



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

**(21) PI 0807451-8 A2**



(22) Data de Depósito: 29/01/2008  
(43) Data da Publicação: 20/05/2014  
(RPI 2263)

**(51) Int.Cl.:**  
**F16L 23/00**

**(54) Título:** DUTO LAMINADO EM METAL/POLÍMERO **(57) Resumo:**  
E MÉTODO PARA A SUA FABRICAÇÃO

**(30) Prioridade Unionista:** 31/01/2007 US 11/700.797

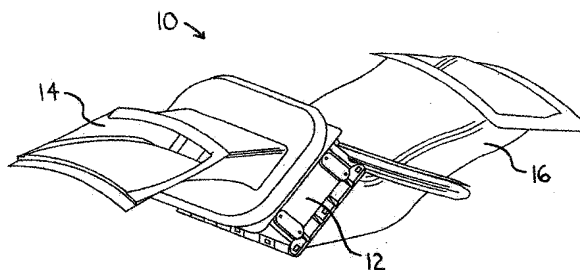
**(73) Titular(es):** Senior Investments AG

**(72) Inventor(es):** Leslie Fernandes

**(74) Procurador(es):** Nellie Anne Daniel-Shores

**(86) Pedido Internacional:** PCT US2008001198 de  
29/01/2008

**(87) Publicação Internacional:** WO 2008/094577 de  
07/08/2008



## “DUTO LAMINADO EM METAL/POLÍMERO E MÉTODO PARA A SUA FABRICAÇÃO”

### Fundamentos da Invenção

5 A presente invenção está relacionada de modo geral a estruturas de dutos para motores de turbinas e métodos para a sua fabricação.

### Técnica Relacionada

10 Motores de turbinas a gás, especialmente aquelas para aplicações em propulsão de aeronaves, utilizam dutos para extrair fluxo de ar proveniente de uma parte do motor, por exemplo, para prover uma fonte de ar de resfriamento, fluxo de ar esse que precisa ser retornado para uma outra parte do motor.

15 Uma tal estrutura que requer dutos de transporte é conhecida como o resfriador ar óleo (para resfriar o óleo lubrificante para o motor). Esse dispositivo requer um duto de entrada, que direciona o ar de resfriamento, desde uma parte dianteira (admissão) da turbina proveniente de uma corrente de ventilação através do resfriador ar óleo. No lado a jusante da estrutura de troca térmica do resfriador, um duto de descarga direciona o ar de resfriamento “usado” de volta para a corrente de ventilação.

Os dutos que servem ao resfriador ar óleo (e outras tais estruturas de duto do motor) tipicamente precisam ser capazes de satisfazer diversos parâmetros de projeto: 1) os dutos precisam suportar temperaturas variando na faixa e aproximadamente -54 °C (-65 °F) até aproximadamente 371 °C (700 °F); 2) os dutos precisam suportar pressão relativamente baixa, por exemplo, de aproximadamente 55 a 124 kPa (8-18 psig); 3) os dutos precisam ser a prova de fogo e/ou resistente a chamas; 4) os dutos precisam ser resistentes a vibração; 5) os dutos precisam ser não inflamáveis; e 6) os dutos precisam ser os mais leves possíveis.

25 Tais estruturas de dutos internas do motor têm sido tipicamente formadas como estruturas totalmente metálicas, frequentemente fabricadas a partir de um ou mais materiais de alta performance, tais como aço inox resistente a corrosão (Cres) ou titânio.

30 Por exemplo, Peyton et al., US 3.911.961 revela a produção de dutos multicamadas para dutos resistentes a altas temperaturas para aeronaves, incluindo mangas isolantes externas formadas a partir de um prensado de folha metálica e tecido impregnado com resina e um duto metálico interno, separado por um espaço com ar. Fischer et al., US 4.934.412 revela uma linha tubular de resfriamento para um motor de turbina, que possui uma camada interna de resina termo-curável com reforço de fibra, resistente a cargas, circundada por uma camada termo-isolante de resina reforçada de fibra.

