação 1, um sistema de remendo de substituição de acordo com a reivindicação 7 e um método de reparação de uma estrutura compósita de acordo com a reivindicação 12.

As necessidades supramencionadas associadas ao levantamento térmico e à remoção de humidade de áreas de reparação de uma estrutura compósita são tratadas ao proporcionar um conjunto de remendo de substituição que evita a necessidade de um duplicado do remendo final. O conjunto de remendo de substituição pode facilitar a reparação da estrutura ao incluir um corpo de remendo de substituição formado num material para extrair humidade da área de reparação. O corpo de remendo de substituição pode incluir, pelo menos, um sensor montado no corpo de remendo de substituição. O sensor pode estar configurado como um sensor térmico para deteção de uma temperatura, pelo menos, da área de reparação e/ou do corpo de remendo de substituição. O sensor pode estar configurado, igualmente, como um sensor de humidade para deteção da humidade que tenha sido extraída da área de reparação pelo material do corpo de remendo de substituição.

Numa outra forma de realização, é divulgado um conjunto de remendo de substituição para uma área de reparação de uma

estrutura compósita, em que o conjunto de remendo de substituição compreende um corpo de remendo de substituição possuindo uma superfície superior e inferior e que define uma espessura substancialmente uniforme. O corpo de remendo de substituição pode ser formado em feltro para extrair humidade da área de reparação. O feltro pode possuir uma condutividade térmica de, aproximadamente, 0,01 a 1,0 W/mK e um calor específico de, aproximadamente, 600 a 1100 J/(kgK). O conjunto de remendo de substituição pode incluir uma pluralidade de sensores térmicos montados no corpo de remendo de substituição para deteção de uma temperatura da área de reparação e do corpo de remendo de substituição. Pelo menos um dos sensores térmicos pode estar embutido no interior do corpo de remendo de substituição entre a superfície superior e inferior. Pode montar-se uma pluralidade de sensores de humidade no corpo de remendo de substituição na superfície superior para deteção da humidade absorvida a partir da área de reparação.

É divulgado igualmente um sistema de remendo de substituição para reparação de uma estrutura com um remendo a ser recebido no interior da área de reparação. O sistema de remendo de substituição pode compreender um corpo de remendo de substituição formado num material não compósito possuindo propriedades térmicas que podem ser substancialmente semelhantes às propriedades térmicas do remendo. As propriedades térmicas podem compreender o calor específico e/ou a condutividade térmica. O sistema de remendo de substituição pode incluir, pelo menos, um sensor térmico montado no corpo de remendo de substituição para deteção de uma temperatura do mesmo. O sistema de remendo de substituição pode incluir, pelo menos, um sensor de humidade para deteção da humidade extraída a partir da área de reparação. Além disso, o sistema de remendo de substituição



pode incluir, pelo menos, um sensor térmico montado na área de reparação para deteção de uma temperatura do mesmo.

Além disso, é divulgado um método de reparação de uma estrutura compósita possuindo uma superfície superior e inferior. O método pode compreender os passos de formação de um corpo de remendo de substituição num material para extrair humidade de uma área de reparação da estrutura compósita. O método pode incluir a montagem de, pelo menos, um sensor no corpo de remendo de substituição e montagem de, pelo menos, um sensor térmico na área de reparação. O corpo de remendo de substituição pode ser instalado na área de reparação. O método pode incluir a realização de, pelo menos, um de entre, um levantamento térmico da área de reparação e/ou remoção de humidade da área de reparação para o corpo de remendo de substituição.

Numa outra forma de realização, é divulgado um método de reparação de uma estrutura compósita possuindo uma superfície superior e inferior. O método pode compreender os passos de formação de um corpo de remendo de substituição num material para extrair humidade de uma área de reparação da estrutura compósita. O material pode possuir um calor específico e uma condutividade térmica que podem ser substancialmente semelhantes ao calor específico e à condutividade térmica do remendo. O método pode incluir, além disso, a montagem de um sensor térmico no corpo de remendo de substituição para deteção de uma temperatura de, pelo menos, um de entre, a área de reparação e o corpo de remendo de substituição. O método pode incluir, igualmente, a montagem de um sensor de humidade no corpo de remendo de substituição para deteção da humidade extraída a partir da área de reparação. Pode montar-se, igualmente, um

sensor térmico na superfície superior da estrutura compósita oposto a uma localização do elemento de dissipação de calor na superfície inferior. Pode montar-se um sensor térmico num centro inferior e/ou num bisel da área de reparação.

O método pode incluir adicionalmente cobrir a área de reparação com uma película de separação e a instalação do corpo de remendo de substituição na área de reparação sobre a película de separação. O método pode incluir, igualmente, cobrir o corpo de remendo de substituição com uma película de separação porosa e uma camada de respiração, a instalação de um cobertor de aquecimento sobre a camada de respiração, e a instalação de uma camada de respiração sobre o cobertor de aquecimento. O corpo de remendo de substituição e o cobertor de aquecimento podem estar colocados dentro de um saco em vácuo na superfície superior da estrutura com uma película de formação de um saco. A área de reparação pode ser aquecida e pode criar-se um vácuo na película de formação de um saco. O método pode incluir a realização de, pelo menos, um de entre, um levantamento térmico da área de reparação e/ou a remoção da humidade da área de reparação.

Uma forma de realização de um conjunto de remendo de substituição para uma área de reparação de uma estrutura, incluindo um corpo de remendo de substituição formado num material para extrair humidade da área de reparação; e

pelo menos um sensor montado no corpo de remendo de substituição e que está configurado como um sensor de entre o seguinte:

um sensor térmico para detecção de uma temperatura de, pelo menos, um de entre, a área de reparação e o corpo de remendo de substituição; e

um sensor de humidade para detecção da humidade no corpo de remendo de substituição.

A forma de realização do conjunto de remendo de substituição, em que o sensor de humidade compreende, pelo menos, um de entre, uma fita de detecção de humidade e um sensor de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS).

A forma de realização do conjunto de remendo de substituição, em que o corpo de remendo de substituição inclui uma superfície superior possuindo uma pluralidade de sensores de humidade montados sobre a mesma.

A forma de realização do conjunto de remendo de substituição em que o corpo de remendo de substituição possui uma superfície superior e inferior e, pelo menos, um dos sensores está montado num dos seguintes locais: a superfície superior, a superfície inferior, embutido no interior do corpo de remendo de substituição entre a superfície superior e inferior.

A forma de realização do conjunto de remendo de substituição, em que o corpo de remendo de substituição compreende uma pluralidade de camadas;

estando, pelo menos, um dos sensores interposto entre um par de camadas.

A forma de realização do conjunto de remendo de substituição, em que o material compreende um de entre, um material natural e sintético, incluindo, pelo menos, um de entre o seguinte: lã, algodão, seda, linho, poliéster, nylon, acrílico.

A forma de realização do conjunto de remendo de substituição, em que o material compreende feltro.

A forma de realização do conjunto de remendo de substituição, em que o corpo de remendo de substituição é conformável em três dimensões de modo que o corpo de remendo de substituição seja conformável na área de reparação.

A forma de realização do conjunto de remendo de substituição, em que a área de reparação está configurada para receber um remendo;

possuindo o corpo de remendo de substituição um calor específico e uma condutividade térmica que são substancialmente equivalentes a, pelo menos, um de entre, o calor específico e a condutividade térmica do remendo.

A forma de realização do conjunto de remendo de substituição, em que o corpo de remendo de substituição é formado num material possuindo uma condutividade térmica no intervalo de aproximadamente 0,01 W/mK até, aproximadamente, 1,0 W/mK.

A forma de realização do conjunto de remendo de substituição, em que o corpo de remendo de substituição é formado num material possuindo um calor específico no intervalo

de, aproximadamente, 600 J/(kgK) até aproximadamente 1100 J/(kgK).

Uma outra forma de realização de um conjunto de remendo de substituição para uma área de reparação de uma estrutura compósita, incluindo um corpo de remendo de substituição possuindo uma superfície superior e inferior e que define uma espessura substancialmente uniforme, estando o corpo de remendo de substituição formado em feltro para extrair humidade da área de reparação, o feltro possuindo uma condutividade térmica de, aproximadamente, 0,01 a 1,0 W/mK e um calor específico de, aproximadamente, 600 a 1100 J/(kgK);

uma pluralidade de sensores térmicos montados no corpo de remendo de substituição para deteção de uma temperatura da área de reparação e do corpo de remendo de substituição, estando, pelo menos, um dos sensores térmicos embutido no interior do corpo de remendo de substituição entre a superfície superior e inferior; e

uma pluralidade de sensores de humidade montados no corpo de remendo de substituição na superfície superior para deteção da humidade absorvida a partir da área de reparação.

Uma forma de realização de um sistema de remendo de substituição para reparação de uma estrutura com um remendo a ser recebido no interior de uma área de reparação, o sistema incluindo um corpo de remendo de substituição formado num material não compósito possuindo propriedades térmicas substancialmente semelhantes às propriedades térmicas do remendo, incluindo as propriedades térmicas, pelo menos, uma de entre, o calor específico e a condutividade térmica;

pelo menos um sensor térmico montado no corpo de remendo de substituição para deteção de uma temperatura do corpo de remendo de substituição; e

pelo menos um sensor térmico montado na área de reparação para deteção de uma temperatura da área de reparação.

A forma de realização de um sistema de remendo de substituição, em que o corpo de remendo de substituição possui, pelo menos, uma de entre as seguintes propriedades térmicas:

uma condutividade térmica no intervalo de, aproximadamente, 0,01 W/mK até aproximadamente 1,0 W/mK;

um calor específico no intervalo de, aproximadamente, 600 J/(kgK) até aproximadamente 1100 J/(kgK).

A forma de realização de um sistema de remendo de substituição, em que o corpo de remendo de substituição é formado num material para extrair humidade da área de reparação.

A forma de realização de um sistema de remendo de substituição, em que o corpo de remendo de substituição inclui uma pluralidade de sensores de humidade montados sobre o mesmo.

A forma de realização de um sistema de remendo de substituição, em que o corpo de remendo de substituição compreende uma pluralidade de camadas;

Estando, pelo menos, um de entre, o sensor térmico e os sensores de humidade, interposto entre um par de camadas.

A forma de realização de um sistema de remendo de substituição em que a estrutura inclui uma superfície superior e inferior, possuindo pelo menos um elemento de dissipação de calor montado sobre a superfície inferior adjacente da área de reparação, o sistema incluindo, adicionalmente:

pelo menos, um sensor térmico montado na superfície superior oposto à localização do elemento de dissipação de calor na superfície inferior.

Uma forma de realização de um método de reparação de uma estrutura compósita possuindo uma superfície superior e inferior, incluindo os passos de:

formação de um corpo de remendo de substituição num material para extrair humidade de uma área de reparação da estrutura compósita;

montagem de, pelo menos, um sensor no corpo de remendo de substituição;

instalação do corpo de remendo de substituição na área de reparação; e

realização de pelo menos um de entre o seguinte:

condução de um levantamento térmico na área de reparação;

remoção da humidade da área de reparação.

