



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

**(11) BR 112014009733-0 B1**



**(22) Data do Depósito:** 17/10/2012

**(45) Data de Concessão:** 07/04/2020

**(54) Título:** MANDRIL DE IMPREGNAÇÃO PARA A FABRICAÇÃO DE UM CÂRTER DE TURBINA A GÁS EM MATERIAL COMPÓSITO E MÁQUINA DE ENROLAMENTO DE UMA TEXTURA FIBROSA EM UM MANDRIL DE IMPREGNAÇÃO

**(51) Int.Cl.:** B29C 70/44; B29C 33/30; F02C 7/04.

**(30) Prioridade Unionista:** 26/10/2011 US 61/551,544.

**(73) Titular(es):** SNECMA.

**(72) Inventor(es):** RICHARD MATHON; LOUIS BETTEGA; OLIVIER PATRIGEON.

**(86) Pedido PCT:** PCT FR2012052367 de 17/10/2012

**(87) Publicação PCT:** WO 2013/060966 de 02/05/2013

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 24/04/2014

**(57) Resumo:** 1/1 RESUMO MANDRIL DE IMPREGNAÇÃO COM RESERVATÓRIO A VÁCUO PARA A FABRICAÇÃO DE UM CÂRTER DE TURBINA A GÁS EM MATERIAL COMPÓSITO Trata-se de mandril de impregnação para a fabricação de um cárter de turbina a gás em material compósito que compreende um mandril (100) que tem uma parede central (102) e dois flanges laterais (104a, 104b), barras de compactação (106a, 106b) que compreendem, cada uma, uma cunha (108a, 108b) destinada a ser colocada em apoio contra a parte do reforço fibroso que cobre os ângulos formados entre a parede central e os flanges do mandril, e um rebordo de fixação (110a, 110b) destinado a ser fixado no flange correspondente do mandril, um envoltório flexível (118) que forma reservatório a vácuo destinado a ser aplicado pelo menos na parte do reforço fibroso que cobre a parede central do mandril e meios (120, 124) para injetar a resina em um espaço (122) delimitado entre o reservatório a vácuo e o mandril no nível de uma extremidade longitudinal do reforço fibroso e para extrair a mesma no nível de uma extremidade oposta.

**“MANDRIL DE IMPREGNAÇÃO PARA A FABRICAÇÃO DE UM CÁRTER DE TURBINA A GÁS EM MATERIAL COMPÓSITO E MÁQUINA DE ENROLAMENTO DE UMA TEXTURA FIBROSA EM UM MANDRIL DE IMPREGNAÇÃO”**

**Fundamentos da Invenção**

**[0001]** A presente invenção refere-se ao domínio geral de cárteres de turbina a gás e, mais particularmente, a cárteres de retenção para ventilador de turbina a gás para motores aeronáuticos.

**[0002]** Em um motor aeronáutico com turbina a gás, um cárter de ventilador cumpre diversas funções. O mesmo define a corrente de entrada de ar no motor, sustenta um material abrasível em relação ao topo das pás do ventilador, sustenta uma estrutura eventual de absorção de ondas sonoras para o tratamento acústico na entrada do motor e incorpora ou sustenta um escudo de retenção. Esse último constitui uma armadilha que retém os resíduos, como objetos ingeridos ou fragmentos de pás danificadas, projetados pela centrifugação, a fim de evitar que os mesmos atravessem o cárter e atinjam outras partes da aeronave.

**[0003]** A realização de um cárter de retenção de ventilador em material compósito já foi proposta. Será possível, por exemplo, se referir ao documento EP 1.961.923, que descreve a fabricação de um cárter em material compósito com espessura evolutiva que compreende a formação de um reforço fibroso por camadas sobrepostas de uma textura fibrosa e a densificação do reforço fibroso por uma matriz. De acordo com esta invenção, a textura fibrosa é realizada por tecelagem tridimensional com espessura evolutiva e é enrolada em diversas camadas sobrepostas em um mandril que tem uma parede central de perfil correspondente àquele do cárter a ser fabricado e dois flanges laterais de perfil correspondentes àqueles de rebordos externos do cárter. A pré-forma fibrosa assim obtida é mantida no mandril e uma impregnação por resina é realizada a vácuo antes da polimerização. O enrolamento em um mandril de uma textura tecida de espessura evolutiva, conforme descrito neste documento, permite dispor diretamente de uma pré-forma tubular que tem o perfil desejado com espessura variável.

**[0004]** Na prática, a etapa de impregnação pela resina realizada a vácuo precisa

aplicar um envoltório flexível (ou reservatório) sobre todo o reforço fibroso, e notadamente no nível dos rebordos do reforço que formarão posteriormente os rebordos externos do cárter. Uma diferença de pressão é em seguida estabelecida entre o exterior e o espaço delimitado pelo mandril e o reservatório no qual se encontra o reforço fibroso. A injeção de resina nesse espaço pode então começar.

