



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

(11) PI 0915555-4 B1



(22) Data do Depósito: 19/06/2009

(45) Data de Concessão: 31/12/2019

(54) Título: MÉTODO E APARELHO PARA FORMAR UM SETOR PARA UMA PELÍCULA DE REBORDO

(51) Int.Cl.: B21D 53/92; B21D 25/02; B21D 25/04.

(30) Prioridade Unionista: 10/07/2008 GB 0812614.6.

(73) Titular(es): UNIVERSITY OF ULSTER.

(72) Inventor(es): ALAN LEACOCK; MICHAEL LUDLOW; DESMOND BROWN; ROBERT JOSEPH MCMURRAY.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009004434 de 19/06/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/003538 de 14/01/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 10/01/2011

(57) Resumo: MÉTODO E APARELHO PARA FORMAR UM SETOR PARA UMA PELÍCULA DE REBORDO Um método para formar um setor para uma película de rebordo de nacela de um esboço de metal em chapa incluindo as etapas de: prover um punção ou mandril arqueado ou anular (7) tendo uma superfície interna, uma superfície externa e uma borda de ataque, o punção (7) correspondendo substancialmente em forma a uma superfície interna de pelo menos um setor da película de rebordo de nacela, colocar o esboço (13) contra a superfície externa do punção (7) e afixar uma borda de fuga do esboço (13) em um meio de afixação (11, 12) para reter o esboço (13) contra a superfície externa do punção (7), o meio de afixação (11, 12) segurando a borda de fuga do esboço sem deslizamento; segurar uma borda de ataque do esboço (13), oposta à borda de fuga, em um meio de prensão (8, 9), a um local espaçado axialmente do punção (7) adjacente e em frente à borda de ataque do punção (7), o meio de prensão (8, 9) segurando o esboço (13) com força suficiente para permitir ao esboço (13) escoar por ele de uma maneira controlada sem rasgar ou enrugar; deslocar o meio de prensão (8, 9) em uma primeira direção, substancialmente radialmente com relação ao punção (7), para o eixo central (...).

MÉTODO E APARELHO PARA FORMAR UM SETOR PARA UMA PELÍCULA DE REBORDO

[0001] Esta invenção relaciona-se a método e aparelho para formar películas de metal de curvatura composta, e em particular a um método e aparelho para formar uma borda de ataque de capô de nacela (em seguida chamada uma "película de rebordo") ou um setor disso de um único esboço de metal.

[0002] Uma típica película de rebordo de nacela é ilustrado na Figura 1. A nacela inclui uma película de metal fino formado aerodinamicamente cobrindo um motor a jato de uma aeronave. A região dianteira da nacela inclui uma película de rebordo definindo a entrada do motor, que pode ser incluído de uma única peça ou múltiplos setores. As características principais da película de rebordo são uma borda de fuga exterior lisa 1, que deve ser livre de irregularidades e descontinuidades para reduzir arrasto e evitar a criação de turbulência e uma borda de entrada interna 2, que é formada tipicamente para atenuar ruído do motor blindando ruído de ventilador e para guiar o fluxo de ar no motor, e uma borda de ataque ou rebordo 3, que provê uma transição suave entre a borda de fuga exterior e a borda de entrada interna enquanto cria uma pequena área frontal para reduzir arrasto. A película de rebordo, e em particular a borda de ataque 3 disso, é propenso a dano de detritos colididos durante decolagem e pouso e por colisão de pássaros. Se a película de rebordo da nacela for danificada, a seção danificada deve ser substituída. Tipicamente, isto necessita recortar a seção danificada e cortar uma seção correspondente 4 de uma película de rebordo de substituição, ou alternativamente substituição da película de rebordo de nacela inteiro.

[0003] Enquanto materiais compostos podem ser usados para muitas partes da nacela, a película de rebordo geralmente deve ser feito de um metal,

tal como alumínio ou titânio, para ser capaz de resistir a impactos na borda de ataque ou rebordo disso. Porém, a forma de curvatura composta tridimensional complexa da película de rebordo, tendo curvaturas compostas, tipicamente requer um processo de formação de multifases complexo, requerendo frequentemente tratamentos térmicos intermediários. Tipicamente, películas de rebordo são produzidas através de estiramentos profundos de múltiplas fases e processos de formação por giro, requerendo ferramental complexo e caro e processamento de múltiplas etapas demoradas com tratamentos térmicos intermediários. Além disso, tais processos conhecidos geralmente só são adequados para formar películas de rebordo anulares completos e assim não podem ser usados para produzir setores separados exigidos para reparar prontamente setores danificados específicos de uma película de rebordo de nacela.

[0004] Além disso, devido a considerações aerodinâmicas e de ruído, é particularmente desejável estender a borda de fuga exterior da película de rebordo até onde possível, conhecido como bordas de ataque de fluxo laminar, em que o comprimento axial da borda de fuga exterior da película de rebordo pode ser muito maior do que comprimento axial da borda de entrada interna. Processos de estiramento profundo conhecidos são inadequados para a fabricação de tais bordas de ataque de fluxo laminar.

[0005] De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, é provido um método para formar um setor para uma película de rebordo de nacela de um esboço de metal em chapa incluindo as etapas de:

prover um punção ou mandril arqueado ou anular tendo uma superfície interna, uma superfície externa e uma borda de ataque, dito punção correspondendo substancialmente em forma a uma superfície interna de pelo menos um setor da película de rebordo de nacela;

colocar o esboço contra a superfície externa do punção e apertar uma borda de fuga do esboço em um meio de afixação para reter o

esboço contra a superfície externa do punção, dito meio de afixação segurando dita borda de fuga do esboço sem deslizamento;

segurar uma borda de ataque do esboço, oposta à dita borda de fuga, em um meio de preensão, a um local espaçado axialmente de dito punção adjacente e em frente à borda de ataque do punção, dito meio de preensão segurando dito esboço com força suficiente para permitir ao esboço escoar por ele de uma maneira controlada sem rasgar ou enrugar;

deslocar o meio de afixação em uma primeira direção, substancialmente radialmente com relação ao punção para o eixo central do punção enquanto estira o esboço pelo meio de preensão;

deslocar o meio de preensão em uma segunda direção, substancialmente axialmente com relação ao punção, para e além da borda de ataque do punção, para estirar o esboço sobre a borda de ataque do punção enquanto estira o esboço pelo meio de preensão.

[0006] Preferivelmente, o método inclui a etapa adicional de adicionalmente deslocar o meio de preensão em dita segunda direção enquanto impede o esboço de ser estirado por dito meio de preensão para estirar o esboço sobre a superfície do punção. Preferivelmente, dita etapa adicional adicionalmente inclui deslocar axialmente dito meio de afixação relativo ao punção em dita segunda direção para adicionalmente estirar o esboço sobre a superfície do punção. Preferivelmente o esboço é impedido de ser estirado pelo meio de preensão contatando uma borda de ataque do meio de preensão contra um membro de preensão tendo uma face de preensão axial adaptada para cooperar com uma borda de ataque do meio de preensão para afixar o esboço entre os mesmos.

[0007] De acordo com um aspecto adicional da presente invenção, é provido um método para formar uma película de rebordo de uma nacela de um esboço incluindo formar o esboço em uma forma curva tendo um raio correspondendo ao raio da superfície externa de um punção e afixar um lado

do esboço a ou adjacente à dita superfície externa, afixar um lado curvo oposto do esboço em um meio de preensão incluindo primeiro e segundo membros de preensão localizados adjacentes e em frente a uma borda de ataque do punção, dito primeiro e segundo membros de preensão retendo dito esboço com força suficiente para permitir ao esboço escoar de uma maneira controlada entre os membros de preensão sem rasgar ou enrugar, mover o meio de preensão em uma primeira direção, substancialmente radialmente internamente com relação ao eixo do punção, estirar o esboço sobre a borda de ataque do punção, mover subsequentemente o meio de preensão em uma segunda direção, transversal à dita primeira direção e substancialmente axialmente com relação ao eixo do punção, estirar o esboço ao redor da borda de ataque do punção. Preferivelmente, o método inclui a etapa adicional de impedir fluxo do esboço entre o primeiro e segundo membros de preensão do meio de preensão durante movimento adicional do meio de preensão em dita segunda direção para estirar o esboço sobre a superfície do punção.

[0008] De acordo com um aspecto adicional da presente invenção, é provido um aparelho para formar um setor para uma película de rebordo incluindo:

um punção ou mandril arqueado ou anular tendo uma superfície externa, uma superfície interna e uma borda de ataque, dito punção correspondendo em forma a pelo menos um setor da superfície interna da película de rebordo de nacela a ser formado;

um meio de afiação para afixar uma borda de fuga de um esboço para reter o esboço contra ou adjacente à superfície externa do punção, dito primeiro meio de afiação sendo arranjado para reter dita borda de fuga do esboço sem deslizamento;

um meio de preensão para segurar uma borda de ataque do esboço, oposta à dita borda de fuga, a um local espaçado axialmente de dito punção adjacente e em frente à borda de ataque do punção, dito meio de

preensão sendo arranjado para segurar dito esboço com força suficiente permitir ao esboço escoar por ele de uma maneira controlada sem rasgar ou enrugar;

o meio de apreensão sendo deslocável com relação ao punção em uma primeira direção, substancialmente radialmente com relação ao punção para o eixo central do punção, e em uma segunda direção, substancialmente axialmente com relação ao punção para e além da borda de ataque do punção para esticar o esboço sobre a borda de ataque do punção.

