

(11) Número de Publicação: **PT 2328698 E**

(51) Classificação Internacional:

B21D 53/92 (2011.01) **B21D 25/02** (2011.01)
B21D 25/04 (2011.01)

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: **2009.06.19**

(30) Prioridade(s): **2008.07.10 GB 0812614**

(43) Data de publicação do pedido: **2011.06.08**

(45) Data e BPI da concessão: **2012.09.19**
232/2012

(73) Titular(es):

UNIVERSITY OF ULSTER
CROMORE ROAD, COLERAINE COUNTY
LONDONDERRY BT52 1SA GB

(72) Inventor(es):

ALAN LEACOCK GB
MICHAEL LUDLOW GB
DESMOND BROWN GB
ROBERT JOSEPH MCMURRAY GB

(74) Mandatário:

ANTÓNIO INFANTE DA CÂMARA TRIGUEIROS DE ARAGÃO
RUA DO PATROCÍNIO, Nº 94 1399-019 LISBOA PT

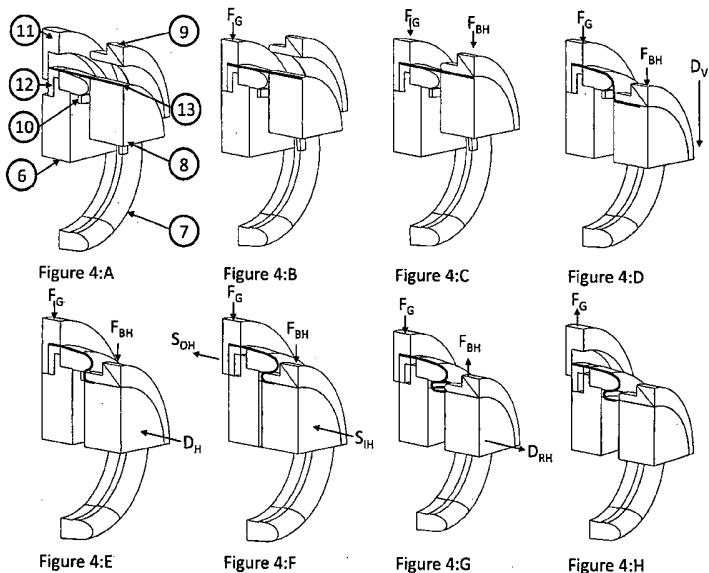
(54) Epígrafe: **MÉTODO PARA FORMAR UM SECTOR PARA UM REVESTIMENTO DE BORDO DE NACELA**

(57) Resumo:

MÉTODO DE FORMAR UM SECTOR PARA UM REVESTIMENTO DE BORDO DE NACELA A PARTIR DE UMA PRÉ-FORMA DE CHAPA METÁLICA, COMPREENDENDO AS ETAPAS DE: PROPORCIONAR UM PUNÇÃO (7) OU MANDRIL CURVO OU ANULAR TENDO UMA SUPERFÍCIE INTERIOR, UMA SUPERFÍCIE EXTERIOR E UM BORDO DE ATAQUE, O REFERIDO PUNÇÃO (7) CORRESPONDENDO SUBSTANCIALMENTE NA FORMA A UMA SUPERFÍCIE INTERIOR DE, PELO MENOS, UM SECTOR DE REVESTIMENTO DE BORDO DE NACELA, COLOCAR A PRÉ-FORMA (13) CONTRA A SUPERFÍCIE EXTERIOR DO PUNÇÃO (7) E APERTAR UM BORDO DE FUGA DA PRÉ-FORMA (13) NUM MEIO (11, 12) DE APERTO PARA SEGURAR A PRÉ-FORMA (13) CONTRA A SUPERFÍCIE EXTERIOR DO PUNÇÃO (7), O REFERIDO MEIO (11, 12) DE APERTO AGARRANDO O REFERIDO BORDO DE FUGA DA PRÉ-FORMA SEM RESVALAR; AGARRAR UM BORDO DE ATAQUE DA PRÉ-FORMA (13), OPOSTA AO REFERIDO BORDO DE FUGA, NUM MEIO (8, 9) DE PREENSÃO, NUMA

RESUMO

"MÉTODO PARA FORMAR UM SECTOR PARA UM REVESTIMENTO DE BORDO DE NACELA"



Método de formar um sector para um revestimento de bordo de nacela a partir de uma pré-forma de chapa metálica, compreendendo as etapas de: proporcionar um punção (7) ou mandril curvo ou anular tendo uma superfície interior, uma superfície exterior e um bordo de ataque, o referido punção (7) correspondendo substancialmente na forma a uma superfície interior de, pelo menos, um sector de revestimento de bordo de nacela, colocar a pré-forma (13) contra a superfície exterior do punção (7) e apertar um bordo de fuga da pré-forma (13) num meio (11, 12) de aperto para segurar a pré-forma (13) contra a superfície exterior do punção (7), o referido meio (11, 12) de aperto agarrando o referido bordo de fuga da pré-forma sem resvalar; agarrar um bordo de ataque da pré-forma (13), oposta ao referido bordo de fuga, num meio (8, 9) de preensão, numa

localizaçāo espaçada axialmente do referido punçāo (7), adjacente e em frente do bordo de ataque do punçāo (7), o referido meio (8, 9) de preensāo agarrando a referida pré-forma (13) com força suficiente para permitir que a pré-forma (13) flua através daquele de uma maneira controlada sem se rasgar ou enrugar; deslocar o meio (8, 9) de preensāo numa primeira direcção, de modo substancialmente radial relativamente ao punçāo (7), na direcção do eixo central do punçāo (7), estirando ao mesmo tempo a pré-forma através do meio (8, 9) de preensāo; deslocar o meio (8, 9) de preensāo numa segunda direcção, de modo substancialmente axial relativamente ao punçāo (7), na direcção de e para lá do bordo de ataque do punçāo (7), para estirar a pré-forma (13) sobre o bordo de ataque do punçāo (7), estirando ao mesmo tempo a pré-forma (13) através do meio (8, 9) de preensāo.

DESCRIÇÃO

"MÉTODO PARA FORMAR UM SECTOR PARA UM REVESTIMENTO DE BORDO DE NACELA"

Esta invenção refere-se a um método e aparelho para formar revestimentos metálicos de curvatura composta e, em particular, a um método e aparelho para formar um bordo de ataque de capota de nacela (em seguida referido como um "revestimento de bordo") ou um seu sector a partir de uma única pré-forma de metal.

Na Fig. 1 é ilustrado um revestimento de bordo de nacela típico. A nacela compreende um fino revestimento metálico, de forma aerodinâmica, cobrindo um reactor de uma aeronave. A região frontal da nacela compreende um revestimento de bordo definindo a admissão do motor, que pode ser constituído por uma única parte ou múltiplos sectores. As características principais do revestimento de bordo são um bordo 1 de fuga exterior suave, que deve ser isento de irregularidades e descontinuidades para reduzir o arrasto e para evitar a criação de turbulência e um bordo 2 de admissão interior que, de um modo típico, tem uma forma para atenuar o ruído do motor isolando o ruído do ventilador e para guiar o fluxo de ar para o interior do motor, e um bordo de ataque ou bordo 3, que proporciona uma transição suave entre o bordo de fuga exterior e o bordo de admissão interior, ao mesmo tempo que cria uma área frontal pequena para reduzir o arrasto. O revestimento de bordo e, em particular, o seu bordo 3 de ataque, são susceptíveis a danos por detritos

projectados durante a descolagem e aterragem e por impacto de aves. Se o revestimento de bordo da nacela for danificado, a secção danificada deve ser substituída. De um modo típico, isto requer cortar a secção danificada e cortar uma secção 4 correspondente de um revestimento de bordo de substituição ou, de modo alternativo, substituir todo o revestimento de bordo da nacela.

Embora possam ser utilizados materiais compósitos para muitas peças da nacela, o revestimento do bordo deve, geralmente, ser feito de um metal, tal como alumínio ou titânio, para poder suportar impactos sobre o bordo de ataque ou o seu bordo. No entanto, a forma da complexa curvatura composta tridimensional do revestimento de bordo, tendo curvaturas compostas, exige, de um modo típico, um complexo processo de formação de vários estágios, exigindo, frequentemente, tratamento térmicos intermédios. De um modo típico, os revestimentos de bordo são produzidos por estampagens profundas de estágios múltiplos ou processos de enformação por rotação, requerendo ferramentas complexas e dispendiosas e processamento demorado de estágios múltiplos com tratamento térmicos intermédios. Além disso, estes processos conhecidos, geralmente, são apenas apropriados para formar revestimentos de bordo anulares completos e, portanto, não podem ser facilmente utilizados para produzir sectores separados requeridos para reparar sectores danificados específicos de um revestimento de bordo de nacela.

Além disso, devido a considerações de aerodinâmica e ruído, é particularmente desejável prolongar tanto quanto possível o bordo de fuga exterior do revestimento de bordo, conhecido como

bordo de ataque de fluxo laminar, em que o comprimento axial do bordo de fuga exterior do revestimento de bordo pode ser muito maior do que o comprimento axial do bordo de admissão interior. Os processos conhecidos de estampagem profunda são inadequados para o fabrico destes bordo de ataques de fluxo laminar. Os documentos US 5035133, US 2002/062675, DE 10334483 e JP 2002282953 divulgam métodos conhecidos de enformação de metal.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção é proporcionado um método de formar um sector de um revestimento de bordo de nacela de uma pré-forma de chapa metálica compreendendo as etapas de:

proporcionar um punção ou mandril curvo ou anular tendo uma superfície interior, uma superfície exterior e um bordo de ataque, o referido punção correspondendo, substancialmente, na forma ,a uma superfície interior de, pelo menos, um sector de revestimento de bordo de nacela;

colocar a pré-forma contra a superfície exterior do punção e apertar um bordo de fuga da pré-forma num meio de aperto para segurar a pré-forma contra a superfície exterior do punção, o referido meio de aperto agarrando o referido bordo de fuga da pré-forma sem resvalar;

agarrar um bordo de ataque da pré-forma, no lado oposto ao referido bordo de fuga, num meio de preensão, numa localização espaçada axialmente do referido punção, adjacente e em frente do bordo de ataque do punção, o referido meio de preensão agarrando a referida pré-forma com

força suficiente para permitir que a pré-forma flua através daquele de uma maneira controlada sem se rasgar ou enrugar;

deslocar o meio de preensão numa primeira direcção, de modo substancialmente radial relativamente ao punção, na direcção do eixo central do punção, estirando ao mesmo tempo a pré-forma através do meio de preensão; deslocar o meio de preensão numa segunda direcção, de modo substancialmente axial relativamente ao punção, na direcção de e para lá do bordo de ataque do punção, para estirar a pré-forma sobre o bordo de ataque do punção, estirando, ao mesmo tempo, a pré-forma através do meio de preensão.

De um modo preferido, o método compreende a etapa adicional de deslocar mais o meio de preensão na referida segunda direcção impedindo, ao mesmo tempo, que a pré-forma seja estirada através do referido meio de preensão para estirar a pré-forma sobre a superfície do punção. De um modo preferido, a referida etapa adicional compreende, além disso, deslocar axialmente o referido meio de aperto relativamente ao punção na referida segunda direcção para estirar mais a pré-forma sobre a superfície do punção. De um modo preferido, a pré-forma é impedida de ser estirada através do meio de preensão encostando um bordo de ataque do meio de preensão contra um elemento de preensão tendo uma face de preensão axial adaptada para cooperar com um bordo de ataque do meio de preensão para apertar a pré-forma entre aqueles.

Numa forma de realização é proporcionado um método de formar um revestimento de bordo de uma nacela a partir de uma pré-forma de metal, compreendendo formar a pré-forma numa forma curva

tendo um raio correspondente ao raio da superfície exterior de um punção e apertar um lado da pré-forma na, ou adjacente, à referida superfície exterior, apertar um lado curvo oposto da pré-forma num meio de preensão compreendendo primeiro e segundo elementos de preensão posicionados adjacentes e em frente de um bordo de ataque do punção, os referidos primeiro e segundo elementos de preensão agarrando a referida pré-forma com força suficiente para permitir que a pré-forma flua de uma maneira controlada entre os elementos de preensão sem se rasgar ou enrugar, mover o meio de preensão numa primeira direcção, de modo substancialmente radial para o interior relativamente ao eixo do punção, para estirar a pré-forma sobre o bordo de ataque do punção, subsequentemente mover o meio de preensão numa segunda direcção, transversal à referida primeira direcção e de modo substancialmente axial relativamente ao eixo do punção, para estirar a pré-forma em redor do bordo de ataque do punção. De um modo preferido, o método compreende a etapa adicional de impedir o fluxo da pré-forma entre o primeiro e segundo elementos de preensão do meio de preensão durante um movimento ulterior do meio de preensão na referida segunda direcção para estirar a pré-forma sobre a superfície do punção.

De acordo com um aspecto adicional da presente invenção é proporcionado um aparelho para formar um sector de um revestimento de bordo compreendendo:

um punção ou mandril curvo ou anular tendo uma superfície exterior, uma superfície interior e um bordo de ataque, o referido punção correspondendo na forma a, pelo menos, um sector da superfície interior do revestimento de bordo de nacela a ser formado;

meios de aperto para apertar um bordo de fuga de uma pré-forma para manter a pré-forma contra ou adjacente à superfície exterior do punção, o referido primeiro meio de aperto estando disposto para segurar o referido bordo de fuga da pré-forma sem resvalar;

meios de preensão para agarrar um bordo de ataque da pré-forma, no lado oposto ao referido bordo de fuga, numa localização espaçada axialmente do referido punção, adjacente e em frente do bordo de ataque do punção, o referido meio de preensão estando disposto de modo a agarrar a referida pré-forma com força suficiente para permitir que a pré-forma flua através daquele de uma maneira controlada, sem se rasgar ou enrugar;

o referido meio de preensão podendo ser deslocado relativamente ao punção numa primeira direcção, de modo substancialmente radial relativamente ao punção, na direcção do eixo central do punção, e numa segunda direcção, de modo substancialmente axial relativamente ao punção, na direcção de e para lá do bordo de ataque do punção, para estirar a pré-forma sobre o bordo de ataque do punção.

O punção pode compreender um corpo anular, reproduzindo um revestimento inteiro do bordo de nacela.

De modo alternativo, o punção pode compreender um sector curvo correspondendo a um sector de revestimento de bordo a ser formado. Onde o punção compreende um corpo anular, o punção pode ser não-axissimétrico para permitir a formação de um sector de

um revestimento de bordo não-axissimétrico. O punção pode ser capaz de rodar relativamente ao meio de preensão e ao meio de aperto para permitir que o punção seja posicionado relativamente ao meio de preensão e ao meio de aperto na posição correcta correspondente ao sector de revestimento de bordo a ser formado.

Serão agora descritas formas de realização da presente invenção, apenas a título de exemplo, com referência aos desenhos em anexo, nos quais:

A Fig. 1 é uma vista em perspectiva de um revestimento de bordo de uma nacela;

A Fig. 2A é uma vista em perspectiva de uma ferramenta para formar um revestimento de bordo de acordo com uma primeira forma de realização da presente invenção;

A Fig. 2B é uma vista em corte da ferramenta da Fig. 2A;

A Fig. 3 é uma vista explodida da ferramenta da Fig. 2A;

As Figs. 4A a 4H ilustram a utilização da ferramenta da Fig. 2A num método de formar um revestimento de bordo de nacela de acordo com uma primeira forma de realização da presente invenção;

As Figs. 5A a 5D ilustram as formas inicial, intermédias e final da pré-forma durante uma operação de formação;

A Fig. 6 é uma vista em corte de uma ferramenta para formar um revestimento de bordo de acordo com uma segunda forma de

realização da presente invenção;

A Fig. 7 é outra vista em corte da ferramenta da Fig. 6;

As Figs. 8A a 8H ilustram a utilização da ferramenta da Fig. 6 num método de formar um revestimento de bordo de nacela de acordo com uma segunda forma de realização da presente invenção; e

As Figs. 9A a 9C ilustram as formas inicial, intermédia e final da pré-forma durante uma operação de formação.

A presente invenção proporciona um método e um aparelho para formar um sector de um revestimento de bordo de nacela que superam as desvantagens da técnica anterior e são especialmente benéficos para reparações de nacela facilitando a criação rápida e fácil de um sector de substituição de um revestimento de bordo para substituir um sector danificado. Embora a presente invenção seja descrita particularmente em relação a revestimentos de bordo de nacela para aeronaves, o método e aparelho de acordo com a invenção podem ser igualmente utilizados para o fabrico de outros bordos de ataque de fluxo padrão ou laminar para uma variedade de aplicações.

Como ilustrado nas Figs. 2 a 4, uma ferramenta para formar um revestimento de bordo de nacela de acordo com uma primeira forma de realização da presente invenção compreende uma base 6 de ferramenta para suportar os outros componentes da ferramenta. Um punção 7 anular está apoiado sobre um bordo exterior da base de ferramenta. A base 6 de ferramenta pode compreender um núcleo em forma de disco de 360° completo, tendo um bordo exterior para suportar um bordo interior do punção 7 ou pode compreender um

sector, por exemplo, um sector de 180° suportando apenas uma parte superior do punção 7.

O punção 7 anular tem uma superfície exterior, um bordo de ataque e uma superfície interior tendo uma forma correspondente à superfície interior do revestimento de bordo terminado. O punção 7 pode corresponder a um sector de revestimento de bordo, por exemplo um sector de 180°, ou pode compreender um anel de 360° completo correspondente ao revestimento de bordo completo. O punção 7 pode ser rodado relativamente à base 6 de ferramenta para posicionar o punção relativamente ao resto da ferramenta de modo a que a região do punção correspondente ao sector de revestimento de bordo a ser produzido seja utilizada para formação do sector. Isto facilita a formação de sectores de revestimentos de bordo não-axissimétricos.