A forma de realização de um método de reparação de uma estrutura compósita incluindo, adicionalmente, o passo de:

montagem de, pelo menos, um sensor térmico na área de reparação.

A forma de realização de um método de reparação de uma estrutura compósita incluindo, adicionalmente, pelo menos, um de entre os seguintes passos:

formação do corpo de remendo de substituição de modo a possuir uma condutividade térmica no intervalo de aproximadamente 0,01 W/mK até aproximadamente 1,0 W/mK;

formação do corpo de remendo de substituição de modo a possuir um calor específico no intervalo de, aproximadamente, 600 J/(kgK) até, aproximadamente, 1100 J/(kgK).

A forma de realização de um método de reparação de uma estrutura compósita incluindo, adicionalmente, o passo de:

formação do corpo de remendo de substituição a partir de feltro.

A forma de realização de um método de reparação de uma estrutura compósita em que o passo de montagem de pelo menos um sensor na área de reparação compreende:

montagem de, pelo menos, um sensor térmico no corpo de remendo de substituição para deteção de uma temperatura de,



pelo menos, uma de entre, a área de reparação e o corpo de remendo de substituição; e

montagem de, pelo menos, um sensor de humidade no corpo de remendo de substituição para deteção da humidade extraída a partir da área de reparação.

A forma de realização de um método de reparação de uma estrutura compósita incluindo, adicionalmente, os passos de:

formação de um saco de vácuo no corpo de remendo de substituição na superfície superior com uma película de formação de um saco; e

extração de um vácuo na película de formação de um saco.

A forma de realização de um método de reparação de uma estrutura compósita incluindo, adicionalmente, o passo de:

aquecimento da área de reparação.

Outra forma de realização de um método de reparação de uma estrutura compósita compreendido por uma pluralidade de camadas, a estrutura possuindo uma superfície superior e inferior, a superfície superior incluindo uma área de reparação para receber um remendo, a superfície inferior possuindo, pelo menos, um elemento de dissipação de calor disposto sobre a mesma, o método incluindo os passos de:

formação de um corpo de remendo de substituição num material para extrair humidade a partir da área de reparação, o corpo de remendo de substituição possuindo um

calor específico e uma condutividade térmica substancialmente semelhantes ao calor específico e à condutividade térmica do remendo;

montagem de um sensor térmico no corpo de remendo de substituição para deteção de uma temperatura de, pelo menos, um de entre, a área de reparação e o corpo de remendo de substituição;

montagem de um sensor de humidade no corpo de remendo de substituição para deteção da humidade extraída a partir da área de reparação;

montagem de um sensor térmico na superfície superior da estrutura compósita, oposto a uma localização do elemento de dissipação de calor na superfície inferior;

montagem de um sensor térmico pelo menos num de entre, um centro inferior e um bisel da área de reparação.

As características, funções e vantagens que foram discutidas, podem obter-se de modo independente em várias formas de realização da presente divulgação ou podem ser combinadas ainda noutras formas de realização, cujos vários pormenores se podem observar com referência à descrição que se segue e aos desenhos abaixo.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Estas e outras características da presente divulgação serão melhor entendidas com referência aos desenhos, nos quais números

idênticos referem-se a partes idênticas ao longo de todo o documento, em que:

A Figura 1 é uma ilustração em perspectiva de uma parte de uma estrutura compósita possuindo uma área de reparação formada na mesma;

A Figura 2 é uma ilustração de uma vista superior de uma estrutura compósita possuindo um conjunto de saco de vácuo e de cobertor de aquecimento instalado sobre um remendo montado no interior da área de reparação;

A Figura 3 é uma ilustração em corte do conjunto de saco de vácuo montado na estrutura compósita tirada ao longo da linha 3-3 na Figura 2 e que ilustra um elemento de dissipação de calor compreendendo uma longarina localizada numa superfície inferior da estrutura compósita oposto a uma parte da área de reparação;

A Figura 4 é uma ilustração explodida em corte de um sistema de remendo de substituição compreendendo um corpo de remendo de substituição formado como uma pluralidade de camadas dispostas numa formação empilhada;

A Figura 5 é uma ilustração explodida em corte do corpo de remendo de substituição formado como uma estrutura unitária;

A Figura 6 é uma ilustração de uma vista superior do conjunto de remendo de substituição tirada ao longo da linha 6-6 da Figura 5 e que ilustra uma pluralidade de sensores térmicos e de sensores de humidade montados no corpo de remendo de substituição e na estrutura compósita;

A Figura 7 é uma ilustração explodida em corte do conjunto de saco de vácuo, tal como pode ser instalado sobre o conjunto de remendo de substituição para condução de um levantamento térmico da área de reparação;

A Figura 8 é uma ilustração em corte de uma forma de realização do conjunto de remendo de substituição montado no interior da área de reparação sob aplicação de um vácuo durante um processo de remoção de humidade;

A Figura 9 é um diagrama de blocos de um sistema de remendo de substituição;

A Figura 10 é uma ilustração de um fluxograma para uma metodologia de reparação de uma estrutura compósita;

A Figura 11 é um fluxograma de uma metodologia de produção de aviões e de colocação em serviço; e

A Figura 12 é um diagrama de blocos de um avião.

### **DESCRIÇÃO PORMENORIZADA**

Com referência agora aos desenhos nos quais as apresentações são apenas para fins de ilustração de várias formas de realização preferidas da divulgação, e não para fins de limitação da mesma, na Figura 1 é mostrada uma ilustração em perspetiva de uma estrutura 10 compósita sobre a qual se pode implementar um processo de reparação que utiliza um conjunto de remendo de substituição, como ilustrado nas Figuras 4-9. De um

modo mais específico, a preparação de uma área 20 de reparação pode incluir um levantamento térmico e/ou processo de remoção de humidade que pode empregar o conjunto 50 de remendo de substituição (Fig. 4-9) como aqui divulgado, e que pode ser produzido num material de baixo custo num período de tempo relativamente curto, como se descreverá abaixo com maior pormenor.

Na Figura 1-2, a estrutura 10 compósita pode incluir uma chapa 14 formada de camadas 12 de material compósito e em que a chapa 14 pode possuir superfície 16, 18 superior e inferior. A estrutura 10 compósita pode incluir a área 20 de reparação formada na chapa 14 e a partir da qual se pode remover material compósito em preparação para a receção de um remendo 40. Como se pode observar na Figura 3, a área 20 de reparação pode ser formada na superfície 16 superior e pode estender-se, pelo menos parcialmente, através da chapa 14, embora a área 20 de reparação possa ser formada na superfície 18 inferior e/ou possa estender-se através de uma espessura da chapa 14. Podem ser montados vários elementos 28 de dissipação de calor na superfície 18 inferior opostos à área 20 de reparação, tal como sem limitação, longarinas, reforçadores, e longarinas que podem extrair calor para longe da área 20 de reparação durante a reparação.

Por exemplo, as Figuras 2-3 ilustram uma longarina 30 montado numa superfície 18 inferior e possuindo rebordos 32 que se estendem ao longo de uma parte da área 20 de reparação num seu lado direito e que pode extrair calor para longe da área 20 de reparação. O remanescente da área 20 de reparação pode estar isento de qualquer estrutura que poderia de um outro modo extrair calor para longe da área 20 de reparação. Neste sentido,

o levantamento térmico pode auxiliar na identificação de localizações de uma linha 46 de ligação (Fig. 3) entre o remendo 40 e a área de reparação que requerem uma maior quantidade de entrada de calor em relação a outras áreas da linha de ligação. O levantamento térmico pode auxiliar igualmente na identificação de locais da área 20 de reparação que podem necessitar da aplicação temporária de um isolamento na estrutura 10 compósita, de modo a atingir uma uniformidade de temperatura substancial através de toda a linha 46 de ligação (Fig. 3).

É mostrado nas Figuras 2-3 um conjunto 100 de saco de vácuo para utilizar durante o processo de reparação final ou durante as operações de pré-reparação do levantamento térmico e/ou do processo de remoção de humidade. O conjunto 100 de saco de vácuo pode compreender um cobertor 104 de aquecimento ou outro equipamento de aquecimento. O cobertor 104 de aquecimento pode incluir conjuntos 106 de fios acoplados a uma fonte de energia (não mostrado) para aquecimento da área 20 de reparação até à temperatura desejada, durante o levantamento térmico ou processo de remoção de humidade. O conjunto 100 de saco de vácuo pode incluir uma película 116 de formação de um saco que cobre o cobertor 104 de aquecimento e pode ser vedada na superfície 16 superior da estrutura 10 compósita por meio de fita 122 isoladora. Uma sonda 118 de vácuo pode estender-se a partir da película 116 de formação de um saco de modo a proporcionar um meio para evacuação de voláteis, ar e/ou gás a partir da área 20 de reparação.

Como mostrado na Figura 3, o conjunto 100 de saco de vácuo pode compreender uma placa 102 de carga posicionada por cima de uma película 108 de separação não porosa (e. g., camada de destacamento) para facilitar a aplicação de pressão uniforme no

remendo 40. A película de separação pode impedir a adesão da placa 102 de carga nas camadas diretamente por baixo da placa 102 de carga. A película de separação pode, por sua vez, ser posicionada sobre uma camada 112 de purga porosa que pode ser posicionada sobre uma película 110 de separação porosa para facilitar o escape de voláteis durante a ligação do remendo 40 à estrutura 10 compósita. O remendo 40 pode ser recebido no interior da área 20 de reparação e pode incluir um bisel 44 formado na margem 42 do remendo e que corresponde substancialmente ao bisel 24 formado com um ângulo cónico de reparação  $\theta_{\text{área de trabalho}}$  da área 20 de reparação. O corpo 52 de remendo de substituição pode incluir uma pluralidade de camadas correspondendo às camadas 12 da estrutura 10 compósita.

Com referência à Figura 4, é mostrado um conjunto 50 de remendo de substituição, tal como pode ser utilizado para conduzir um levantamento térmico e/ou uma remoção de humidade da área 20 de reparação antes da ligação final do remendo na área 20 de reparação. Como se pode observar na Figura 4, o conjunto 50 de remendo de substituição pode compreender um corpo 52 de remendo de substituição que pode ser formado num material para extrair humidade da área 20 de reparação. O material pode compreender lã, algodão, linho, poliéster, nylon e acrílico e qualquer outro material ou sua combinação. Contudo, está igualmente contemplado que as formas de realização do corpo de remendo de substituição possam incluir material compósito, tal como sem limitação, materiais poliméricos de fibra reforçada.