**[0005]** Ao longo dessa etapa, foi constatado que o estabelecimento do vácuo de ar tem tendência a gerar uma aplicação de tensão das camadas de textura fibrosa posicionadas no nível de ângulos de rebordos entre os flanges e a parede central do mandril, em que essa aplicação de tensão provoca um descolamento de tecidos na origem de falhas de compactação e de aglomeração de resina entre as camadas.

Objetivo e sumário da invenção

**[0006]** A presente invenção tem, portanto, como objetivo principal solucionar tais inconvenientes ao propor uma solução para a impregnação por reservatório a vácuo que permite garantir uma compactação uniforme do reforço fibroso, notadamente no nível de ângulos de rebordos.

**[0007]** Esse objetivo é alcançado graças a um mandril de impregnação para a fabricação de um cárter de turbina a gás em material compósito, que compreende:

um mandril de impregnação no qual se destina a ser mantido um reforço fibroso formado por camadas sobrepostas de uma textura fibrosa, em que o mandril comporta uma parede anular central cujo perfil corresponde àquele do cárter a ser fabricado e dois flanges laterais cujos perfis correspondem àqueles de rebordos externos do cárter a ser fabricado;

barras de compactação que compreendem, cada uma, uma cunha destinada a ser colocada em apoio contra a parte do reforço fibroso que cobre os ângulos formados entre a parede central e os flanges do mandril, e um rebordo de fixação destinado a ser fixado no flange correspondente do mandril;

um envoltório flexível que forma reservatório a vácuo destinado a ser aplicado pelo menos na parte do reforço fibroso que cobre a parede central do mandril;  
e

meios para injetar a resina em um espaço delimitado entre o reservatório

a vácuo e o mandril no nível de uma extremidade longitudinal do reforço fibroso e para extrair o mesmo no nível de uma extremidade oposta.

**[0008]** As barras de compactação do mandril de acordo com a invenção são posicionadas uma vez que a operação de enrolamento tenha sido terminada e antes da colocação do reservatório a vácuo. Essas barras de compactação permitem, assim, garantir uma compactação uniforme da parte do reforço fibroso que cobre os ângulos de rebordos previamente ao estabelecimento do vácuo de ar. Desse modo, qualquer risco de formação de aglomeração de resina entre as camadas do reforço fibroso ao curso dessa operação de estabelecimento do vácuo pode ser evitado.

**[0009]** Além disso, as barras de compactação destinam-se a ser fixadas diretamente no mandril de impregnação, o que permite dominar perfeitamente e de maneira repetitiva a geometria dos rebordos externos do cárter a ser fabricado.

**[0010]** De preferência, o mandril compreende pelo menos um orifício de injeção de resina que desemboca no interior do espaço delimitado entre o reservatório a vácuo e o mandril no nível de uma extremidade longitudinal do reforço fibroso, e pelo menos um orifício de extração da resina disposto no nível de a extremidade longitudinal do reforço fibroso oposta àquela na qual desemboca o orifício de injeção de resina.

**[0011]** Nesse caso, o orifício de injeção de resina pode ser formado em um dos flanges do mandril e o orifício de extração de resina pode ser formado no outro flange. De maneira vantajosa, o orifício de injeção de resina desemboca então no nível da cunha de uma barra de compactação, dita de injeção, enquanto que o orifício de extração de resina desemboca a jusante das barras de compactação opostas, ditas de extração.

**[0012]** Os rebordos de fixação das barras de compactação de extração podem comportar ranhuras que permite garantir uma passagem da resina.

**[0013]** O reservatório a vácuo pode ser destinado a ser igualmente aplicado nas barras de compactação e a ser fixado de maneira estanque em suas extremidades livres nos flanges do mandril.

**[0014]** Os rebordos de fixação de barras de compactação de preferência se destinam a serem fixados de maneira estanque nos flanges do mandril.

**[0015]** Para cada flange do mandril, as barras de compactação podem ser no número de quatro e ser colocados ponta a ponta angularmente para cobrir a circunferência total do mandril.

**[0016]** A invenção tem igualmente como objetivo uma máquina de enrolamento de uma textura fibrosa em um mandril de impregnação que compreende um mandril de chamada no qual se destina a ser armazenada uma textura fibrosa obtida por tecelagem tridimensional, em que o mandril de chamada tem um eixo geométrico de rotação sensivelmente horizontal, um mandril de impregnação tal como definido anteriormente, em que o mandril de impregnação tem um eixo geométrico de rotação sensivelmente horizontal e paralelo ao eixo geométrico de rotação do mandril de chamada, motores elétricos para acionar em rotação os mandris ao redor de seu eixo geométrico de rotação respectivo e uma unidade de comando de motores elétricos de acionamento de rotação de mandris.