Um suporte 8 de pré-forma curvo está posicionado adjacente a e axialmente espaçado da base 6 de ferramenta. A superfície exterior do suporte 8 de pré-forma pode ser dotada de uma placa 14 de desgaste substituível contra a qual a pré-forma 13 pode deslizar.

Uma matriz 9 em forma de arco está adaptada para cooperar com o suporte 8 de pré-forma para engatar uma pré-forma 13 entre aqueles, como será descrito com mais pormenor abaixo. A matriz 9 em forma de arco tem uma superfície interior adaptada para se ajustar contra uma superfície exterior do suporte 8 de pré-forma, mais especificamente a placa 14 de desgaste ali proporcionada, com uma parte da pré-forma 13 interposta entre aqueles. A superfície interior da matriz 9 em forma de arco pode ser dotada de uma superfície 15 de desgaste substituível. Um

mecanismo de accionamento para mover radialmente a matriz 9 em forma de arco relativamente ao suporte 8 de pré-forma pode estar alojado no interior do suporte 8 de pré-forma. O mecanismo de accionamento pode compreender um ou mais actuadores de dupla acção. Um meio distribuidor de lubrificante pode ser proporcionado para dispensar um lubrificante entre a pré-forma e as superfícies opostas do suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco para ajudar a estirar a pré-forma entre estes.

A matriz 9 em forma de arco tem um bordo 18 de ataque adjacente ao bordo de ataque do punção 7 e uma superfície exterior em degraus, tendo uma primeira parte 16 adjacente ao bordo 18 de ataque tendo um raio exterior correspondente ao raio interior do punção 7, de tal modo que a primeira parte 16 da matriz em forma de arco pode mover-se telescopicamente para o centro do punção 7 e uma segunda secção mais espessa, distal do referido bordo de ataque, para proporcionar rigidez suficiente à ferramenta. A forma da segunda secção pode ser adaptada para proporcionar a rigidez exigida para obter uma força de aperto uniforme através da largura da pré-forma 13. O bordo 18 de ataque da matriz 9 em forma de arco é arredondado para minimizar o enrugamento e assegurar um processo de estiragem suave.

Uma garra 10 interior em forma de arco é montada numa face frontal da base 6 de ferramenta para cooperar com o bordo 18 de ataque da matriz 9 em forma de arco para apertar a pré-forma 13 entre estes numa etapa final de formação por estiramento, como será descrito com maior pormenor abaixo. A superfície da garra 10 em forma de arco pode ser texturada ou formada ou modificada de outra maneira para garantir que a pré-forma 13 pode ser agarrada sem resvalar.

Uma garra 12 de transferência em forma de arco (interior) e uma garra 11 exterior coaxial em forma de arco (exterior) são montadas junto ao punção 7, apoiado na retaguarda da base 6 de ferramenta, para apertar com firmeza uma região lateral da pré-forma 13 entre aquelas num bordo de fuga da pré-forma 13 para posicionar a pré-forma 13 contra o lado exterior do punção 7. As superfícies 20, 21 de aperto das garras 11, 12 exteriores e de transferência em forma de arco podem ser texturadas ou formadas ou modificadas de outra maneira para garantir que a pré-forma 13 é agarrada sem resvalar. As superfícies 20, 21 de aperto das garras exteriores e de transferência em forma de arco podem ser definidas por superfícies de desgaste substituíveis. Cada uma da garra 12 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior coaxial em forma de arco pode estender-se através de um ângulo suficiente para agarrar a largura da pré-forma 13 a ser formada. A largura mínima das superfícies 20, 21 de aperto deve, de um modo preferido, corresponder à largura do sector mais largo do revestimento de bordo a ser formado pela ferramenta. Na forma de realização mostrada, as garras 11, 12 exterior e de transferência em forma de arco, assim como o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, estendem-se por um ângulo de 180°. No entanto, isto é ilustrado apenas a título de exemplo e a extensão angular destes componentes pode variar.

Uma rigidez adequada é assegurada pela utilização de uma secção transversal de espessura escalonada das garras 22, 12 exterior e de transferência em forma de arco. As superfícies 20, 21 de aperto da garra 11 exterior em forma de arco e a garra 12 de transferência em forma de arco seguram com

firmeza a referida região lateral da pré-forma 13 durante todo o processo de formação. São proporcionados actuadores para mover radialmente a garra 11 exterior em forma de arco e a garra 12 de transferência em forma de arco uma relativamente à outra e para proporcionar a força de aperto exigida.

Numa forma de realização alternativa, a garra 11 exterior em forma de arco pode actuar directamente sobre uma parte da superfície exterior do punção 7 para apertar a pré-forma 13 contra este.

É proporcionado um mecanismo de accionamento diferencial entre a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 10 interior em forma de arco para controlar o deslocamento da garra de transferência em forma de arco para longe da base 6 de ferramenta em função do deslocamento da garra interior em forma de arco na direcção da base de ferramenta, durante uma etapa final de formação por estiramento, como será descrito abaixo. O mecanismo de accionamento diferencial pode compreender uma câmara fechada cheia de fluido tendo êmbolos com diferentes diâmetros ou áreas de secção ali montados de forma deslizante actuando contra a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 10 interior em forma de arco, este deslocamento da garra interior em forma de arco na direcção da base 6 de ferramenta resulta num deslocamento relativamente menor da garra 12 de transferência em forma de arco para longe da base 6 de ferramenta. Este deslocamento diferencial será importante para conseguir o processo final de estiramento desejado. De modo alternativo, um sistema de engrenagens e/ou uma disposição de came e seguidor de came podem ser proporcionados para transmitir movimento entre a garra 10 interior em forma de arco e a

garra 12 de transferência em forma de arco.

Para revestimentos de bordo axissimétricos, o raio da superfície 20 de aperto da garra 11 exterior em forma de arco é igual ao raio do bordo de fuga do sector de revestimento de bordo terminado.

Para revestimentos de bordo não-axissimétricos, o raio da superfície 21 de aperto da garra 12 de transferência em forma de arco será o valor mínimo do raio do bordo de fuga do revestimento de bordo. Em posições radiais onde existe uma disparidade nos raios, podem ser utilizados arredondamentos de combinação apropriados. Para revestimentos de bordo extremamente não-axissimétricos, a garra 12 de transferência em forma de arco pode compreender um elemento 360° anular completo correspondente ao punção 7 anular e posicionável relativamente a este. Neste caso, a garra 11 exterior em forma de arco pode ser formada a partir de um elemento segmentado flexível permitindo que a garra 11 exterior em forma de arco se ajuste à forma do sector relevante da garra 12 de transferência em forma de arco.

O tamanho total da pré-forma 13 será determinado a partir do tamanho de sector exigido e do estiramento exigido durante o processo de enformação. Deve ser utilizado o tamanho mínimo de material para assegurar enformação próxima da forma final. O "fluxo" de material pode ser ainda melhorado utilizando uma pré-forma perfilada.

Em utilização, um método para formar um sector de um revestimento de bordo de nacela utilizando a ferramenta descrita acima é como segue.

Onde é utilizado um punção 7 não-axissimétrico de 360° para criar um sector de um revestimento de bordo não-axissimétrico, o punção 7 (e a garra 12 de transferência em forma de arco, se apropriado) é posicionado na posição correcta correspondente ao sector de revestimento de bordo a ser formado.

Em primeiro lugar, uma pré-forma 13 é colocada contra a superfície exterior do punção 7 e em contacto com o suporte 8 de pré-forma. Dependendo da espessura, resistência e tamanho da pré-forma 13, pode ser exigida uma operação de laminagem da pré-forma até uma curvatura tendo um raio substancialmente igual ao raio da superfície exterior do punção 7. A pré-forma 13 é posicionada com uma extremidade da pré-forma 13 posicionada entre a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco e uma extremidade oposta da pré-forma 13 entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, como mostrado na Fig. 4A.

Uma força F_G de aperto é aplicada entre a garra 11 exterior em forma de arco e a garra 12 de transferência em forma de arco para agarrar totalmente a pré-forma 13 entre aquelas sem resvalar, como mostrado na Fig. 4B. A forma da pré-forma nesta fase está ilustrada na Fig. 5A.

Uma força F_{BH} de aperto é, em seguida, aplicada entre a matriz 9 em forma de arco e o suporte 8 de pré-forma, de forma suficiente para permitir que a pré-forma 13 flua de uma maneira controlada entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco sem se rasgar ou enrugar, como mostrado na Fig. 4C. O suporte 8 de pré-forma permanece estacionário relativamente à

base 6 de ferramenta e ao punção 7 durante esta fase. A forma da pré-forma nesta fase está ilustrada na Fig. 5B.

Em seguida, o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco são deslocados para baixo numa direcção radial em direcção ao eixo do punção 7 numa distância D_V , mantendo, ao mesmo tempo a referida força F_{BH} de aperto controlada entre a matriz 9 em forma de arco e o suporte 8 de pré-forma, como mostrado na Fig. 4D.

Durante esta fase, a pré-forma 13 flui, de uma maneira regulada entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco e é enformada sobre o bordo de ataque do punção 7 para criar a forma da pré-forma ilustrada na Fig. 5C.

Em seguida, o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco são deslocados horizontalmente, numa distância D_H , na direcção e para lá do bordo de ataque do punção 7 mantendo, ao mesmo tempo, a referida força F_{BH} de aperto controlada entre a matriz 9 em forma de arco e o suporte 8 de pré-forma, como mostrado na Fig. 4E. Durante esta fase a pré-forma 13 flui, de uma maneira regulada entre o suporte 8 de ferramenta e a matriz 9 em forma de arco enquanto sofre estiramento inverso em redor do bordo 18 de ataque da matriz 9 em forma de arco. A forma da pré-forma nesta fase está ilustrada na Fig. 5D. Este movimento pode ser obtido movendo o punção 7 relativamente ao suporte 8 de pré-forma.

Neste momento, o bordo 18 de ataque da matriz 9 em forma de arco, com a pré-forma 13 ali disposta, encosta à garra 10 interior em forma de arco para prender a pré-forma 13 entre

estas. O movimento continuado numa distância S_{IH} do suporte 8 de pré-forma e matriz 9 em forma de arco relativamente à base 6 de ferramenta/punção 7 estira a pré-forma 13 sobre a superfície do punção 7.

Nesta fase, a acção da matriz 9 em forma de arco contra a garra 10 interior em forma de arco é transmitida através do mecanismo de accionamento diferencial para causar o deslocamento da garra 12 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior em forma de arco relativamente à base 6 de ferramenta/punção 7 numa distância S_{OH} mantendo, ao mesmo tempo, a força F_G de preensão, como mostrado na Fig. 4F. A relação de S_{IH} com S_{OH} , determinada pelo mecanismo de accionamento diferencial, é crítica para que a operação final de estiramento consiga a forma final exigida sem vincos, rasgões ou enrugamento e recuperação elástica mínima.

Uma vez conseguida a forma final, a força F_{BH} de aperto entre o suporte 8 de ferramenta e a matriz 9 em forma de arco é aliviada e o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco são retraídos, como mostrado na Fig. 4G. Em seguida, a força F_G de aperto entre a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco é aliviada e a garra 11 exterior em forma de arco é retraída para longe da garra 12 de transferência em forma de arco para libertar a peça formada, como mostrado na Fig. 4H.

O revestimento final do bordo pode ser produzido cortando as partes da pré-forma 13 seguras pela garra 11 exterior em forma de arco e pela garra 10 interior em forma de arco, de modo a que o produto final seja isento de marcas de ferramenta.

Devido à forma afilada do revestimento de bordo, verificou-se que a enformação de uma pré-forma curva sobre a matriz pode conduzir a enrugamento do metal, particularmente com determinados metais. Além disso, as variações na espessura da pré-forma podem causar problemas relativamente à acção dos meios de preensão e de aperto. Uma segunda forma de realização da presente invenção (ilustrada nas Figuras 6 a 9C) aliviam estes problemas utilizando uma pré-forma 13 cónica e conferindo um perfil ao suporte 8 de pré-forma e à matriz 9 em forma de arco e às garras 10, 11 exterior e de transferência em forma de arco para definir superfícies de preensão cónicas que mantêm a pré-forma substancialmente paralela a uma linha que estende de um bordo de fuga do punção 7 (correspondendo, substancialmente, a um bordo de fuga do revestimento terminado do bordo) até um bordo de ataque da parte frontal do punção 7 (i. e., o vértice do bordo de ataque do revestimento de bordo). Nos desenhos, números de referência semelhantes são utilizados para descrever partes semelhantes entre as duas formas de realização.

O aparelho, de acordo com a segunda forma de realização da invenção, é semelhante à primeira forma de realização em muitos pormenores, compreendendo um punção 7 anular apoiado numa base de ferramenta (não mostrada).

Como com a primeira forma de realização, o punção 7 anular tem uma superfície exterior, um bordo de ataque e uma superfície interior tendo uma forma correspondente à superfície interior do revestimento de bordo terminado. Mais uma vez, o punção 7 pode corresponder a um sector de revestimento de bordo, por exemplo um sector de 180° ou pode compreender um anel de 360° completo

correspondente à totalidade do revestimento de bordo. O punção 7 pode ser rodado relativamente à base de ferramenta (não mostrada) para posicionar o punção relativamente ao resto da ferramenta, de modo a que a região do punção correspondente ao sector de revestimento de bordo a ser produzido seja utilizada para formação do sector. Isto facilita a formação de sectores de revestimentos de bordo não-axissimétricos.

Um suporte 8 de pré-forma é posicionado adjacente e espaçado axialmente da base de ferramenta. A superfície 14 exterior do suporte 8 de pré-forma compreende um sector de 180° de um cone truncado tendo uma superfície exterior formada para corresponder à pré-forma cónica. É proporcionada uma matriz 9 em forma de arco tendo uma superfície interior adaptada para cooperar com a superfície exterior do suporte 8 de pré-forma, para permitir que a pré-forma flua de uma maneira controlada entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, sem se rasgar ou enrugar. O raio exterior da matriz 9 em forma de arco está adaptado para permitir que a matriz 9 em forma de arco passe no interior do punção 7 anular com folga suficiente para garantir que a pré-forma não fique presa entre a superfície exterior da matriz 9 em forma de arco e a superfície interior do punção 7.

A face 18 frontal da matriz 9 em forma de arco é formada para permitir que a pré-forma seja estirada sobre a face frontal da matriz 9 em forma de arco para minimizar o enrugamento e para assegurar um processo de estiramento/re-estiramento suave. É proporcionado um mecanismo actuador para mover a matriz 9 em forma de arco horizontalmente relativamente ao suporte 8 de pré-forma para apertar a pré-forma 13 entre estes. A garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de

arco são dotadas de superfícies de acoplamento cónicas para agarrar um bordo de fuga da pré-forma 13. As faces correspondentes da garra 12 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior em forma de arco são texturadas de modo apropriado para impossibilitar o resvalamento. Adeuada rigidez é assegurada pela utilização de uma secção cónica.

A garra 12 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior em forma de arco apertam a pré-forma 13 junto ao seu bordo de fuga durante toda a operação de formação. Para revestimentos de bordo axissimétricos, a superfície 20 cónica da garra 12 de transferência em forma de arco é coincidente com o bordo de fuga da pré-forma 13. Para revestimentos de bordo não-axissimétricos, a superfície 20 cónica da garra 12 de transferência em forma de arco corresponde ao raio mínimo do bordo de fuga do punção 7. Em posições radiais onde existe uma disparidade nos raios, podem ser utilizados arredondamentos de combinação apropriados. Para acomodar variações maiores no raio do revestimento de bordo, a garra 12 de transferência em forma de arco pode ser formada como uma superfície de 360° completa seguindo as variações radiais do punção 7. Nesta forma de realização, a garra 11 exterior em forma de arco pode ser formada como um elemento segmentado tendo flexibilidade suficiente para se ajustar à forma da garra 12 de transferência em forma de arco.

A garra 10 interior em forma de arco é disposta com uma face de aperto adaptada para se encostar ao bordo de ataque da matriz 9 em forma de arco para proporcionar um processo de estiramento final. A garra 10 interior em forma de arco está ligada à garra 12 de transferência em forma de arco por um

actuador de deslocamento diferencial, compreendendo o engrenamento apropriado de ligações hidráulicas (com êmbolos de diâmetro diferente) da mesma forma que a primeira forma de realização, como será descrito abaixo.

A pré-forma 13 tem um tamanho determinado a partir do tamanho de sector exigido e do estiramento exigido durante o processo de formação. É utilizado o tamanho mínimo de material para assegurar enformação próxima da forma final. O fluxo do material pode ser ainda aumentado utilizando uma pré-forma perfilada. O perfil cónico da pré-forma 13 pode ser produzido durante o processo ou pode ser formado por um processo de pré-formação inicial, por exemplo, por uma operação de laminagem.

As superfícies cónicas da garra 12 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior em forma de arco e do suporte 8 de pré-forma e da matriz 9 em forma de arco proporcionam um efeito de aperto com pressão variável que pode compensar a variabilidade de espessura do material.

O suporte 8 de pré-forma, matriz 9 em forma de arco e garras 10, 11 de transferência e exterior em forma de arco estão dispostos relativamente ao punção 7 de modo a que o eixo 23 central do punção 7 esteja inclinado relativamente ao eixo 24 central da pré-forma 13, de modo a que a pré-forma seja substancialmente paralela a uma linha, estendendo-se entre um bordo de fuga da superfície exterior do punção 7 e o bordo de ataque da parte frontal do punção quando a pré-forma 13 é inicialmente colocada na ferramenta.

Em utilização, é colocada uma pré-forma entre a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco numa extremidade de arrasto e entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco numa extremidade de ataque. Dependendo da espessura, resistência e tamanho da pré-forma, a pré-forma pode exigir uma operação de laminagem da pré-forma para produzir um perfil cónico formado para se ajustar contra a superfície exterior da matriz 7 e se ajustar no interior da ferramenta. A operação de laminagem inicial proporcionará um componente mais rígido que é mais fácil de manipular durante o processo de carga. A forma da pré-forma está ilustrada na Figura 8A.

