



(11) PI 0513177-4 B1

(22) Data do Depósito: 12/07/2005

(45) Data de Concessão: 28/01/2025

República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(54) Título: ROLAMENTO DE MANCAL DE METAL, ROLAMENTO DE METAL FORJADO, MÉTODO DE FORMAÇÃO A FRIO, CONJUNTO DE FERRAMENTAS E MÁQUINA

(51) Int.Cl.: F16C 33/34.

(30) Prioridade Unionista: 13/07/2004 US 10/890,339.

(73) Titular(es): NATIONAL MACHINERY LLC.

(72) Inventor(es): DONALD E. KRINTZLINE; MARK W. BORDNER.

(86) Pedido PCT: PCT US2005024637 de 12/07/2005

(87) Publicação PCT: WO 2006/017260 de 16/02/2006

(85) Data do Início da Fase Nacional: 09/01/2007

(57) Resumo: CILINDRO FORJADO. Trata-se de uma máquina, um método e um ferramental para conformar a frio peças em bruto para mancais anti-atrito. A máquina é um conformador progressivo de vários estágios que utiliza cavidades de matriz flutuantes para permitir a conformação simultânea das extremidades do cilindro com alta exatidão e sem rebarba. As ferramentas e a conformação em estágios criam um cilindro aperfeiçoado com um padrão granulado vantajoso e destituído de defeitos estruturais atribuíveis anteriormente à presença de material de superfície de extremidade cisalhada nos cantos arredondados da peça em bruto e rebarba em sua seção central.

"ROLAMENTO DE MANCAL DE METAL, ROLAMENTO DE METAL FORJADO, MÉTODO DE FORMAÇÃO A FRIO, CONJUNTO DE FERRAMENTAS E MÁQUINA"

Antecedentes da Invenção

5 A invenção refere-se à fabricação de rolamentos conformados a frio e, em particular, a um processo, uma máquina e um ferramental que propiciam aperfeiçoamentos na qualidade dos rolamentos e na redução dos custos de fabricação.

Técnica Anterior

10 Os rolamentos utilizados em mancais anti-atrito são comumente fabricados inicialmente em máquinas de conformação a frio. Tradicionalmente, as peças conformadas a frio são em seguida usinadas por processos de esmerilhamento de modo a se obterem a conformação e o acabamento de precisão desejados.

15 Tipicamente, as operações de esmerilhamento podem envolver várias etapas, porque a peça conformada a frio tem uma rebarba significativa e/ou material em excesso em consequência das limitações e características dos métodos e ferramental tradicionais utilizados na técnica de conformação a frio. Os processos de esmerilhamento são dispendiosos e somam-se de maneira significativa ao custo do rolamento acabado.

20

Sumário da Invenção

A invenção envolve um peça em bruto de rolamento de metal conformada a frio, que está relativamente próxima da conformação líquida de um rolamento esmerilhado acabado,

25 reduzindo-se assim consideravelmente os custos de usinagem ou esmerilhamento, e que tem uma estrutura granulada aperfeiçoada que evita falha de sustentação prematura. A peça

conformada a frio aperfeiçoada resulta de elementos de ferramental que conformam estreitamente uma peça sem rebarba e com uma estrutura granulada que segue os contornos das bordas de extremidade do rolamento e é axialmente ininterrupta, evitando-se assim irregularidades no produto usinado acabado.

O processo envolve etapas de conformação em vários estágios e um ferramental único capaz de produzir conformações precisas em cada estação sem necessidade ou risco de rebarba. O ferramental é configurado para trabalhar uma peça em bruto que é relativamente pequena em diâmetro comparada com a prática da técnica anterior, de modo a se obter uma peça de diâmetro substancialmente aumentado. Esta técnica assegura que o material das superfícies de extremidade cisalhadas da peça em bruto original seja essencialmente excluído dos cantos arredondados formados entre a zona da superfície de rolamento do rolamento e as superfícies de extremidade do rolamento.