O conjunto 50 de remendo de substituição pode incluir, adicionalmente, um ou mais sensores, tal como um sensor 70 térmico, que podem ser montados no corpo 52 de remendo de substituição para deteção da temperatura da área 20 de reparação

durante o levantamento térmico. O sensor pode compreender igualmente um sensor 74 de humidade para deteção da humidade que pode ser extraída a partir da área 20 de reparação para o corpo 52 de remendo de substituição durante o processo de remoção de humidade. O sensor 70 térmico pode compreender quaisquer instrumentos de medição de temperatura adequados incluindo, mas não estando limitados a, termopares 72 e quaisquer outros elementos adequados para deteção da temperatura da área 20 de reparação e/ou do corpo 52 de remendo de substituição.

Como indicado anteriormente, o corpo 52 de remendo de substituição do conjunto 50 de remendo de substituição é formado, de um modo preferido, num material possuindo propriedades térmicas semelhantes ao material compósito a partir do qual se forma o remendo 40 final (Fig. 3). Neste sentido, o corpo 52 de remendo de substituição é formado, de um modo preferido, num material possuindo um calor específico e/ou uma condutividade térmica que são substancialmente equivalentes ao calor específico e à condutividade térmica do remendo. A condutividade térmica do remendo é medida, de um modo preferido, na direção transversal fora do plano, de modo a simular a direção ao longo da qual o calor pode fluir durante o processo de reparação.

O remendo 40 (Fig. 3), numa forma de realização, pode ser produzido em fita e/ou tecido de fibra de carbono pré-impregnada em epóxi. Contudo, o material compósito a partir do qual se pode formar o remendo, pode compreender qualquer material compósito pré-impregnado ou de moldagem húmida e não está limitado aos materiais divulgados neste documento. O calor específico, a condutividade térmica e outras propriedades térmicas do material compósito são, de um modo preferido, aquelas propriedades



exibidas pelo material compósito quando totalmente curado e para um teor de volume de fibra e uma densidade determinados ou específicos. Para o material de fita de fibra de carbono pré-impregnada em epóxi supramencionado possuindo um teor de volume de fibra de 0,56 e uma densidade de  $5,64 \times 10^{-2} \text{ lb/in}^3$ , as propriedades térmicas podem compreender uma condutividade térmica no intervalo de, aproximadamente, 0,01 W/mK até, aproximadamente, 1,0 W/mK, em que tais propriedades são medidas a uma temperatura  $T_0$  de, aproximadamente, 20 °C (i. e., temperatura ambiente).

Neste sentido, o corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado num material possuindo uma condutividade térmica semelhante ao intervalo mencionado anteriormente de 0,01 W/mK até, aproximadamente, 1,0 W/mK. Numa forma de realização, a condutividade térmica do corpo 52 de remendo de substituição pode ser de, aproximadamente, 0,04 W/mK. Contudo, o corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado num material possuindo qualquer condutividade térmica que seja complementar ou substancialmente igual à condutividade térmica do material a partir do qual se forma o remendo 40 (Fig. 3). Vantajosamente, através da formação do corpo 52 de remendo de substituição do material possuindo uma condutividade térmica que é substancialmente semelhante à condutividade térmica do material compósito do remendo, as características de aquecimento do remendo podem ser substancialmente duplicadas sem a necessidade de produzir um remendo de substituição convencional de camadas compósitas cortadas individualmente, como descrito anteriormente. Neste sentido, pode reduzir-se substancialmente o custo e o tempo normalmente associados aos remendos compósitos de substituição convencionais.

O corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado num material que pode possuir um calor específico que está, de um modo preferido, no intervalo do calor específico do material compósito a partir do qual se pode formar o remendo 40 (Fig. 3). Por exemplo, o corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado num material possuindo um calor específico no intervalo de aproximadamente 600 J/(kgK) até, aproximadamente, 1100 J/(kgK) e, de um modo preferido, aproximadamente, 830 J/(kgK) medido à temperatura  $T_0$  de aproximadamente 273 K (*i. e.*, temperatura ambiente). Como indicado anteriormente, um tal calor específico e condutividade térmica representam o calor específico e a condutividade térmica da fita e/ou tecido de fibra de carbono pré-impregnada de epóxi a partir dos quais se pode formar o remendo, e não devem ser entendidos como limitando as propriedades térmicas alternativas do conjunto 50 de remendo de substituição.

Com referência ainda à Fig. 4, numa forma de realização, o material do corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado num material natural ou sintético ou qualquer combinação dos mesmos. Por exemplo, o material a partir do qual se pode formar o corpo 52 de remendo de substituição pode compreender lã, algodão, seda, linho, poliéster, nylon e acrílico ou qualquer outro material adequado que possa duplicar substancialmente as propriedades térmicas (*i. e.*, calor específico e condutividade térmica) do material a partir do qual se pode formar o remendo. Numa forma de realização, o material pode compreender um material não tecido ou tecido que pode ser constituído por fibras ligadas. Por exemplo, o corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado em feltro, devido às suas propriedades de absorção favoráveis e às propriedades de isolamento térmico favoráveis. As propriedades de absorção do

feltro são tais, que o fluido pode ser extraído para longe da área 20 de reparação e para o corpo 52 de remendo de substituição devido à ação de capilaridade no material de feltro. A condutividade térmica do feltro de lã, numa forma de realização, é, aproximadamente, 0,04 W/mK, o que pode ser compatível com a condutividade térmica dos materiais compósitos a partir dos quais se pode formar o remendo.

Embora o corpo 52 de remendo de substituição possa ser formado, de um modo preferido, em feltro, o corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado em qualquer material adequado que possa extrair a humidade da área 20 de reparação, quando o corpo 52 de remendo de substituição é colocado em contacto com a mesma. Por exemplo, o corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado em materiais alternativos, tal como materiais tecidos que possuem uma elevada capacidade de absorção a temperaturas elevadas semelhantes às temperaturas de cura associadas à reparação do compósito. Neste sentido, o material do corpo 52 de remendo de substituição, de um modo preferido, deve fazer com que o calor proveniente de um cobertor 104 de aquecimento penetre na espessura do corpo 52 de remendo de substituição para facilitar uma medição precisa da temperatura na linha 48 de ligação entre o corpo 52 de remendo de substituição e a área 20 de reparação.

Com referência ainda à Figura 4, o corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado por uma pluralidade de camadas 60 que podem ser dispostas de um modo empilhado. As camadas 60 do conjunto de remendo podem ser formadas de modo que as margens 62 de camada definam coletivamente um ângulo cónico que é, substancialmente, semelhante ao ângulo cónico de reparação  $\theta_{\text{área de trabalho}}$ , como ilustrado na Figura 4. Embora mostrado como

possuindo uma disposição, de um modo geral, cónica em que as camadas 60 possuem uma largura e/ou diâmetro decrescente, as camadas 60 do corpo 52 de remendo de substituição podem possuir uma largura substancialmente equivalente, de modo que quando as camadas 60 forem montadas na disposição empilhada, as margens 62 de camada estejam num alinhamento substancial, umas com as outras. Neste sentido, o corpo 52 de remendo de substituição montado pode compreender a pluralidade de camadas 60 que podem ser recebidas no interior da área 20 de reparação.

Na Figura 4, o conjunto 50 de remendo de substituição pode estar separado da área 20 de reparação através de uma película de separação que pode ser uma película 108 de separação não porosa ou uma película 110 de separação porosa. O conjunto 50 de remendo de substituição pode incluir um ou mais sensores 70 térmicos montados em localizações estratégicas na área 20 de reparação, de forma a monitorizar as temperaturas em tais localizações da área 20 de reparação durante a aplicação de calor. Como parte de um levantamento térmico convencional, podem instalar-se sensores 70 térmicos, tais como termopares 72, num centro 26 inferior da área 20 de reparação e sobre uma conicidade do limite 22 da área 20 de reparação de modo a monitorizar o perfil de temperatura. Do mesmo modo, o corpo 52 de remendo de substituição pode incluir um ou mais sensores 70 térmicos, de modo a medir temperaturas durante o levantamento térmico.

Por exemplo, corpo 52 de remendo de substituição pode incluir um sensor 70 térmico montado numa superfície 54 superior, tal como num seu centro, como ilustrado na Figura 4. Pode montar-se igualmente um sensor 70 térmico no interior do corpo 52 de remendo de substituição, tal como entre as

superfícies 54, 56 superior e inferior. Neste sentido, a fabricação do corpo 52 de remendo de substituição como uma pilha 60 de camadas, pode facilitar a instalação de sensores 70 térmicos em diferentes localizações no interior do corpo 52 de remendo de substituição. Os sensores 70 térmicos podem estar dispostos igualmente ao longo do perímetro 58 do corpo 52 de remendo de substituição. Os sensores podem ser fixos no corpo 52 de remendo de substituição através de quaisquer meios adequados que incluem, mas não estão limitados, a ligação e fixação mecânica. Nomeadamente, os sensores 70 térmicos podem ser montados em qualquer localização no interior da área 20 de reparação, tal como no bisel 24 da área 20 de reparação ou no centro 26 inferior da área 20 de reparação ou em localizações que são opostas à localização dos elementos de dissipação de calor, tal como na longarina 30 que podem sobrepor, pelo menos, parcialmente uma parte da área 20 de reparação.

O conjunto 50 de remendo de substituição pode incluir, além disso, os sensores 74 de humidade para deteção da presença de humidade e/ou do teor relativo de humidade que pode estar contida no interior da área 20 de reparação. Os sensores 74 de humidade, numa forma de realização, podem compreender fitas de deteção de humidade convencionais, tais como sem limitação, fitas de deteção de humidade de cloreto de cobalto ou fitas de deteção de humidade de uma outra composição química que podem variar de cor na presença de um nível suficientemente alto de humidade ou água. Contudo, pode implementar-se qualquer configuração de sensor adequada para deteção da presença de humidade, tal como água, no conjunto 50 de remendo de substituição. Por exemplo, o sensor 74 de humidade pode compreender sensores que operam utilizando espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS) ou qualquer outra tecnologia de

deteção adequada. Os sensores 74 de humidade podem ser configurados seletivamente de modo a proporcionarem uma indicação (e. g., uma indicação visual) tendo em conta a presença de humidade no corpo 52 de remendo de substituição que pode ser extraída a partir da área 20 de reparação. Tal humidade pode ser extraída da área 20 de reparação quando o corpo 52 de remendo de substituição está em contacto com a mesma e/ou durante a aplicação de calor. Os sensores 74 de humidade estão montados, de um modo preferido, numa disposição adequada sobre o corpo 52 de remendo de substituição, tal como numa relação distanciada, uns em relação aos outros, ao longo da superfície 54 superior do corpo 52 de remendo de substituição, como ilustrado na Figura 6 e descrito abaixo com maior pormenor.