A garra 11 exterior em forma de arco é movida numa direcção axial por actuadores apropriados para apertar a pré-forma entre a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco e uma força F_G suficiente é aplicada para prender a pré-forma, sem resvalar, como mostrado na Figura 8B. A acção óptima de linha de força (*i. e.* movimento) da garra exterior em forma de arco está alinhada com o eixo 24 central da pré-forma quando inicialmente colocada no interior da ferramenta. No entanto, a garra 11 exterior em forma de arco pode ser móvel em outras direcções, incluindo paralelas ao eixo da matriz ou substancialmente perpendiculares ao referido eixo.

Em seguida, a matriz 9 em forma de arco é movida, por actuadores apropriados, na direcção do suporte 8 de pré-forma para prender a pré-forma entre estes. Uma força F_{BH} suficiente é aplicada para permitir que a pré-forma flua de uma maneira controlada entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, sem se rasgar ou enrugar. Além disso, a direcção óptima

do movimento da matriz 9 em forma de arco e, consequentemente, a aplicação da força F_{BH} , está alinhada com o eixo central da pré-forma 24, como mostrado na Figura 8C.

Em seguida, o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco e a garra 10 interior em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco são deslocados numa primeira direcção, em direcção ao eixo central do punção, num sentido substancialmente descendente, como um conjunto completo, numa distância D_V , mantendo ao mesmo tempo a força F_{BH} controlada entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco e a força F_G de aperto entre a garra interior em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco. Durante esta fase, a pré-forma flui entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, como mostrado na Figura 8D. Mais uma vez, como com a primeira forma de realização, prevê-se que o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco possam ser mantidos estacionários e o punção 7 e os componentes associados possam ser movidos relativamente ao suporte 8 de pré-forma.

Em seguida, as garras 10, 11 de transferência e exterior em forma de arco são mantidas estacionárias e o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco são movidos uma distância D_d adicional no referido sentido descendente, a pré-forma flui entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, como mostrado na Figura 8E, para criar a forma mostrada na Fig. 9B.

Em seguida, o suporte 8 de pré-forma e a matriz em forma de arco são deslocados horizontalmente numa distância D_H mantendo ao mesmo tempo uma força F_{BH} controlada entre o suporte 8 de

pré-forma e a matriz 9 em forma de arco. Durante esta fase, a pré-forma flui entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco ao mesmo tempo que é efectuado o estiramento inverso em redor do bordo 18 posterior da matriz 9 em forma de arco, como mostrado na Figura 8F. A pré-forma nesta fase é mostrada na Figura 9C.

Uma vez completado o estiramento inverso, o bordo 18 posterior da matriz 9 em forma de arco entra em contacto com a garra 10 interior em forma de arco para prender a pré-forma entre estes, sem resvalar, e o movimento horizontal continuado da garra em forma de arco move de modo diferencial as garras 10, 11 de transferência e exterior em forma de arco para executar uma operação de estiramento final sobre a pré-forma. Durante esta fase, a matriz 9 em forma de arco e garra 10 interior em forma de arco move-se ao longo de uma distância S_{OH} enquanto a garra 10 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior em forma de arco se movem ao longo de uma distância S_{IH} , como mostrado na Figura 8G. O mecanismo de deslocamento diferencial assegura que seja conseguida uma relação crítica de S_{OH} para S_{IH} , para obter o estiramento final exigido sem rasgar ou enrugar a pré-forma.

Uma vez que a forma completa tenha sido conseguida, a força F_{BH} de aperto é aliviada para libertar a pré-forma 13 e a matriz 9 em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco são movidas horizontalmente numa distância D_{RH} para libertar a pré-forma 13 formada da ferramenta, como mostrado na Figura 8H.

A presente invenção proporciona um processo melhorado e um aparelho de fase única para formar um sector de um revestimento

de bordo onde a secção mais importante do revestimento de bordo de um ponto de vista aerodinâmico, nomeadamente o bordo de fuga exterior é exposta ao mínimo de estiramento e dobragem e está isenta de marcas de aperto ou de ferramentas. Porque a parte da pré-forma formando o bordo de fuga exterior do revestimento de bordo terminado não é afectada pelo processo de formação, a presente invenção pode formar rapidamente bordos de ataque de fluxo laminar tendo um bordo de fuga cujo comprimento axial a partir do bordo de ataque é de comprimento muito maior do que aqueles realizáveis com métodos de formação conhecidos.

A invenção não está limitada às formas de realização aqui descritas mas pode ser alterada ou modificada sem sair do âmbito das reivindicações em anexo.

Lisboa, 13 de Novembro de 2012

REIVINDICAÇÕES

1. Método de formar um sector para um revestimento de bordo de nacela a partir de uma pré-forma (13) de chapa metálica compreendendo as etapas de:

proporcionar um punção ou mandril (7) curvo ou anular tendo uma superfície interior, uma superfície exterior e um bordo de ataque, o referido punção (7), correspondendo substancialmente na forma, a uma superfície interior de, pelo menos, um sector de revestimento de bordo de nacela;

posicionar a pré-forma (13) contra a superfície exterior do punção (7) e apertar um bordo de fuga da pré-forma (13) num meio de aperto para segurar a pré-forma contra a superfície exterior do punção (7), o referido meio de aperto agarrando o referido bordo de fuga da pré-forma sem resvalar;

prender um bordo de ataque da pré-forma (13), oposto ao referido bordo de fuga, num meio de preensão, numa localização espaçada axialmente do referido punção (7), adjacente e em frente do bordo de ataque do punção, o referido meio de preensão agarrando a referida pré-forma com força suficiente para permitir que a pré-forma flua através deste de uma maneira controlada, sem se rasgar ou enrugar; caracterizado pelo

deslocamento do meio de preensão numa primeira direcção, de modo substancialmente radial relativamente ao punção (7), em direcção a um eixo central do punção (7) estirando ao mesmo tempo a pré-forma (13) através do meio de preensão; e pelo deslocamento do meio de preensão numa segunda direcção, de modo substancialmente axial relativamente ao punção (7), na direcção de e para lá do bordo de ataque do punção, para estirar a pré-forma (13) sobre o bordo de ataque do punção (7) estirando ao mesmo tempo a pré-forma (13) através do meio de preensão.

2. Método como reivindicado na reivindicação 1, compreendendo a etapa adicional de deslocar mais o meio de preensão na referida segunda direcção impedindo, ao mesmo tempo, que a pré-forma (13) seja estirada através do referido meio de preensão para estirar a pré-forma sobre a superfície do punção.
3. Método como reivindicado na reivindicação 2, em que a referida etapa adicional compreende ainda deslocar axialmente o referido meio de aperto relativamente ao punção na referida segunda direcção para estirar mais a pré-forma sobre a superfície do punção.
4. Método como reivindicado na reivindicação 3, onde a pré-forma é impedida de ser estirada através do meio de preensão por encosto de um bordo de ataque do meio de preensão contra um elemento de preensão, tendo uma face de preensão axial adaptada para cooperar com um bordo de

ataque do meio de preensão para apertar a pré-forma entre aqueles.

5. Método como reivindicado em qualquer reivindicação anterior, compreendendo um passo inicial de formar uma curvatura inicial na referida pré-forma (13), correspondendo substancialmente à forma exterior do punção (7) ou formar a pré-forma (13) para definir, pelo menos, um sector de um cone truncado.
6. Aparelho para formar um sector de revestimento de bordo, compreendendo:

um punção ou um mandril (7) curvo ou anular tendo uma superfície exterior, uma superfície interior e um bordo de ataque, o referido punção (7) correspondendo na forma a, pelo menos, um sector da superfície interior do revestimento do bordo de nacela a ser formado;

um meio de aperto para apertar um bordo de fuga de uma pré-forma (13) para segurar a pré-forma (13) contra ou adjacente à superfície exterior do punção (7), o referido meio de aperto estando disposto para segurar o referido bordo de fuga da pré-forma (13) sem resvalar;

um meio de preensão para agarrar um bordo de ataque da pré-forma (13), oposto ao referido bordo de fuga, numa localização espaçada axialmente do referido punção (7), adjacente e em frente do bordo de ataque do

punção (7), o referido meio de preensão estando disposto para agarrar a referida pré-forma (13) com força suficiente para permitir que a pré-forma (13) flua através daquele de uma maneira controlada sem se rasgar ou enrugar;

o referido meio de preensão sendo caracterizado por poder ser deslocado relativamente ao punção (7) numa primeira direcção, de modo substancialmente radial relativamente ao punção, na direcção de um eixo central do punção (7), e numa segunda direcção, de modo substancialmente axial relativamente ao punção (7), na direcção de e para lá do bordo de ataque do punção (7), para estirar a pré-forma (13) sobre o bordo de ataque do punção (7).

7. Aparelho como reivindicado na reivindicação 6, em que o punção comprehende um corpo anular não-axissimétrico para permitir a formação de um sector de um revestimento de bordo não-axissimétrico.
8. Aparelho como reivindicado na reivindicação 7, em que o punção é capaz de rodar relativamente ao meio de preensão e ao meio de aperto, para permitir que o punção seja posicionado relativamente ao meio de preensão e ao meio de aperto na posição correcta correspondente ao sector de revestimento de bordo a ser formado.
9. Aparelho como reivindicado em qualquer das reivindicações 6 a 8, em que o meio de preensão comprehende um suporte (8) de pré-forma tendo uma superfície exterior curva ou cónica e um

elemento (9) de aperto exterior adaptado para apertar a pré-forma (13) contra a superfície exterior do suporte (7) de pré-forma.

10. Aparelho como reivindicado na reivindicação 9, em que o elemento (9) de aperto exterior do meio de preensão é dotado de um bordo (18) de ataque arredondado, a pré-forma (13) sendo estirada sobre o referido bordo (18) de ataque para curvar a pré-forma (13) ao contrário à medida que é estirada através do meio de preensão.
11. Aparelho como reivindicado em qualquer das reivindicações 6 a 10, em que o referido meio de aperto comprehende elementos (11, 12) de aperto interiores e exteriores substancialmente coaxiais, os referidos elementos (11, 12) de aperto interiores e exteriores sendo móveis um relativamente ao outro para apertar a pré-forma (13) entre as suas superfícies (20, 21) de aperto cooperantes.
12. Aparelho como reivindicado na reivindicação 11, em que as referidas superfícies (20, 21) de aperto têm uma curvatura substancialmente correspondente à curvatura do lado exterior do punção (7), ou em que as superfícies (20, 21) de aperto têm uma forma correspondente a um cone truncado.
13. Aparelho como reivindicado em qualquer das reivindicações 6 a 12, em que a referida pré-forma (13) e as superfícies cooperantes do referido meio de preensão e meio de aperto têm uma forma cónica tendo um eixo inclinado relativamente ao eixo do punção e

em que o eixo central do punção (7) está inclinado para baixo relativamente ao eixo central da pré-forma (13) de modo a que a pré-forma (13) seja substancialmente paralela a uma linha que se estende entre um bordo de fuga da superfície exterior do punção (7) e o bordo de ataque da parte frontal do punção (7) quando a pré-forma (13) é inicialmente colocada no aparelho.

14. Aparelho como reivindicado em qualquer das reivindicações 6 a 11, em que o meio de aperto é montado para ser axialmente móvel relativamente ao punção (7) para permitir o estiramento da pré-forma (13) sobre o punção (7) durante um processo de estiramento final.
15. Aparelho como reivindicado na reivindicação 14, em que uma parte do meio de preensão está disposta para se encostar a uma parte adicional da ferramenta, definindo uma face de preensão, à medida que o meio de preensão se move na referida segunda direcção para apertar a pré-forma (13) entre o meio de preensão e a referida face de preensão durante o referido processo de estiramento final de estirar a pré-forma (13) sobre a superfície do punção (7).
16. Aparelho como reivindicado na reivindicação 15, em que é proporcionado um mecanismo de accionamento diferencial entre o meio de aperto e a face de preensão para transferir uma força motriz entre o meio de preensão e o meio de aperto à medida que o meio de preensão se move na referida segunda direcção com a referida parte do meio de preensão em contacto de encosto com a referida face de preensão, para controlar o deslocamento axial relativo do bordo de fuga e

do bordo de admissão interior de um revestimento de bordo definido pela pré-forma (13) durante o processo de estiramento final, de tal modo que

a relação de deslocamento do bordo de fuga e do bordo de admissão interior durante o processo de estiramento final é controlada pelo mecanismo de accionamento diferencial.

17. Aparelho como reivindicado na reivindicação 16, em que o mecanismo de accionamento diferencial comprehende uma câmara fechada tendo êmbolos de diferentes diâmetros ou áreas de secção, montados de modo deslizante no interior de cilindros de recepção actuando, respectivamente, contra o meio de aperto e o meio de preensão, de tal modo que o deslocamento do meio de preensão na direcção de uma base de ferramenta após o que o punção (7), meio de aperto e meio de preensão são montados, resulta num deslocamento relativamente menor do meio de aperto para longe da base da ferramenta ou em que o mecanismo de accionamento diferencial comprehende um sistema de engrenagens para transmitir movimento entre a face de preensão e o meio de aperto.