[0009] O punção pode incluir um corpo anular, replicando uma película de rebordo de nacela inteiro.

[00010] Alternativamente, o punção pode incluir um setor arqueado correspondendo a um setor da película de rebordo a ser formado. Onde o punção inclui um corpo anular, o punção pode ser não axissimétrico para habilitar a formação de um setor para uma película de rebordo não axissimétrico. O punção pode ser rotativo com relação ao meio de apreensão e o meio de fixação para habilitar o punção ser indexado com relação ao meio de apreensão e meio de fixação à posição correta correspondendo ao setor da película de rebordo a ser formado.

[00011] Concretizações da presente invenção serão descritas agora, por meio de exemplo somente, com referência aos desenhos acompanhantes, em que:

a Figura 1 é uma vista de perspectiva de uma película de rebordo de uma nacela;

a Figura 2A é uma vista de perspectiva de uma ferramenta para formar uma película de rebordo conforme uma primeira concretização da presente invenção;

a Figura 2B é uma vista seccional da ferramenta da Figura 2A;

a Figura 3 é uma vista explodida da ferramenta da Figura 2A;

as Figuras 4A a 4H ilustram o uso da ferramenta da Figura 2A

em um método para formar uma película de rebordo de nacela conforme uma primeira concretização a presente invenção;

as Figuras 5A a 5D ilustram as formas inicial, intermediária e final do esboço durante uma operação de formação;

a Figura 6 é uma vista seccional de uma ferramenta para formar uma película de rebordo conforme uma segunda concretização da presente invenção;

a Figura 7 é uma vista seccional adicional da ferramenta da Figura 6;

as Figuras 8A a 8H ilustram o uso da ferramenta da Figura 6 em um método para formar uma película de rebordo de nacela conforme uma segunda concretização da presente invenção; e,

as Figuras 9A a 9C ilustram as formas inicial, intermediária e final do esboço durante uma operação de formação.

[00012] A presente invenção provê um método e aparelho para formar um setor para uma película de rebordo de nacela que supera as desvantagens da arte anterior e é de benefício particular para consertos de nacela facilitando a criação rápida e fácil de um setor de substituição de uma película de rebordo para substituir um setor danificado. Enquanto a presente invenção é descrita particularmente em relação a películas de rebordo de nacela para aeronave, o método e aparelho de acordo com a invenção também podem ser usados para a fabricação de outras bordas de ataque padrão ou de fluxo laminar para uma variedade de aplicações.

[00013] Como ilustrado nas Figuras 2 a 4, uma ferramenta para formar uma película de rebordo de nacela conforme uma primeira concretização da presente invenção inclui uma base de ferramenta 6 para apoiar os outros componentes da ferramenta. Um punção anular 7 é suportado sobre uma borda externa da base de ferramenta. A base de ferramenta 6 pode incluir um núcleo em forma de disco de 360° completo tendo um rebordo externo para

apoiar uma borda interna do punção 7 ou pode incluir um setor, por exemplo um setor de 180° apoiando apenas uma porção superior do punção 7.

[00014] O punção anular 7 tem uma superfície externa, uma borda de ataque e uma superfície interna tendo uma forma correspondendo à superfície interna da película de rebordo acabado. O punção 7 pode corresponder a um setor da película de rebordo, por exemplo um setor de 180°, ou pode incluir um anel de 360° completo correspondendo à película de rebordo inteiro. O punção 7 pode ser girado com relação à base de ferramenta 6 para indexar o punção relativo ao resto da ferramenta de forma que a região do punção correspondendo ao setor da película de rebordo a ser produzido seja usada para formação do setor. Isto facilita a formação de setores de películas de rebordo não axissimétricos.

[00015] Um suporte de esboço arqueado 8 está localizado adjacente a e axialmente espaçado da base de ferramenta 6. A superfície externa do suporte de esboço 8 pode ser provida com uma placa de desgaste substituível 14 contra a qual o esboço 13 pode deslizar.

[00016] Uma matriz de arco 9 é adaptada para cooperar com o suporte de esboço 8 para engatar um esboço 13 entre os mesmos, como será descrito em mais detalhe abaixo. A matriz de arco 9 tem uma superfície interna adaptada para se encaixar contra uma superfície externa do suporte de esboço 8, mais especificamente a placa de desgaste 14 provida nela, com uma porção do esboço 13 interposto entre os mesmos. A superfície interna da matriz de arco 9 pode ser provida com uma superfície de desgaste substituível 15. Um mecanismo de acionamento para mover radialmente a matriz de arco 9 com relação ao suporte de esboço 8 pode ser alojado dentro do suporte de esboço 8. O mecanismo de acionamento pode incluir um ou mais atuadores duplos. Um meio dispensador de lubrificante pode ser provido para dispensar um lubrificante entre o esboço e as superfícies se enfrentando do suporte de esboço 8 e a matriz de arco 9 para ajudar a estirar o esboço entre os mesmos.

[00017] A matriz de arco 9 tem uma borda de ataque 18 adjacente à borda de ataque do punção 7 e uma superfície externa escalonada, tendo uma primeira porção 16 adjacente à borda de ataque 18 tendo um raio externo correspondendo ao raio interno do punção 7, tal que a primeira porção 16 da matriz de arco possa se mover telescopicamente ao centro do punção 7, e uma segunda seção mais grossa, distal de dita borda de ataque, para prover rigidez de ferramenta suficiente. A forma da segunda seção pode ser adaptada para prover a rigidez exigida para obter uma força de aperto uniforme pela largura do esboço 13. A borda de ataque 18 da matriz de arco 9 é filetada para minimizar enrugamento e assegurar um processo de estiramento suave.

[00018] Uma garra de arco interno 10 está montada sobre uma face dianteira da base de ferramenta 6 para cooperar com a borda de ataque 18 da matriz de arco 9 para afixar o esboço 13 entre os mesmos em uma etapa de formação de estiramento final, como será descrito em mais detalhe abaixo. A superfície da garra de arco 10 pode ser texturizada ou caso contrário formada ou modificada para assegurar que o esboço 13 possa ser segurado sem deslizamento.

[00019] Uma garra de arco de transferência 12 (interna) e uma garra de arco externo coaxial 11 (externa) estão montadas adjacentes ao punção 7, suportado na parte traseira da base de ferramenta 6, para afixar firmemente uma região lateral do esboço 13 entre os mesmos a uma borda de fuga do esboço 13 para localizar o esboço 13 contra o lado externo do punção 7. As superfícies de afiação 20, 21 das garras de arco externa e de transferência 11, 12 podem ser texturizadas ou caso contrário formadas ou modificadas para assegurar que o esboço 13 seja segurado sem deslizamento. As superfícies de afiação 20, 21 das garras de arco externa e de transferência podem ser definidas através de superfícies de desgaste substituíveis. Cada uma da garra de arco de transferência 12 e da garra de arco externo coaxial 11 pode se estender por um ângulo suficiente para segurar a largura do esboço 13 a ser

formado. A largura mínima das superfícies de afixação 20, 21 deveria corresponder preferivelmente à largura do setor mais largo de película de rebordo a ser formado pela ferramenta. Na concretização mostrada, as garras de arco externa e de transferência 11, 12, como também o suporte de esboço 8 e a matriz de arco 9, se estendem por um ângulo de 180°. Porém, isto só é ilustrado por exemplo e a extensão angular de tais componentes pode variar.

[00020] Rigidez adequada é assegurada pelo uso de uma seção transversal de espessura escalonada das garras de arco externa e de transferência 22, 12. As superfícies de afixação 20, 21, garra de arco externa 11 e garra de arco de transferência 12 retêm firmemente dita região lateral do esboço 13 ao longo do processo de formação. Atuadores são providos para mover radialmente a garra de arco externa 11 e a garra de arco de transferência 12 relativa uma a outra e prover a força de afixação exigida.

[00021] Em uma concretização alternativa, a garra de arco externa 11 pode atuar diretamente sobre uma porção da superfície externa do punção 7 para afixar o esboço 13 contra ela.

[00022] Um mecanismo de acionamento diferencial é provido entre a garra de arco de transferência 12 e a garra de arco interna 10 para controlar deslocamento da garra de arco de transferência longe da base de ferramenta 6 como uma função do deslocamento da garra de arco interna para a base de ferramenta durante uma etapa de formação de estiramento final, como será descrito abaixo. O mecanismo de acionamento diferencial pode incluir uma câmara cheia de fluido fechada tendo pistões de diâmetro ou área de seção transversal diferente montados de modo deslizante nisso atuando contra a garra de arco de transferência 12 e garra de arco interna 10, tal deslocamento de garra de arco interna para a base de ferramenta 6 resulta em um deslocamento relativamente menor da garra de arco de transferência 12 longe da base de ferramenta 6. Este deslocamento diferencial será importante para alcançar o processo de estiramento final desejado. Alternativamente, um

sistema de engrenagem e/ou um came e um arranjo de seguidor de came pode ser provido para transmitir movimento entre a garra de arco interna 10 e a garra de arco de transferência 12.