A peça em branco ou peça a trabalhar de rolamento é simultaneamente conformada em cada extremidade, em cada estação. Os cantos arredondados anulares nas extremidades da peça a trabalhar são conformados de maneira progressivamente precisa pelo enchimento das áreas de cavidade da ferramenta e da matriz correspondentes em estações de trabalho sucessivas sem se criar ou arriscar rebarba nos planos de separação entre as peças na cavidade da ferramenta e da matriz. Esta conformação isenta de rebarba é efetuada confinando-se e conformando-se o comprimento central da peça em bruto com um

anel de matriz flutuante que elimina os efeitos de atrito nos lados da peça a trabalhar, os quais de outro modo impediriam o fluxo do material para dentro dos cantos da cavidade e desenvolveriam ou exigiriam uma rebarba indesejada. Na
5 última estação, a peça a trabalhar é conformada com precisão fechando-se a ferramenta e a matriz com uma interrupção positiva, de modo que a geometria da ferramenta determina a conformação final da peça independentemente das variáveis mecânicas.

10 Breve Descrição dos Desenhos

A Figura 1 é uma vista em perspectiva de uma peça em bruto de rolamento fabricada de acordo com a invenção;

a Figura 2 é um fotomicrográfico do corte transversal axial da peça em bruto na Figura 1, causticada com
15 ácido, de modo a se mostrar o padrão granulação do material da peça em bruto de rolamento;

a Figura 2A é um fotomicrográfico semelhante à Figura 2 do corte transversal da peça em bruto em uma escala ampliada de um canto arredondado típico da peça em bruto;

20 a Figura 3 é uma vista em planta um tanto esquemática da área de ferramental de uma máquina de conformação ou forjamento a frio de várias estações disposta de modo a executar o processo da invenção;

as Figuras 4A e 4B são vistas em corte esquemáticas da primeira estação da máquina da Figura 3 antes e no
25 centro morto frontal do cursor; respectivamente;

as Figuras 5A e 5B são vistas em corte esquemáticas da segunda estação da máquina da Figura 3 antes e no centro morto frontal do cursor, respectivamente;

as Figuras 6A e 6B são vistas em corte esquemáticas da terceira estação da máquina da Figura 3 antes e no centro morto frontal do cursor, respectivamente; e

a Figura 7 é uma vista lateral do rolamento acabado fabricado a partir da peça em bruto de rolamento das Figuras 1 e 2.

10 Descrição da Modalidade Preferida

A Figura 1 mostra um exemplo de uma peça em bruto de rolamento conformada a frio 10 fabricada de acordo com a presente invenção. A peça em bruto de rolamento é do tipo cilíndrico, mas deve ficar entendido que determinados princípios da invenção são aplicáveis a outros estilos de rolamento, inclusive rolamentos cilíndricos e cônicos. A peça em bruto de rolamento 10 fabricada pelos processos e ferramentas reveladas aqui a seguir pode ser produzida dentro de tolerâncias dimensionais que são reduzidas a cerca de 1/10 do que é atualmente aceito comercialmente para acabamento subsequente, tipicamente por esmerilhamento após o tratamento a quente. A peça em bruto de rolamento 10, após o tratamento a quente e o esmerilhamento, é tipicamente utilizada com várias peças idênticas em conjuntos de mancal anti-atrito, conforme é conhecido na técnica.

O rolamento 10 é conformado em uma máquina de conformação a frio progressiva de várias estações 11 mostrada na Figura 3 e de um tipo geralmente conhecido na indústria.

A máquina de forjar 11 é mostrada em uma vista em planta da área de ferramental na Figura 3. A máquina 11 inclui um eixo tubular 12, que recebe o arame de ação 13 em uma estação de corte 14, cujo centro é representado pela linha central 16.