Breve descrição dos desenhos

**[0017]** Outras características e vantagens da presente invenção serão aparentes a partir da descrição feita abaixo, em referência aos desenhos anexos que ilustram um exemplo de realização desprovido de qualquer caráter limitante. Nas Figuras:

A Figura 1 é uma vista esquemática e lateral de uma máquina de enrolamento de uma textura fibrosa em um mandril de impregnação conforme a invenção;

A Figura 2 é uma vista do mandril de impregnação da máquina de enrolamento da Figura 1 no momento da colocação de barras de compactação;

A Figura 3 é uma vista em corte de acordo com III-III da Figura 2; e

A Figura 4 é uma vista em corte do mandril de impregnação da Figura 3 após a colocação do reservatório a vácuo.

Descrição detalhada da invenção

**[0018]** A invenção será descrita abaixo no âmbito de sua aplicação na fabricação de um cárter de ventilador de motor aeronáutico com turbina a gás.

**[0019]** Um exemplo de método de fabricação de tal cárter de ventilador é descrito no documento EP 1.961.923 ao qual será possível se referir.

**[0020]** O cárter é realizado em material compósito com reforço fibroso densificado por uma matriz. O reforço é em fibras, por exemplo, de carbono, vidro, aramida ou cerâmica e a matriz é em polímero, por exemplo, epóxico, bismaleimida ou poliimida.

**[0021]** Resumidamente, o método de fabricação descrito neste documento consiste em realizar uma textura fibrosa por tecelagem tridimensional com chamada em cadeia em um tambor (denominado abaixo mandril de chamada) que tem um perfil determinado em função do perfil do cárter a ser fabricado.

**[0022]** A textura fibrosa assim realizada é em seguida transferida para o mandril de um molde de injeção de resina (abaixo denominado mandril de impregnação) cujo perfil externo corresponde ao perfil interno do cárter a ser fabricado.

**[0023]** Sendo a pré-forma mantida no mandril de impregnação, uma impregnação é então realizada por uma resina. Para esse fim, um envoltório flexível (igualmente denominado reservatório a vácuo) é aplicado de maneira estanque na pré-forma e a resina é injetada no molde assim constituído. A impregnação é assistida pelo estabelecimento de uma diferença de pressão entre o exterior e o interior do molde no qual se encontra a pré-forma (diz-se de vácuo de ar). Após a impregnação, uma etapa de polimerização da resina é realizada.

**[0024]** A invenção se aplica a qualquer tipo de máquina de enrolamento que tem por função permitir uma transferência automatizada da textura fibrosa armazenada no mandril de chamada para o mandril de impregnação do molde de injeção de resina, tal como representado na Figura 1.

**[0025]** Será possível se referir ao pedido de patente FR 11 53212 (não publicado até hoje) que descreve em detalhes a estrutura e o funcionamento de tal máquina.

**[0026]** Resumidamente, a máquina de enrolamento 10 compreende uma armação 12 que sustenta notadamente um mandril de chamada 14 e um mandril de impregnação 100, conforme a invenção. Esses mandris são removíveis, isto é, podem ser desmontados da armação.

**[0027]** O mandril de chamada 14 recebe a textura fibrosa 16 obtida, por exemplo, por tecelagem tridimensional. O mesmo é portado por um eixo geométrico horizontal 18 cuja uma extremidade é montada de maneira giratória na armação 12 da máquina

de enrolamento e a outra extremidade é acoplada à árvore de saída de um motor elétrico 20, por exemplo, um motorreductor elétrico com corrente alternada.

**[0028]** O conjunto constituído pelo mandril de chamada 14, por seu eixo geométrico 18 e por seu motor elétrico 20 pode transladar em relação à armação ao longo do eixo geométrico de rotação do mandril de chamada. Esse grau de liberdade em translação do mandril de chamada permite realizar um alinhamento desse mandril no mandril de impregnação previamente ao enrolamento da textura fibrosa no mandril de impregnação.

**[0029]** O mandril de impregnação 100 da máquina de enrolamento se destina a receber em camadas sobrepostas a textura fibrosa armazenada no mandril de chamada. De maneira conhecida por si mesma, o mesmo apresenta uma parede anular central 102 cujo perfil da superfície externa corresponde àquele da superfície interna do cárter a ser realizado e dois flanges laterais 104a, 104b cujos perfis correspondem àqueles de rebordos externos do cárter em suas extremidades a montante e a jusante, a fim de permitir sua montagem e sua ligação com outros elementos.