[00023] Para películas de rebordo de axissimétricos, o raio da superfície de afixação 20 da garra de arco externa 11 é igual ao raio da borda de fuga do setor de película de rebordo acabado.

[00024] Para películas de rebordo não axissimétricos, o raio da superfície de afixação 21 de garra de arco de transferência 12 será o valor mínimo do raio de borda de fuga da película de rebordo. As posições radiais onde há um descasamento em raios, filetes de união satisfatórios podem ser usados. Para películas de rebordo altamente não axissimétricos, a garra de arco de transferência 12 pode incluir um membro anular de 360° completo correspondendo ao punção anular 7 e indexável com ele. Neste caso, a garra de arco externa 11 pode ser formada de um membro segmentado flexível permitindo à garra de arco externa 11 se conformar à forma do setor pertinente da garra de arco de transferência 12.

[00025] O tamanho global do esboço 13 será determinado do tamanho de setor exigido e do estiramento exigido durante o processo de formação. O tamanho mínimo de material deveria ser usado para assegurar formação de forma líquida perto. O "fluxo" de material pode ser adicionalmente aumentado usando um esboço perfilado.

[00026] Em uso, um método para formar um setor para uma película de rebordo de nacela usando a ferramenta descrita acima é como segue.

[00027] Onde um punção não axissimétrico de 360° 7 é usado para criar um setor para uma película de rebordo não axissimétrico, o punção 7 (e a garra de arco de transferência 12 se apropriado) é indexado à posição correta correspondendo ao setor da película de rebordo a ser formado.

[00028] Primeiramente, um esboço 13 é colocado contra a superfície externa do punção 7 e em contato com o suporte de esboço 8. Dependendo da

espessura, resistência e tamanho do esboço 13, pode requerer uma operação de laminação de pré-forma a uma curvatura tendo um raio substancialmente igual ao raio da superfície externa do punção 7. O esboço 13 é posicionado com uma extremidade do esboço 13 localizado entre a garra de arco de transferência 12 e a garra de arco externa 11 e uma extremidade oposta do esboço 13 entre o suporte de esboço 8 e a matriz de arco 9, como mostrado na Figura 4A.

[00029] Uma força de afixação F_G é aplicada entre a garra de arco externa 11 e a garra de arco de transferência 12 para segurar completamente o esboço 13 entre os mesmos sem deslizamento, como mostrado na Figura 4B. A forma de esboço nesta fase é ilustrada na Figura 5A.

[00030] Uma força de afixação F_{BH} é a seguir aplicada entre a matriz de arco 9 e o suporte de esboço 8 suficiente para permitir ao esboço 13 escoar de uma maneira controlada entre o suporte de esboço 8 e a matriz de arco 9 sem rasgar ou enrugar, como mostrado na Figura 4C. O suporte de esboço 8 permanece estacionário com relação à base de ferramenta 6 e punção 7 durante esta fase. A forma de esboço nesta fase é ilustrada na Figura 5B.

[00031] A seguir, o suporte de esboço 8 e a matriz de arco 9 são deslocados para baixo em uma direção radial ao eixo do punção 7 por uma distância D_v , enquanto mantém dita força de afixação controlada F_{BH} entre a matriz de arco 9 e o suporte de esboço 8, como mostrado na Figura 4D.

[00032] Durante esta fase, o esboço 13 escoar, de uma maneira regulada entre o suporte de esboço 8 e a matriz de arco 9 e é formado sobre a borda de ataque do punção 7 para criar a forma de esboço ilustrada na Figura 5C.

[00033] A seguir, o suporte de esboço 8 e a matriz de arco 9 são deslocados horizontalmente, por uma distância D_H , para e além da borda de ataque do punção 7 enquanto mantém dita força de afixação controlada F_{BH} entre a matriz de arco 9 e o suporte de esboço 8, como mostrado na Figura 4E. Durante esta fase, o esboço 13 escoar, de uma maneira regulada entre o porta-

ferramenta 8 e a matriz de arco 9 enquanto estira inverso ao redor da borda de ataque 18 da matriz de arco 9. A forma de esboço nesta fase é ilustrada na Figura 5D. Tal movimento pode ser obtido movendo o punção 7 com relação ao suporte de esboço 8.

[00034] Neste momento, a borda de ataque 18 da matriz de arco 9, com o esboço 13 disposto nela, contata a garra de arco interna 10 para segurar o esboço 13 entre os mesmos. Movimento continuado por uma distância S_{IH} do suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 com relação à base de ferramenta 6/punção 7 estira o esboço 13 sobre a superfície do punção 7.

[00035] Nesta fase, a ação da matriz de arco 9 contra a garra de arco interna 10 é transmitida pelo mecanismo de acionamento diferencial para fazer a garra de arco de transferência 12 e a garra de arco externa 11 serem deslocadas com relação à base de ferramenta 6/punção 7 por uma distância S_{OH} enquanto mantém a força de afixação F_G , como mostrado na Figura 4F. A relação de S_{IH} para S_{OH} , determinada pelo mecanismo de acionamento diferencial, é crítica para a operação de estiramento final para alcançar a forma final exigida sem pregas, rasgos ou enrugamento e contração mínima.

[00036] Uma vez que a forma final foi alcançada, a força de afixação F_{BH} entre o porta-ferramenta 8 e a matriz de arco 9 é liberada e o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 são retraídos, como mostrado na Figura 4G. A seguir, a força de afixação F_G entre a garra de arco de transferência 12 e a garra de arco externa 11 é liberada e a garra de arco externa 11 é retraída longe da garra de arco de transferência 12 para liberar a parte formada, como mostrado na Figura 4H.

[00037] A película de rebordo final pode ser produzido cortando as partes do esboço 13 retido pela garra de arco externa 11 e garra de arco interna 10 de forma que o produto final seja destituído de marcas de ferramenta.

[00038] Devido à forma afilada da película de rebordo, foi achado que

a formação de um esboço arqueado sobre a matriz pode resultar em enrugamento do metal, particularmente com certos metais. Além disso, variações na espessura do esboço podem causar problemas em relação à ação do meio de prensão e afixação. Uma segunda concretização da presente invenção (ilustrada nas Figuras 6 a 9C) alivia estes problemas utilizando um esboço cônico 13 e perfilando o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 e as garras de arco externa e de transferência 10, 11 para definir superfícies de afixação cônicas retendo o esboço substancialmente paralelo a uma linha se estendendo de uma borda de fuga do punção 7 (correspondendo substancialmente a uma borda de fuga da película de rebordo acabado) para uma borda de ataque da frente do punção 7 (isto é, o ápice da borda de ataque da película de rebordo). Nos desenhos, mesmos numerais de referência são usados para descrever mesmas partes entre as duas concretizações.

[00039] O aparelho de acordo com a segunda concretização da invenção é semelhante à primeira concretização em muitos detalhes, incluindo um punção anular 7 suportado sobre uma base de ferramenta (não mostrada).

[00040] Como com a primeira concretização, o punção anular 7 tem uma superfície externa, uma borda de ataque e uma superfície interna tendo uma forma correspondendo à superfície interna da película de rebordo acabado. Novamente, o punção 7 pode corresponder a um setor da película de rebordo, por exemplo um setor de 180°, ou pode incluir um anel de 360° completo correspondendo à película de rebordo inteiro. O punção 7 pode ser girado com relação à base de ferramenta (não mostrada) para indexar o punção relativo ao resto da ferramenta de forma que a região do punção correspondendo ao setor da película de rebordo a ser produzido seja usada para formação do setor. Isto facilita a formação de setores de películas de rebordo não axissimétricos.

[00041] Um suporte de esboço 8 está localizado adjacente e espaçado axialmente da base de ferramenta. A superfície externa 14 do suporte de

esboço 8 incluindo 180° de um cone truncado tendo uma superfície externa formada para casar com o esboço cônico. Uma matriz de arco 9 é provida tendo uma superfície interna adaptada para cooperar com a superfície externa do suporte de esboço 8 para permitir ao esboço escoar de uma maneira controlada entre o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 sem rasgar ou enrugar. O raio externo da matriz de arco 9 é adaptado para permitir à matriz de arco 9 passar dentro do punção anular 7 com folga suficiente para assegurar que o esboço não seja aprisionado entre a superfície externa da matriz de arco 9 e a superfície interna do punção 7.

[00042] A face dianteira 18 da matriz de arco 9 é formada para permitir ao esboço ser estirado sobre a face dianteira da matriz de arco 9 para minimizar enrugamento e assegurar um processo de estiramento/re-estiramento suave. Um mecanismo atuador é provido para mover a matriz de arco 9 horizontalmente com relação ao suporte de esboço 8 para afixar o esboço 13 entre os mesmos. A garra arco de transferência 12 e garra de arco externa 11 são providas com superfícies de casamento cônicas para segurar uma borda de fuga do esboço 13. As faces de casamento da garra de arco de transferência 12 e garra de arco externa 11 são texturizadas apropriadamente para impedir deslizamento. Rigidez adequada é assegurada pelo uso de uma seção cônica.