5 O arame 13, que é de um aço adequado como o AISI 52100, é introduzido, de maneira muito precisa em incrementos que correspondem ao comprimento desejado de uma peça a trabalhar ou peça em bruto inicial 10a, em um cisalhador ou cortador 17 por um aparelho de alimentação conhecido na técnica. A

10 máquina 11 inclui várias estações de conformação progressiva 21 - 23, de preferência em número de três. As estações 21 - 23 são convencionalmente uniformemente afastadas umas das outras e da estação de corte 14. As estações de conformação 21 - 23 incluem caixas de molde 26 - 28 fixadas em um suporte

15 de matriz ou porta-matriz estacionária 29 e caixas de ferramenta ou punção 31 - 33 em um cursor 34, que executa movimento alternativo na direção e em afastamento do suporte de matriz 29. O cursor 34 é mostrado no centro morto frontal na Figura 3. Um mecanismo de transferência convencional, não

20 mostrado, move as peças a trabalhar em etapas da estação de corte 14 até cada uma das estações de conformação 21 - 23 em relação sincronizada com o deslocamento cíclico do cursor 32 até o e do suporte de matriz 29.

A descrição seguinte da formação das peças em bruto de rolamento 10 é feita com referência às Figuras 3, 4A, B, 5A, B e 6A, B. A peça em bruto inicial ou peça a trabalhar 10a, de diâmetro e comprimento preciso predeterminados, é produzida pelo cisalhador 17 de modo que cada superfície

de extremidade 36, 37 da peça em bruto 10a seja uma superfície cisalhada com irregularidades ou desníveis inerentes ao processo de cisalhamento. A peça a trabalhar 10a é transferida para a primeira estação de conformação 21, representada nas Figuras 4A e 4B. As cavidades de ferramenta e matriz 41, 42 são formadas nas respectivas inserções 43, 44. Estas inserções ou elementos de ferramental 43, 44 e outros mostrados nas Figuras 3 e 4 com sombreado cruzado são formados de carboneto ou outro material de ferramental adequado. Associado à cavidade de matriz 42 há um anel de matriz flutuante 46, que inclui uma inserção 47. Estas cavidades 41, 42, inserções 43, 44, anel de matriz 46 e inserção 47, assim como outros a serem descritos, são anulares ou em forma de anel. Conforme mostrado na Figura 3, o anel de matriz flutuante 46 é um corpo em forma de copo com uma aba cilíndrica profunda 48 e uma parede de extremidade integrante 49. Conforme indicado na Figura 3, a aba 48 do anel de matriz flutuante é encaixada telescopicamente sobre a caixa de molde 26 com uma folga radial mínima entre estes elementos, permitindo-se ao mesmo tempo movimento axial entre eles. A parede de extremidade 49 tem uma abertura central na qual a inserção 47 do anel de matriz é fixada.

O anel de matriz flutuante 46 é inclinado de maneira resiliente até uma posição para frente, em que sua parede de extremidade 49 e a inserção 47 são afastadas em uma distância limitada da cavidade de matriz 42 e da caixa 26 (conforme indicado no lado direito das Figuras 4A e 4B). A força de propensão é proporcionada pelas molas de compressão

51 (apenas uma é vista no plano da Figura 3) distribuídas simetricamente em volta do eixo geométrico da cavidade de matriz 42 (que corresponde à linha central da primeira estação 21). A posição para frente ou estendida do anel de matriz flutuante 46 é determinada por um pino tangencial 52 alojado em uma fenda na periferia da aba 48 do anel de matriz flutuante.