Lisboa, 13 de Novembro de 2012

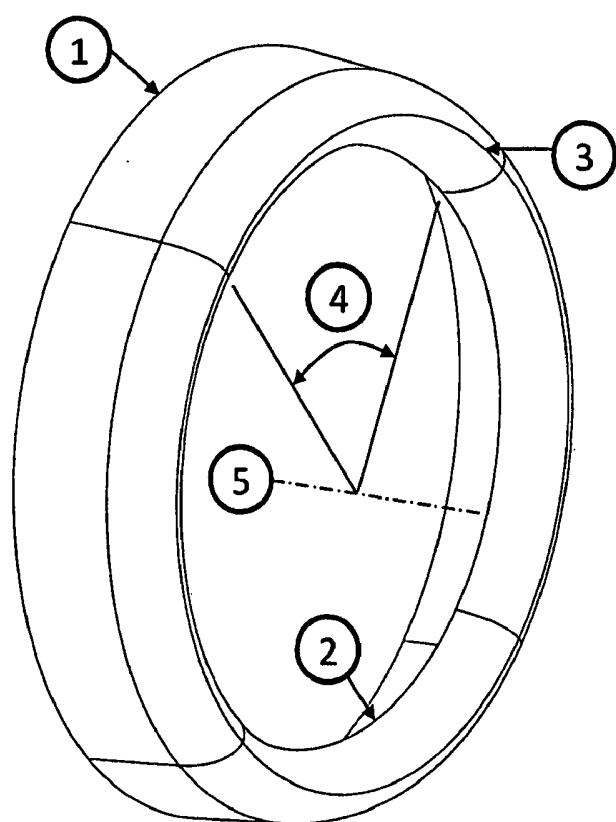


Figura 1

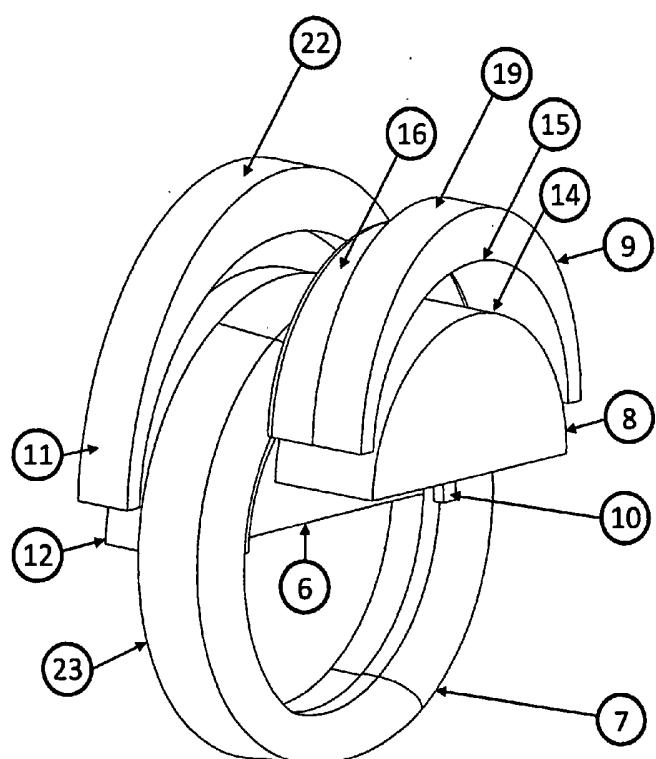


Figura 2:A

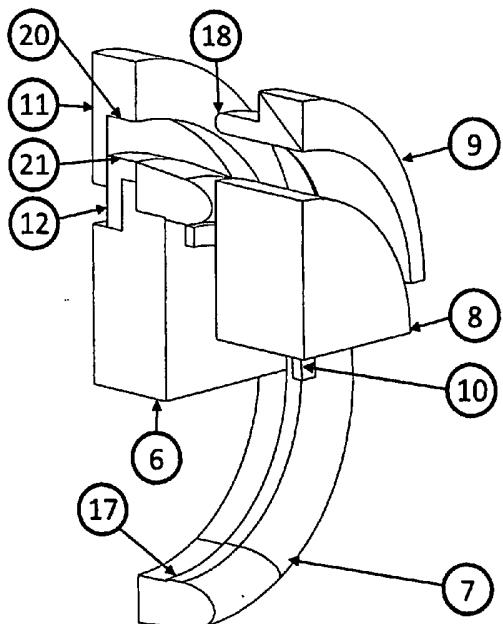


Figura 2:B

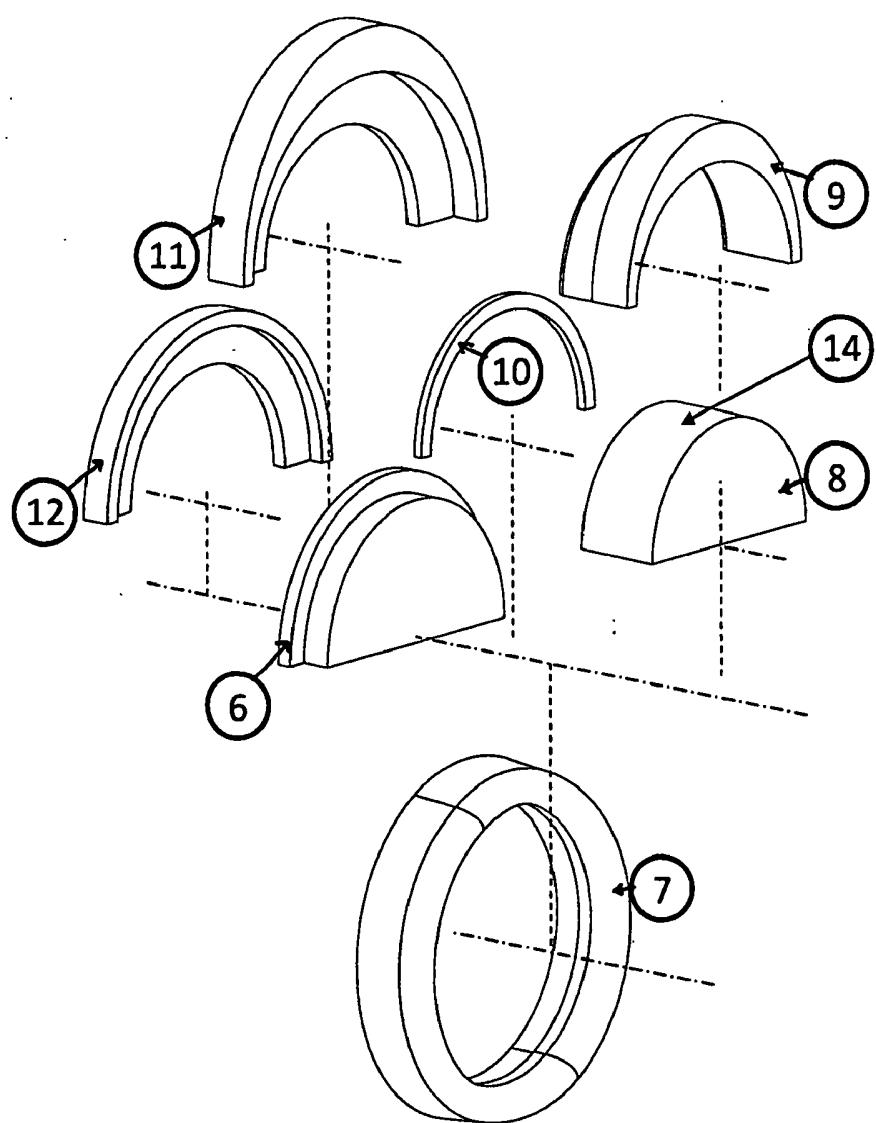


Figura 3

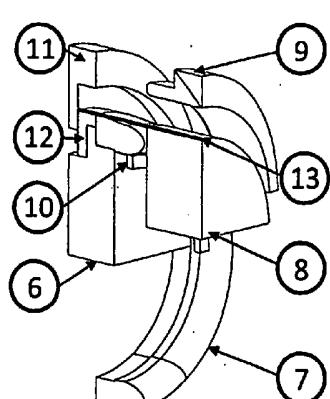


Figura 4:A

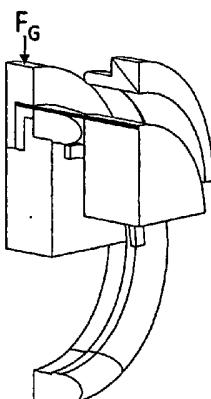


Figura 4:B

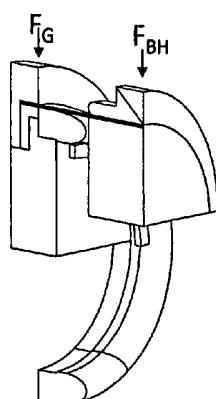


Figura 4:C

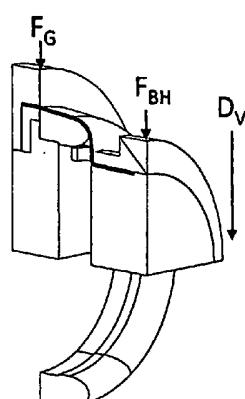


Figura 4:D

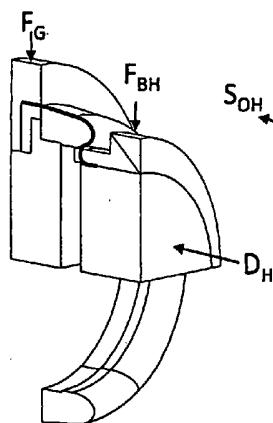


Figura 4:E

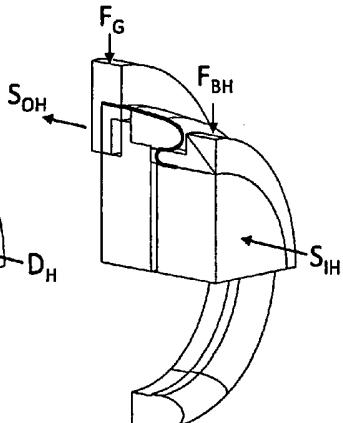


Figura 4:F

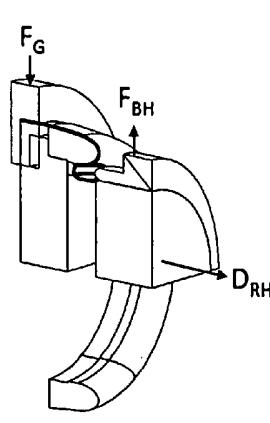


Figura 4:G

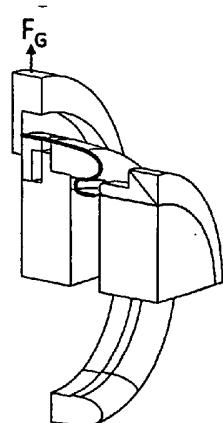


Figura 4:H

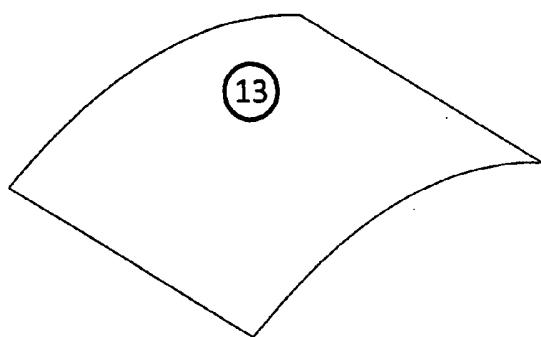


Figura 5:A

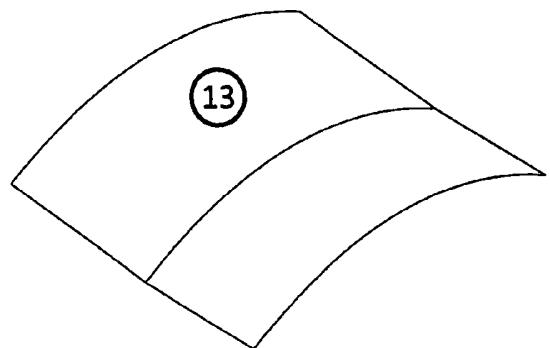


Figura 5:B

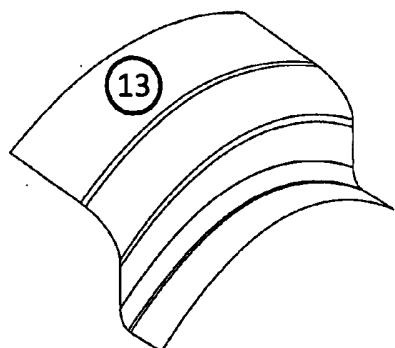


Figura 5:C

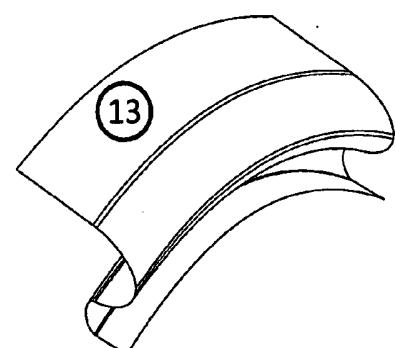


Figura 5:D

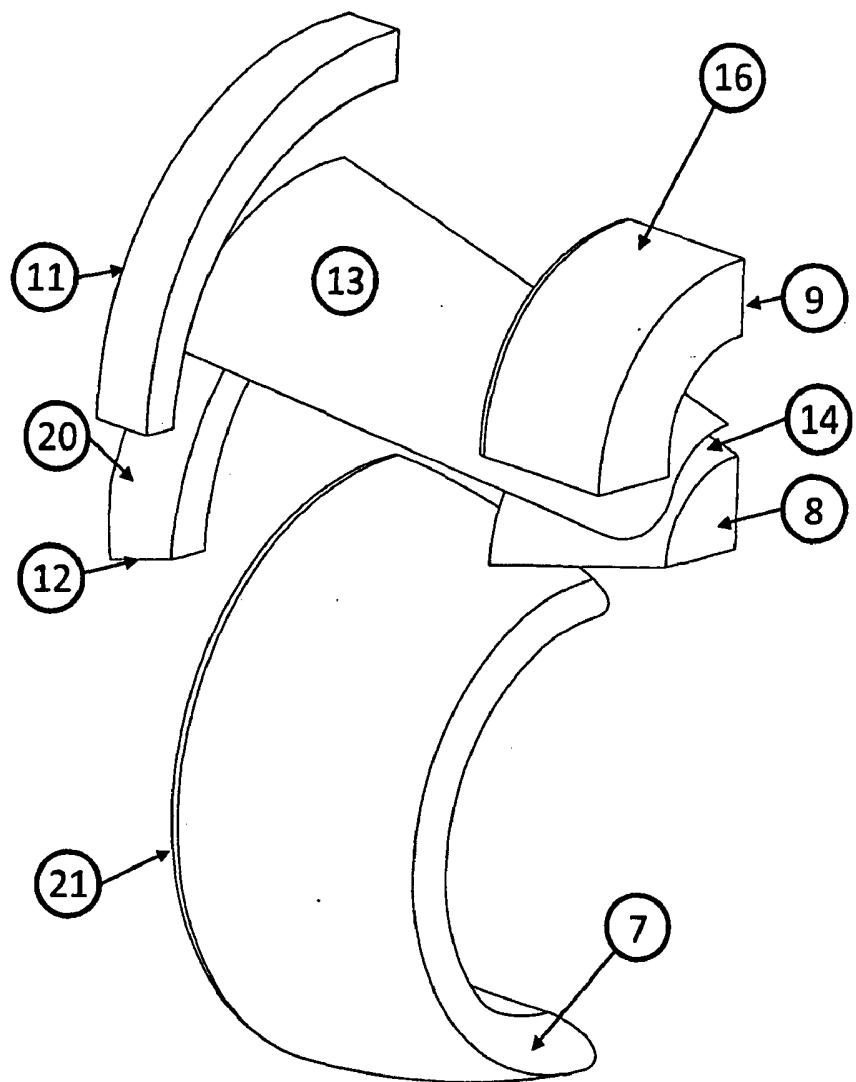


Figura 6

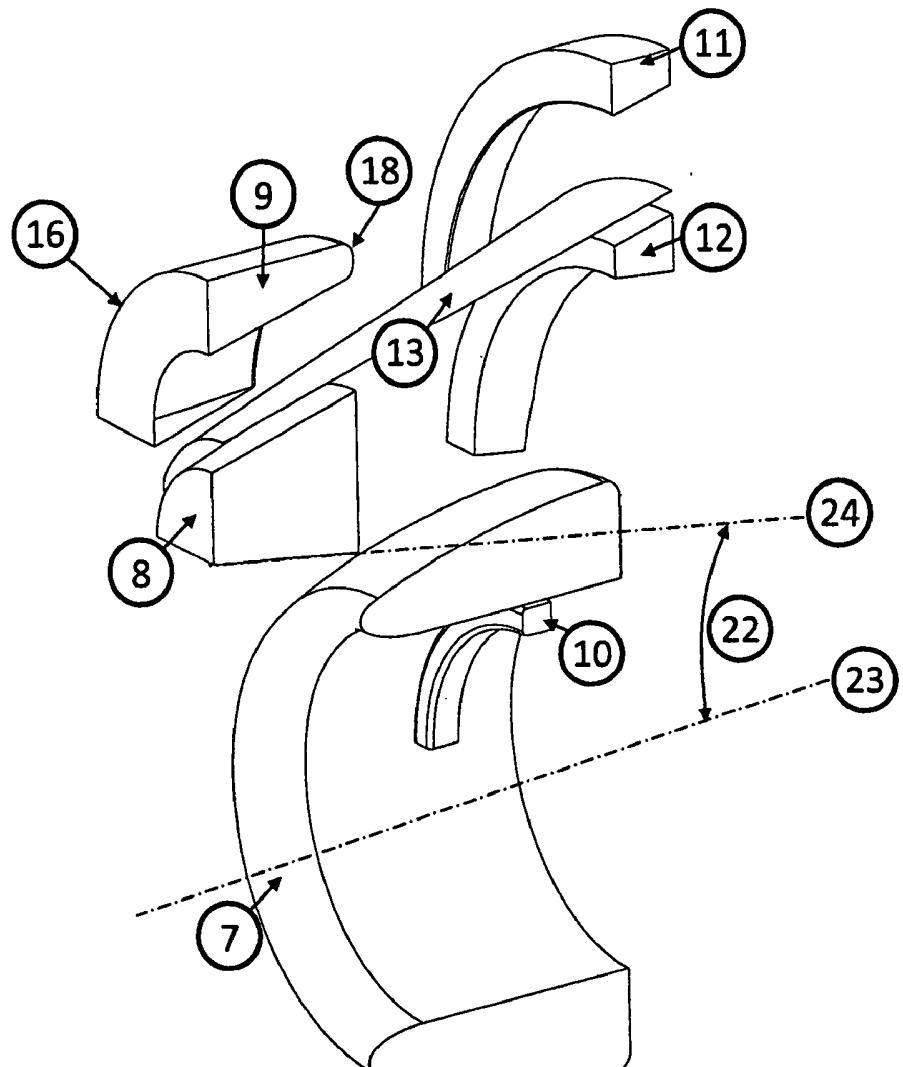


Figura 7

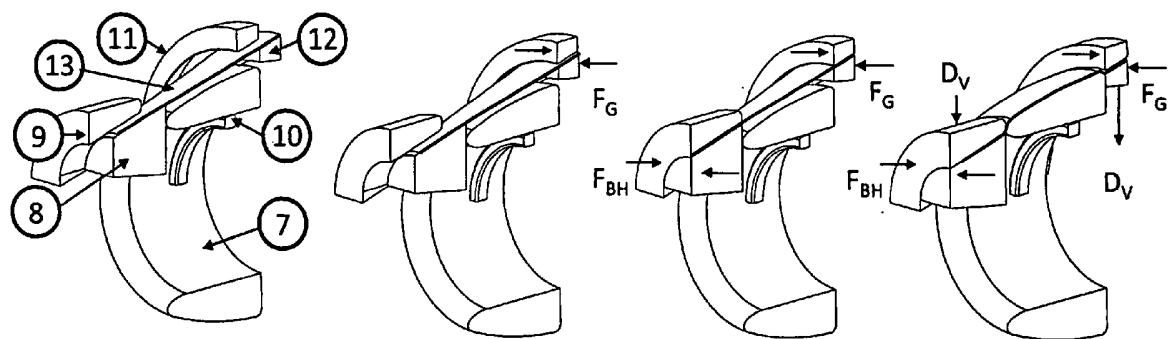


Figura 8:A

Figura 8:B

Figura 8:C

Figura 8:D

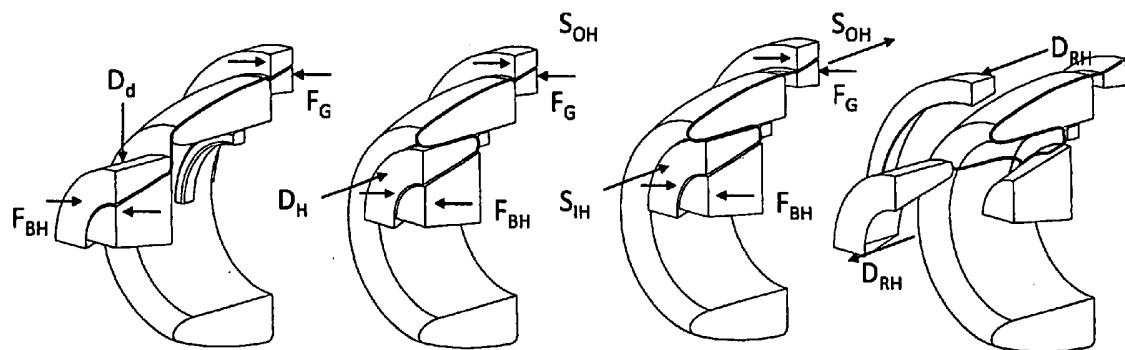


Figura 8:E

Figura 8:F

Figura 8:G

Figura 8:H

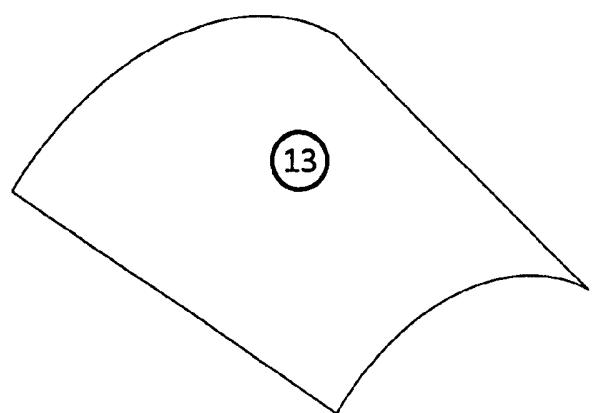


Figura 9:A

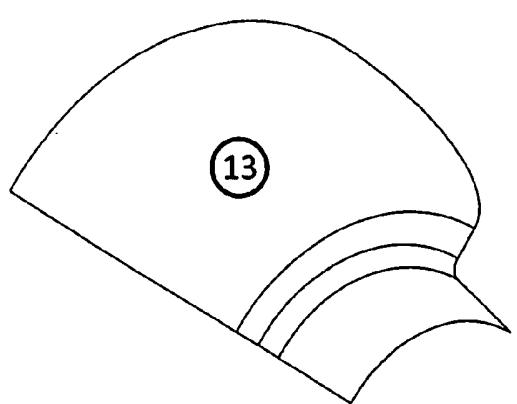


Figura 9:B

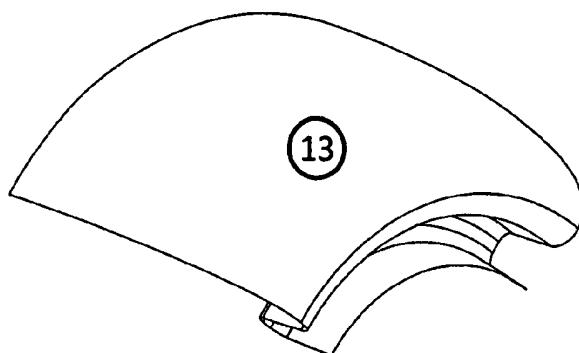
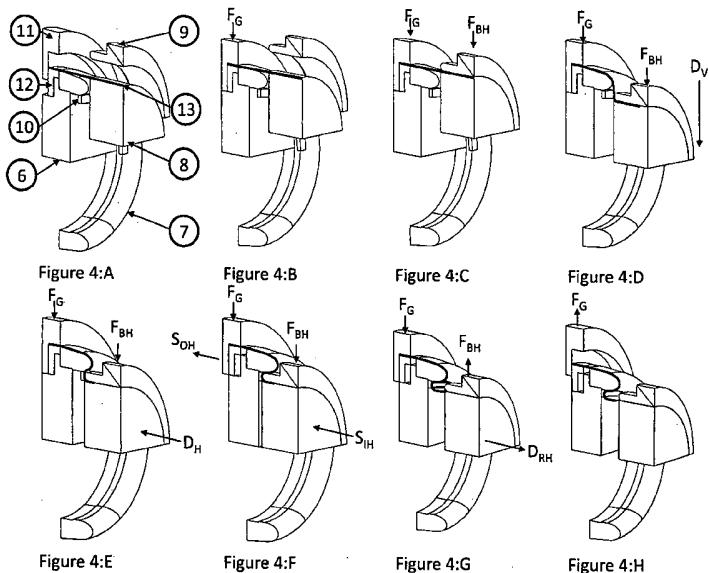