[00043] A garra de arco de transferência 12 e garra de arco externa 11 apertam o esboço 13 adjacente a sua borda de fuga ao longo da operação de formação. Para películas de rebordo axissimétricos, a superfície cônica 20 da garra de arco de transferência 12 é coincidente com a borda de fuga do esboço 13. Para películas de rebordo não axissimétricos, a superfície cônica 20 da garra de arco de transferência 12 corresponde ao raio mínimo da borda de fuga do punção 7. A posições radiais onde há um descasamento nos raios, filetes de união satisfatórios podem ser usados. Para acomodar variações maiores em raio da película de rebordo, a garra de arco de transferência 12

pode ser formada como uma superfície de 360° completa seguindo as variações radiais do punção 7. Em tal concretização, a garra de arco externa 11 pode ser formada como um membro segmentado tendo flexibilidade suficiente para se conformar à forma da garra de arco de transferência 12.

[00044] A garra de arco interna 10 é arranjada com uma face de afixação adaptada para contatar a borda de ataque da matriz de arco 9 para prover um processo de estiramento final. A garra de arco interna 10 é unida à garra de arco de transferência 12 por um acionamento de deslocamento diferencial, incluindo engrenagem satisfatória de acoplamentos hidráulicos (com pistões de diâmetro diferencial) da mesma maneira como a primeira concretização, como será descrito abaixo.

[00045] O esboço 13 tem um tamanho determinado do tamanho de setor exigido e o estiramento exigido durante o processo de formação. O tamanho de material mínimo é usado para assegurar formação de forma líquida próxima. O fluxo do material pode ser aumentado adicionalmente usando um esboço perfilado. O perfil cônico do esboço 13 pode ser produzido durante o processo ou pode ser formado por um processo de pré-formação inicial, por exemplo por uma operação de dobra em rolo.

[00046] As superfícies cônicas da garra de arco de transferência 12 e garra de arco externa 11 e do suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 proveem um efeito de afixação de pressão variável que pode compensar a variabilidade de espessura material.

[00047] O suporte de esboço 8, matriz de arco 9 e garras de arco externa e de transferência 10, 11 são arranjados com relação ao punção 7 de forma que o eixo central 23 do punção 7 seja inclinado com relação ao eixo central 24 do esboço 13 de forma que o esboço seja substancialmente paralelo a uma linha se estendendo entre uma borda de fuga da superfície externa do punção 7 e a borda de ataque da frente do punção quando o esboço 13 é colocado inicialmente no ferramental.

[00048] Em uso, um esboço é colocado entre a garra de arco de transferência 12 e garra de arco externa 11 a uma extremidade de fuga e entre o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 a uma extremidade de ataque. Dependendo da espessura, resistência e tamanho do esboço, o esboço pode requerer uma operação de laminação de pré-formação para produzir um perfil cônico formado para se ajustar contra a superfície externa da matriz 7 e se ajustar dentro do ferramental. A operação de laminação inicial proverá um componente mais rígido que é mais fácil de manipular durante o processo de carregamento. A forma de esboço é ilustrada na Figura 8A.

[00049] A garra de arco externa 11 é movida em uma direção axial através de atuadores satisfatórios para afixar o esboço entre a garra de arco de transferência 12 e garra de arco externa 11 e uma força suficiente F_G é aplicada para segurar o esboço sem deslizamento, como mostrado na Figura 8B. A ótima ação de linha de força (isto é, movimento) da garra de arco externa está alinhada com o eixo central 24 do esboço quando colocado inicialmente dentro do ferramental. Porém, a garra de arco externa 11 pode ser móvel em outras direções, incluindo paralela ao eixo da matriz ou substancialmente perpendicular a dito eixo.

[00050] A seguir, a matriz de arco 9 é movida, através de atuadores adequados, para o suporte de esboço 8 para segurar o esboço entre os mesmos. Uma força F_{BH} suficiente é aplicada para permitir ao esboço escoar de uma maneira controlada entre o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 sem rasgar ou enrugar. Novamente, a direção ótima de movimento da matriz de arco 9, e conseqüentemente a aplicação de força F_{BH} , está alinhada com o eixo central do esboço 24, como mostrado na Figura 8C.

[00051] A seguir, o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 e a garra de arco interna 10 e garra de arco externa 11 são deslocados em uma primeira direção para o eixo central do punção 7 em uma direção substancialmente para baixo como uma montagem completa por uma distância D_v enquanto

mantém a força controlada F_{BH} entre o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 e a força de afixação F_G entre a garra de arco interna 8 e garra de arco externa 11. Durante esta fase, o esboço escoa entre o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9, como mostrado na Figura 8D. Novamente, como com a primeira concretização é idealizado que o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 podem ser retidos estacionários e o punção 7 e componentes associados podem ser movidos com relação ao suporte de esboço 8.

[00052] A seguir, as garras de arco externa e de transferência 10, 11 são retidas estacionárias e o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 são movidos uma distância adicional D_d em dita direção para baixo, o esboço escoando entre o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9, como mostrado na Figura 8E, para criar a forma mostrada na Figura 9B.

[00053] A seguir, o suporte de esboço 8 e matriz de arco são deslocados horizontalmente através de distância D_H enquanto mantém uma força controlada F_{BH} entre o suporte de esboço 8 e a matriz de arco 9. Durante esta fase, o esboço escoa entre o suporte de esboço 8 e matriz de arco 9 enquanto estira inverso ao redor da borda traseira 18 da matriz de arco 9, como mostrado na Figura 8F. O esboço nesta fase é mostrado na Figura 9C.

[00054] Uma vez que o estiramento inverso esteja completo, a borda traseira 18 da matriz de arco 9 entra em contato com a garra de arco interna 10 para segurar o esboço entre os mesmos sem deslizamento e movimento continuado horizontal da garra de arco aciona diferencialmente as garras de arco externa e de transferência 10, 11 para executar uma operação de estiramento final no esboço. Durante tal fase, a matriz de arco 9 e garra de arco interna 10 se movem por uma distância S_{OH} enquanto a garra de arco de transferência 10 e garra de arco externa 11 se movem por uma distância S_{IH} , como mostrado na Figura 8G. O mecanismo de deslocamento diferencial assegura que uma relação crítica de S_{OH} para S_{IH} seja alcançada para obter o estiramento final exigido sem rasgo ou enrugamento do esboço.

[00055] Uma vez que a forma completa foi alcançada, a força de afixação F_{BH} é liberada para liberar o esboço 13 e a matriz de arco 9 e garra de arco externa 11 são movidas horizontalmente por uma distância D_{RH} para liberar o esboço 13 formado do ferramental, como mostrado na Figura 8H.

[00056] A presente invenção provê um processo e aparelho de estágio único melhorado para formar um setor para uma película de rebordo, onde a seção mais importante da película de rebordo de um ponto de vista aerodinâmico, isto é a borda de fuga externa é exposta ao mínimo de estiramento e dobra e é livre de marcas de afixação ou ferramenta. Porque a parte do esboço formando a borda de fuga externa da película de rebordo acabado é largamente não afetada pelo processo de formação, a presente invenção pode formar prontamente bordas de ataque de fluxo laminar tendo uma borda de fuga cujo comprimento axial da borda de ataque é de comprimento muito maior do que aquele alcançável com métodos de formação conhecidos.

[00057] A invenção não está limitada às concretizações descritas aqui, mas pode ser emendada ou modificada sem partir da extensão da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para formar um setor para uma película de rebordo de nacela de um esboço de metal em chapa (13) que compreende as etapas de:

prover um punção ou mandril arqueado ou anular (7) tendo uma superfície interna, uma superfície externa e uma borda de ataque, o punção (7) correspondendo em forma a uma superfície interna de pelo menos um setor da película de rebordo de nacela;

colocar o esboço (13) contra a superfície externa do punção (7) e afixar uma borda de fuga do esboço (13) em um meio de afixação para reter o esboço contra a superfície externa do punção (7), o meio de afixação segurando a borda de fuga do esboço sem deslizamento;

segurar uma borda de ataque do esboço (13), oposta à borda de fuga, em um meio de preensão, em um local espaçado axialmente do punção (7) adjacente e em frente à borda de ataque do punção, o meio de preensão segurando o esboço com força suficiente para permitir ao esboço escoar pelo mesmo de uma maneira controlada sem rasgar ou enrugar;

caracterizado pelo fato de compreender ainda:

deslocar o meio de preensão em uma primeira direção, radialmente com relação ao punção (7), para o eixo central do punção (7) enquanto estira o esboço (13) pelo meio de preensão; e,

deslocar o meio de preensão em uma segunda direção, axialmente com relação ao punção (7), para e além da borda de ataque do punção, estirando o esboço (13) através da borda de ataque do punção (7) enquanto estira o esboço (13) pelo meio de preensão.