Com referência às Figuras 4A e 4B, uma peça a trabalhar ou peça em bruto inicial 10a é recebida na primeira estação 21. O lado direito das Figuras 4A e 4B mostra o começo dos estágios de conformação da peça em bruto 10a, que foi transferida da estação de corte 14. Antes do instante do ciclo mecânico mostrado no lado direito das Figuras 4A e 4B, a peça em bruto foi mantida na posição nesta estação por suas extremidades 36, 37 com pinos de remoção ou ejetores 53, 54 associados aos elementos de ferramenta e matriz, respectivamente. Estes pinos 53, 54 são mantidos, de modo a poderem ceder, em suas posições estendidas do ciclo mecânico precedente por travas de atrito, que compreendem molas Belleville 57 e uma sapata de atrito 58, permitindo assim que os pinos segurem a peça em bruto 18 quando é recebida do mecanismo de transferência. Travas de atrito semelhantes nos pinos de remoção nas estações 22, 23 subseqüentes são instaladas com a mesma finalidade. Na disposição mostrada, as cavidades de ferramenta e matriz 41, 42 têm áreas de formação de cantos arredondados 59 da peça em bruto com diâmetros mínimos, que, no exemplo mostrado, são menores que o diâmetro original da peça a trabalhar 10a. Os lados esquerdos das Fi-

guras 4A e 4B correspondem ao centro morto frontal do cursor 34 e mostram o término da conformação da peça a trabalhar na primeira estação. No processo mostrado, a peça a trabalhar ou peça em bruto 10b foi parcialmente extrudada simultânea e simetricamente em ambas as suas extremidades e foi recalçada em sua seção central. O componente de extrusão do processo de conformação nesta primeira estação 21 faz com que substancialmente todo o material que forma a superfície de extremidade cisalhada original 36, 37 seja deslocado dos cantos arredondados anulares 59 das cavidades de inserção 41, 42, que conformam os cantos arredondados da peça em bruto 10b entre as extremidades da peça em bruto e os lados da peça em bruto. Conforme mostrado, os cantos arredondados da peça em bruto são produzidos pelos cantos de conformação complementar 59 das cavidades de ferramenta e matriz 41, 42.

O anel de matriz flutuante 46 permite que o material da peça em bruto 10b seja completamente impulsionado para dentro dos cantos 59 da cavidade de matriz 42. Quando a seção de comprimento central da peça em bruto 10b é recalçada, ela é limitada ao tamanho desejado pelo anel de matriz flutuante 46 e especificamente pela superfície interna cilíndrica da inserção 47. O atrito entre a peça em bruto 10a e a parede da inserção 47 do anel flutuante não pode restringir de maneira significativa o deslocamento do material da peça em bruto para dentro dos cantos 59 da cavidade de matriz, uma vez que o anel flutuante 46, pela superação da força relativamente pequena das molas de propensão 51, pode mover-se com o material da peça em bruto e com a cavidade de

ferramenta 41 que avança, de modo que substancialmente toda a força de forjamento é transmitida ao material da peça em bruto na área dos cantos 59 da cavidade de matriz. Assim, o efeito do atrito das paredes laterais nas cavidades confor-

5 madoras do lado de matriz do ferramental é efetivamente eliminado, e as extremidades da peça em bruto 10b podem ser formadas simetricamente de extremidade a extremidade de maneira essencialmente simultânea.

A segunda estação de matriz 22, representada nas

10 Figuras 5A, 5B, inclui um anel de matriz flutuante 61 semelhante em construção e função ao anel de matriz 46 da primeira estação 21 e à inserção 60 do anel flutuante. Associados ao anel de matriz flutuante 61 há uma aba cilíndrica integrante 65, molas 51 e um pino tangencial 52, que desempenha a mesma função descrita antes. As inserções de cavidade

15 de ferramenta e matriz 62, 63 são montadas nas respectivas caixas 32 e 27.

A inserção 47 do anel de matriz da primeira estação estabelece um diâmetro no comprimento central da peça em bruto 10b (lado esquerdo das Figuras 4A e 4B) que é relativamente próximo, como, por exemplo, um ajuste deslizante ou um ajuste folgado, do diâmetro da superfície cilíndrica interna da inserção 60 do anel de matriz flutuante na segunda estação. A peça em bruto ou peça a trabalhar 10b é transferida para a segunda estação 22 e, uma vez que seu diâmetro