**[0030]** O mandril de impregnação é portado por um eixo geométrico horizontal 22 que é paralelo ao eixo geométrico de rotação 18 do mandril de chamada, e cuja uma extremidade é montada de maneira giratória na armação 12 da máquina de enrolamento e a outra extremidade é acoplada à árvore de saída de um motor elétrico 24, por exemplo, um motorreductor elétrico com corrente alternada.

**[0031]** Uma unidade de comando 26 é conectada aos motores elétricos 20, 24 de dois mandris e permite comandar e controlar a velocidade de rotação de cada mandril. De maneira mais geral, essa unidade de comando permite pilotar o conjunto de parâmetros de funcionamento da máquina de enrolamento, e notadamente o deslocamento em translação do mandril de chamada quando o mesmo é motorizado.

**[0032]** Com tal máquina, o enrolamento da textura fibrosa no mandril de impregnação se efetua da maneira a seguir: a extremidade livre da textura fibrosa do mandril de chamada é a princípio fixada no mandril de impregnação por meio de um dispositivo de manutenção por pinçamento descrito abaixo, e então os motores de

acionamento em rotação de mandris são ativados e pilotados pela unidade de comando de maneira a aplicar uma tensão de enrolamento adequada sobre a textura fibrosa.

**[0033]** O enrolamento da textura fibrosa em camadas sobrepostas no mandril de impregnação pode então começar e se efetuar de acordo com o sentido de rotação denotado pela seta F na Figura 1. A título de exemplo, poderá ser necessário realizar 4 voltas de  $1/8$  para obter um reforço fibroso 28 que tem uma espessura conforme as especificações do cárter a ser fabricado.

**[0034]** De acordo com a invenção, o mandril de impregnação 100 é dotado de meios que permitem garantir uma impregnação por resina sob reservatório a vácuo ao fim da operação de enrolamento.

**[0035]** Mais precisamente, conforme representado nas Figuras 2 a 4, o mandril de impregnação compreende barras angulares, ditas de compactação, que se destinam a serem posicionadas no mandril no nível das partes do reforço fibroso 28 que cobre os ângulos formados entre a parede central 102 e os flanges 104a, 104b de da mesma.

**[0036]** Essas barras são compostas por uma primeira série de barras de compactação 106a que se destinam a serem montadas contra a parte do reforço fibroso que cobre o ângulo formado entre a parede central do mandril e o flange 104a, e por uma segunda série de barras de compactação 106b que se destinam a serem montadas contra a parte do reforço fibroso que cobre o ângulo formado entre a parede central do mandril e o outro flange 104b.

**[0037]** As barras de compactação 106a, 106b dessas séries cobrem o conjunto da circunferência do mandril e são setorizadas. Assim, no exemplo ilustrado na Figura 2, cada série é composta por quatro barras de compactação que se estendem, cada uma, por cerca de  $90^\circ$  e colocadas ponta a ponta angularmente para cobrir a circunferência total do mandril de impregnação. Claramente, o número de barras por série poderá ser diferente.

**[0038]** Cada barra de compactação 106a, 106b compreende uma cunha 108a, 108b que se destina a ser colocada em apoio contra a parte do reforço fibroso que



cobre os ângulos formados entre a parede central 102 e os flanges 104a, 104b do mandril, e um rebordo de fixação 110a, 110b destinado a ser fixado no flange correspondente do mandril.

**[0039]** A colocação das barras de compactação no mandril de impregnação permite garantir uma compactação uniforme do reforço fibroso no nível de ângulos de rebordos. Essa colocação pode ser garantida por meio de uma ferramenta específica de tipo torno de apertar, por exemplo.

**[0040]** Uma vez no lugar, as barras de compactação são fixadas no mandril de impregnação pelo intermédio de seus rebordos de fixação 110a, 110b e, por exemplo, por meio de parafusos 112. Essa fixação se torna estanque graças à presença de juntas tóricas 114 posicionadas contra uma face interna dos rebordos de fixação ao redor de furos de precisão perfurados para a passagem de parafusos e tampões 116 que vem estancar as aberturas praticadas nos rebordos de fixação para a passagem desses mesmos parafusos.

**[0041]** Um envoltório flexível 118 que forma reservatório a vácuo é em seguida aplicado pelo menos na parte do reforço fibroso que cobre a parede central do mandril. De preferência, conforme representado na Figura 4, esse reservatório a vácuo 118 é aplicado, por sua vez, no reforço fibroso no nível da parte central do mandril, mas cobre igualmente as barras de compactação 106a, 106b para, no nível de suas extremidades livres, vir a se fixar de maneira estanque nos flanges 104a, 104b do mandril. O material utilizado para realizar o reservatório a vácuo 118 é, por exemplo, náilon (a escolha do material dependerá notadamente da classe de temperatura da resina).