2. Método de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender ainda a etapa adicional de deslocar adicionalmente o meio de preensão na segunda direção enquanto impede o esboço (13) de ser estirado pelo meio de preensão para esticar o esboço sobre a superfície do punção.

3. Método de acordo com reivindicação 2, caracterizado pelo fato

de que a etapa adicional compreende ainda deslocar axialmente o meio de afiação relativo ao punção na segunda direção para adicionalmente estirar o esboço sobre a superfície do punção.

4. Método de acordo com reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o esboço é impedido de ser estirado pelo meio de prensão contatando uma borda de ataque do meio de prensão contra um membro de prensão tendo uma face de prensão axial adaptada para cooperar com uma borda de ataque do meio de prensão para afiar o esboço entre os mesmos.

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de compreender uma etapa inicial de formar uma curvatura inicial no esboço (13), correspondendo à forma externa do punção (7), ou formar o esboço (13) para definir pelo menos um setor de um cone truncado.

6. Aparelho para formar um setor para uma película de rebordo compreender:

um punção ou mandril arqueado ou anular (7) tendo uma superfície externa, uma superfície interna e uma borda de ataque, o punção (7) correspondendo em forma a pelo menos um setor da superfície interna da película de rebordo de nacela a ser formado;

um meio de afiação para afiar uma borda de fuga de um esboço (13) para reter o esboço (13) contra ou adjacente à superfície externa do punção (7), o meio de afiação sendo arranjado para reter a borda de fuga do esboço (13) sem deslizamento; e,

um meio de prensão para segurar uma borda de ataque do esboço (13), oposta à borda de fuga, a um local espaçado axialmente do punção (7) adjacente e em frente à borda de ataque do punção (7), o meio de afiação sendo arranjado para segurar o esboço (13) com força suficiente para permitir ao esboço (13) escoar pelo mesmo de uma maneira controlada sem rasgar ou enrugar;

caracterizado pelo fato de que o meio de afiação é deslocável com relação ao punção (7) em uma primeira direção, radialmente com relação ao

punção para o eixo central do punção (7), e em uma segunda direção, axialmente com relação ao punção (7) para e além da borda de ataque do punção (7), para estirar o esboço (13) sobre a borda de ataque do punção (7).

7. Aparelho de acordo com reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o punção inclui um corpo anular não axissimétrico para habilitar a formação de um setor para uma película de rebordo não axissimétrico.

8. Aparelho de acordo com reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o punção é rotativo com relação ao meio de preensão e o meio de fixação para habilitar o punção ser indexado com relação ao meio de preensão e meio de afixação à posição correta correspondendo ao setor da película de rebordo a ser formado.

9. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 8, caracterizado pelo fato de que o meio de preensão compreende um suporte de esboço (8) tendo uma superfície externa arqueada ou cônica e um membro de afixação externo (9) adaptado para afixar o esboço (13) contra a superfície externa do suporte de esboço (8).

10. Aparelho de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o membro de afixação externo (9) do meio de preensão é provido com uma borda de ataque arredondada (18), o esboço (13) sendo estirado sobre a borda de ataque (18) para dobra inversa do esboço (13) quando é estirado pelo meio de preensão.

11. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 10, caracterizado pelo fato de que o meio de afixação compreende membros de afixação internos e externos (11, 12) coaxiais, sendo os membros de afixação internos e externos (11, 12) móveis um com relação ao outro, para afixar o esboço (13) entre superfícies de afixação cooperativas (20, 21) do mesmo.

12. Aparelho de acordo com reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que as superfícies de afixação (20, 21) têm uma curvatura correspondendo à curvatura do lado externo do punção (7) ou correspondendo a um cone truncado.

13. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 12, caracterizado pelo fato de que o esboço (13) e as superfícies cooperativas de segurar do meio de preensão e o meio de afiação têm uma forma cônica tendo um eixo inclinado com relação ao eixo do punção, sendo o eixo central do punção (7) inclinado para baixo com relação ao eixo central do esboço (13) de forma que o esboço (13) seja paralelo a uma linha se estendendo entre uma borda de fuga da superfície externa do punção (7) e a borda de ataque da frente do punção (7) quando o esboço (13) é colocado inicialmente no aparelho.

14. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 11, caracterizado pelo fato de que o meio de afiação é montado para ser móvel axialmente com relação ao punção (7) para permitir estiramento do esboço (13) sobre do punção (7) durante um processo de estiramento final.

15. Aparelho de acordo com reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que uma porção do meio de preensão é arranjada para contatar uma porção adicional da ferramenta, definindo uma face de preensão, quando o meio de preensão se move na segunda direção para afiar o esboço (13) entre o meio de preensão e a face de preensão durante o processo de estiramento final de estirar o esboço (13) sobre a superfície do punção (7).

16. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 15, caracterizado pelo fato de que um mecanismo de acionamento diferencial é provido entre o meio de afiação e a face de preensão para transferir uma força de acionamento entre o meio de preensão e o meio de preensão, quando o meio de preensão se move na segunda direção com a porção do meio de preensão em contato com a face de preensão, para controlar o deslocamento axial relativo da borda de fuga e da borda de entrada interna da película de rebordo, definida pelo esboço (13), durante o processo de estiramento final, de modo que a relação do deslocamento da borda de fuga e da borda de entrada interna durante o processo de estiramento final é controlada pelo mecanismo de acionamento diferencial.

17. Aparelho de acordo com reivindicação 16, caracterizado pelo

fato de que o mecanismo de acionamento diferencial compreende uma câmara fechada tendo pistões de diâmetro ou área de seção transversal diferente montados de modo deslizante dentro de cavidades receptoras nisso atuando respectivamente contra o meio de afixação e o meio de preensão, de tal modo que o deslocamento de meio de preensão para a base de ferramenta sobre a qual o punção (7), o meio de afixação e o meio de preensão estão montados, resulte em um deslocamento relativamente menor do meio de afixação para longe da base de ferramenta, ou onde o mecanismo de acionamento diferencial compreende um sistema de engrenagem para transmitir movimento entre a face de preensão e o meio de afixação.