25 está próximo do diâmetro da parede interna da inserção 60, um bom alinhamento é mantido entre a peça em bruto e os elementos de ferramental da segunda estação 22. Nesta estação,

o curso seguinte do cursor 34 faz com que a peça em bruto 10b seja recalçada perto de suas extremidades, de modo a se reduzir o raio de seus cantos e se dilatar seu diâmetro perto destes cantos. O anel de matriz flutuante 61, como na
5 primeira estação 21, elimina os efeitos do atrito entre a seção central da peça em bruto e a cavidade de matriz 64 da inserção 60 do anel flutuante, de modo que a peça em bruto 10b pode ser completamente recalçada para dentro dos cantos 66 das cavidades de ferramenta e matriz 67, 68 das inserções
10 62, 63 simetricamente, de uma extremidade à outra e simultaneamente.

Na terceira estação 23, vista nas Figuras 6A, 6B, as cavidades simétricas 81, 82 são formadas nos conjuntos de inserções de ferramenta e matriz 83, 84 montados nas respec-
15 tivas caixas de ferramenta e matriz 33, 28. A metade direita das Figuras 6A e 6B mostra o início do processo de conformação, e a metade esquerda destas Figuras mostra a peça em bruto de rolamento 10 concluída desenvolvida no final do processo de conformação a frio. Nesta estação 23, conforme
20 se pode ver em uma comparação das metades direita e esquerda das Figuras 6A e 6B, a peça em bruto é formada por uma combinação de extrusão limitada em suas extremidades e recalçamento do longo de seu comprimento central. A conformação das extremidades da peça em bruto 10b intermediária recebida da
25 segunda estação é um tanto limitada, mas bastante precisa. O recalçamento da seção central da peça em bruto 10 produz uma conformação de rolamento final.

A peça em bruto de rolamento 10 produzida na terceira estação 23 é formada de maneira muito precisa por várias razões além da formação inicial de seus cantos arredondados, conforme descrito em conexão com a ação de formação nas primeira e segunda estações 21, 22. Em primeiro lugar, os cantos arredondados 88 das cavidades de ferramenta e matriz 81, 82 são substancialmente diferentes dos existentes na segunda estação 22 anterior, de modo que relativamente pouca conformação é necessária nestas áreas de canto nesta estação. Em segundo lugar, um anel de guia 90 fixado sobre a caixa de matriz 28 é encaixado de maneira apertada na extremidade anterior da caixa de ferramenta 33, de modo que, quando a caixa de ferramenta é alojada no anel, tanto esta caixa de ferramenta quanto a caixa de matriz são alinhadas com precisão uma com a outra. O anel de guia 90 e a extremidade anterior da caixa 28 são cilíndricos.

Os comprimentos relativos das caixas de ferramenta e matriz 33, 28 são fabricados de modo que haja uma ligeira interferência entre eles na direção do movimento do cursor quando o cursor está no centro morto frontal e as superfícies 91, 92 das caixas de matriz e ferramenta estão em contato. Desta maneira, a conformação final da peça em bruto 10 é determinada de maneira precisa e repetida pela conformação do ferramental, isto é, das cavidades 81, 82 das inserções 83, 84. A inserção de ferramenta 83, pelo menos, é rebaixada ligeiramente do plano da caixa de ferramenta 33 de modo que não haja contato entre as inserções de ferramenta e matriz 83, 84 na posição central morta frontal do cursor.

A precisão da máquina de conformação a frio 10 na fabricação da peça em bruto de rolamento é aumentada pela técnica de resfriar o ferramental com lubrificante/refrigerante. O lubrificante/refrigerante é levado a circular com uma bomba (não mostrada) através de passagens internas 94 nas caixas de ferramenta e matriz 31 - 33, 26 - 28, e abas 48, 65 do anel de matriz flutuante. O refrigerante pode ser disposto de modo a se manter a temperatura das ferramentas entre a temperatura ambiente e 60°C (140°F). O método de resfriamento dos elementos do ferramental aperfeiçoa a precisão de conformação da máquina de conformação a frio uma vez que elimina essencialmente as variações dimensionais termicamente induzidas no ferramental, que poderiam de outro modo resultar em variações na precisão dimensional das partes da peça em bruto de rolamentos que está fabricando.