35 Norek, US 7.047.615 B2 revela um método para produzir corpos de dutos de transporte de motor de turbina sem soldas longitudinais através da hidroformação de dois corpos de dutos um apoiado no outro com foles insufladores fixos nas extremidades abertas do

corpo do duto. Isso permite a fabricação de corpos de dutos com características detalhadas e alta pressão sem utilizar cilindros de compressão. Corpos de dutos de transito em multicamada podem ser também montados com camadas de diferentes materiais, por exemplo, possuindo uma camada termo-resistente dentro de uma camada externa de alta resistência.

- 5 Eles podem ser também montados usando contração a frio e expansão térmica. Adicionalmente, revestimentos antiatrito e antivibração podem ser aplicados entre as camadas para o aprimoramento da performance.

Seria desejável prover uma estrutura de dutos, por exemplo, para motores de turbina a gás, que fosse leve, durável e resistente ao calor, fogo e vibração.

- 10 Essas e outras características desejáveis da invenção se tornarão evidentes em vista da presente especificação, incluindo as reivindicações e desenhos.

#### Sumário da Invenção

- A presente invenção compreende, em parte, uma estrutura laminada de duto, para conduzir ar proveniente de um primeiro local para um segundo local, em um motor de turbina a gás. A estrutura de duto compreende uma camada interna metálica; e uma camada externa polimérica, unida a uma superfície externa da camada interna metálica. Uma tal camada externa polimérica pode ser de tecido de fibra de vidro impregnado de resina poliimida.
- 15

- A camada interna metálica pode ser fabricada a partir de um dos seguintes materiais: aço resistente a corrosão; titânio. Como mencionado, uma camada externa polimérica preferida pode compreender tecido de fibra de vidro impregnado com resina poliimida.
- 20

A presente invenção também compreende, em parte, um método para produzir uma estrutura laminada de duto, para conduzir ar de uma primeira posição para uma segunda posição, em um motor de turbina a gás.

- 25 O método para produzir uma estrutura laminada de duto compreende as etapas de: formar a primeira e a segunda porções da primeira camada interna metálica, cada uma possuindo uma superfície interna e uma superfície externa;

formar os quebradiços primeiro e segundo componentes de suporte, para posicionamento dentro das primeira e segunda porções da camada interna metálica;

- 30 posicionar os primeiro e segundo membros de suporte para suportar estruturalmente a superfície interna de cada uma das primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica, respectivamente;

alinhar as primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica juntas;

- 35 unir permanentemente as primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica juntas;

formar uma camada externa polimérica sobre as superfícies externas das primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica;

curar a camada externa polimérica; e

remover os quebradiços primeiro e segundo membros de suporte.

Uma camada polimérica preferida pode compreender tecido de fibra de vidro impregnado com resina poliimida.

5 A etapa de formar primeiro e segundo membros da camada interna metálica pode adicionalmente compreender a etapa de formar os primeiro e segundo membros da camada interna metálica a partir de um dos seguintes materiais: aço resistente a corrosão, titânio.

A etapa de formar os quebradiços primeiro e segundo membros de suporte pode adicionalmente compreender a etapa de formar os quebradiços primeiro e segundo mem-  
10 bros de suporte a partir de um material de argamassa.

A etapa de permanentemente unir os primeiro e segundo membros da camada interna metálica pode compreender a etapa de soldar os primeiro e segundo membros da camada interna metálica juntos.

A etapa de formar uma camada externa polimérica nas superfícies externas da primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica pode adicionalmente compreender a etapa de formar a camada externa polimérica de poliimida, preferivelmente tecido de fibra de vidro impregnado com resina poliimida.  
15

A etapa de cura da camada externa polimérica pode compreender a etapa de colocar as camadas interna e externa montadas em um forno, aquecer o mesmo até que a camada externa polimérica tenha sido curada.  
20

#### Breve Descrição dos Desenhos

A Figura 1 é uma vista em perspectiva de um resfriador ar óleo para um motor de turbina a gás, que mostra possíveis estruturas de duto de admissão e de descarga.