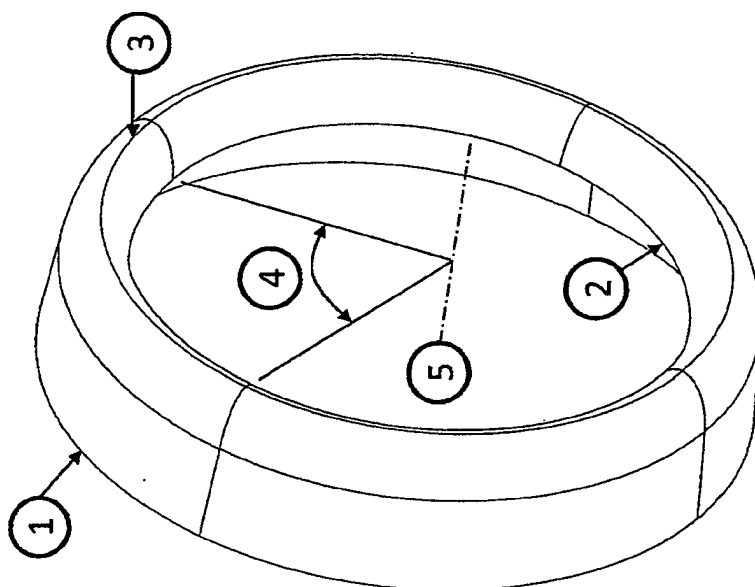


FIGURA 1

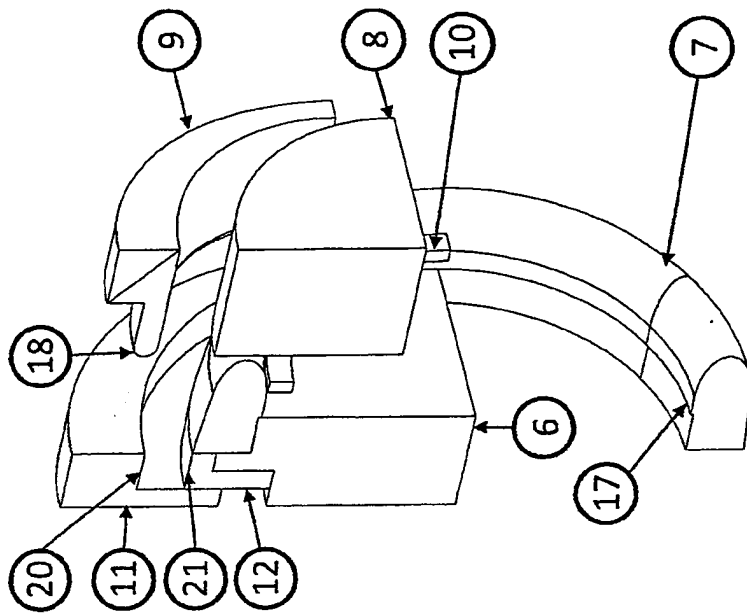


FIGURE 2B

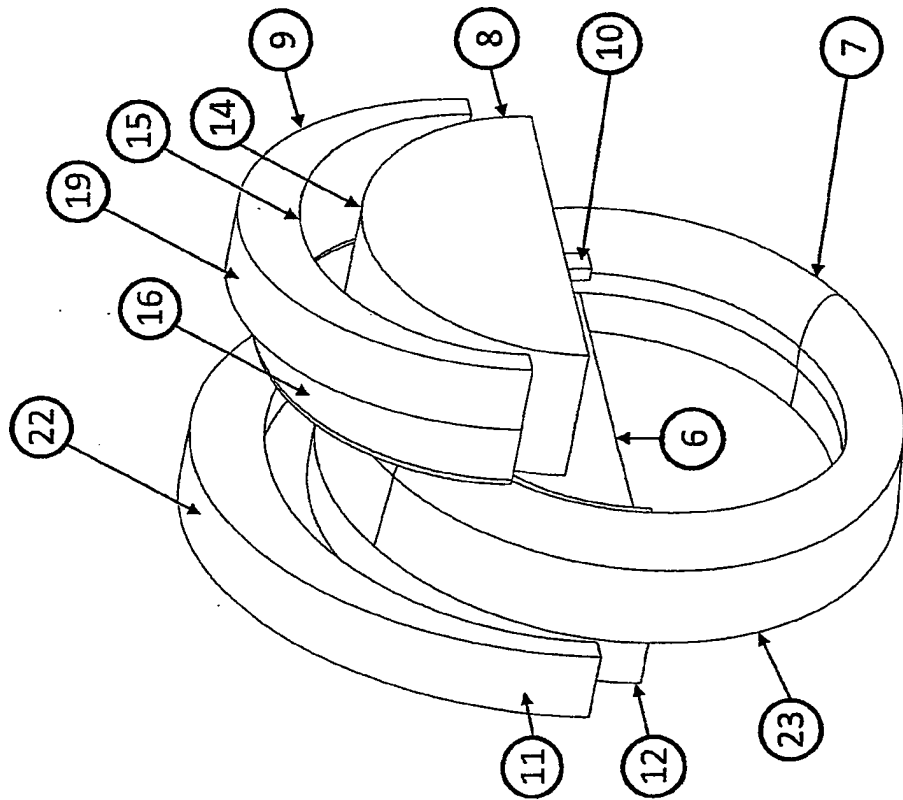
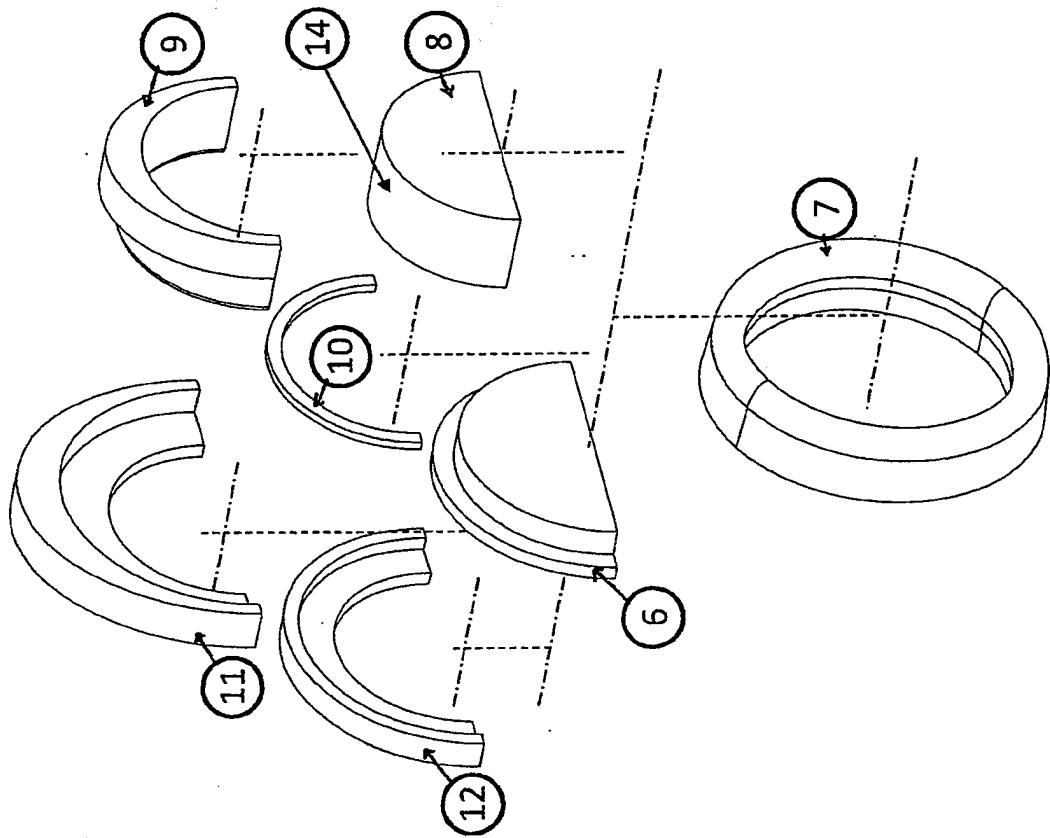