Figura 9:C

RESUMO

"MÉTODO PARA FORMAR UM SECTOR PARA UM REVESTIMENTO DE BORDO DE NACELA"



Método de formar um sector para um revestimento de bordo de nacela a partir de uma pré-forma de chapa metálica, compreendendo as etapas de: proporcionar um punção (7) ou mandril curvo ou anular tendo uma superfície interior, uma superfície exterior e um bordo de ataque, o referido punção (7) correspondendo substancialmente na forma a uma superfície interior de, pelo menos, um sector de revestimento de bordo de nacela, colocar a pré-forma (13) contra a superfície exterior do punção (7) e apertar um bordo de fuga da pré-forma (13) num meio (11, 12) de aperto para segurar a pré-forma (13) contra a superfície exterior do punção (7), o referido meio (11, 12) de aperto agarrando o referido bordo de fuga da pré-forma sem resvalar; agarrar um bordo de ataque da pré-forma (13), oposta ao referido bordo de fuga, num meio (8, 9) de preensão, numa

localizaçāo espaçada axialmente do referido punçāo (7), adjacente e em frente do bordo de ataque do punçāo (7), o referido meio (8, 9) de preensāo agarrando a referida pré-forma (13) com força suficiente para permitir que a pré-forma (13) flua através daquele de uma maneira controlada sem se rasgar ou enrugar; deslocar o meio (8, 9) de preensāo numa primeira direcção, de modo substancialmente radial relativamente ao punçāo (7), na direcção do eixo central do punçāo (7), estirando ao mesmo tempo a pré-forma através do meio (8, 9) de preensāo; deslocar o meio (8, 9) de preensāo numa segunda direcção, de modo substancialmente axial relativamente ao punçāo (7), na direcção de e para lá do bordo de ataque do punçāo (7), para estirar a pré-forma (13) sobre o bordo de ataque do punçāo (7), estirando ao mesmo tempo a pré-forma (13) através do meio (8, 9) de preensāo.

DESCRIÇÃO

"MÉTODO PARA FORMAR UM SECTOR PARA UM REVESTIMENTO DE BORDO DE NACELA"

Esta invenção refere-se a um método e aparelho para formar revestimentos metálicos de curvatura composta e, em particular, a um método e aparelho para formar um bordo de ataque de capota de nacela (em seguida referido como um "revestimento de bordo") ou um seu sector a partir de uma única pré-forma de metal.

Na Fig. 1 é ilustrado um revestimento de bordo de nacela típico. A nacela compreende um fino revestimento metálico, de forma aerodinâmica, cobrindo um reactor de uma aeronave. A região frontal da nacela compreende um revestimento de bordo definindo a admissão do motor, que pode ser constituído por uma única parte ou múltiplos sectores. As características principais do revestimento de bordo são um bordo 1 de fuga exterior suave, que deve ser isento de irregularidades e descontinuidades para reduzir o arrasto e para evitar a criação de turbulência e um bordo 2 de admissão interior que, de um modo típico, tem uma forma para atenuar o ruído do motor isolando o ruído do ventilador e para guiar o fluxo de ar para o interior do motor, e um bordo de ataque ou bordo 3, que proporciona uma transição suave entre o bordo de fuga exterior e o bordo de admissão interior, ao mesmo tempo que cria uma área frontal pequena para reduzir o arrasto. O revestimento de bordo e, em particular, o seu bordo 3 de ataque, são susceptíveis a danos por detritos

projectados durante a descolagem e aterragem e por impacto de aves. Se o revestimento de bordo da nacela for danificado, a secção danificada deve ser substituída. De um modo típico, isto requer cortar a secção danificada e cortar uma secção 4 correspondente de um revestimento de bordo de substituição ou, de modo alternativo, substituir todo o revestimento de bordo da nacela.

Embora possam ser utilizados materiais compósitos para muitas peças da nacela, o revestimento do bordo deve, geralmente, ser feito de um metal, tal como alumínio ou titânio, para poder suportar impactos sobre o bordo de ataque ou o seu bordo. No entanto, a forma da complexa curvatura composta tridimensional do revestimento de bordo, tendo curvaturas compostas, exige, de um modo típico, um complexo processo de formação de vários estágios, exigindo, frequentemente, tratamento térmicos intermédios. De um modo típico, os revestimentos de bordo são produzidos por estampagens profundas de estágios múltiplos ou processos de enformação por rotação, requerendo ferramentas complexas e dispendiosas e processamento demorado de estágios múltiplos com tratamento térmicos intermédios. Além disso, estes processos conhecidos, geralmente, são apenas apropriados para formar revestimentos de bordo anulares completos e, portanto, não podem ser facilmente utilizados para produzir sectores separados requeridos para reparar sectores danificados específicos de um revestimento de bordo de nacela.

Além disso, devido a considerações de aerodinâmica e ruído, é particularmente desejável prolongar tanto quanto possível o bordo de fuga exterior do revestimento de bordo, conhecido como

bordo de ataque de fluxo laminar, em que o comprimento axial do bordo de fuga exterior do revestimento de bordo pode ser muito maior do que o comprimento axial do bordo de admissão interior. Os processos conhecidos de estampagem profunda são inadequados para o fabrico destes bordo de ataques de fluxo laminar. Os documentos US 5035133, US 2002/062675, DE 10334483 e JP 2002282953 divulgam métodos conhecidos de enformação de metal.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção é proporcionado um método de formar um sector de um revestimento de bordo de nacela de uma pré-forma de chapa metálica compreendendo as etapas de:

proporcionar um punção ou mandril curvo ou anular tendo uma superfície interior, uma superfície exterior e um bordo de ataque, o referido punção correspondendo, substancialmente, na forma ,a uma superfície interior de, pelo menos, um sector de revestimento de bordo de nacela;

colocar a pré-forma contra a superfície exterior do punção e apertar um bordo de fuga da pré-forma num meio de aperto para segurar a pré-forma contra a superfície exterior do punção, o referido meio de aperto agarrando o referido bordo de fuga da pré-forma sem resvalar;

agarrar um bordo de ataque da pré-forma, no lado oposto ao referido bordo de fuga, num meio de preensão, numa localização espaçada axialmente do referido punção, adjacente e em frente do bordo de ataque do punção, o referido meio de preensão agarrando a referida pré-forma com

força suficiente para permitir que a pré-forma flua através daquele de uma maneira controlada sem se rasgar ou enrugar;

deslocar o meio de preensão numa primeira direcção, de modo substancialmente radial relativamente ao punção, na direcção do eixo central do punção, estirando ao mesmo tempo a pré-forma através do meio de preensão; deslocar o meio de preensão numa segunda direcção, de modo substancialmente axial relativamente ao punção, na direcção de e para lá do bordo de ataque do punção, para estirar a pré-forma sobre o bordo de ataque do punção, estirando, ao mesmo tempo, a pré-forma através do meio de preensão.

De um modo preferido, o método compreende a etapa adicional de deslocar mais o meio de preensão na referida segunda direcção impedindo, ao mesmo tempo, que a pré-forma seja estirada através do referido meio de preensão para estirar a pré-forma sobre a superfície do punção. De um modo preferido, a referida etapa adicional compreende, além disso, deslocar axialmente o referido meio de aperto relativamente ao punção na referida segunda direcção para estirar mais a pré-forma sobre a superfície do punção. De um modo preferido, a pré-forma é impedida de ser estirada através do meio de preensão encostando um bordo de ataque do meio de preensão contra um elemento de preensão tendo uma face de preensão axial adaptada para cooperar com um bordo de ataque do meio de preensão para apertar a pré-forma entre aqueles.

Numa forma de realização é proporcionado um método de formar um revestimento de bordo de uma nacela a partir de uma pré-forma de metal, compreendendo formar a pré-forma numa forma curva

tendo um raio correspondente ao raio da superfície exterior de um punção e apertar um lado da pré-forma na, ou adjacente, à referida superfície exterior, apertar um lado curvo oposto da pré-forma num meio de preensão compreendendo primeiro e segundo elementos de preensão posicionados adjacentes e em frente de um bordo de ataque do punção, os referidos primeiro e segundo elementos de preensão agarrando a referida pré-forma com força suficiente para permitir que a pré-forma flua de uma maneira controlada entre os elementos de preensão sem se rasgar ou enrugar, mover o meio de preensão numa primeira direcção, de modo substancialmente radial para o interior relativamente ao eixo do punção, para estirar a pré-forma sobre o bordo de ataque do punção, subsequentemente mover o meio de preensão numa segunda direcção, transversal à referida primeira direcção e de modo substancialmente axial relativamente ao eixo do punção, para estirar a pré-forma em redor do bordo de ataque do punção. De um modo preferido, o método compreende a etapa adicional de impedir o fluxo da pré-forma entre o primeiro e segundo elementos de preensão do meio de preensão durante um movimento ulterior do meio de preensão na referida segunda direcção para estirar a pré-forma sobre a superfície do punção.

De acordo com um aspecto adicional da presente invenção é proporcionado um aparelho para formar um sector de um revestimento de bordo compreendendo:

um punção ou mandril curvo ou anular tendo uma superfície exterior, uma superfície interior e um bordo de ataque, o referido punção correspondendo na forma a, pelo menos, um sector da superfície interior do revestimento de bordo de nacela a ser formado;

meios de aperto para apertar um bordo de fuga de uma pré-forma para manter a pré-forma contra ou adjacente à superfície exterior do punção, o referido primeiro meio de aperto estando disposto para segurar o referido bordo de fuga da pré-forma sem resvalar;

meios de preensão para agarrar um bordo de ataque da pré-forma, no lado oposto ao referido bordo de fuga, numa localização espaçada axialmente do referido punção, adjacente e em frente do bordo de ataque do punção, o referido meio de preensão estando disposto de modo a agarrar a referida pré-forma com força suficiente para permitir que a pré-forma flua através daquele de uma maneira controlada, sem se rasgar ou enrugar;

o referido meio de preensão podendo ser deslocado relativamente ao punção numa primeira direcção, de modo substancialmente radial relativamente ao punção, na direcção do eixo central do punção, e numa segunda direcção, de modo substancialmente axial relativamente ao punção, na direcção de e para lá do bordo de ataque do punção, para estirar a pré-forma sobre o bordo de ataque do punção.

O punção pode compreender um corpo anular, reproduzindo um revestimento inteiro do bordo de nacela.

De modo alternativo, o punção pode compreender um sector curvo correspondendo a um sector de revestimento de bordo a ser formado. Onde o punção compreende um corpo anular, o punção pode ser não-axissimétrico para permitir a formação de um sector de

um revestimento de bordo não-axissimétrico. O punção pode ser capaz de rodar relativamente ao meio de preensão e ao meio de aperto para permitir que o punção seja posicionado relativamente ao meio de preensão e ao meio de aperto na posição correcta correspondente ao sector de revestimento de bordo a ser formado.

Serão agora descritas formas de realização da presente invenção, apenas a título de exemplo, com referência aos desenhos em anexo, nos quais:

A Fig. 1 é uma vista em perspectiva de um revestimento de bordo de uma nacela;

A Fig. 2A é uma vista em perspectiva de uma ferramenta para formar um revestimento de bordo de acordo com uma primeira forma de realização da presente invenção;

A Fig. 2B é uma vista em corte da ferramenta da Fig. 2A;

A Fig. 3 é uma vista explodida da ferramenta da Fig. 2A;

As Figs. 4A a 4H ilustram a utilização da ferramenta da Fig. 2A num método de formar um revestimento de bordo de nacela de acordo com uma primeira forma de realização da presente invenção;

As Figs. 5A a 5D ilustram as formas inicial, intermédias e final da pré-forma durante uma operação de formação;

A Fig. 6 é uma vista em corte de uma ferramenta para formar um revestimento de bordo de acordo com uma segunda forma de

realização da presente invenção;

A Fig. 7 é outra vista em corte da ferramenta da Fig. 6;

As Figs. 8A a 8H ilustram a utilização da ferramenta da Fig. 6 num método de formar um revestimento de bordo de nacela de acordo com uma segunda forma de realização da presente invenção; e

As Figs. 9A a 9C ilustram as formas inicial, intermédia e final da pré-forma durante uma operação de formação.

A presente invenção proporciona um método e um aparelho para formar um sector de um revestimento de bordo de nacela que superam as desvantagens da técnica anterior e são especialmente benéficos para reparações de nacela facilitando a criação rápida e fácil de um sector de substituição de um revestimento de bordo para substituir um sector danificado. Embora a presente invenção seja descrita particularmente em relação a revestimentos de bordo de nacela para aeronaves, o método e aparelho de acordo com a invenção podem ser igualmente utilizados para o fabrico de outros bordos de ataque de fluxo padrão ou laminar para uma variedade de aplicações.

Como ilustrado nas Figs. 2 a 4, uma ferramenta para formar um revestimento de bordo de nacela de acordo com uma primeira forma de realização da presente invenção compreende uma base 6 de ferramenta para suportar os outros componentes da ferramenta. Um punção 7 anular está apoiado sobre um bordo exterior da base de ferramenta. A base 6 de ferramenta pode compreender um núcleo em forma de disco de 360° completo, tendo um bordo exterior para suportar um bordo interior do punção 7 ou pode compreender um

sector, por exemplo, um sector de 180° suportando apenas uma parte superior do punção 7.

O punção 7 anular tem uma superfície exterior, um bordo de ataque e uma superfície interior tendo uma forma correspondente à superfície interior do revestimento de bordo terminado. O punção 7 pode corresponder a um sector de revestimento de bordo, por exemplo um sector de 180°, ou pode compreender um anel de 360° completo correspondente ao revestimento de bordo completo. O punção 7 pode ser rodado relativamente à base 6 de ferramenta para posicionar o punção relativamente ao resto da ferramenta de modo a que a região do punção correspondente ao sector de revestimento de bordo a ser produzido seja utilizada para formação do sector. Isto facilita a formação de sectores de revestimentos de bordo não-axissimétricos.

Um suporte 8 de pré-forma curvo está posicionado adjacente a e axialmente espaçado da base 6 de ferramenta. A superfície exterior do suporte 8 de pré-forma pode ser dotada de uma placa 14 de desgaste substituível contra a qual a pré-forma 13 pode deslizar.

Uma matriz 9 em forma de arco está adaptada para cooperar com o suporte 8 de pré-forma para engatar uma pré-forma 13 entre aqueles, como será descrito com mais pormenor abaixo. A matriz 9 em forma de arco tem uma superfície interior adaptada para se ajustar contra uma superfície exterior do suporte 8 de pré-forma, mais especificamente a placa 14 de desgaste ali proporcionada, com uma parte da pré-forma 13 interposta entre aqueles. A superfície interior da matriz 9 em forma de arco pode ser dotada de uma superfície 15 de desgaste substituível. Um

mecanismo de accionamento para mover radialmente a matriz 9 em forma de arco relativamente ao suporte 8 de pré-forma pode estar alojado no interior do suporte 8 de pré-forma. O mecanismo de accionamento pode compreender um ou mais actuadores de dupla acção. Um meio distribuidor de lubrificante pode ser proporcionado para dispensar um lubrificante entre a pré-forma e as superfícies opostas do suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco para ajudar a estirar a pré-forma entre estes.