Com referência à Figura 5, é mostrado um conjunto 50 de remendo de substituição em que o corpo 52 de remendo de substituição é proporcionado numa forma de realização que compreende uma estrutura unitária de uma única camada, ao contrário da disposição de camadas 60 ilustrada na Figura 4. Na Figura 5, o corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado como uma espessura que é próxima da espessura da área 20 de reparação no interior da qual é recebido o corpo 52 de remendo de substituição. Além disso, o perímetro 58 do corpo 52 de remendo de substituição pode incluir um bisel 64 formado com um ângulo cónico de remendo  $\theta_{\text{substituição}}$  que é, de um modo preferido, complementar do ângulo cónico de reparação  $\theta_{\text{área de reparação}}$ , de modo que o corpo 52 de remendo de substituição seja recebido num contacto íntimo com a área 20 de reparação. Como indicado anteriormente, o corpo 52 de remendo de substituição pode estar separado da área 20 de reparação por uma película 108 de separação porosa ou não porosa, tais como um etileno propileno fluorado (FEP) ou um outro material resistente ao calor e/ou não

adesivo semelhante para permitir a libertação do corpo 52 de remendo de substituição da área 20 de reparação depois da finalização do levantamento térmico e/ou processo de remoção de humidade. Como se pode observar na Figura 5, os sensores 70 térmicos podem ser montados na área 20 de reparação nas áreas mencionadas, bem como, em áreas adjacentes da área 20 de reparação e podem ser acoplados à instrumentação (não mostrado), tal como um sistema de aquisição de dados (não mostrado) por meio de um conjunto 76 de fios de sensor ou através de meios sem fios. De outro modo, os sensores 70 térmicos e/ou os sensores 74 de humidade montados no corpo 52 de remendo de substituição podem ser acoplados à instrumentação por meio de conjuntos 76 de fios de sensor para facilitar a medição e o registo da temperatura e/ou da humidade no interior do corpo 52 de remendo de substituição.

Com referência à Figura 6, é mostrada uma vista em planta de uma instalação de termopares 72 e/ou de sensores 74 de humidade no corpo 52 de remendo de substituição e na estrutura 10 compósita adjacente da área 20 de reparação. Como se pode observar, os sensores 70 térmicos podem estar localizados na superfície 54 superior da estrutura 10 compósita opostos ao longarina 30 que pode extrair calor para longe da área 20 de reparação. Os sensores 70 térmicos podem proporcionar um meio de monitorização da temperatura de modo a indicar que pode ser necessário um isolamento na longarina 30 ou pode ser necessário um aquecimento separado da longarina ou das suas áreas adjacentes, de forma a aquecer a área 20 de reparação com a taxa desejada e manter o remendo dentro do intervalo de temperaturas desejado. Como se pode observar, o corpo 52 de remendo de substituição pode incluir um ou mais sensores 74 de humidade, tal como o sensor 74 de humidade localizado no centro do

corpo 52 de remendo de substituição. Contudo, podem distribuir-se sensores 74 de humidade ao longo da superfície 54 superior do corpo 52 de remendo de substituição para facilitar a identificação de áreas, na área 20 de reparação a partir das quais é extraída a humidade. Os sensores 70 térmicos e/ou os sensores 74 de humidade podem fornecer dados relativos a um perfil térmico e/ou perfil de humidade da área 20 de reparação.

Com referência à Figura 7, é mostrado o sistema 48 de remendo de substituição que pode compreender o conjunto 50 de remendo de substituição e que pode incluir, adicionalmente, um conjunto 100 de saco de vácuo que compreende uma película 116 de formação de um saco que envolve um cobertor 104 de aquecimento que pode cobrir o conjunto de remendo quando instalado no interior da área 20 de reparação. Como se pode observar na Figura 7, o corpo 52 de remendo de substituição pode estar separado da área 20 de reparação por meio das películas 110, 108 de separação porosa e/ou não porosa dependendo se o levantamento térmico pode incluir um processo de remoção de humidade. Como mencionado anteriormente, o conjunto 50 de remendo de substituição, como aqui divulgado, proporciona um meio para combinação do levantamento térmico e remoção de humidade, de modo que se aplique um único ciclo de aquecimento na estrutura 10 compósita. Pode observar-se o conjunto 100 de saco de vácuo como incluindo a película 116 de formação de um saco que pode ser vedada na superfície 54 superior da estrutura 10 compósita por meio de um vedante 122, tal como fita 122 vedante, utilizada convencionalmente, nas operações de formação de sacos de vácuo.

A película 116 de formação de um saco pode envolver uma camada 114 de respiração que pode cobrir um cobertor 104 de aquecimento e que pode estender-se num ou em ambos os lados do



cobertor 104 de aquecimento até à área 122 de vedação. A camada 114 de respiração pode estender-se por baixo de uma sonda 118 de vácuo que pode ser colocada num lado do cobertor 104 de aquecimento de modo a facilitar a aplicação substancialmente uniforme de pressão de vácuo no corpo 52 de remendo de substituição durante o ciclo térmico e/ou processo de remoção de humidade. Pode posicionar-se uma placa 102 de carga por baixo do cobertor 104 de aquecimento, de modo a proporcionar uma aplicação uniforme de pressão no corpo 52 de remendo de substituição. A placa 102 de carga pode ser formada num qualquer material rígido ou semirrígido adequado que inclui, mas não está limitado a, um material de carga de borracha, tais como folha de borracha de silicone curado e/ou um material metálico ou qualquer combinação de materiais metálicos e não metálicos. A placa 102 de carga pode estar separada do corpo 52 de remendo de substituição por meio da película de separação que pode ser formada num material adequado qualquer para impedir a adesão ou contacto da placa 102 de carga com a área 20 de reparação e/ou o corpo 52 de remendo de substituição. Por exemplo, a película de separação pode estar perfurada (*i. e.*, porosa) ou não perfurada (*i. e.*, não porosa) e pode ser formada num material adequado qualquer que inclui etileno propileno fluorado (FEP) ou qualquer outro material adequado.

Com referência à Figura 8, é mostrada uma ilustração em corte do corpo 52 de remendo de substituição possuindo um saco de vácuo montado no mesmo sem o cobertor 104 de aquecimento. Uma tal disposição pode implementar-se durante um processo de remoção de humidade. Opcionalmente, o conjunto pode ser instalado numa estufa ou num autoclave para facilitar a aplicação de calor na estrutura 10 compósita. Como se pode observar na Figura 8, o saco de vácuo inclui a sonda 118 de

vácuo para extração de gases para fora da área envolvida pela película 116 de formação de um saco. Um instrumento 120 de medida de vácuo num lado oposto do conjunto 100 de saco de vácuo proporciona um meio de monitorização da pressão de vácuo no interior do saco de vácuo. Pode observar-se o corpo 52 de remendo de substituição como possuindo uma espessura substancialmente uniforme.

O corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado em qualquer dos materiais mencionados anteriormente. Neste sentido, o corpo 52 de remendo de substituição pode ser formado num material resiliente flexível capaz de se adaptar ao contorno ou forma da área 20 de reparação em três dimensões. Pode observar-se o perímetro 58 do corpo 52 de remendo de substituição como estando adaptado ou comprimindo-se parcialmente sob a pressão do saco de vácuo. O corpo 52 de remendo de substituição pode estar separado da película 116 de formação de um saco por uma camada 114 de respiração para permitir o escape da humidade. O corpo 52 de remendo de substituição pode estar separado da área 20 de reparação por meio de uma película 108 de separação porosa para impedir o contacto entre os mesmos, enquanto permite que a humidade se escape a partir da área 20 de reparação. Podem instalar-se termopares 72 ou outros sensores 70 térmicos, em locais estratégicos no interior da área 20 de reparação, como ilustrado na Figura 8 e descrito anteriormente. Do mesmo modo, o corpo 52 de remendo de substituição pode incluir sensores 70 térmicos e/ou sensores 74 de humidade em locais ao longo do corpo 52 de remendo de substituição para monitorização da temperatura e da remoção de humidade.

Com uma breve referência à Figura 9, é mostrado um diagrama de blocos que ilustra um sistema 48 de remendo de substituição,

tais como pode ser utilizado para conduzir um levantamento térmico e/ou processo de remoção de humidade. Como se pode observar na Figura 9, o sistema 48 de remendo de substituição pode compreender um conjunto 100 de saco de vácuo que pode incluir uma película 116 de formação de um saco, montada na estrutura 10 por meio de um vedante 122. A película 116 de formação de um saco pode envolver um número de camadas, tais como uma camada 114 de respiração, um cobertor 104 de aquecimento, uma placa 102 de carga, uma camada 112 de purga, uma película 108, 110 de separação, bem como o conjunto 50 de remendo de substituição compreendendo o corpo 52 de remendo de substituição. O corpo 52 de remendo de substituição pode possuir um centro 68 do remendo e um perímetro 58. Podem ser mostrados um ou mais sensores, tais como sensores 74 de humidade ou sensores 70 térmicos (*i. e.*, termopares 72), no corpo 52 de remendo de substituição, tal como ao longo do perímetro 58 e/ou centro 68 do remendo ou embutidos no interior do corpo 52 de remendo de substituição. O corpo 52 de remendo de substituição pode estar montado na área 20 de reparação e pode estar separado da mesma por meio da película de separação. A área 20 de reparação pode ser formada na estrutura 10, tal como ao longo de uma sua superfície 16 superior. A área 20 de reparação pode incluir o centro 26 inferior no interior do qual se pode montar um sensor, tais como um sensor 74 de humidade e/ou um sensor 70 térmico (*i. e.*, termopar). Do mesmo modo, pode montar-se um ou mais sensores, tal como sensores 70 térmicos, num bisel 24 da área 20 de reparação. Do mesmo modo, a superfície 16 superior da estrutura 10 que rodeia a área 20 de reparação pode incluir sensores 70 térmicos, tal como termopares 72 de modo a identificar as variações de temperatura que possam ocorrer como um resultado da extração de calor da área 20 de reparação

através de elementos 28 de dissipação de calor, tal como longarinas 30.

Com referência à Figura 10, é mostrada uma ilustração de um fluxograma para uma metodologia de reparação de uma estrutura, tal como uma estrutura compósita possuindo uma área de reparação. A estrutura pode incluir uma superfície superior e inferior e pode incluir, pelo menos, um elemento de dissipação de calor que pode estar colocado numa localização relativamente à área de reparação, tal como numa superfície inferior da estrutura adjacente da área de reparação. O método pode compreender o passo 200 incluindo a formação do corpo de remendo de substituição que pode ser formado opcionalmente e configurado de modo complementar com a forma da área de reparação. Por exemplo, o corpo de remendo de substituição pode ser formado de material tecido ou não tecido para extrair a humidade a partir da área de reparação. O corpo de remendo de substituição pode possuir uma superfície superior e inferior e é formado, de um modo preferido, num material para extrair a humidade a partir da área de reparação, tal como durante um processo de remoção de humidade. O corpo de remendo de substituição possui adicionalmente, de um modo preferido, propriedades térmicas que são substancialmente semelhantes ou complementares das propriedades térmicas do material compósito a partir do qual se forma o remendo final.