**[0042]** O mandril de impregnação compreende ainda meios para injetar da resina no molde assim formado. Para esse fim, um dos flanges do mandril (aqui, o flange 104a) compreende pelo menos um orifício de injeção de resina 120 que desemboca no interior de um espaço 122 delimitado entre a cunha 108a de uma barra de compactação 106a correspondente (também denominado “barra de compactação de injeção”) e o flange 104a correspondente. Assim, a injeção de resina se efetua no nível de uma das extremidades livres do reforço fibroso 28 mantido no mandril.

**[0043]** A extração da resina se efetua no nível do flange oposto (a saber, aqui, o flange 104b). Para esse fim, esse flange compreende um ou mais orifícios de extração 124 que desembocam em um espaço delimitado entre a extremidade livre oposta do reservatório a vácuo 118 e o flange 104b, sendo esse espaço situado a jusante das barras de compactação 106b correspondentes (também denominadas “barras de compactação de extração”). Por a jusante, entende-se aqui em relação ao escoamento da resina entre as duas extremidades longitudinais do reforço fibroso mantido no mandril.

**[0044]** Para permitir a passagem da resina desde o reforço fibroso 28 até o ou os orifícios de extração 124, é necessário que a mesma ultrapasse as barras de compactação de extração 106b. Além disso, os rebordos de fixação 110b das mesmas apresentam, no nível de sua face interna, uma pluralidade de ranhuras 126 (consulte a Figura 3) que se estendem radialmente até o exterior e dimensionadas para permitir tal passagem de resina.

**[0045]** Adicionalmente, será observado que o ou os orifícios de extração podem ser utilizados para estabelecer a colocação sob vácuo de ar do reservatório 118, criando-se uma diferença de pressão entre o exterior e o espaço delimitado pelo mandril e o reservatório no qual se encontra o reforço fibroso. Para esse fim, poderá ser necessário dispor um tecido de drenagem de vácuo entre o reservatório a vácuo e o flange 104b do mandril em sua parte a jusante das barras de compactação de extração 106b (tal tecido permite evitar uma descontinuidade do vácuo de ar até os orifícios de extração). A colocação sob vácuo permite assistir à operação de injeção de resina.

**[0046]** Uma vez que o vácuo seja estabelecido, a resina é injetada no molde assim formado pelo mandril de impregnação coberto pelo reservatório a vácuo. Após essa operação ser concluída, uma etapa de polimerização da resina é realizada conforme é conhecida por si mesma.

## REIVINDICAÇÕES

1. Mandril de impregnação para a fabricação de um cárter de turbina a gás em material compósito, compreendendo:

um mandril de impregnação (100) no qual se destina a ser mantido um reforço fibroso (28) formado por camadas sobrepostas de uma textura fibrosa, em que o mandril comporta uma parede anular central (102) cujo perfil corresponde àquele do cárter a ser fabricado e dois flanges laterais (104a, 104b) cujos perfis correspondem àqueles de rebordos externos do cárter a ser fabricado;

barras de compactação (106a, 106b) que compreendem, cada uma, uma cunha (108a, 108b) destinada a ser colocada em apoio contra a parte do reforço fibroso que cobre os ângulos formados entre a parede central e os flanges do mandril, e um rebordo de fixação (110a, 110b) destinado a ser fixado no flange correspondente do mandril;

um envoltório flexível (118) que forma reservatório a vácuo destinado a ser aplicado pelo menos na parte do reforço fibroso que cobre a parede central do mandril;

o mandril sendo caracterizado pelo fato de que compreende igualmente:

meios (120, 124) para injetar resina em um espaço (122) delimitado entre o reservatório a vácuo e o mandril no nível de uma extremidade longitudinal do reforço fibroso e para extrair a mesma no nível de uma extremidade oposta.

2. Mandril, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos um orifício de injeção de resina (120) que desemboca no interior do espaço delimitado entre o reservatório a vácuo e o mandril no nível de uma extremidade longitudinal do reforço fibroso, e pelo menos um orifício de extração da resina (124) disposto no nível da extremidade longitudinal do reforço fibroso oposta àquela na qual desemboca o orifício de injeção de resina.

3. Mandril, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o orifício de injeção de resina (120) é formado em um dos flanges (104a) do mandril e o orifício de extração de resina (124) é formado no outro flange (104b).

4. Mandril, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o orifício de injeção de resina (120) desemboca no nível da cunha (108a) de uma barra

de compactação, dita de injeção (106a), enquanto que o orifício de extração de resina (124) desemboca a jusante das barras de compactação opostas, ditas de extração (106b).