A matriz 9 em forma de arco tem um bordo 18 de ataque adjacente ao bordo de ataque do punção 7 e uma superfície exterior em degraus, tendo uma primeira parte 16 adjacente ao bordo 18 de ataque tendo um raio exterior correspondente ao raio interior do punção 7, de tal modo que a primeira parte 16 da matriz em forma de arco pode mover-se telescopicamente para o centro do punção 7 e uma segunda secção mais espessa, distal do referido bordo de ataque, para proporcionar rigidez suficiente à ferramenta. A forma da segunda secção pode ser adaptada para proporcionar a rigidez exigida para obter uma força de aperto uniforme através da largura da pré-forma 13. O bordo 18 de ataque da matriz 9 em forma de arco é arredondado para minimizar o enrugamento e assegurar um processo de estiragem suave.

Uma garra 10 interior em forma de arco é montada numa face frontal da base 6 de ferramenta para cooperar com o bordo 18 de ataque da matriz 9 em forma de arco para apertar a pré-forma 13 entre estes numa etapa final de formação por estiramento, como será descrito com maior pormenor abaixo. A superfície da garra 10 em forma de arco pode ser texturada ou formada ou modificada de outra maneira para garantir que a pré-forma 13 pode ser agarrada sem resvalar.

Uma garra 12 de transferência em forma de arco (interior) e uma garra 11 exterior coaxial em forma de arco (exterior) são montadas junto ao punção 7, apoiado na retaguarda da base 6 de ferramenta, para apertar com firmeza uma região lateral da pré-forma 13 entre aquelas num bordo de fuga da pré-forma 13 para posicionar a pré-forma 13 contra o lado exterior do punção 7. As superfícies 20, 21 de aperto das garras 11, 12 exteriores e de transferência em forma de arco podem ser texturadas ou formadas ou modificadas de outra maneira para garantir que a pré-forma 13 é agarrada sem resvalar. As superfícies 20, 21 de aperto das garras exteriores e de transferência em forma de arco podem ser definidas por superfícies de desgaste substituíveis. Cada uma da garra 12 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior coaxial em forma de arco pode estender-se através de um ângulo suficiente para agarrar a largura da pré-forma 13 a ser formada. A largura mínima das superfícies 20, 21 de aperto deve, de um modo preferido, corresponder à largura do sector mais largo do revestimento de bordo a ser formado pela ferramenta. Na forma de realização mostrada, as garras 11, 12 exterior e de transferência em forma de arco, assim como o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, estendem-se por um ângulo de 180°. No entanto, isto é ilustrado apenas a título de exemplo e a extensão angular destes componentes pode variar.

Uma rigidez adequada é assegurada pela utilização de uma secção transversal de espessura escalonada das garras 22, 12 exterior e de transferência em forma de arco. As superfícies 20, 21 de aperto da garra 11 exterior em forma de arco e a garra 12 de transferência em forma de arco seguram com

firmeza a referida região lateral da pré-forma 13 durante todo o processo de formação. São proporcionados actuadores para mover radialmente a garra 11 exterior em forma de arco e a garra 12 de transferência em forma de arco uma relativamente à outra e para proporcionar a força de aperto exigida.

Numa forma de realização alternativa, a garra 11 exterior em forma de arco pode actuar directamente sobre uma parte da superfície exterior do punção 7 para apertar a pré-forma 13 contra este.

É proporcionado um mecanismo de accionamento diferencial entre a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 10 interior em forma de arco para controlar o deslocamento da garra de transferência em forma de arco para longe da base 6 de ferramenta em função do deslocamento da garra interior em forma de arco na direcção da base de ferramenta, durante uma etapa final de formação por estiramento, como será descrito abaixo. O mecanismo de accionamento diferencial pode compreender uma câmara fechada cheia de fluido tendo êmbolos com diferentes diâmetros ou áreas de secção ali montados de forma deslizante actuando contra a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 10 interior em forma de arco, este deslocamento da garra interior em forma de arco na direcção da base 6 de ferramenta resulta num deslocamento relativamente menor da garra 12 de transferência em forma de arco para longe da base 6 de ferramenta. Este deslocamento diferencial será importante para conseguir o processo final de estiramento desejado. De modo alternativo, um sistema de engrenagens e/ou uma disposição de came e seguidor de came podem ser proporcionados para transmitir movimento entre a garra 10 interior em forma de arco e a

garra 12 de transferência em forma de arco.

Para revestimentos de bordo axissimétricos, o raio da superfície 20 de aperto da garra 11 exterior em forma de arco é igual ao raio do bordo de fuga do sector de revestimento de bordo terminado.

Para revestimentos de bordo não-axissimétricos, o raio da superfície 21 de aperto da garra 12 de transferência em forma de arco será o valor mínimo do raio do bordo de fuga do revestimento de bordo. Em posições radiais onde existe uma disparidade nos raios, podem ser utilizados arredondamentos de combinação apropriados. Para revestimentos de bordo extremamente não-axissimétricos, a garra 12 de transferência em forma de arco pode compreender um elemento 360° anular completo correspondente ao punção 7 anular e posicionável relativamente a este. Neste caso, a garra 11 exterior em forma de arco pode ser formada a partir de um elemento segmentado flexível permitindo que a garra 11 exterior em forma de arco se ajuste à forma do sector relevante da garra 12 de transferência em forma de arco.

O tamanho total da pré-forma 13 será determinado a partir do tamanho de sector exigido e do estiramento exigido durante o processo de enformação. Deve ser utilizado o tamanho mínimo de material para assegurar enformação próxima da forma final. O “fluxo” de material pode ser ainda melhorado utilizando uma pré-forma perfilada.

Em utilização, um método para formar um sector de um revestimento de bordo de nacela utilizando a ferramenta descrita acima é como segue.

Onde é utilizado um punção 7 não-axissimétrico de 360° para criar um sector de um revestimento de bordo não-axissimétrico, o punção 7 (e a garra 12 de transferência em forma de arco, se apropriado) é posicionado na posição correcta correspondente ao sector de revestimento de bordo a ser formado.

Em primeiro lugar, uma pré-forma 13 é colocada contra a superfície exterior do punção 7 e em contacto com o suporte 8 de pré-forma. Dependendo da espessura, resistência e tamanho da pré-forma 13, pode ser exigida uma operação de laminagem da pré-forma até uma curvatura tendo um raio substancialmente igual ao raio da superfície exterior do punção 7. A pré-forma 13 é posicionada com uma extremidade da pré-forma 13 posicionada entre a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco e uma extremidade oposta da pré-forma 13 entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, como mostrado na Fig. 4A.

Uma força F_G de aperto é aplicada entre a garra 11 exterior em forma de arco e a garra 12 de transferência em forma de arco para agarrar totalmente a pré-forma 13 entre aquelas sem resvalar, como mostrado na Fig. 4B. A forma da pré-forma nesta fase está ilustrada na Fig. 5A.

Uma força F_{BH} de aperto é, em seguida, aplicada entre a matriz 9 em forma de arco e o suporte 8 de pré-forma, de forma suficiente para permitir que a pré-forma 13 flua de uma maneira controlada entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco sem se rasgar ou enrugar, como mostrado na Fig. 4C. O suporte 8 de pré-forma permanece estacionário relativamente à

base 6 de ferramenta e ao punção 7 durante esta fase. A forma da pré-forma nesta fase está ilustrada na Fig. 5B.

Em seguida, o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco são deslocados para baixo numa direcção radial em direcção ao eixo do punção 7 numa distância D_V , mantendo, ao mesmo tempo a referida força F_{BH} de aperto controlada entre a matriz 9 em forma de arco e o suporte 8 de pré-forma, como mostrado na Fig. 4D.

Durante esta fase, a pré-forma 13 flui, de uma maneira regulada entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco e é enformada sobre o bordo de ataque do punção 7 para criar a forma da pré-forma ilustrada na Fig. 5C.

Em seguida, o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco são deslocados horizontalmente, numa distância D_H , na direcção e para lá do bordo de ataque do punção 7 mantendo, ao mesmo tempo, a referida força F_{BH} de aperto controlada entre a matriz 9 em forma de arco e o suporte 8 de pré-forma, como mostrado na Fig. 4E. Durante esta fase a pré-forma 13 flui, de uma maneira regulada entre o suporte 8 de ferramenta e a matriz 9 em forma de arco enquanto sofre estiramento inverso em redor do bordo 18 de ataque da matriz 9 em forma de arco. A forma da pré-forma nesta fase está ilustrada na Fig. 5D. Este movimento pode ser obtido movendo o punção 7 relativamente ao suporte 8 de pré-forma.

Neste momento, o bordo 18 de ataque da matriz 9 em forma de arco, com a pré-forma 13 ali disposta, encosta à garra 10 interior em forma de arco para prender a pré-forma 13 entre

estas. O movimento continuado numa distância S_{IH} do suporte 8 de pré-forma e matriz 9 em forma de arco relativamente à base 6 de ferramenta/punção 7 estira a pré-forma 13 sobre a superfície do punção 7.

Nesta fase, a acção da matriz 9 em forma de arco contra a garra 10 interior em forma de arco é transmitida através do mecanismo de accionamento diferencial para causar o deslocamento da garra 12 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior em forma de arco relativamente à base 6 de ferramenta/punção 7 numa distância S_{OH} mantendo, ao mesmo tempo, a força F_G de preensão, como mostrado na Fig. 4F. A relação de S_{IH} com S_{OH} , determinada pelo mecanismo de accionamento diferencial, é crítica para que a operação final de estiramento consiga a forma final exigida sem vincos, rasgões ou enrugamento e recuperação elástica mínima.

Uma vez conseguida a forma final, a força F_{BH} de aperto entre o suporte 8 de ferramenta e a matriz 9 em forma de arco é aliviada e o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco são retraídos, como mostrado na Fig. 4G. Em seguida, a força F_G de aperto entre a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco é aliviada e a garra 11 exterior em forma de arco é retraída para longe da garra 12 de transferência em forma de arco para libertar a peça formada, como mostrado na Fig. 4H.

O revestimento final do bordo pode ser produzido cortando as partes da pré-forma 13 seguras pela garra 11 exterior em forma de arco e pela garra 10 interior em forma de arco, de modo a que o produto final seja isento de marcas de ferramenta.

Devido à forma afilada do revestimento de bordo, verificou-se que a enformação de uma pré-forma curva sobre a matriz pode conduzir a enrugamento do metal, particularmente com determinados metais. Além disso, as variações na espessura da pré-forma podem causar problemas relativamente à acção dos meios de preensão e de aperto. Uma segunda forma de realização da presente invenção (ilustrada nas Figuras 6 a 9C) aliviam estes problemas utilizando uma pré-forma 13 cónica e conferindo um perfil ao suporte 8 de pré-forma e à matriz 9 em forma de arco e às garras 10, 11 exterior e de transferência em forma de arco para definir superfícies de preensão cónicas que mantêm a pré-forma substancialmente paralela a uma linha que estende de um bordo de fuga do punção 7 (correspondendo, substancialmente, a um bordo de fuga do revestimento terminado do bordo) até um bordo de ataque da parte frontal do punção 7 (i. e., o vértice do bordo de ataque do revestimento de bordo). Nos desenhos, números de referência semelhantes são utilizados para descrever partes semelhantes entre as duas formas de realização.

O aparelho, de acordo com a segunda forma de realização da invenção, é semelhante à primeira forma de realização em muitos pormenores, compreendendo um punção 7 anular apoiado numa base de ferramenta (não mostrada).

Como com a primeira forma de realização, o punção 7 anular tem uma superfície exterior, um bordo de ataque e uma superfície interior tendo uma forma correspondente à superfície interior do revestimento de bordo terminado. Mais uma vez, o punção 7 pode corresponder a um sector de revestimento de bordo, por exemplo um sector de 180° ou pode compreender um anel de 360° completo

correspondente à totalidade do revestimento de bordo. O punção 7 pode ser rodado relativamente à base de ferramenta (não mostrada) para posicionar o punção relativamente ao resto da ferramenta, de modo a que a região do punção correspondente ao sector de revestimento de bordo a ser produzido seja utilizada para formação do sector. Isto facilita a formação de sectores de revestimentos de bordo não-axissimétricos.

Um suporte 8 de pré-forma é posicionado adjacente e espaçado axialmente da base de ferramenta. A superfície 14 exterior do suporte 8 de pré-forma compreende um sector de 180° de um cone truncado tendo uma superfície exterior formada para corresponder à pré-forma cónica. É proporcionada uma matriz 9 em forma de arco tendo uma superfície interior adaptada para cooperar com a superfície exterior do suporte 8 de pré-forma, para permitir que a pré-forma flua de uma maneira controlada entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, sem se rasgar ou enrugar. O raio exterior da matriz 9 em forma de arco está adaptado para permitir que a matriz 9 em forma de arco passe no interior do punção 7 anular com folga suficiente para garantir que a pré-forma não fique presa entre a superfície exterior da matriz 9 em forma de arco e a superfície interior do punção 7.

A face 18 frontal da matriz 9 em forma de arco é formada para permitir que a pré-forma seja estirada sobre a face frontal da matriz 9 em forma de arco para minimizar o enrugamento e para assegurar um processo de estiramento/re-estiramento suave. É proporcionado um mecanismo actuador para mover a matriz 9 em forma de arco horizontalmente relativamente ao suporte 8 de pré-forma para apertar a pré-forma 13 entre estes. A garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de

arco são dotadas de superfícies de acoplamento cónicas para agarrar um bordo de fuga da pré-forma 13. As faces correspondentes da garra 12 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior em forma de arco são texturadas de modo apropriado para impossibilitar o resvalamento. Adeuada rigidez é assegurada pela utilização de uma secção cónica.

A garra 12 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior em forma de arco apertam a pré-forma 13 junto ao seu bordo de fuga durante toda a operação de formação. Para revestimentos de bordo axissimétricos, a superfície 20 cónica da garra 12 de transferência em forma de arco é coincidente com o bordo de fuga da pré-forma 13. Para revestimentos de bordo não-axissimétricos, a superfície 20 cónica da garra 12 de transferência em forma de arco corresponde ao raio mínimo do bordo de fuga do punção 7. Em posições radiais onde existe uma disparidade nos raios, podem ser utilizados arredondamentos de combinação apropriados. Para acomodar variações maiores no raio do revestimento de bordo, a garra 12 de transferência em forma de arco pode ser formada como uma superfície de 360° completa seguindo as variações radiais do punção 7. Nesta forma de realização, a garra 11 exterior em forma de arco pode ser formada como um elemento segmentado tendo flexibilidade suficiente para se ajustar à forma da garra 12 de transferência em forma de arco.

A garra 10 interior em forma de arco é disposta com uma face de aperto adaptada para se encostar ao bordo de ataque da matriz 9 em forma de arco para proporcionar um processo de estiramento final. A garra 10 interior em forma de arco está ligada à garra 12 de transferência em forma de arco por um

actuador de deslocamento diferencial, compreendendo o engrenamento apropriado de ligações hidráulicas (com êmbolos de diâmetro diferente) da mesma forma que a primeira forma de realização, como será descrito abaixo.

A pré-forma 13 tem um tamanho determinado a partir do tamanho de sector exigido e do estiramento exigido durante o processo de formação. É utilizado o tamanho mínimo de material para assegurar enformação próxima da forma final. O fluxo do material pode ser ainda aumentado utilizando uma pré-forma perfilada. O perfil cónico da pré-forma 13 pode ser produzido durante o processo ou pode ser formado por um processo de pré-formação inicial, por exemplo, por uma operação de laminagem.

As superfícies cónicas da garra 12 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior em forma de arco e do suporte 8 de pré-forma e da matriz 9 em forma de arco proporcionam um efeito de aperto com pressão variável que pode compensar a variabilidade de espessura do material.

O suporte 8 de pré-forma, matriz 9 em forma de arco e garras 10, 11 de transferência e exterior em forma de arco estão dispostos relativamente ao punção 7 de modo a que o eixo 23 central do punção 7 esteja inclinado relativamente ao eixo 24 central da pré-forma 13, de modo a que a pré-forma seja substancialmente paralela a uma linha, estendendo-se entre um bordo de fuga da superfície exterior do punção 7 e o bordo de ataque da parte frontal do punção quando a pré-forma 13 é inicialmente colocada na ferramenta.

Em utilização, é colocada uma pré-forma entre a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco numa extremidade de arrasto e entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco numa extremidade de ataque. Dependendo da espessura, resistência e tamanho da pré-forma, a pré-forma pode exigir uma operação de laminagem da pré-forma para produzir um perfil cónico formado para se ajustar contra a superfície exterior da matriz 7 e se ajustar no interior da ferramenta. A operação de laminagem inicial proporcionará um componente mais rígido que é mais fácil de manipular durante o processo de carga. A forma da pré-forma está ilustrada na Figura 8A.

A garra 11 exterior em forma de arco é movida numa direcção axial por actuadores apropriados para apertar a pré-forma entre a garra 12 de transferência em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco e uma força F_G suficiente é aplicada para prender a pré-forma, sem resvalar, como mostrado na Figura 8B. A acção óptima de linha de força (*i. e.* movimento) da garra exterior em forma de arco está alinhada com o eixo 24 central da pré-forma quando inicialmente colocada no interior da ferramenta. No entanto, a garra 11 exterior em forma de arco pode ser móvel em outras direcções, incluindo paralelas ao eixo da matriz ou substancialmente perpendiculares ao referido eixo.

Em seguida, a matriz 9 em forma de arco é movida, por actuadores apropriados, na direcção do suporte 8 de pré-forma para prender a pré-forma entre estes. Uma força F_{BH} suficiente é aplicada para permitir que a pré-forma flua de uma maneira controlada entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, sem se rasgar ou enrugar. Além disso, a direcção óptima

do movimento da matriz 9 em forma de arco e, consequentemente, a aplicação da força F_{BH} , está alinhada com o eixo central da pré-forma 24, como mostrado na Figura 8C.