Por exemplo, o corpo de remendo de substituição pode possuir um calor específico e/ou uma condutividade térmica que são substancialmente equivalentes a um calor específico e/ou uma condutividade térmica da fita e tecido de fibra de carbono pré-impregnada de epóxi. Contudo, as propriedades térmicas do material compósito podem compreender propriedades térmicas de

qualquer material compósito e não estão limitadas a pré-impregnados de epóxi ou fitas de fibra de carbono, mas podem incluir sistemas de material não pré-impregnado e/ou de moldagem húmida. Como descrito anteriormente, o corpo de remendo de substituição pode incluir pelo menos um sensor térmico que pode estar montado no corpo de remendo de substituição na superfície superior, na superfície inferior ou que pode estar embutido no interior do corpo de remendo de substituição ou qualquer combinação do anterior. O corpo de remendo de substituição pode incluir, adicionalmente, pelo menos um sensor de humidade que pode estar montado no corpo de remendo de substituição em qualquer localização, tais como num centro do remendo ou ao longo de um perímetro do corpo de remendo de substituição ou numa combinação de tais localizações.

Ainda com referência à Figura 10, o passo 202 pode compreender a montagem de um ou mais sensores térmicos no corpo de remendo de substituição para deteção da temperatura da área de reparação e/ou do corpo de remendo de substituição. Por exemplo, podem montar-se sensores térmicos, tal como sem limitação, termopares, na superfície superior e/ou inferior do corpo de remendo de substituição. Os sensores térmicos podem estar embutidos, opcionalmente, no interior do corpo de remendo de substituição, como ilustrado na Figura 4 e descrito anteriormente. Os sensores térmicos na superfície inferior do corpo de remendo de substituição podem monitorizar a temperatura da área de reparação e/ou a temperatura do corpo de remendo de substituição. O passo 204 pode compreender a montagem de um ou mais sensores de humidade no corpo de remendo de substituição para deteção da humidade que pode ser extraída a partir da área de reparação para o corpo de remendo de substituição. Neste sentido, o corpo de remendo de substituição pode ser formado num

qualquer material possuindo uma capacidade de absorção de humidade relativamente alta, como indicado anteriormente. Neste sentido, o corpo de remendo de substituição pode ser formado em materiais possuindo uma capacidade de absorção relativamente alta às temperaturas elevadas associadas ao processamento dos materiais compósitos.

Ainda com referência à Figura 10, o passo 206 pode incluir a montagem de um ou mais sensores térmicos na superfície superior da estrutura compósita. Por exemplo, os sensores térmicos podem ser montados na superfície superior da estrutura compósita opostos à localização de um ou mais elementos de dissipação de calor, que podem estar dispostos adjacentes da superfície inferior da estrutura compósita ou em qualquer localização na superfície superior. O passo 208 pode compreender a montagem de um ou mais dos sensores térmicos na área de reparação, tais como no centro inferior da área de reparação e/ou no bisel (*i. e.*, ângulo cónico) da área de reparação para monitorização das temperaturas na área de reparação. O passo 210 na metodologia de reparação da estrutura pode incluir a cobertura da área de reparação com uma película de separação porosa, tais como etileno propileno fluorado (FEP) ou qualquer outro material de película adequado para impedir o contacto do corpo de remendo de substituição com a estrutura compósita e a área de reparação. Contudo, está contemplado que o material a partir do qual se forma o corpo de remendo de substituição pode eliminar a necessidade de uma película de separação.

O passo 212 pode incluir a instalação do conjunto de remendo de substituição no interior da área de reparação, tal como por cima da película de separação porosa e/ou não porosa. Por exemplo, o remendo de substituição pode ser instalado da

maneira ilustrada na Figura 8, em que o corpo de remendo de substituição pode ser formado como uma estrutura unitária de espessura substancialmente constante ou de camada única que é substancialmente conformável com a forma e/ou o contorno da área de reparação. Alternativamente, o corpo de remendo de substituição pode ser formado por uma pluralidade de camadas dispostas numa formação empilhada, como ilustrado na Figura 4, e em que as camadas de material que constituem o corpo de remendo de substituição são conformáveis ou flexíveis de modo resiliente ou compressíveis, de modo a permitirem a conformação do corpo de remendo de substituição com o contorno ou a forma da área de reparação.

Ainda com referência à Figura 10, o passo 214 da metodologia pode incluir, adicionalmente, a cobertura do corpo de remendo de substituição e da área de reparação com uma camada de respiração para facilitar a aplicação substancialmente uniforme de pressão de vácuo no corpo de remendo de substituição. O método pode incluir, adicionalmente, o passo de instalação de um cobertor de aquecimento ou outro equipamento de aquecimento adequado no passo 216 e como se ilustra na Figura 7 e 8. O cobertor de aquecimento pode facilitar o aquecimento da área de reparação e do corpo de remendo de substituição durante o levantamento térmico e/ou durante o processo de remoção de humidade. Pode incluir-se opcionalmente uma placa 102 de carga (Fig. 7) entre a camada de respiração e o cobertor 104 de aquecimento, como ilustrado na Figura 7, de modo a proporcionar uma distribuição de pressão uniforme no corpo de remendo de substituição.

O passo 218 da Figura 10 pode compreender a instalação de uma camada de respiração sobre o cobertor de aquecimento, como

ilustrado na Figura 7, seguido da formação de um saco de vácuo no passo 220, de modo que o corpo de remendo de substituição e o cobertor de aquecimento estejam envolvidos pela película de formação de um saco que pode ser vedada na superfície superior da estrutura 10 compósita, como ilustrado na Figura 8. Pode aplicar-se vácuo através da sonda de vácuo ilustrada na Figura 8, de forma a criar um vácuo na película de formação de um saco que pode ser monitorizado por meio de um equipamento de medição de vácuo instalado como ilustrado na Figura 8. Pode aplicar-se calor através do cobertor de aquecimento no passo 222 durante a extração do vácuo no passo 224, de modo que o levantamento térmico e/ou o processo de remoção de humidade se possam realizar na área de reparação no passo 226.

O processo de levantamento térmico pode ser semelhante àquele que se realiza convencionalmente, em que a área de reparação pode ser aquecida e a temperatura monitorizada. Dependendo das medições de temperatura, pode adicionar-se localmente um isolamento em áreas da estrutura compósita, tal como adjacentes dos elementos de dissipação de calor ou em outras áreas como indicado anteriormente, de forma a obter uma uniformidade de temperatura substancial através de toda a linha de ligação. O aquecimento da área de reparação pode ajustar-se igualmente através do ajuste do cobertor de aquecimento durante o levantamento térmico, de modo a atingir uma uniformidade de temperatura substancial. O processo de remoção de humidade pode compreender o aquecimento da área de reparação através do cobertor de aquecimento e o registo dos dados de humidade fornecidos pelos sensores de humidade montados no interior do corpo de remendo de substituição. O processo de remoção de humidade pode realizar-se antes e/ou durante o levantamento térmico. Vantajosamente, a configuração do corpo de remendo de



substituição pode facilitar a realização do levantamento térmico e do processo de remoção de humidade, de modo a que se possa eliminar um ciclo de aquecimento adicional requerido tipicamente em processos separados de levantamento térmico e de remoção de humidade de operações de pré-reparação convencionais.

Numa forma de realização, o processo de remoção de humidade pode compreender pesar o corpo de remendo de substituição antes da instalação no interior da área de reparação. Com a finalização do processo de levantamento térmico e/ou de remoção de humidade, o corpo de remendo de substituição pode ser pesado de novo para determinar o nível de absorção de humidade que pode ser em seguida correlacionado com o teor de humidade da área de reparação. Mais especificamente, o processo de remoção de humidade pode compreender pesar o corpo de remendo de substituição antes de instalar o corpo de remendo de substituição no interior da área de reparação e formar um saco de vácuo no corpo de remendo de substituição. O método pode incluir o aquecimento da área de reparação depois de extrair um vácuo na película de formação de um saco. Alternativamente, o cobertor de aquecimento pode ser omitido e a estrutura compósita pode ser aquecida por uma estufa ou autoclave. Durante o aquecimento, a temperatura da área de reparação pode ser monitorizada utilizando dados dos sensores térmicos. O aquecimento pode resultar na secagem (*i. e.*, remoção de humidade) da área de reparação da estrutura compósita. O corpo de remendo de substituição do conjunto de remendo de substituição pode ser removido da área de reparação e pode ser pesado de modo a determinar a quantidade de humidade extraída para fora da área de reparação.

Com referência às Figuras 11-12, podem descrever-se formas de realização da divulgação no contexto de um método 300 de fabricação e de colocação em serviço de aviões, como mostrado na Figura 11, e de um avião 302, como mostrado na Figura 12. Durante a pré-produção, o método 300 de exemplo pode incluir a especificação e a conceção 304 do avião 302 e a aquisição 306 de materiais. Durante a produção, realiza-se a produção 308 de componentes e subconjuntos e a integração 310 de sistemas do avião 302. Em seguida, o avião 302 pode passar na certificação e entrega 312 de modo a ser colocado ao serviço 314. Enquanto em serviço num cliente, o avião 302 é programado para manutenção de rotina e serviço 316 (que pode incluir igualmente a modificação, reconfiguração, renovação, etc.).

Cada um dos processos do método 300 pode ser executado ou realizado por um integrador do sistema, uma terceira parte, e/ou um operador (e. g., um cliente). Para os propósitos desta descrição, um integrador do sistema pode incluir sem limitação qualquer número de fabricantes de aviões e subcontratantes dos sistemas principais; uma terceira parte pode incluir sem limitação qualquer número de vendedores, subcontratantes e fornecedores; e um operador pode ser uma linha de aviação, uma sociedade de locação financeira, uma entidade militar, uma organização de serviço, etc.

Como mostrado na Figura 12, o avião 302 produzido pelo método 300 de exemplo pode incluir uma estrutura 318 de aeronave com uma pluralidade de sistemas 320 e um interior 322. Exemplos de sistemas 320 de alto nível incluem um ou mais de entre, um sistema 324 de propulsão, um sistema 326 elétrico, um sistema 328 hidráulico, e um sistema 330 ambiental. Pode incluir-se qualquer número de outros sistemas. Embora se mostre

um exemplo para o espaço aéreo, os princípios das formas de realização divulgadas podem aplicar-se a outras indústrias, tal como a indústria automóvel.

Os aparelhos e métodos incorporados neste documento podem ser empregues durante qualquer um ou mais dos estágios do método 300 de produção e colocação em serviço. Por exemplo, os componentes ou subconjuntos correspondentes ao processo 308 de produção podem ser fabricados ou produzidos de um modo semelhante aos componentes ou subconjuntos produzidos enquanto o avião 302 está em serviço. Igualmente, pode utilizar-se uma ou mais formas de realização de aparelhos, formas de realização de métodos, ou uma combinação das mesmas durante os estágios 308 e 310 de produção, por exemplo, através da montagem substancialmente rápida ou da redução de custo de um avião 302. De um modo semelhante, pode utilizar-se uma ou mais formas de realização de aparelhos, formas de realização de métodos, ou uma sua combinação, enquanto o avião 302 está em serviço, por exemplo e sem limitação, para manutenção e serviço 316.