Comparando-se a configuração da peça em bruto 10a original com a conformação acabada 10, ver-se-á que o processo revelado começa da prática convencional, no sentido de que uma porcentagem relativamente grande do recalçamento, isto é, a alteração no diâmetro, é efetuada na peça em bruto. Esta técnica é útil na remoção das irregularidades dos cantos arredondados da peça em bruto 10.

As Figuras 2 e 2a são fotomicrográficos de uma peça em bruto de rolamento em corte longitudinal fabricada de acordo com o processo e com o ferramental e máquina descritos acima. A peça em bruto 10 foi causticada de modo a se acentuar seu padrão estrutural granuloso. A Figura 2A é uma

vista semelhante à Figura 2 em uma escala ampliada, mostrando-se o padrão estrutural granulado da peça em bruto de rolamento 10 na superfície de canto arredondada 101 entre a superfície principal periférica 102 correspondente à superfície de rolamento e a superfície de extremidade 103 do rolamento 10, o canto mostrado sendo típico dos demais cantos. No exemplo mostrado da peça em bruto de rolamento 10 especificamente apresentado na Figura 2A, a superfície de canto arredondada 101 mistura-se de maneira uniforme com a superfície principal 102. O padrão granulado é caracterizado linhas uniformes, ininterruptas que são paralelas à superfície principal 102, que se estende ao longo do comprimento principal da peça em bruto de rolamento e em sentido paralelo às superfícies de canto arredondadas anulares 101 em cada extremidade da peça em bruto de rolamento. As superfícies de extremidade 103 da peça em bruto de rolamento são geralmente perpendiculares a seu eixo geométrico longitudinal, que corresponde ao eixo geométrico de rotação. As superfícies de extremidade 103, na escala das Figuras 2 e 2A, são um tanto irregulares uma vez que são os vestígios das superfícies de extremidade cisalhadas do molde original ou de partida da peça em bruto de rolamento.

A peça em bruto de rolamento 10 é superior às peças em bruto de rolamento da técnica anterior por várias razões. A peça em bruto de rolamento é fabricada dentro de tolerâncias dimensionais muito precisas, em alguns casos da ordem de 1/10 das tolerâncias anteriormente esperadas, de modo que seja quase a conformação líquida do produto de ro-

lamento acabado, reduzindo-se assim consideravelmente a quantidade de usinagem necessária para atingir as dimensões e a qualidade de acabamento das superfícies de rolamento especificadas. Uma vez que os cantos arredondados são conformados de maneira precisa na conformação líquida (isto é, conforme utilizada finalmente) ou com forma quase final, a necessidade de usinagem nestas áreas é não existente ou mínima.

No processo revelado, o ferramental é disposto de modo a se excluir o material que forma as superfícies de extremidade cisalhadas originais dos cantos arredondados. A ausência deste material de tais cantos é de grande vantagem uma vez que as falhas e irregularidades usualmente produzidas no processo de cisalhamento não podem existir nos cantos arredondados. Sabe-se que tais falhas e irregularidades nos cantos arredondados dão origem a rachaduras e falha de sustentação prematura quando utilizados em conjuntos de mancal. Além disto, a peça em bruto de rolamento revelada evita rebarbas no plano de separação entre os elementos de cavidade de ferramenta e de matriz. Os processos e o ferramental da técnica anterior resultavam frequentemente na criação de um anel de rebarba na periferia da peça em bruto de rolamento onde os elementos de ferramenta e matriz se separam. Este anel de rebarba exigia etapas de usinagem adicionais e resultava em padrões de granulação descontínuos na superfície de rolamento acabada. Os rolamentos de mancal estão sujeitos a falha prematura em adjacência ao local da descontinuidade do padrão granuloso criada pela rebarba.