Em seguida, o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco e a garra 10 interior em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco são deslocados numa primeira direcção, em direcção ao eixo central do punção, num sentido substancialmente descendente, como um conjunto completo, numa distância D_V , mantendo ao mesmo tempo a força F_{BH} controlada entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco e a força F_G de aperto entre a garra interior em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco. Durante esta fase, a pré-forma flui entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, como mostrado na Figura 8D. Mais uma vez, como com a primeira forma de realização, prevê-se que o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco possam ser mantidos estacionários e o punção 7 e os componentes associados possam ser movidos relativamente ao suporte 8 de pré-forma.

Em seguida, as garras 10, 11 de transferência e exterior em forma de arco são mantidas estacionárias e o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco são movidos uma distância D_d adicional no referido sentido descendente, a pré-forma flui entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco, como mostrado na Figura 8E, para criar a forma mostrada na Fig. 9B.

Em seguida, o suporte 8 de pré-forma e a matriz em forma de arco são deslocados horizontalmente numa distância D_H mantendo ao mesmo tempo uma força F_{BH} controlada entre o suporte 8 de

pré-forma e a matriz 9 em forma de arco. Durante esta fase, a pré-forma flui entre o suporte 8 de pré-forma e a matriz 9 em forma de arco ao mesmo tempo que é efectuado o estiramento inverso em redor do bordo 18 posterior da matriz 9 em forma de arco, como mostrado na Figura 8F. A pré-forma nesta fase é mostrada na Figura 9C.

Uma vez completado o estiramento inverso, o bordo 18 posterior da matriz 9 em forma de arco entra em contacto com a garra 10 interior em forma de arco para prender a pré-forma entre estes, sem resvalar, e o movimento horizontal continuado da garra em forma de arco move de modo diferencial as garras 10, 11 de transferência e exterior em forma de arco para executar uma operação de estiramento final sobre a pré-forma. Durante esta fase, a matriz 9 em forma de arco e garra 10 interior em forma de arco move-se ao longo de uma distância S_{OH} enquanto a garra 10 de transferência em forma de arco e garra 11 exterior em forma de arco se movem ao longo de uma distância S_{IH} , como mostrado na Figura 8G. O mecanismo de deslocamento diferencial assegura que seja conseguida uma relação crítica de S_{OH} para S_{IH} , para obter o estiramento final exigido sem rasgar ou enrugar a pré-forma.

Uma vez que a forma completa tenha sido conseguida, a força F_{BH} de aperto é aliviada para libertar a pré-forma 13 e a matriz 9 em forma de arco e a garra 11 exterior em forma de arco são movidas horizontalmente numa distância D_{RH} para libertar a pré-forma 13 formada da ferramenta, como mostrado na Figura 8H.

A presente invenção proporciona um processo melhorado e um aparelho de fase única para formar um sector de um revestimento

de bordo onde a secção mais importante do revestimento de bordo de um ponto de vista aerodinâmico, nomeadamente o bordo de fuga exterior é exposta ao mínimo de estiramento e dobragem e está isenta de marcas de aperto ou de ferramentas. Porque a parte da pré-forma formando o bordo de fuga exterior do revestimento de bordo terminado não é afectada pelo processo de formação, a presente invenção pode formar rapidamente bordos de ataque de fluxo laminar tendo um bordo de fuga cujo comprimento axial a partir do bordo de ataque é de comprimento muito maior do que aqueles realizáveis com métodos de formação conhecidos.

A invenção não está limitada às formas de realização aqui descritas mas pode ser alterada ou modificada sem sair do âmbito das reivindicações em anexo.

Lisboa, 13 de Novembro de 2012

REIVINDICAÇÕES

1. Método de formar um sector para um revestimento de bordo de nacela a partir de uma pré-forma (13) de chapa metálica compreendendo as etapas de:

proporcionar um punção ou mandril (7) curvo ou anular tendo uma superfície interior, uma superfície exterior e um bordo de ataque, o referido punção (7), correspondendo substancialmente na forma, a uma superfície interior de, pelo menos, um sector de revestimento de bordo de nacela;

posicionar a pré-forma (13) contra a superfície exterior do punção (7) e apertar um bordo de fuga da pré-forma (13) num meio de aperto para segurar a pré-forma contra a superfície exterior do punção (7), o referido meio de aperto agarrando o referido bordo de fuga da pré-forma sem resvalar;

prender um bordo de ataque da pré-forma (13), oposto ao referido bordo de fuga, num meio de preensão, numa localização espaçada axialmente do referido punção (7), adjacente e em frente do bordo de ataque do punção, o referido meio de preensão agarrando a referida pré-forma com força suficiente para permitir que a pré-forma flua através deste de uma maneira controlada, sem se rasgar ou enrugar; caracterizado pelo

deslocamento do meio de preensão numa primeira direcção, de modo substancialmente radial relativamente ao punção (7), em direcção a um eixo central do punção (7) estirando ao mesmo tempo a pré-forma (13) através do meio de preensão; e pelo deslocamento do meio de preensão numa segunda direcção, de modo substancialmente axial relativamente ao punção (7), na direcção de e para lá do bordo de ataque do punção, para estirar a pré-forma (13) sobre o bordo de ataque do punção (7) estirando ao mesmo tempo a pré-forma (13) através do meio de preensão.

2. Método como reivindicado na reivindicação 1, compreendendo a etapa adicional de deslocar mais o meio de preensão na referida segunda direcção impedindo, ao mesmo tempo, que a pré-forma (13) seja estirada através do referido meio de preensão para estirar a pré-forma sobre a superfície do punção.
3. Método como reivindicado na reivindicação 2, em que a referida etapa adicional compreende ainda deslocar axialmente o referido meio de aperto relativamente ao punção na referida segunda direcção para estirar mais a pré-forma sobre a superfície do punção.
4. Método como reivindicado na reivindicação 3, onde a pré-forma é impedida de ser estirada através do meio de preensão por encosto de um bordo de ataque do meio de preensão contra um elemento de preensão, tendo uma face de preensão axial adaptada para cooperar com um bordo de

ataque do meio de preensão para apertar a pré-forma entre aqueles.

5. Método como reivindicado em qualquer reivindicação anterior, compreendendo um passo inicial de formar uma curvatura inicial na referida pré-forma (13), correspondendo substancialmente à forma exterior do punção (7) ou formar a pré-forma (13) para definir, pelo menos, um sector de um cone truncado.
6. Aparelho para formar um sector de revestimento de bordo, compreendendo:

um punção ou um mandril (7) curvo ou anular tendo uma superfície exterior, uma superfície interior e um bordo de ataque, o referido punção (7) correspondendo na forma a, pelo menos, um sector da superfície interior do revestimento do bordo de nacela a ser formado;

um meio de aperto para apertar um bordo de fuga de uma pré-forma (13) para segurar a pré-forma (13) contra ou adjacente à superfície exterior do punção (7), o referido meio de aperto estando disposto para segurar o referido bordo de fuga da pré-forma (13) sem resvalar;

um meio de preensão para agarrar um bordo de ataque da pré-forma (13), oposto ao referido bordo de fuga, numa localização espaçada axialmente do referido punção (7), adjacente e em frente do bordo de ataque do

punção (7), o referido meio de preensão estando disposto para agarrar a referida pré-forma (13) com força suficiente para permitir que a pré-forma (13) flua através daquele de uma maneira controlada sem se rasgar ou enrugar;

o referido meio de preensão sendo caracterizado por poder ser deslocado relativamente ao punção (7) numa primeira direcção, de modo substancialmente radial relativamente ao punção, na direcção de um eixo central do punção (7), e numa segunda direcção, de modo substancialmente axial relativamente ao punção (7), na direcção de e para lá do bordo de ataque do punção (7), para estirar a pré-forma (13) sobre o bordo de ataque do punção (7).

7. Aparelho como reivindicado na reivindicação 6, em que o punção comprehende um corpo anular não-axissimétrico para permitir a formação de um sector de um revestimento de bordo não-axissimétrico.
8. Aparelho como reivindicado na reivindicação 7, em que o punção é capaz de rodar relativamente ao meio de preensão e ao meio de aperto, para permitir que o punção seja posicionado relativamente ao meio de preensão e ao meio de aperto na posição correcta correspondente ao sector de revestimento de bordo a ser formado.
9. Aparelho como reivindicado em qualquer das reivindicações 6 a 8, em que o meio de preensão comprehende um suporte (8) de pré-forma tendo uma superfície exterior curva ou cónica e um

elemento (9) de aperto exterior adaptado para apertar a pré-forma (13) contra a superfície exterior do suporte (7) de pré-forma.

10. Aparelho como reivindicado na reivindicação 9, em que o elemento (9) de aperto exterior do meio de preensão é dotado de um bordo (18) de ataque arredondado, a pré-forma (13) sendo estirada sobre o referido bordo (18) de ataque para curvar a pré-forma (13) ao contrário à medida que é estirada através do meio de preensão.
11. Aparelho como reivindicado em qualquer das reivindicações 6 a 10, em que o referido meio de aperto comprehende elementos (11, 12) de aperto interiores e exteriores substancialmente coaxiais, os referidos elementos (11, 12) de aperto interiores e exteriores sendo móveis um relativamente ao outro para apertar a pré-forma (13) entre as suas superfícies (20, 21) de aperto cooperantes.
12. Aparelho como reivindicado na reivindicação 11, em que as referidas superfícies (20, 21) de aperto têm uma curvatura substancialmente correspondente à curvatura do lado exterior do punção (7), ou em que as superfícies (20, 21) de aperto têm uma forma correspondente a um cone truncado.
13. Aparelho como reivindicado em qualquer das reivindicações 6 a 12, em que a referida pré-forma (13) e as superfícies cooperantes do referido meio de preensão e meio de aperto têm uma forma cónica tendo um eixo inclinado relativamente ao eixo do punção e

em que o eixo central do punção (7) está inclinado para baixo relativamente ao eixo central da pré-forma (13) de modo a que a pré-forma (13) seja substancialmente paralela a uma linha que se estende entre um bordo de fuga da superfície exterior do punção (7) e o bordo de ataque da parte frontal do punção (7) quando a pré-forma (13) é inicialmente colocada no aparelho.

14. Aparelho como reivindicado em qualquer das reivindicações 6 a 11, em que o meio de aperto é montado para ser axialmente móvel relativamente ao punção (7) para permitir o estiramento da pré-forma (13) sobre o punção (7) durante um processo de estiramento final.
15. Aparelho como reivindicado na reivindicação 14, em que uma parte do meio de preensão está disposta para se encostar a uma parte adicional da ferramenta, definindo uma face de preensão, à medida que o meio de preensão se move na referida segunda direcção para apertar a pré-forma (13) entre o meio de preensão e a referida face de preensão durante o referido processo de estiramento final de estirar a pré-forma (13) sobre a superfície do punção (7).
16. Aparelho como reivindicado na reivindicação 15, em que é proporcionado um mecanismo de accionamento diferencial entre o meio de aperto e a face de preensão para transferir uma força motriz entre o meio de preensão e o meio de aperto à medida que o meio de preensão se move na referida segunda direcção com a referida parte do meio de preensão em contacto de encosto com a referida face de preensão, para controlar o deslocamento axial relativo do bordo de fuga e

do bordo de admissão interior de um revestimento de bordo definido pela pré-forma (13) durante o processo de estiramento final, de tal modo que

a relação de deslocamento do bordo de fuga e do bordo de admissão interior durante o processo de estiramento final é controlada pelo mecanismo de accionamento diferencial.

17. Aparelho como reivindicado na reivindicação 16, em que o mecanismo de accionamento diferencial comprehende uma câmara fechada tendo êmbolos de diferentes diâmetros ou áreas de secção, montados de modo deslizante no interior de cilindros de recepção actuando, respectivamente, contra o meio de aperto e o meio de preensão, de tal modo que o deslocamento do meio de preensão na direcção de uma base de ferramenta após o que o punção (7), meio de aperto e meio de preensão são montados, resulta num deslocamento relativamente menor do meio de aperto para longe da base da ferramenta ou em que o mecanismo de accionamento diferencial comprehende um sistema de engrenagens para transmitir movimento entre a face de preensão e o meio de aperto.