5. Mandril, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que os rebordos de fixação (110b) das barras de compactação de extração (106b) comportam ranhuras (126) que permitem garantir uma passagem da resina.

6. Mandril, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o reservatório a vácuo (118) é destinado a ser igualmente aplicado nas barras de compactação (106a, 106b) e a ser fixado de maneira estanque em suas extremidades livres nos flanges do mandril.

7. Mandril, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que os rebordos de fixação (110a, 110b) das barras de compactação (106a, 106b) se destinam a ser fixados de maneira estanque nos flanges do mandril.

8. Mandril, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que, para cada flange do mandril, as barras de compactação são no número de quatro e são colocadas ponta a ponta angularmente para cobrir a circunferência total do mandril.

9. Máquina de enrolamento (10) de uma textura fibrosa em um mandril de impregnação, caracterizada pelo fato de que compreende:

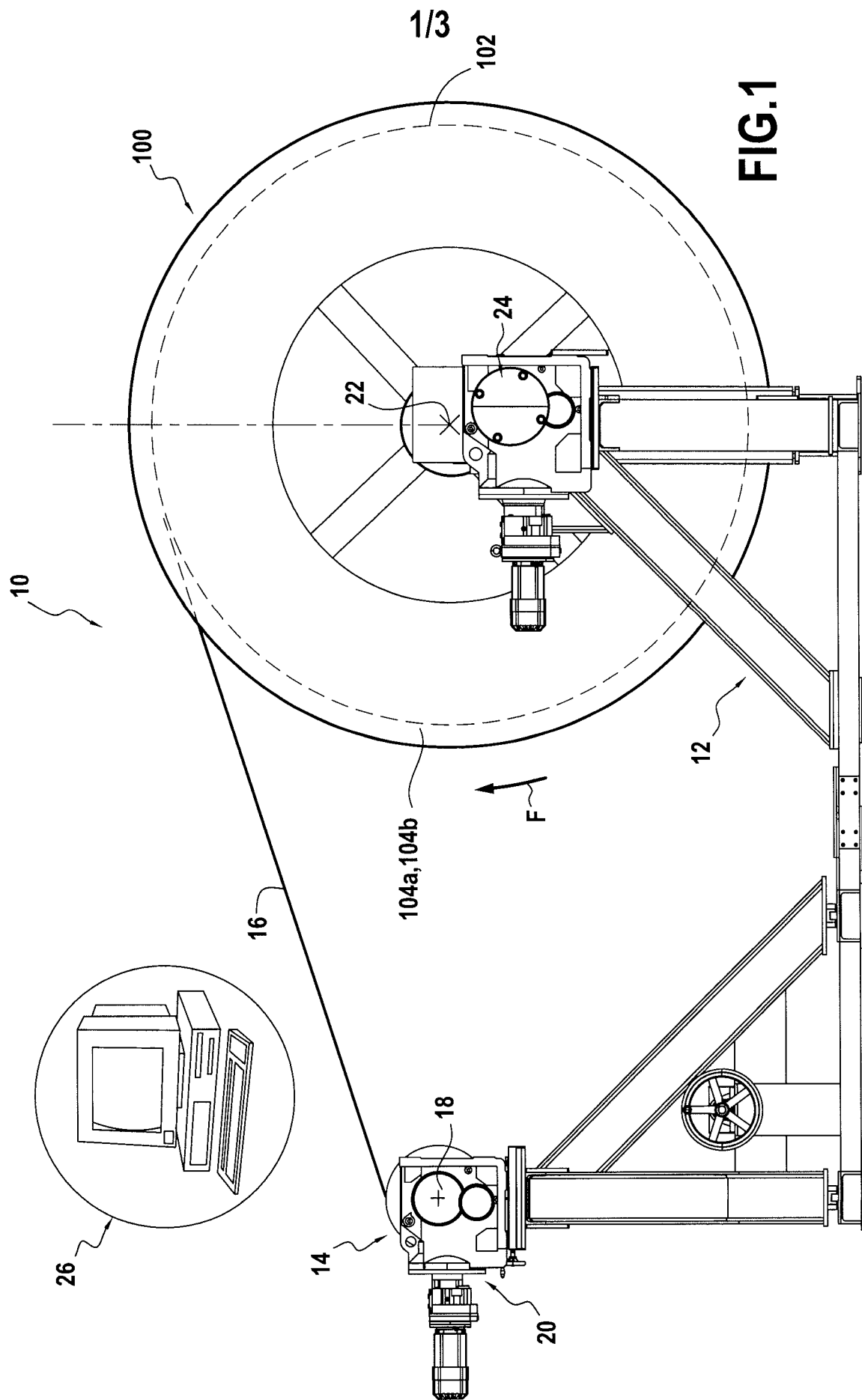
um mandril de chamada (14) no qual se destina a ser armazenada uma textura fibrosa (16) obtida por tecelagem tridimensional, em que o mandril de chamada tem um eixo geométrico de rotação (18) sensivelmente horizontal;