As modificações e melhorias adicionais da presente divulgação podem ser entendidas pelos especialistas da técnica. Assim, pretende-se que a combinação particular de partes aqui descritas e ilustradas, represente apenas determinadas formas de realização da presente divulgação e não se destina a servir como limitação de formas de realização ou dispositivos alternativos dentro do espírito e âmbito da divulgação.

Lisboa, 17 de novembro de 2015

## **REIVINDICAÇÕES**

1. Conjunto (50) de remendo de substituição para uma área de reparação de uma estrutura (10), compreendendo:

um corpo (52) de remendo de substituição formado num material para extrair humidade a partir da área de reparação, em que o material é lã, algodão, seda, linho, poliéster, nylon, acrílico, feltro ou qualquer sua combinação; e

pelo menos um sensor (70, 74) montado no corpo (52) de remendo de substituição e que está configurado como um sensor de entre o seguinte:

um sensor (70) térmico para deteção de uma temperatura de, pelo menos, um de entre, a área de reparação e o corpo (52) de remendo de substituição; e

um sensor (74) de humidade para deteção da humidade no corpo (52) de remendo de substituição.

2. Conjunto de remendo de substituição da reivindicação 1, em que:

o sensor (74) de humidade compreende, pelo menos, um de entre, uma fita de deteção da humidade e um sensor de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS).

3. Conjunto de remendo de substituição da reivindicação 1, em que:

o corpo (52) de remendo de substituição inclui uma superfície superior possuindo uma pluralidade de sensores (74) de humidade montados sobre a mesma.

4. Conjunto de remendo de substituição da reivindicação 1, em que:

o corpo (52) de remendo de substituição possui uma superfície superior e inferior, estando pelo menos um dos sensores (70, 74) montado numa dos seguintes locais: a superfície superior, a superfície inferior, embutido no interior do corpo (52) de remendo de substituição entre a superfície superior e inferior.

5. Conjunto de remendo de substituição da reivindicação 1, em que:

o corpo (52) de remendo de substituição compreende uma pluralidade de camadas;

estando pelo menos um dos sensores (70, 74) interposto entre um par de camadas.

6. Conjunto de remendo de substituição da reivindicação 1, em que:

a área de reparação está configurada para receber um remendo;

o corpo (52) de remendo de substituição possuindo um calor específico e uma condutividade térmica que são

substancialmente equivalentes a, pelo menos, um de entre, o calor específico e a condutividade térmica do remendo.

7. Sistema (48) de remendo de substituição para reparação de uma estrutura (10) com um remendo passível de ser recebido no interior de uma área de reparação, o sistema compreendendo:

um conjunto (50) de remendo de substituição que compreende um corpo (52) de remendo de substituição formado num material para extrair humidade a partir da área de reparação e, pelo menos, um sensor (70, 74) montado no corpo (52) de remendo de substituição e que está configurado como um de entre, um sensor (70) térmico para deteção de uma temperatura de, pelo menos, um de entre, a área de reparação e o corpo (52) de remendo de substituição, e um sensor (74) de humidade para deteção da humidade no corpo (52) de remendo de substituição;

possuindo o corpo (52) de remendo de substituição formado num material não compósito possuindo propriedades térmicas substancialmente semelhantes às propriedades térmicas do remendo, as propriedades térmicas compreendendo, pelo menos, um de entre, calor específico e condutividade térmica, em que o material é lã, algodão, seda, linho, poliéster, nylon, acrílico, feltro ou qualquer sua combinação;

pelo menos, um sensor (70) térmico montado no corpo (52) de remendo de substituição para deteção de uma temperatura do corpo (52) de remendo de substituição; e

pelo menos, um sensor (40) térmico montado na área de reparação para deteção de uma temperatura da área de reparação.

8. Sistema de remendo de substituição da reivindicação 7, em que:

o corpo (52) de remendo de substituição é formado num material para extrair humidade a partir da área de reparação.

9. Sistema de remendo de substituição da reivindicação 7, em que:

o corpo (52) de remendo de substituição inclui uma pluralidade de sensores (74) de humidade montados no mesmo.

10. Sistema de remendo de substituição da reivindicação 9, em que:

o corpo (52) de remendo de substituição compreende uma pluralidade de camadas;

estando pelo menos um de entre, o sensor (70) térmico e os sensores (74) de humidade, interposto entre um par de camadas.

11. Sistema de remendo de substituição da reivindicação 7, em que a estrutura (10) inclui uma superfície superior (16) e inferior (18) e possui, pelo menos, um elemento (28) de dissipação de calor montado na superfície (18) inferior adjacente da área de reparação, o sistema compreendendo, adicionalmente:

pelo menos um sensor (70) térmico montado na superfície (16) superior, oposto à localização do elemento (28) de dissipação de calor na superfície (18) inferior.

12. Método de reparação de uma estrutura (10) compósita possuindo uma superfície superior (16) e inferior (18), compreendendo os passos de:

formação (200) de um corpo (52) de remendo de substituição em material para extrair humidade a partir da área de reparação da estrutura (10) compósita, em que o material é lã, algodão, seda, linho, poliéster, nylon, acrílico, feltro ou qualquer sua combinação;

montagem (202, 204) de, pelo menos, um sensor (70, 74) no corpo (52) de remendo de substituição;

instalação (212) do corpo (52) de remendo de substituição na área de reparação; e

realização (226) de ,pelo menos ,um de entre os seguintes:

condução de um levantamento térmico da área de reparação;

remoção de humidade da área de reparação.

13. Método da reivindicação 12 compreendendo, adicionalmente, o passo de:

montagem (208) de, pelo menos, um sensor (70) térmico na área de reparação.



14. Método da reivindicação 12 em que o passo de montagem de, pelo menos, um sensor na área de reparação compreende:

montagem (202) de, pelo menos, um sensor (70) térmico no corpo (52) de remendo de substituição para deteção de uma temperatura de, pelo menos, um de entre, a área de reparação e o corpo (52) de remendo de substituição; e

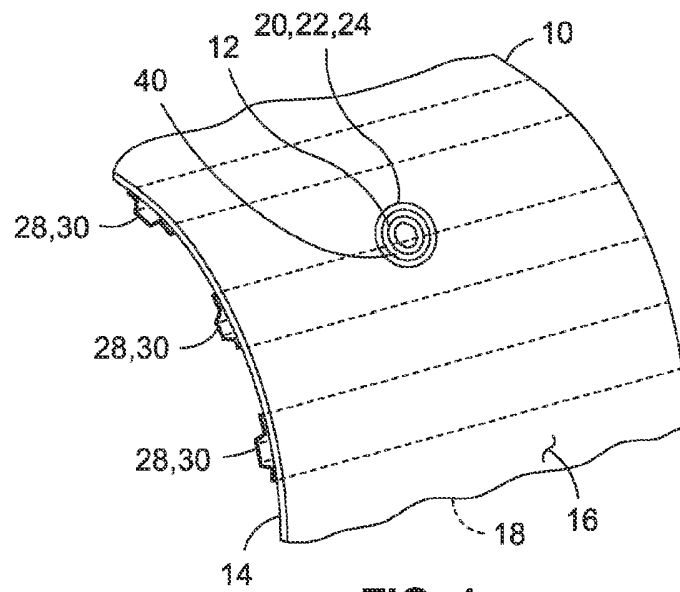
montagem (204) de, pelo menos, um sensor (74) de humidade no corpo (52) de remendo de substituição para deteção da humidade extraída a partir da área de reparação.

15. Método da reivindicação 12 compreendendo, adicionalmente, os passos de:

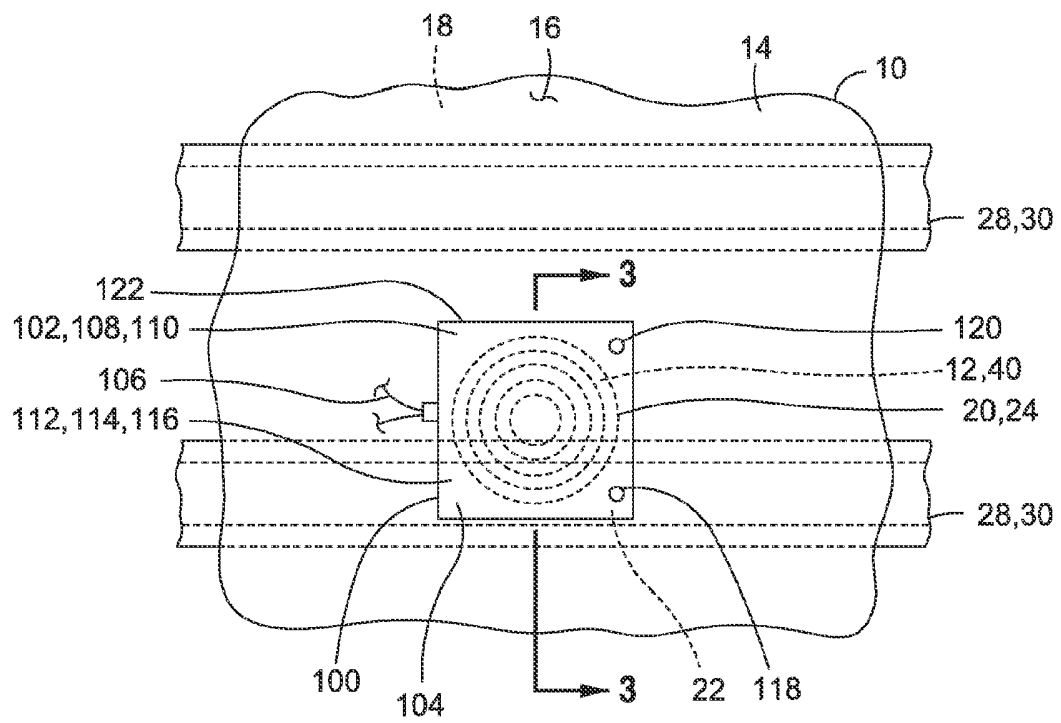
formação (220) de um saco de vácuo no corpo (52) de remendo de substituição na superfície (16) superior com uma película (116) de formação de um saco; e

criação (224) de um vácuo na película (116) de formação de um saco.