A Figura 2 é um fluxograma esquemático que ilustra as etapas no processo de formação das “metades” ou “peles” metálicas do duto, de acordo com uma modalidade preferida da invenção.  
25

A Figura 3 é um fluxograma esquemático que ilustra o processo de montagem das “metades” ou “peles” metálicas do duto de acordo com uma modalidade preferida da invenção, e a subsequente formação da camada externa polimérica por sobre ele.

#### 30 Descrição Detalhada da Invenção

Embora essa invenção seja suscetível de modalidades em muitas diferentes formas, é representado nos desenhos e nos detalhes aqui, uma modalidade específica, com o entendimento de que a presente revelação é para ser considerada uma exemplificação dos princípios da invenção e não é pretendida a limitar a invenção à modalidade ilustrada.

35 A presente invenção, em parte, compreende uma nova estrutura laminada de duto, adequada para uso em motor de turbina a gás, tal como motores de turbina para uso em aeronaves. Um aspecto adicional da presente invenção compreende um método para pro-

duzir a estrutura laminada de duto.

Um resfriador ar óleo 10, para um motor de turbina a gás, é mostrado na Figura 1. O resfriador 10 inclui trocador de calor 12, junto com o duto de admissão 14 e o duto de descarga 16, que conduz respectivamente para um lado e para o outro a corrente de ar no motor, para a frente da(s) região(s) de combustão do motor. As configurações do trocador de calor 12, e os dutos de admissão e de descarga 14 e 16, respectivamente, são mostrados simplesmente a título de exemplo, e, sendo funções da arquitetura do motor como um todo, irão variar de acordo com o motor. Desse modo, as específicas forma e configuração do duto de admissão 14, e duto de descarga não fazem parte da invenção ora apresentada, exceto como descrito e reivindicado aqui.

Referindo à Figura 2, de acordo com uma modalidade preferida da invenção, um duto é formado mediante criar primeiramente uma imagem tridimensional ("3D") 20 do duto, usando técnicas de projeto auxiliadas por computador ("CAD"). A imagem 3D é usada para, por sua vez, determinar a linha de moldagem interna ou contorno da superfície interna ("IML") e linha de moldagem externa ou contorno da superfície externa ("OML") (coletivamente, referência numeral 30) das porções superior e inferior (alternativamente conhecidas como "peles" ou "metades", embora não literalmente assim) do duto, que é então usada para criar os moldes das matrizes de estampagem (por exemplo, molde 40) para cada uma das porções superior e inferior do duto. Embora nas ilustrações esquemáticas das Figuras 2 e 3, as porções da camada interna metálica do duto sejam mostradas como sendo altamente regulares e simétricas, na prática, os componentes do duto metálico poderão ser altamente assimétricos (como refletido de modo geral na Figura 1). Tipicamente, para cada porção metálica da estrutura de duto, usualmente apenas duas partes serão requeridas a serem formadas separadamente e em seguida unidas.

Como mencionado aqui, a camada interna metálica do duto é preferivelmente bastante delgada, por exemplo, preferivelmente da ordem de 0,15 mm (0,006") de espessura, tal que a folga entre a superfície externa do cunho 50 e a superfície interna dos moldes serão de uma dimensão similar, embora essa dimensão seja representativa, e a invenção não seja para ser considerada como estando limitada a ela.

Os moldes 40 são usados não somente para a estampagem das reais porções metálicas do duto, mas também como moldes para os blocos de sustentação 60, o uso dos quais será descrito em detalhes mais adiante. Preferivelmente, os blocos suporte 60 são fabricados de qualquer material quebradiço adequado, tal como material de argamassa.