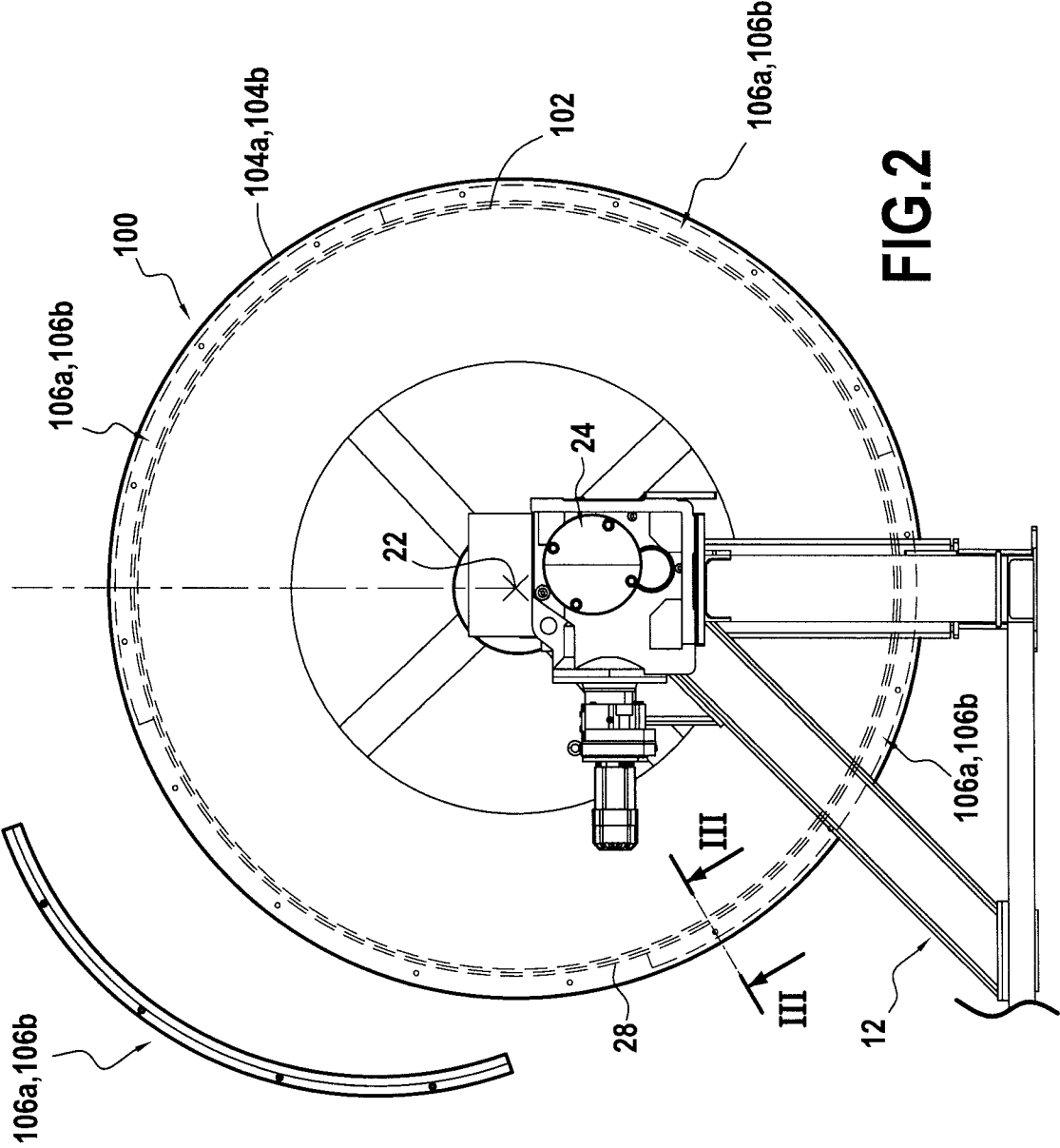
um mandril de impregnação (100) conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 8, em que o mandril de impregnação tem um eixo geométrico de rotação (22) sensivelmente horizontal e paralelo ao eixo geométrico de rotação do mandril de chamada;

motores elétricos (20, 24) para acionar em rotação os mandris ao redor de seu eixo geométrico de rotação respectivo; e

uma unidade de comando (26) de motores elétricos de acionamento em

rotação de mandris.