Lisboa, 17 de novembro de 2015



**FIG. 1**



**FIG. 2**

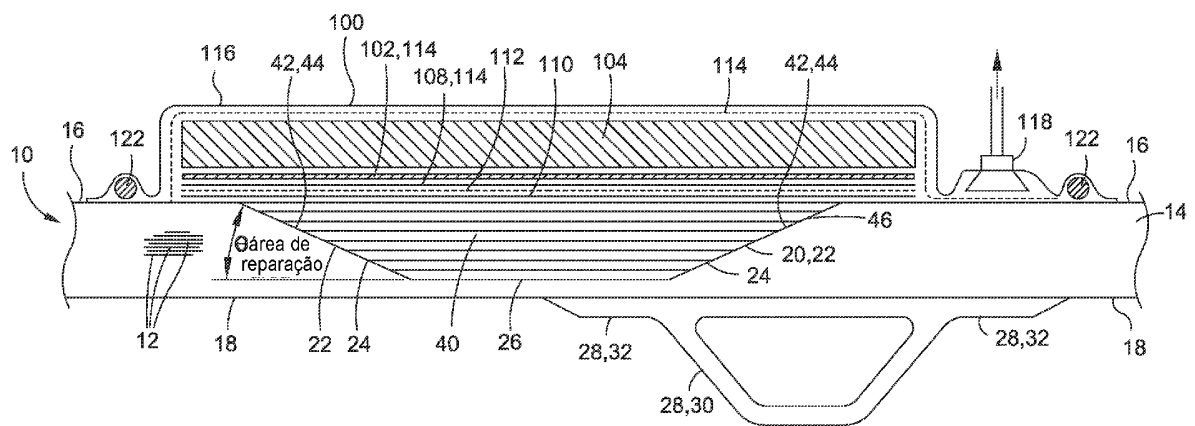
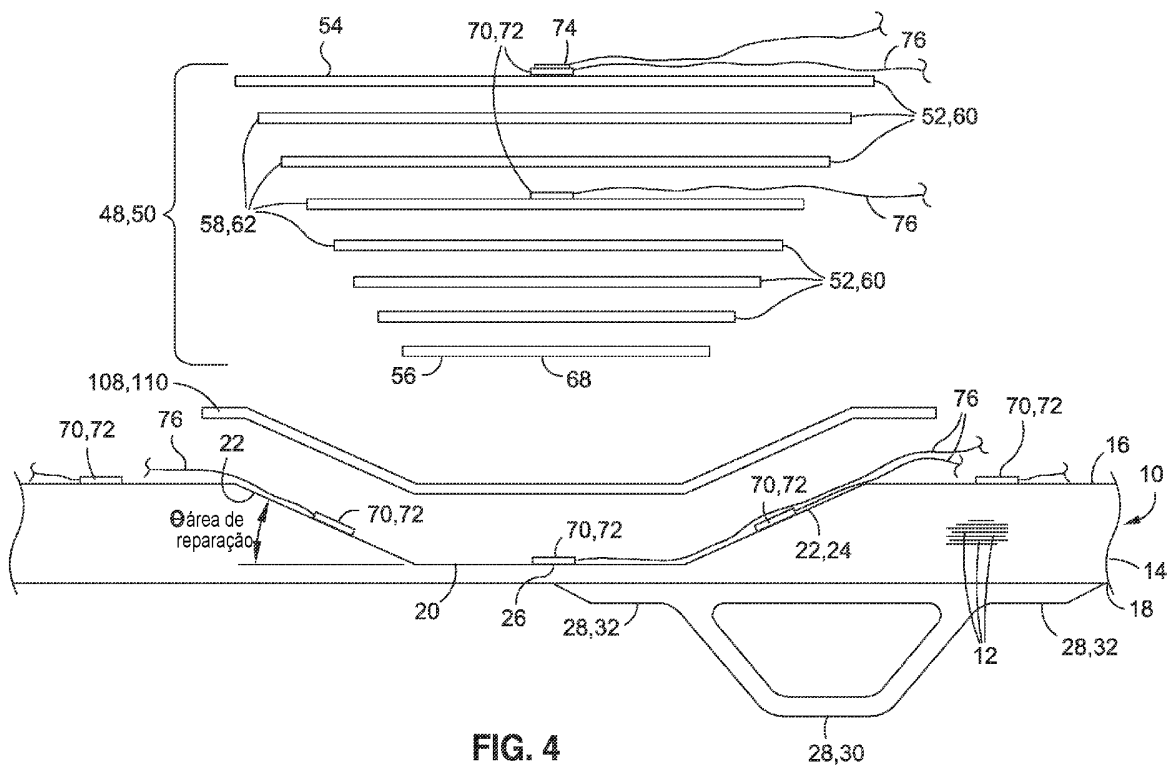
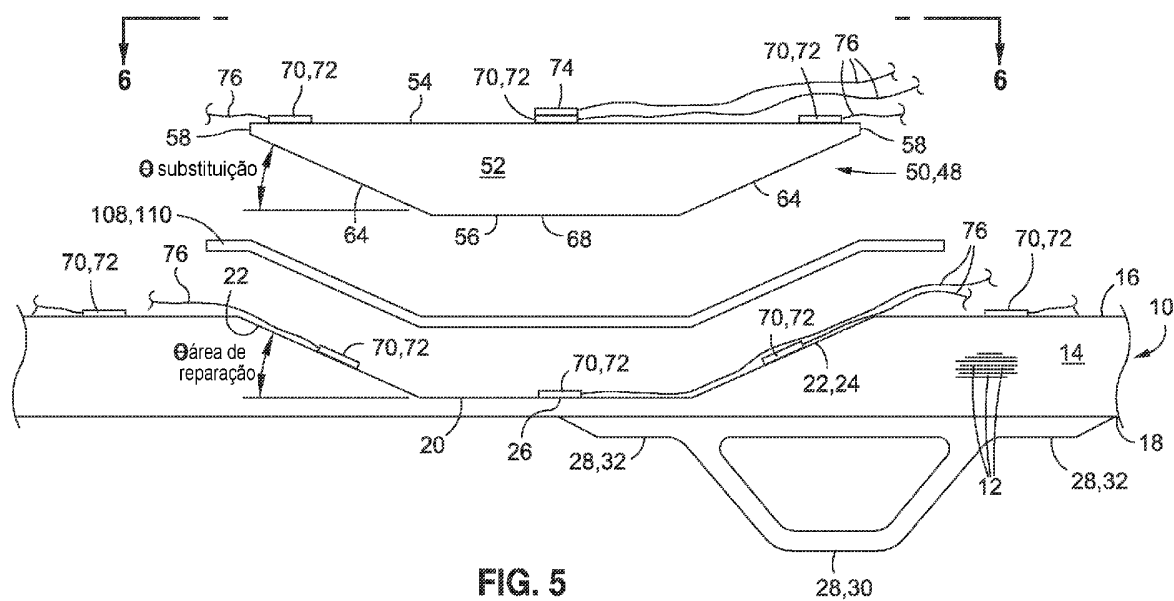
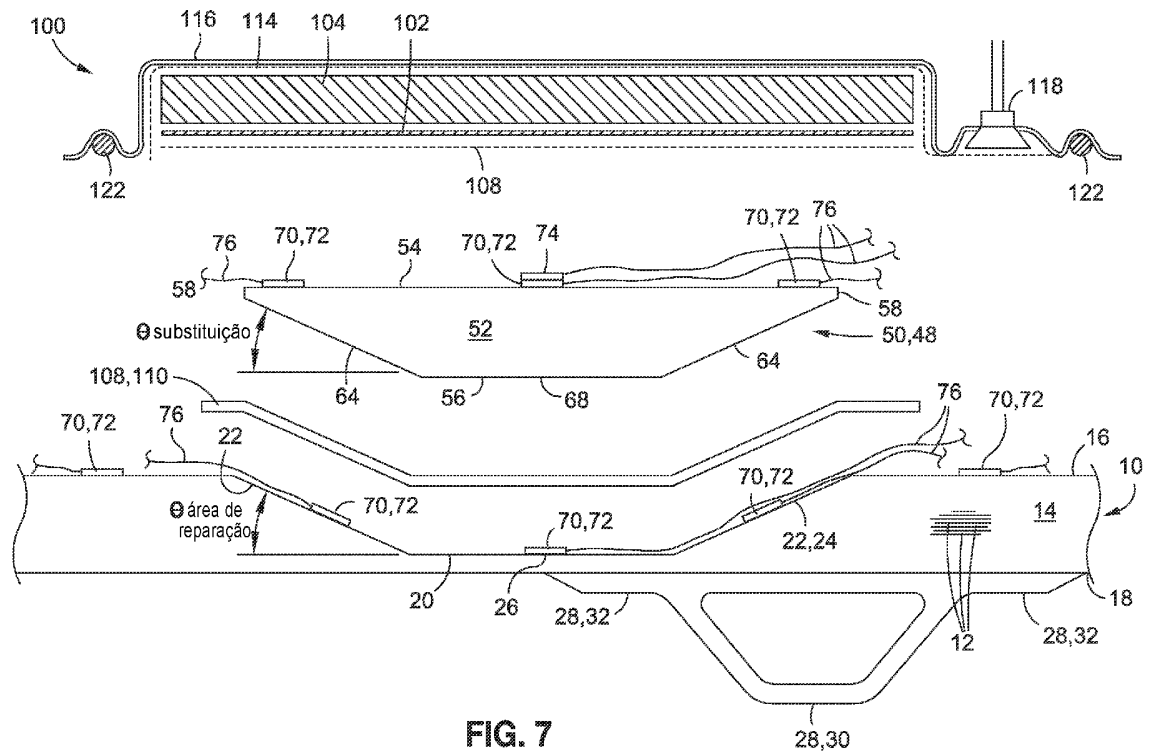