Como mencionado acima, a porção metálica do duto será bastante delgada (por exemplo, preferivelmente da ordem de 0,15 mm (0,006") de espessura, e preferivelmente formada a partir de aço resistente a corrosão (Cres) ou titânio (Ti), embora outros metais que possuam características similares de performance para a aplicação possam ser também

usados. Após as duas porções metálicas (ou “peles”), por exemplo, peles 70, tenham sido individualmente estampadas, elas são unidas em conjunto com duas soldas posicionadas em oposto, geralmente se estendendo longitudinal 80 (por exemplo, soldas “lápiz”), após os dois correspondentes blocos suporte 60 terem sido colocados dentro das respectivas peles metálicas.

Os blocos suporte 60 servem para proporcionar suporte e rigidez ao duto metálico, durante as etapas de processo descritos adiante. Uma camada 90 de material polimérico, preferivelmente tecido de fibra de vidro impregnado com resina poliimida ou em uma única medida de espessura ou múltiplas medidas de espessura, em que cada medida de espessura é de aproximadamente 0,25 mm (0,010”) de espessura é aplicada ao lado externo do duto metálico e termo-curada, numa atmosfera apropriada, numa temperatura suficiente e durante um tempo suficiente, apropriado para o material, para assegurar que a poliamida fique firmemente unida às superfícies externas das peles metálicas.

Preferivelmente, o tecido de fibra de vidro com resina poliimida, em seu estado não curado, é cortado em um contorno desejável para se ajustar sobre a camada interna metálica. Múltiplas camadas ou medidas de espessura desse tecido pode ser usado para acrescentar resistência ou capacidades de suportar pressão. Como parte do processo de cura, a inteira montagem metálica/poliimida é envolta com fita retrátil, envoltório retrátil ou saco de vácuo para prensar as camadas metálicas/poliimida juntas e uni-las umas as outras.

Uma vez o processo de cura tenha sido completado, os blocos de suporte de argamassa 60 são quebrados da parte final 100, e o interior da camada metálica é limpo de detritos e de material liberado pelo molde (se houver).

A descrição e desenhos apresentados até agora são meramente ilustrativos para explicar a invenção, e não são para serem considerados como a limitar a mesma, e aqueles usualmente versados na técnica serão capazes de realizar modificações e variações na presente invenção sem se afastar do escopo da invenção.

## REIVINDICAÇÕES

1. Estrutura laminada de duto, para conduzir ar de um primeiro local até um segundo local, em um motor de turbina a gás, a estrutura de duto sendo **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:

- 5               uma camada interna metálica; e  
              uma camada externa polimérica, unida a uma superfície externa da camada interna metálica.

2. Estrutura laminada de duto, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a camada interna metálica é fabricada a partir de um dos seguintes materiais: aço resistente a corrosão; titânio.

3. Estrutura laminada de duto, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a camada externa polimérica é fabricada de poliimida.

4. Estrutura laminada de duto, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a camada externa polimérica compreende pelo menos uma medida de espessura do tecido de fibra de vidro impregnado com resina poliimida.

5. Método para produzir uma estrutura laminada de duto, para conduzir ar de um primeiro local até um segundo local, em um motor de turbina a gás, o método para produzir uma estrutura laminada de duto, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

20               formar primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica, cada uma possuindo uma superfície interna e uma superfície externa;

              formar os quebradiços primeiro e segundo membros de suporte, para posicionamento dentro da primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica;

25               posicionar os primeiro e segundo membros suporte dentro das primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica para suportar estruturalmente a superfície interna de cada uma da primeira e segunda porções internas metálicas, respectivamente;

              alinhar as primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica juntas;

              unir permanentemente as primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica juntas;

30               formar uma camada externa polimérica sobre as superfícies externas das primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica;

              curar a camada externa polimérica; e

              remover os quebradiços primeiro e segundo membros de suporte.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de formar os primeiro e segundo membros da camada interna metálica adicionalmente compreende a etapa de formar os primeiro e segundo membros da camada interna metálica a partir de um dos seguintes materiais: aço resistente a corrosão, titânio.

7. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a

etapa de formar os quebradiços primeiro e segundo membros de suporte adicionalmente compreende a etapa de formar os quebradiços primeiro e segundo membros de suporte a partir de um material de argamassa.

5 8. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de permanentemente unir os primeiro e segundo membros da camada interna metálica compreende a etapa de soldar os primeiro e segundo membros da camada interna metálica juntos.

10 9. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de formar uma camada externa polimérica nas superfícies externas da primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica adicionalmente compreender a etapa de formar a camada externa polimérica a partir de poliimida.

15 10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de formar uma camada externa polimérica nas superfícies externas da primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica adicionalmente compreender a etapa de formar a camada externa polimérica a partir de tecido de fibra de vidro impregnado com resina poliimida.

20 11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende a etapa de cortar o tecido de fibra de vidro impregnado com resina poliimida, que está em um estado não curado, na forma de um contorno desejado para se ajustar sobre as primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica.

25 12. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende a etapa, após a etapa de formar uma camada externa polimérica sobre as superfícies externas das primeira e segunda porções da primeira camada interna metálica para formar uma montagem metálica/polimérica, de prensar juntas as camadas interna e externa.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de prensar juntas as camadas interna e externa compreende envolver a montagem metálica/polimérica com uma fita retrátil, envoltório retrátil.

30 14. Método, de acordo com a reivindicação 12, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de prensar juntas as camadas interna e externa compreender colocar em saco de vácuo a montagem metálica/polimérica.

35 15. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de cura da camada externa polimérica compreender a etapa de colocar as camadas interna e externa montadas em um forno, e aquecer as mesmas até que a camada externa polimérica tenha sido curada.