FIGURE 2A

**FIGURA 3**

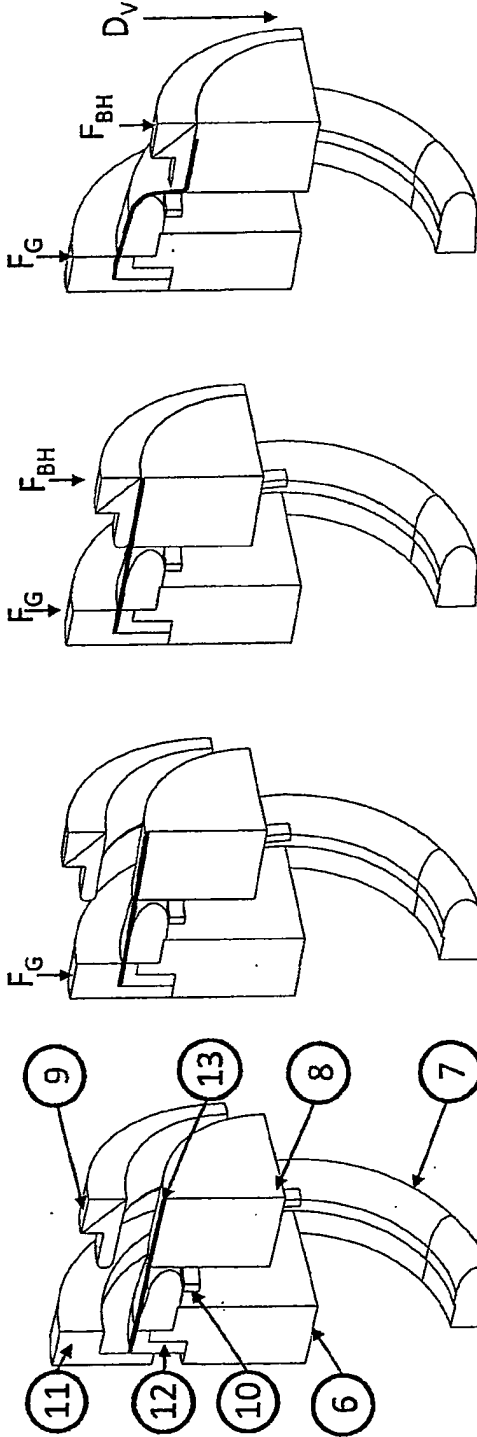


FIGURE 4A

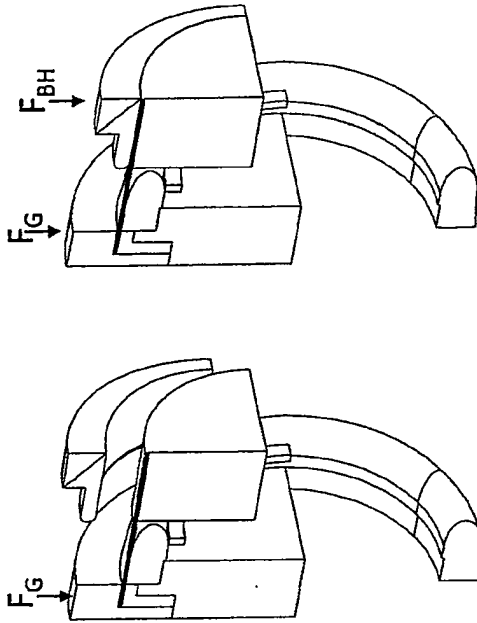


FIGURE 4B

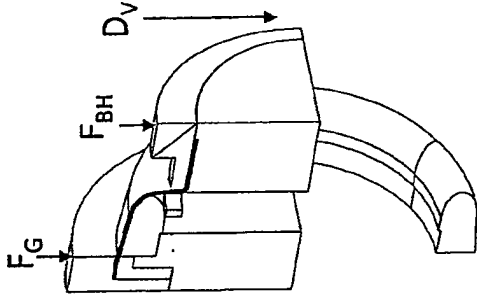


FIGURE 4C

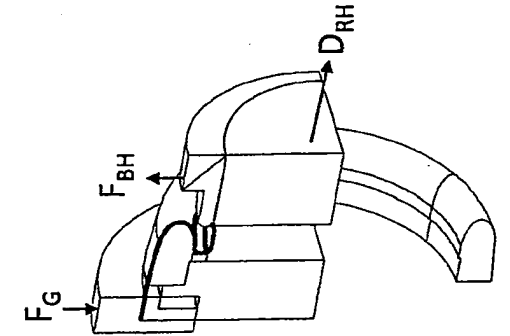


FIGURE 4D

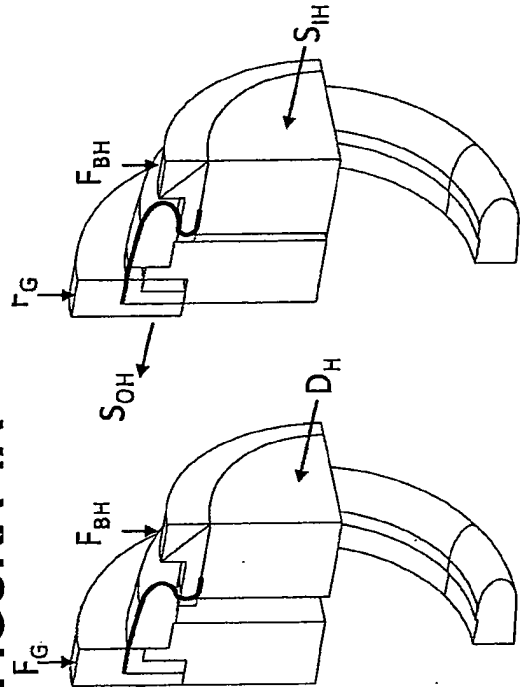


FIGURE 4E

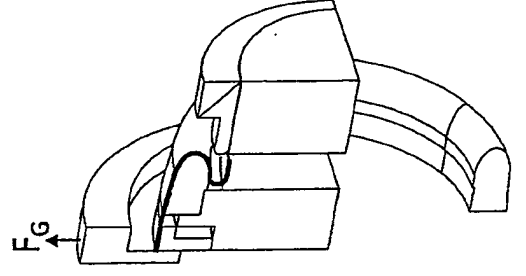


FIGURE 4F

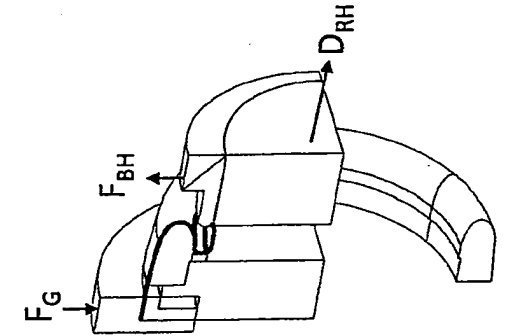


FIGURE 4G

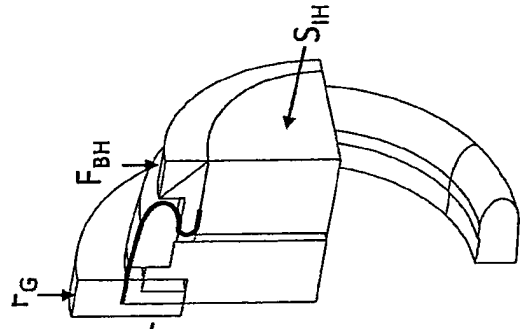


FIGURE 4H

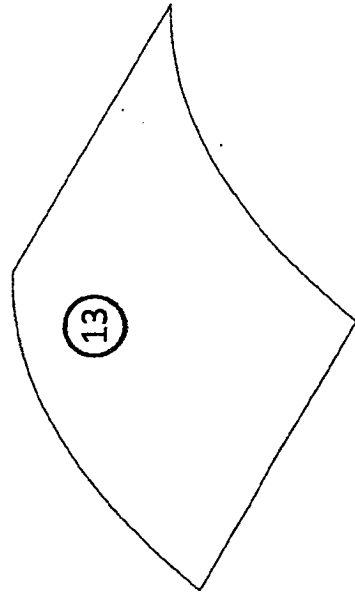


FIGURA 5A

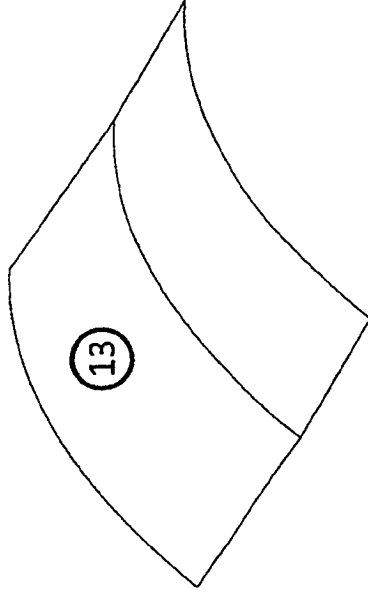