Lisboa, 13 de Novembro de 2012

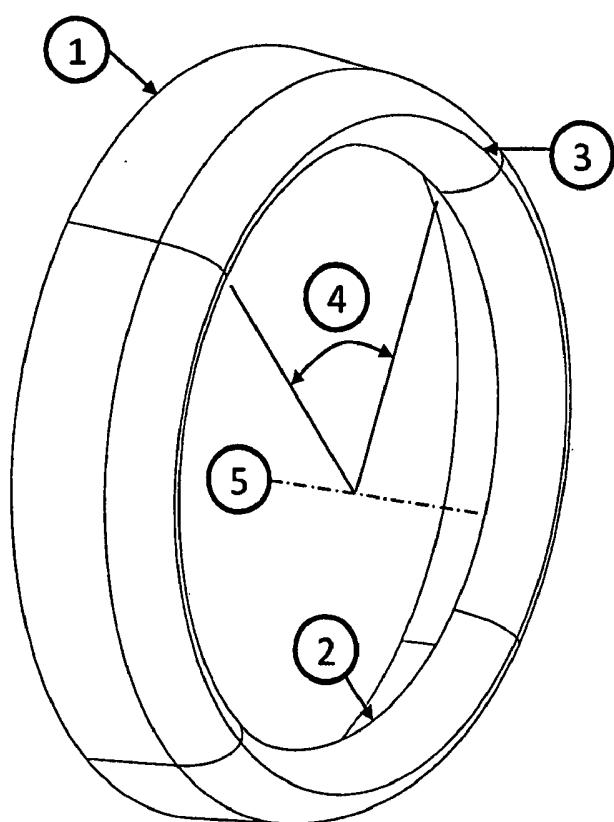


Figura 1

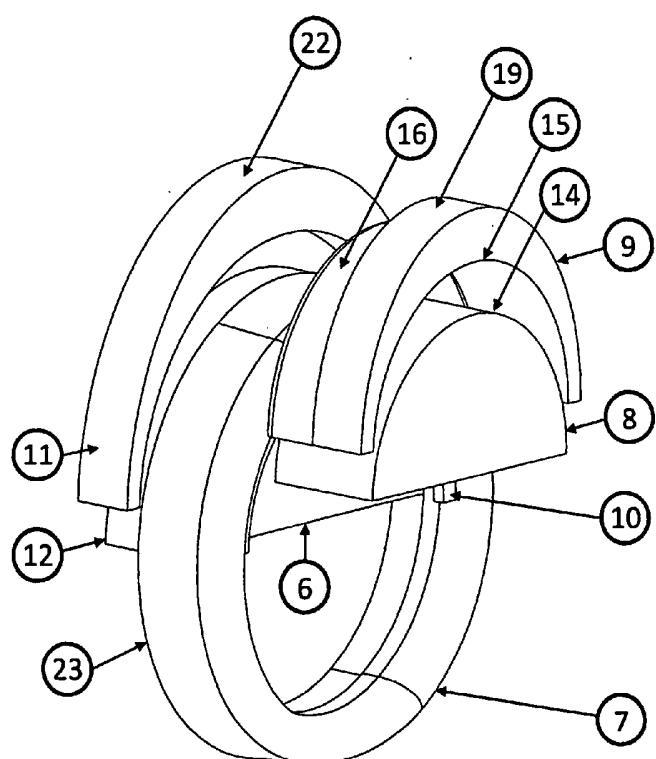


Figura 2:A

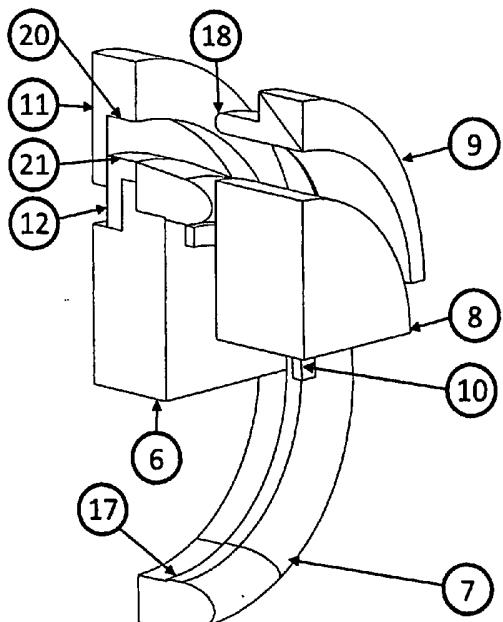


Figura 2:B

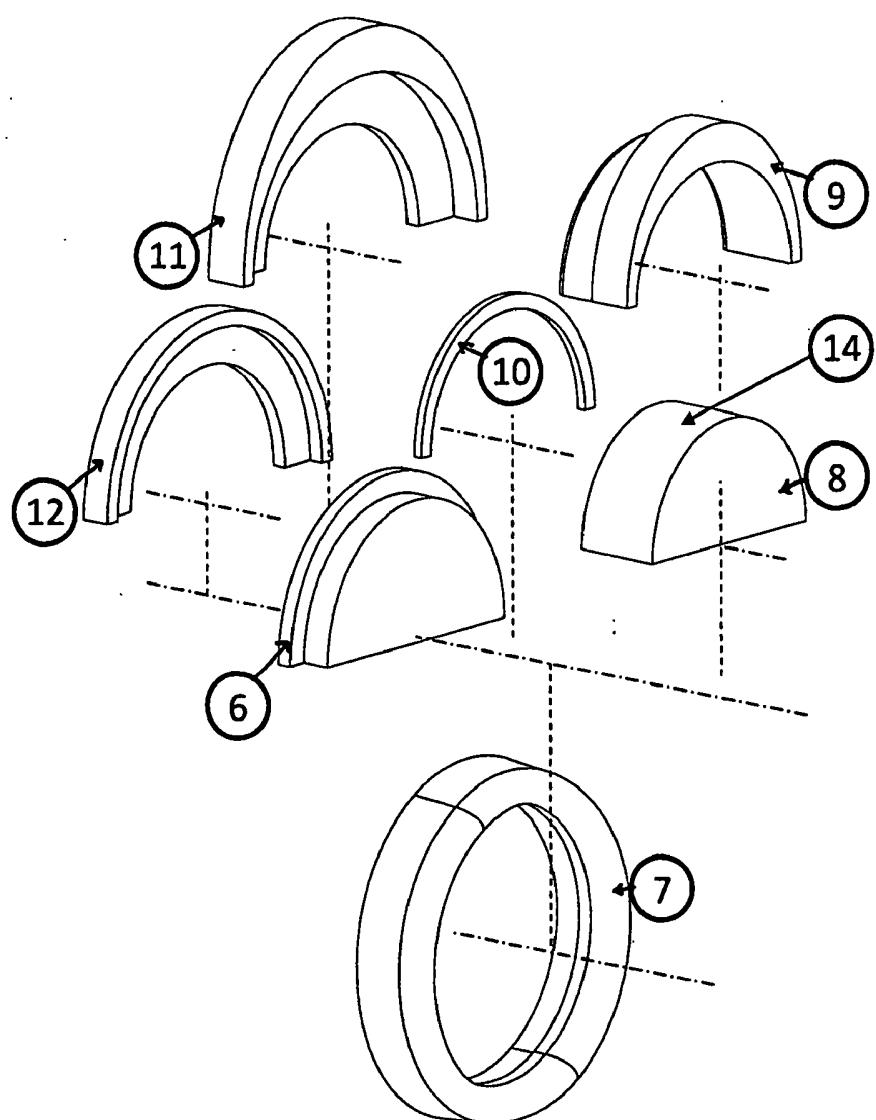


Figura 3

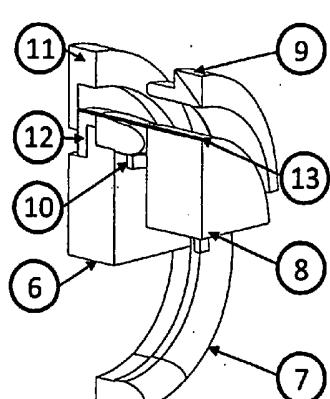


Figura 4:A

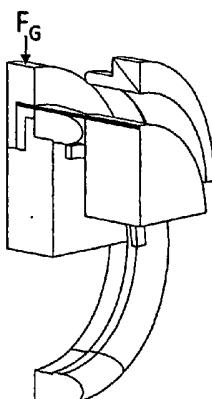


Figura 4:B

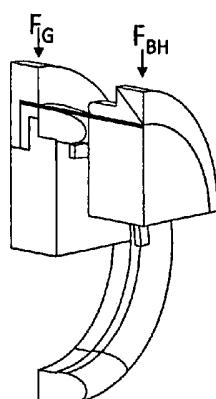


Figura 4:C

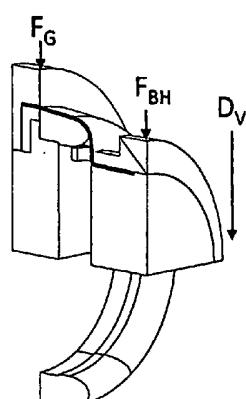


Figura 4:D

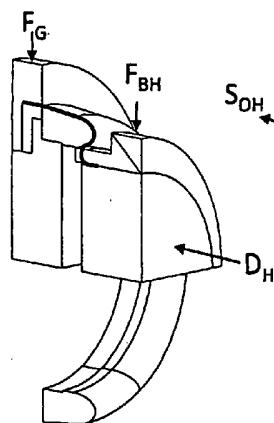


Figura 4:E

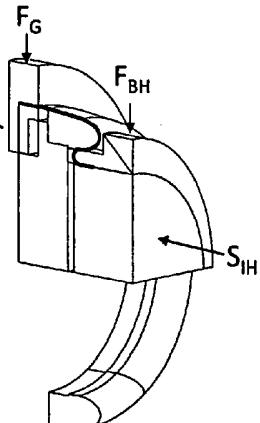


Figura 4:F

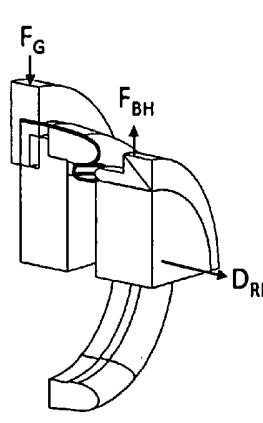


Figura 4:G

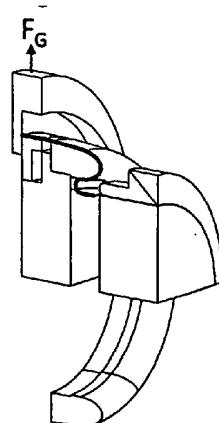


Figura 4:H

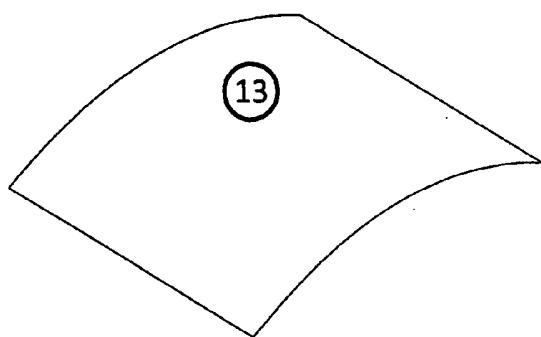


Figura 5:A

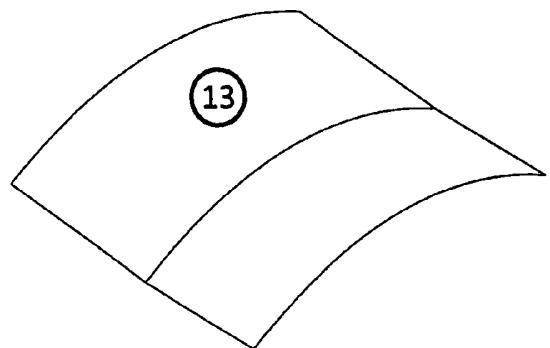


Figura 5:B

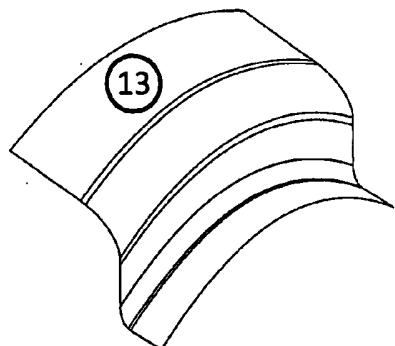


Figura 5:C

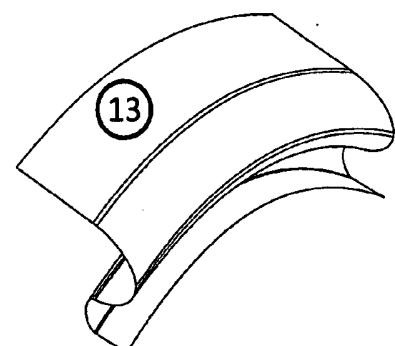


Figura 5:D

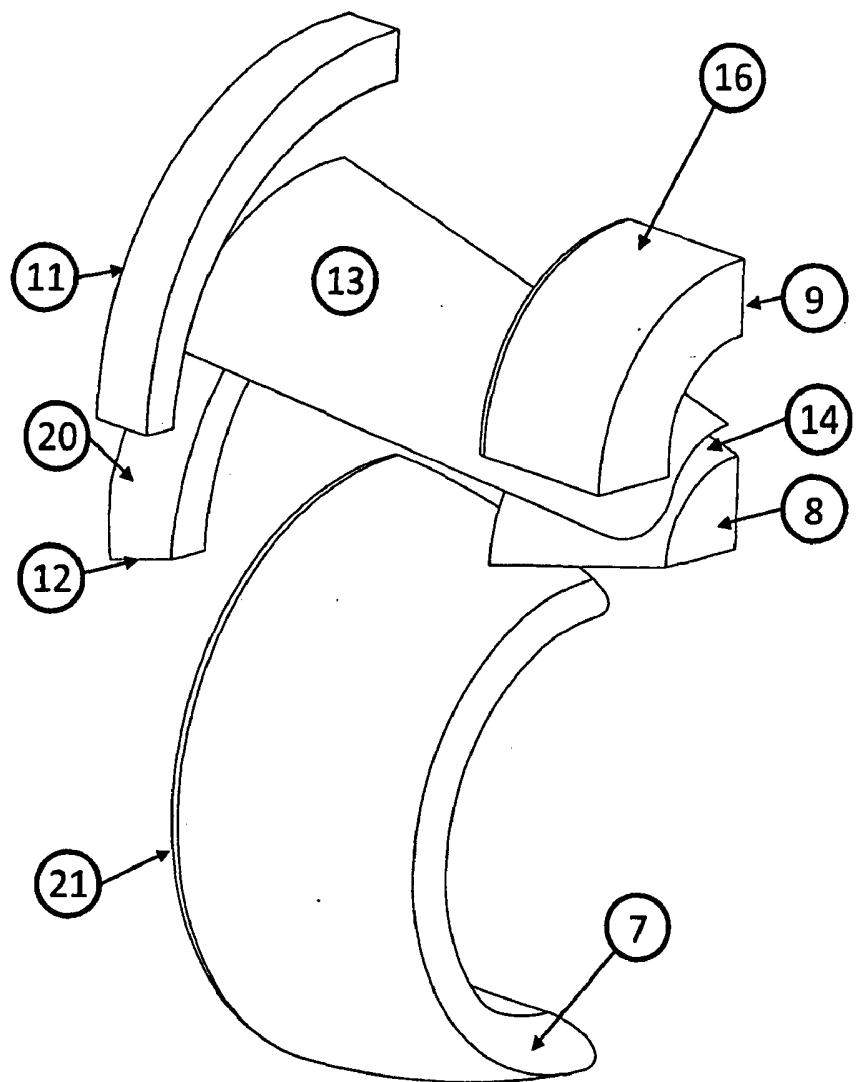


Figura 6

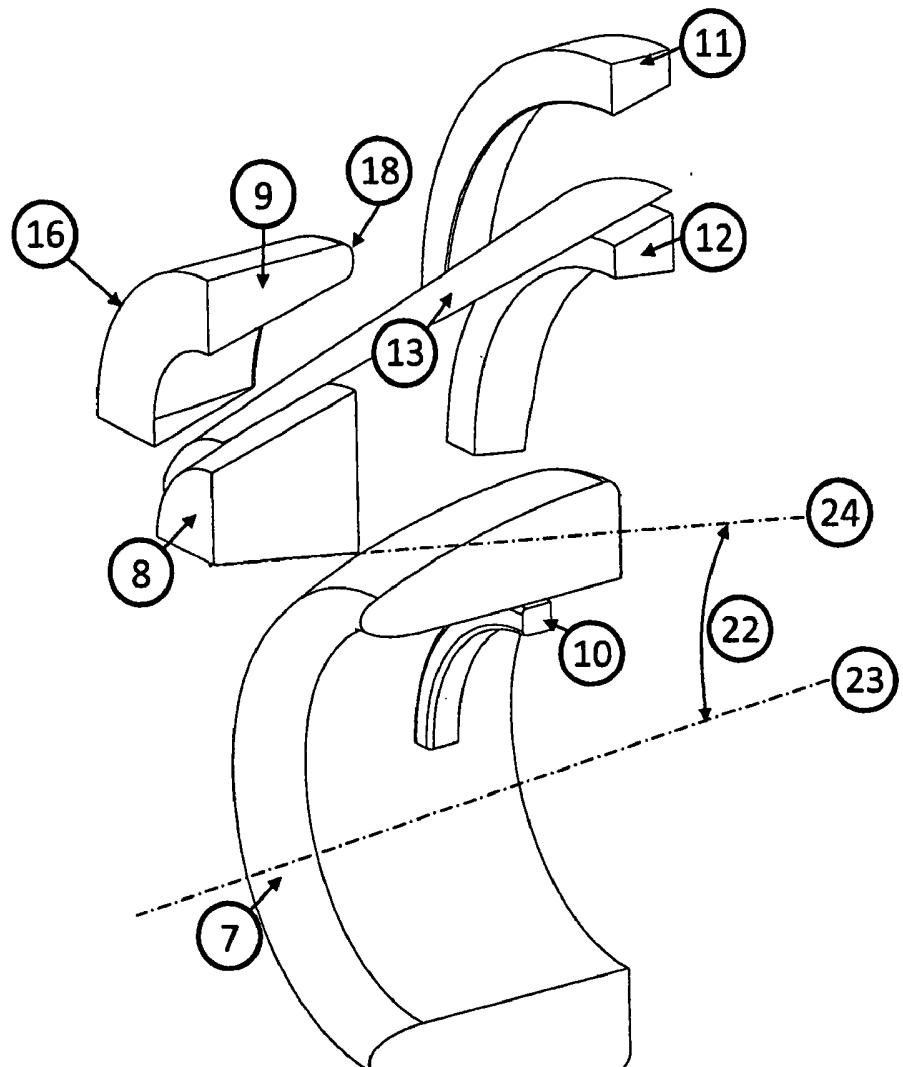


Figura 7

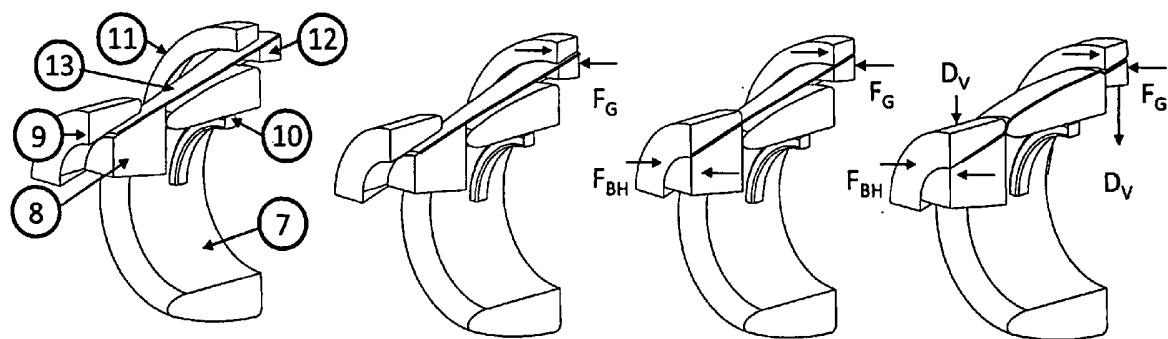


Figura 8:A

Figura 8:B

Figura 8:C

Figura 8:D

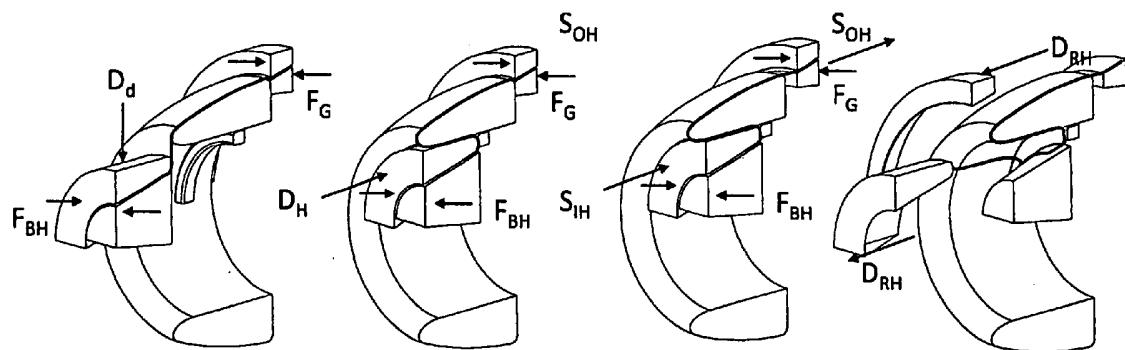


Figura 8:E

Figura 8:F

Figura 8:G

Figura 8:H

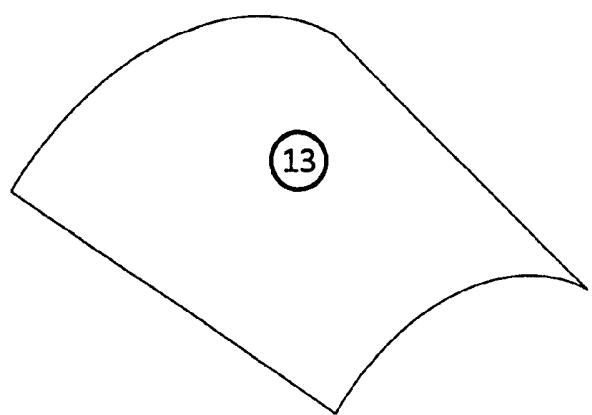


Figura 9:A

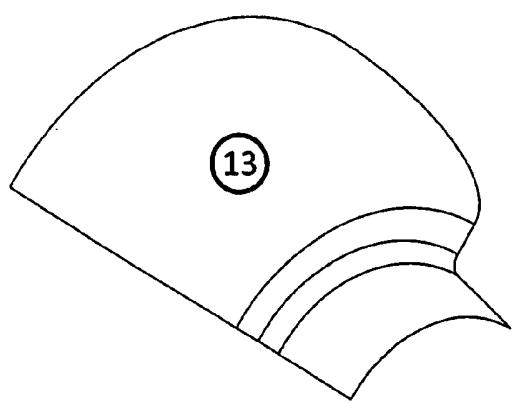


Figura 9:B

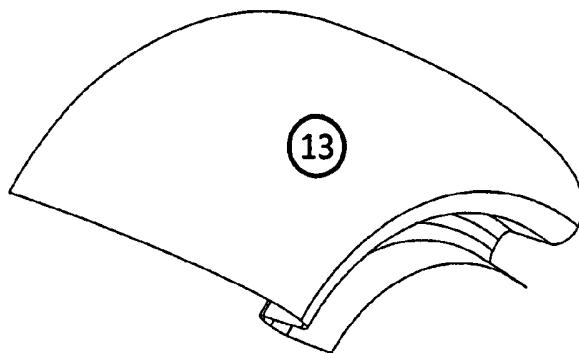


Figura 9:C