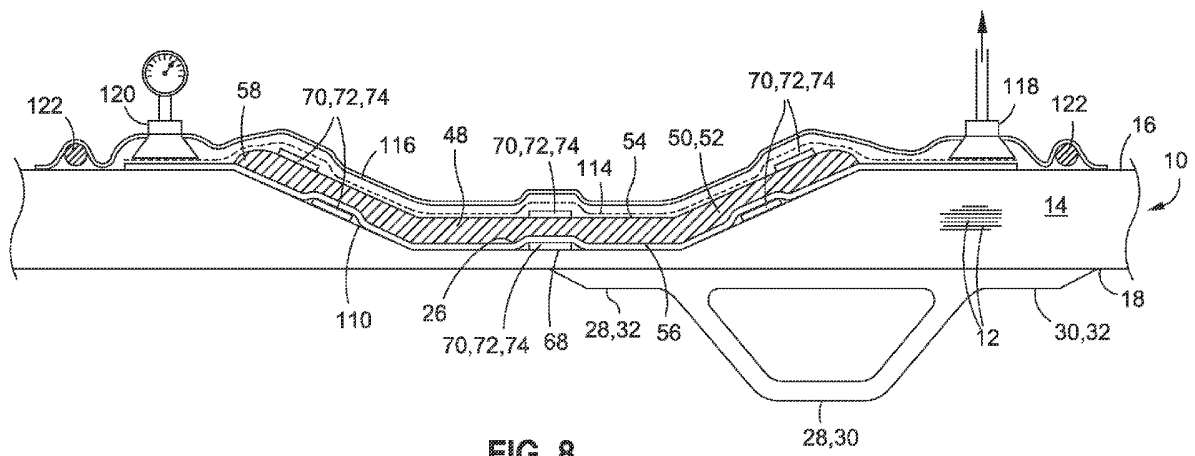
FIG. 3



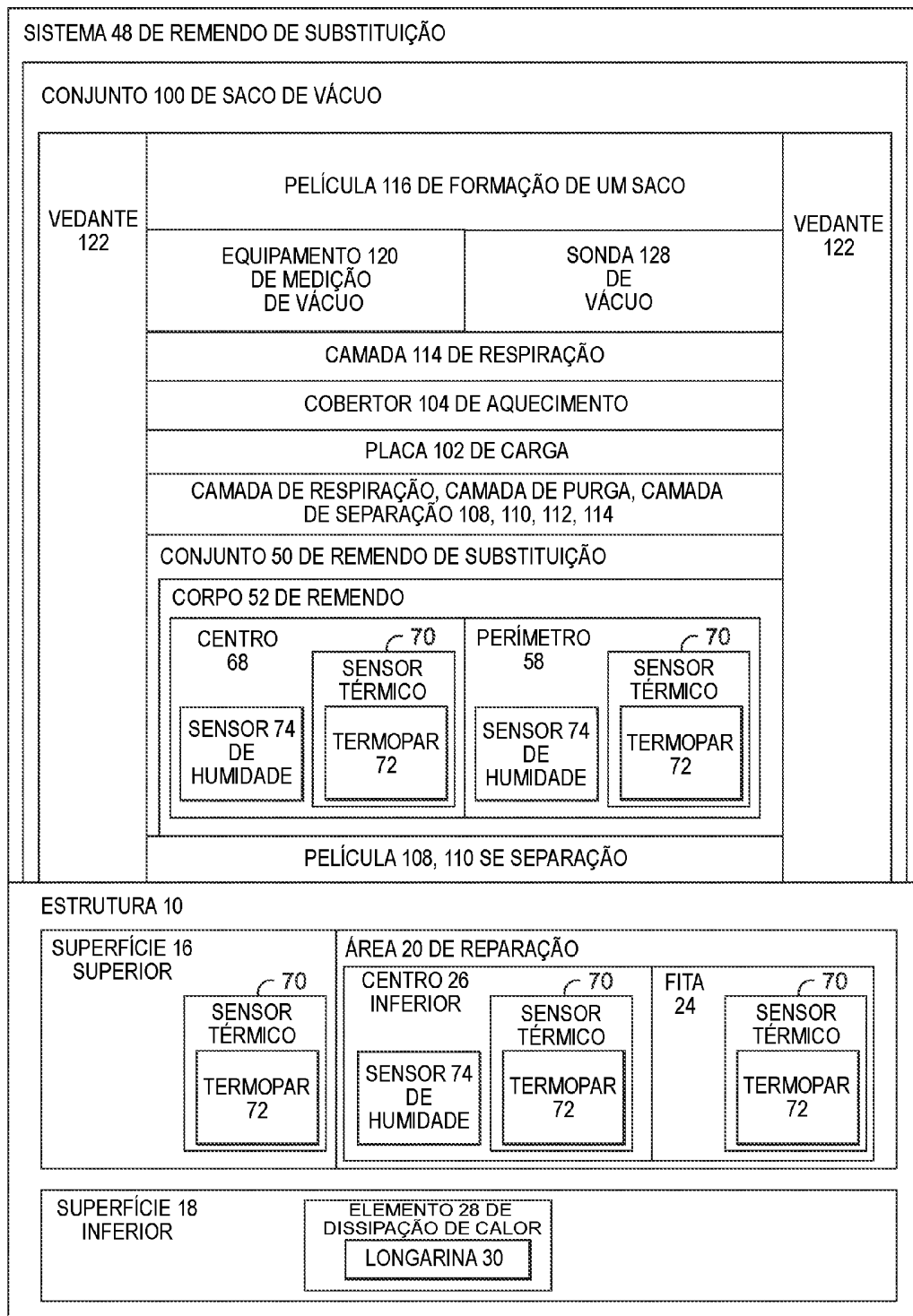


**FIG. 6**







**FIG. 9**

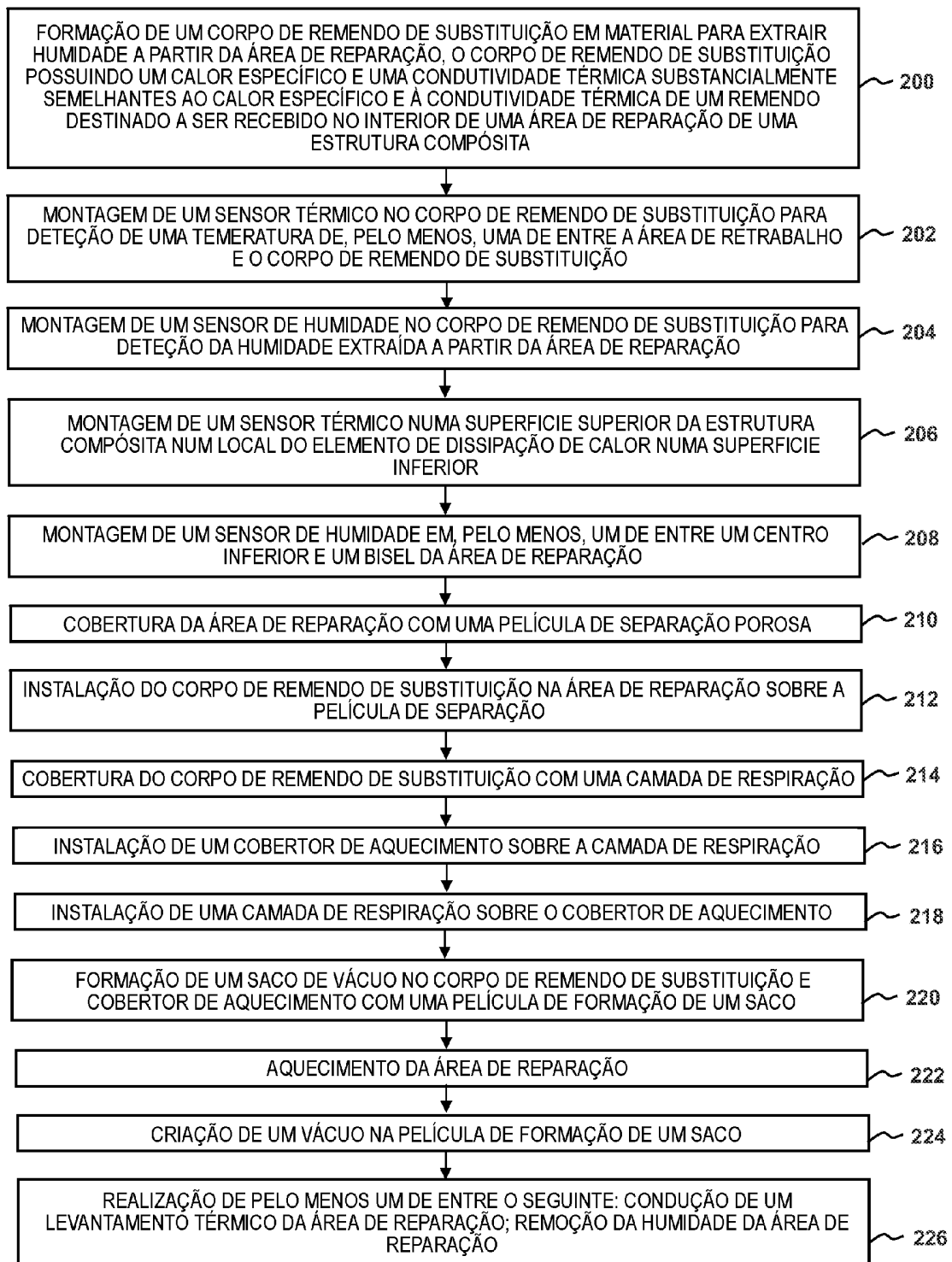


FIG. 10

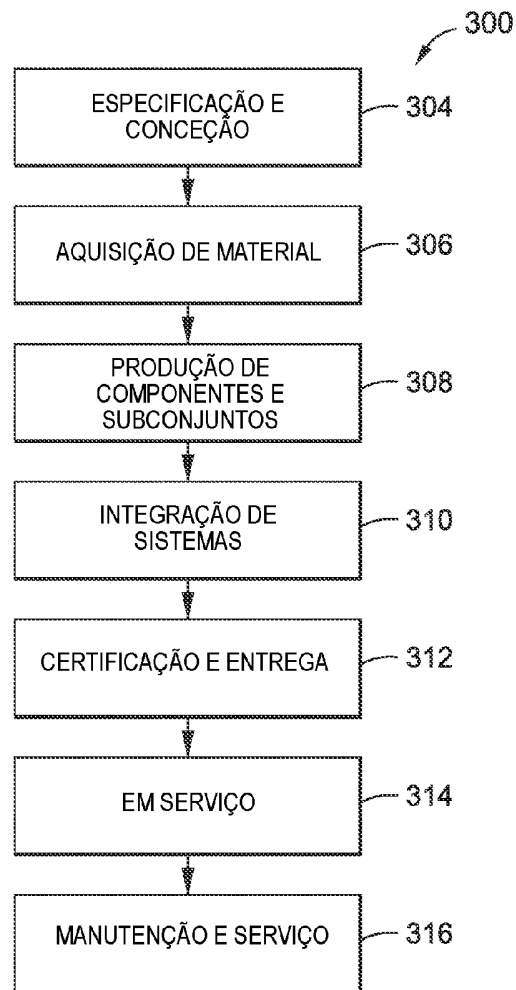


FIG. 11

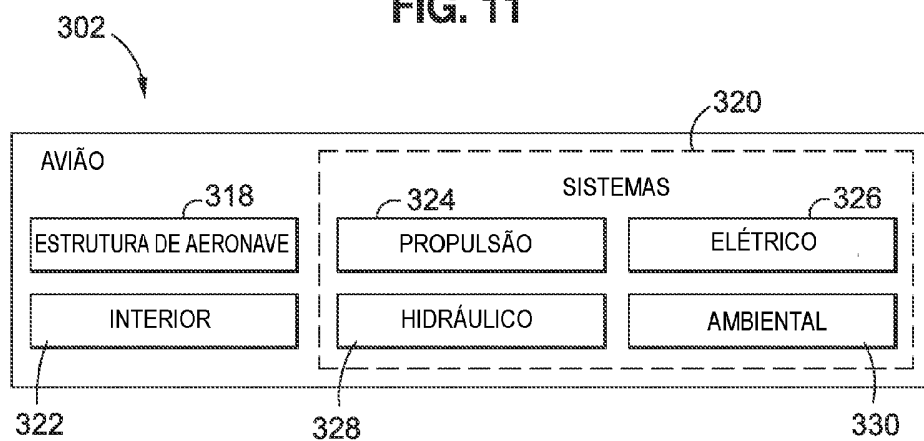


FIG. 12