FIGURA 5B

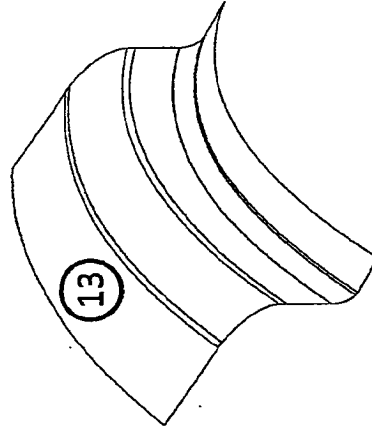


FIGURA 5C

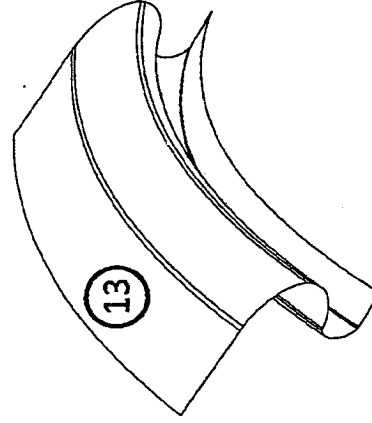


FIGURA 5D

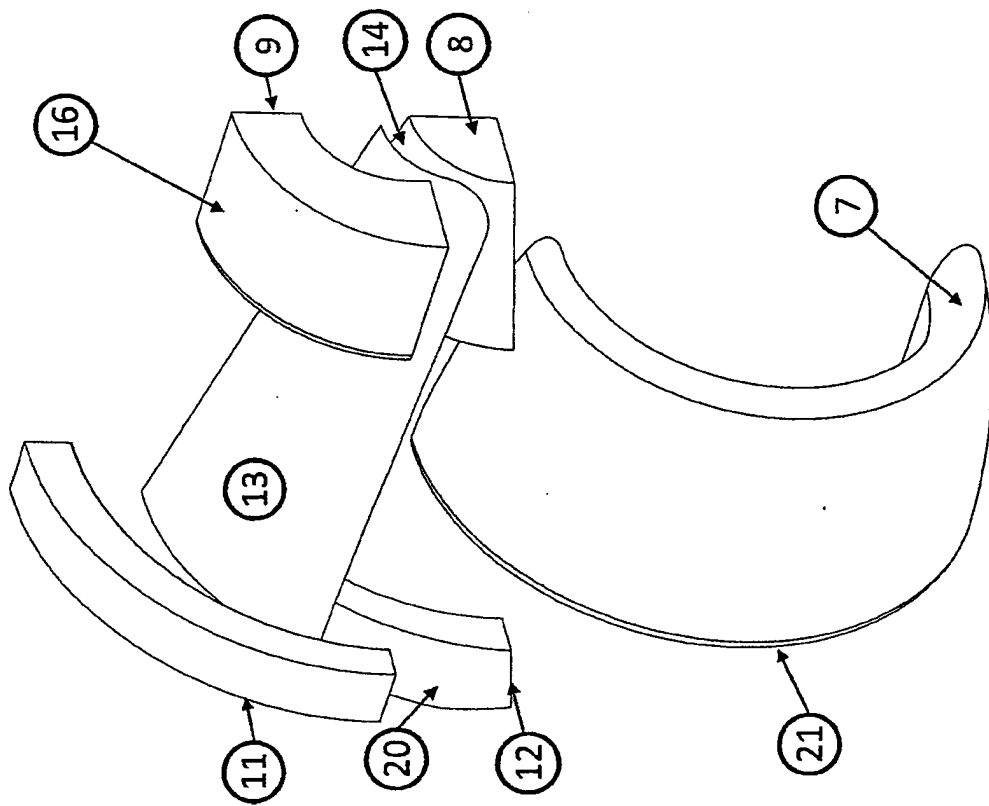


FIGURA 6

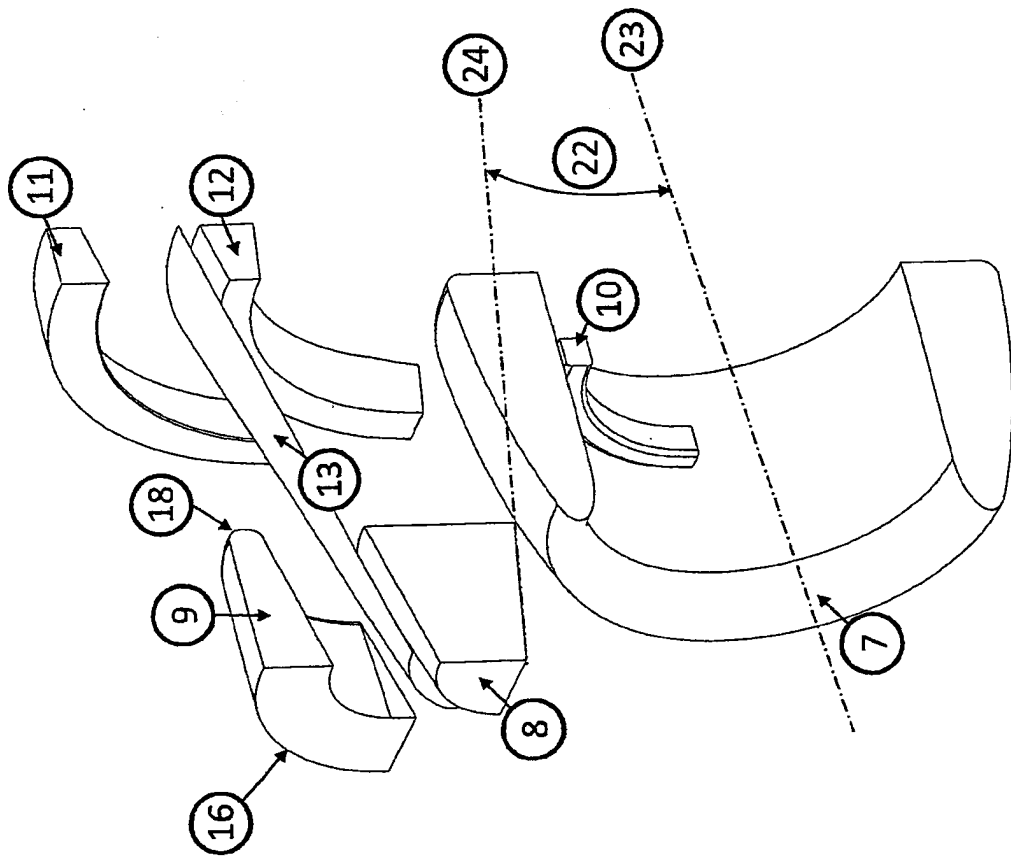


FIGURA 7

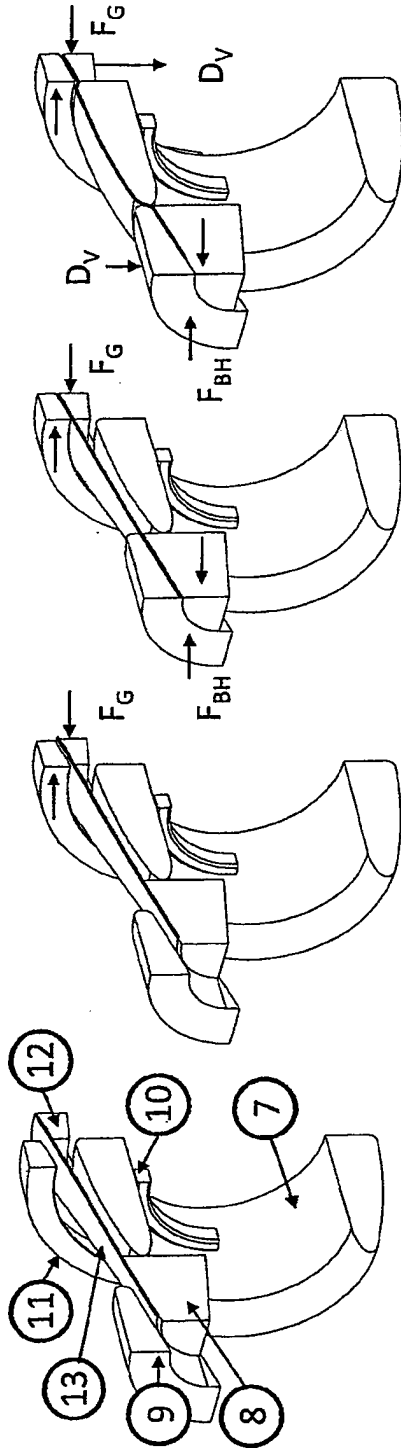


FIGURE 8D

FIGURE 8C

FIGURE 8B

FIGURE 8A

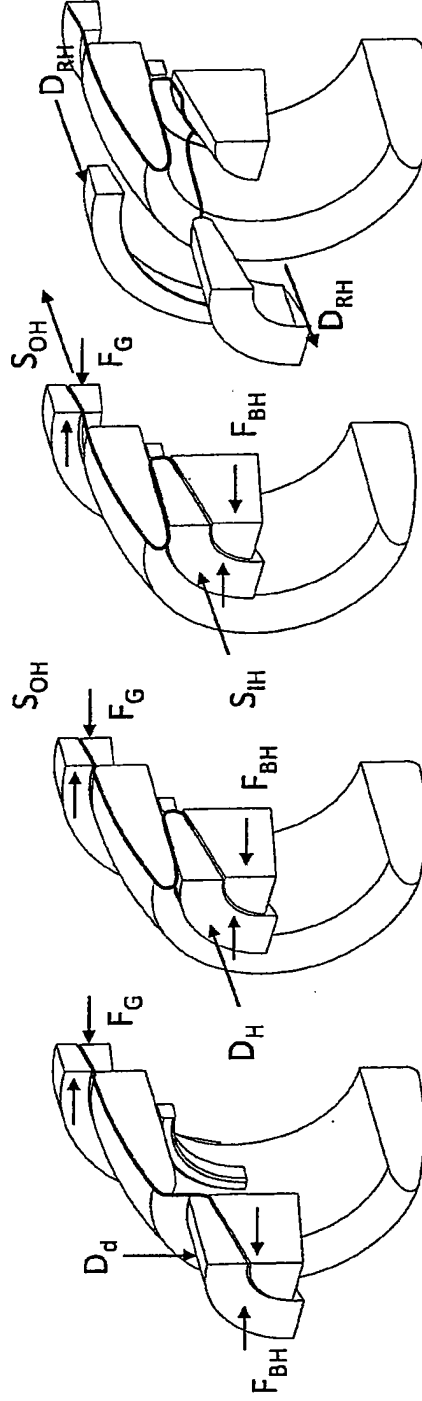


FIGURE 8H

FIGURE 8G

FIGURE 8F

FIGURE 8E

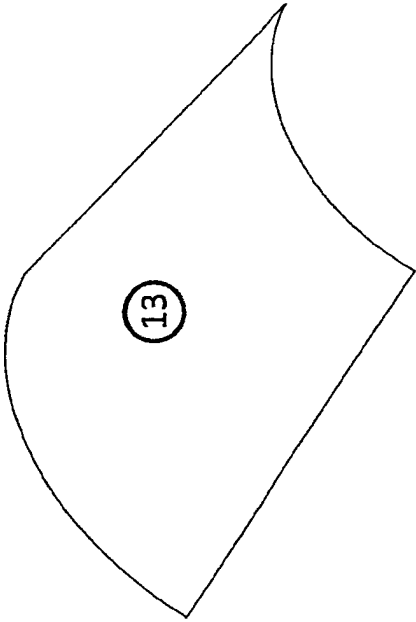


FIGURA 9A

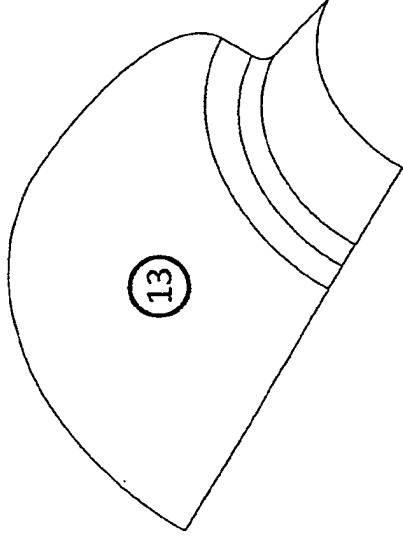


FIGURA 9B

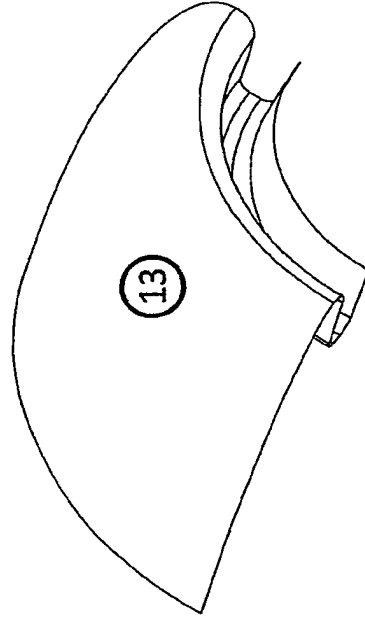


FIGURA 9C