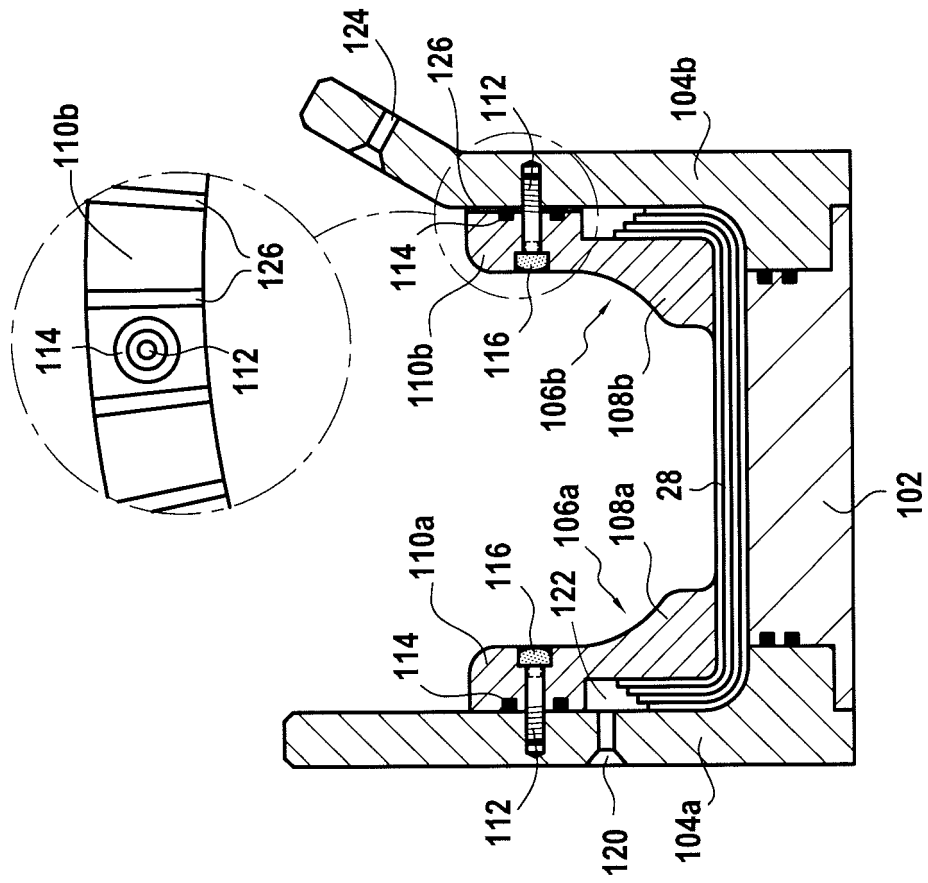


FIG.3

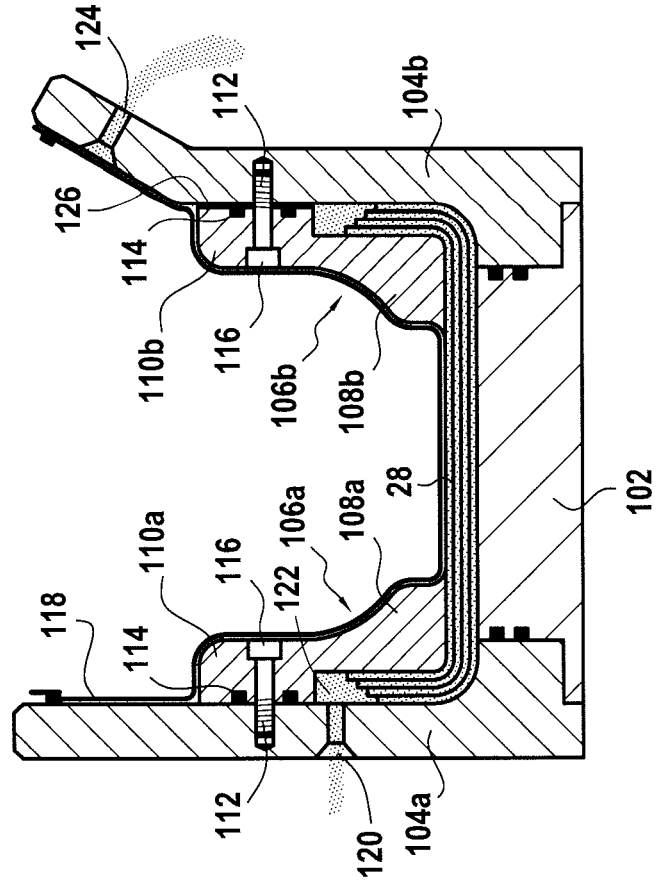


FIG.4