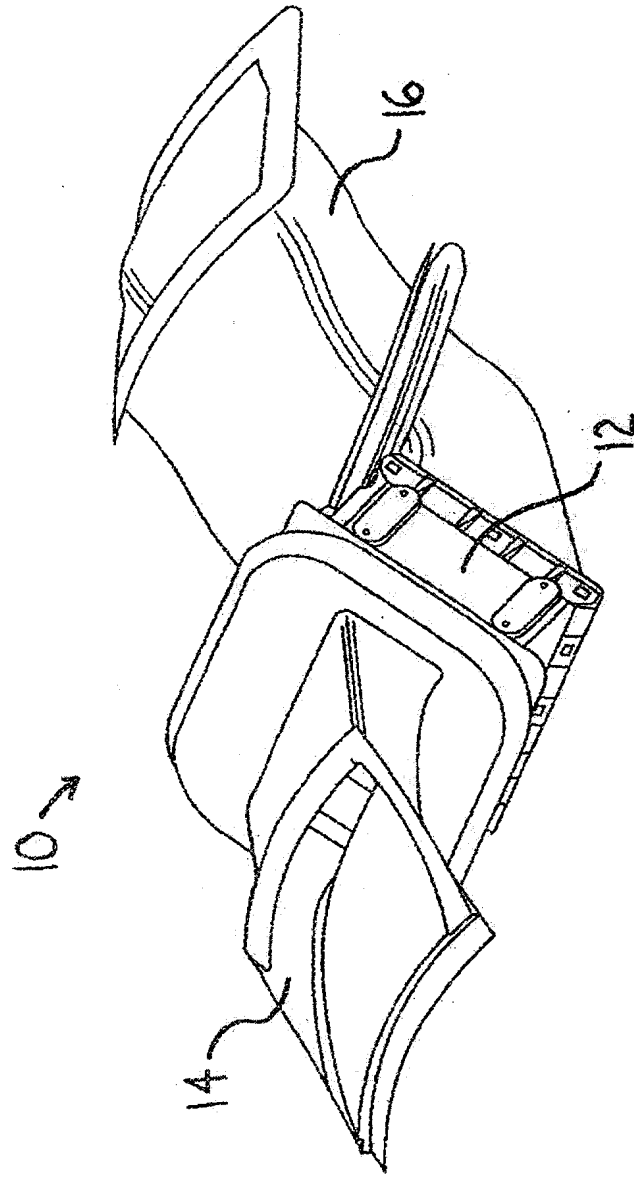


FIG. 1

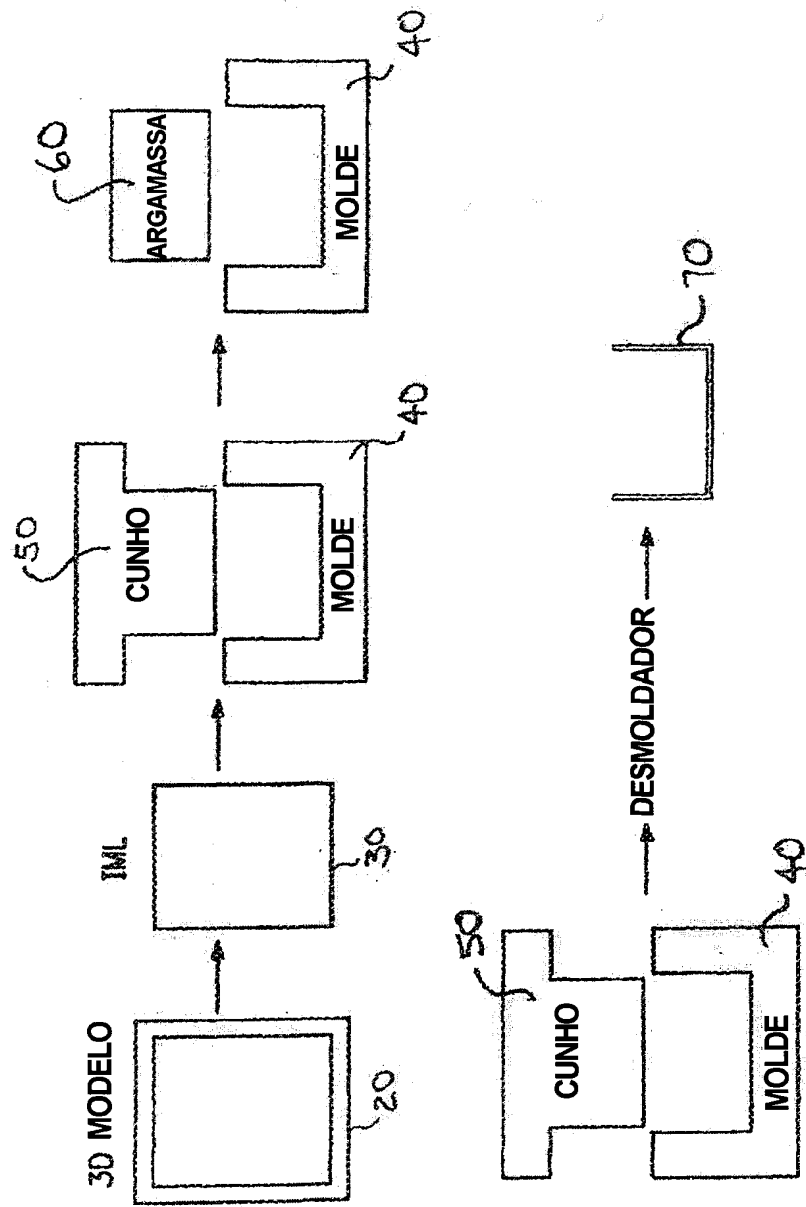


FIG. 2

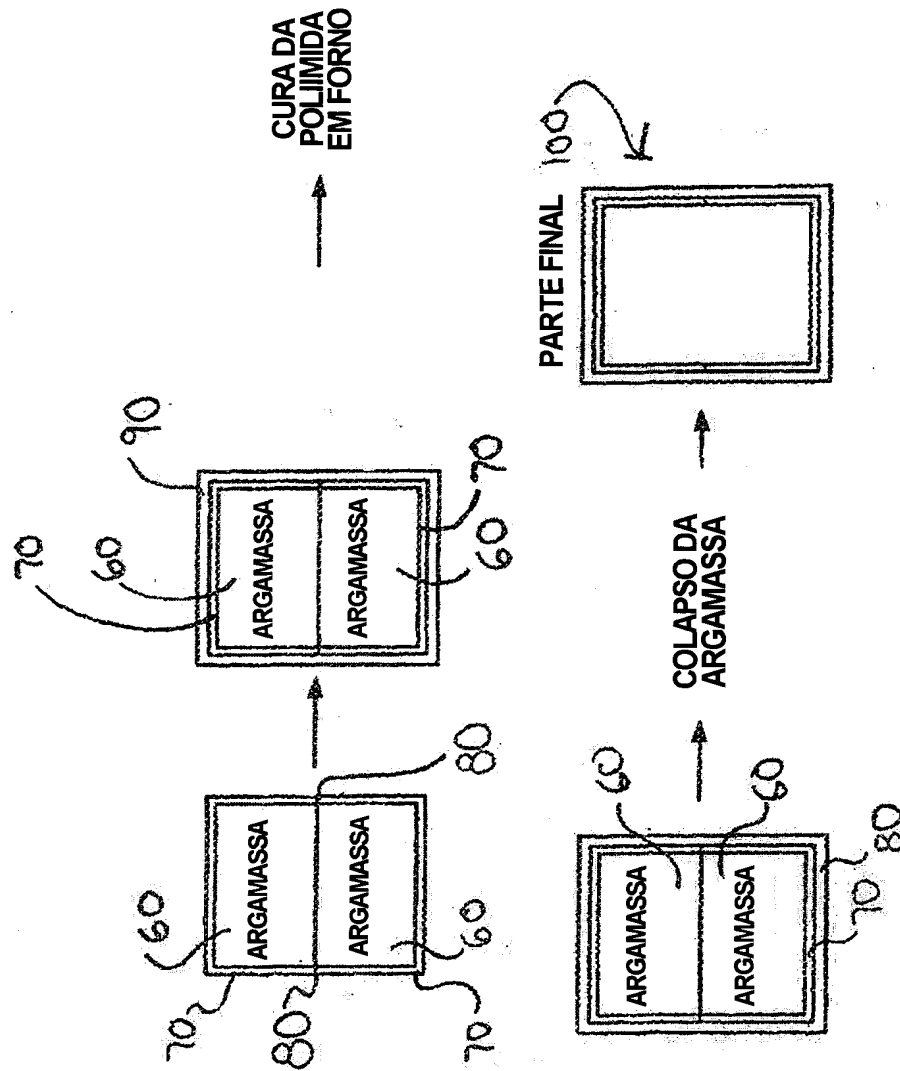


FIG. 3

## RESUMO

### “DUTO LAMINADO EM METAL/POLÍMERO E MÉTODO PARA A SUA FABRICAÇÃO”

5 Uma estrutura laminada de duto para motor de turbina a gás, e um método para a  
fabricação da estrutura laminada de dutos para motor de turbina a gás. A estrutura de duto  
incorpora uma camada interna metálica e uma camada externa polimérica. Preferivelmente,  
a camada metálica delgada é de um material resistente a corrosão tal como aço inox resis-  
tente a corrosão ou titânio. A camada externa polimérica de suporte é, numa modalidade  
preferida da invenção, de um material poliimida, tal como um tecido de fibra de vidro im-  
10 pregnado com resina poliimida.