Do que foi dito acima, deve ficar entendido que a peça em bruto de rolamento, por causa de sua estrutura granulada aperfeiçoada e conformação precisa, é capaz de reduzir os custos da fabricação de mancais anti-atrito e aumentar o desempenho dos mancais na vida útil de funcionamento.

Um rolamento de metal anti-atrito acabado 95 para um conjunto de mancal anti-atrito, mostrado na Figura 7, é fabricado pela usinagem da peça em bruto 10, usualmente após o tratamento a quente, esmerilhando-se uma quantidade limitada de material (0,7 mm, por exemplo) de sua superfície principal anular 102 e, opcionalmente, de sua superfície de extremidade 103. O equipamento e as técnicas de esmerilhamento são notoriamente conhecidos na indústria. O eixo geométrico de rotação do rolamento é mostrado em 96; as extremidades 99 do rolamento estão em planos ou substancialmente em planos perpendiculares ao eixo geométrico 96, e uma superfície de rolamento 97 é disposta concentricamente em volta do eixo geométrico 96. O padrão estrutural granulado do metal do rolamento que forma a superfície de rolamento 97 e as superfícies de canto arredondadas 98 é paralelo a tais superfícies, sendo o resultado do esmerilhamento de uma pequena quantidade de material do lado principal 102 da peça em bruto 10. A título de exemplo, uma peça em bruto de rolamento do tipo cilíndrico comercial, fabricada de acordo com a descrição acima, tem um diâmetro externo principal nominal de cerca de 18 mm, um comprimento nominal de cerca de 17,5 mm, e o canto arredondado tem um raio nominal de 2,04 mm. Em outro exemplo comercial, uma peça em bruto de rolamento do

tipo cilíndrica tem um diâmetro principal nominal de 12 mm, um comprimento nominal de 10 mm, e os cantos arredondados têm um raio nominal de 1,4 mm. Peças em bruto destes dois exemplos podem ser esmerilhadas sobre a superfície principal
5 de modo a se remover cerca de 0,07 mm de material, por exemplo, de modo a se formar a superfície de rolamento periférica 97 e obter exigências comerciais de tamanho e acabamento aceitáveis. As superfícies de extremidade 99 do rolamento acabado podem ser tipicamente deixadas em sua condição con-
10 formada a frio sem usinagem, ou podem ser esmerilhadas conforme desejado.

Em diversos outros desenhos de rolamento, a superfície dos cantos arredondados, tanto no estado conformado a frio quanto no estado acabado ou esmerilhado do rolamento,
15 não é frequentemente tangente à superfície conformada principal periférica ou superfície de rolamento acabada periférica e/ou não é tangente ao plano radial em sua respectiva superfície de extremidade. Por exemplo, uma superfície de canto arredondada pode interceptar a superfície principal
20 conformada periférica ou a superfície de rolamento acabada periférica e/ou uma superfície de extremidade radial a diversos ângulos diferentes de, por exemplo, 10, 20 ou mais graus. Uma superfície de extremidade, originalmente conformada a frio, pode ser simetricamente endentada em volta do
25 eixo geométrico do rolamento e pode ser esmerilhada.

Idealmente, quando da prática da invenção, substancialmente todas as superfícies de canto arredondadas conformadas serão destituídas de material da superfície de ex-

tremidade cisalhada da peça em bruto de partida, e o padrão granulado imediatamente subjacente a esta superfície de canto arredondada será paralelo a tal superfície. A conformação a frio das superfícies de canto arredondadas de uma peça em bruto em uma conformação precisa e sem material a partir da superfície de extremidade cisalhada irregular de uma peça em bruto de partida de acordo com a invenção permite que a peça em bruto seja usinada sob a forma de um rolamento de rolamento acabado usualmente sem a necessidade de usinar os cantos arredondados.

Deve ser evidente que esta revelação é a título de exemplo e que diversas alterações podem ser feitas acrescentando-se, modificando-se ou eliminando-se detalhes sem que se abandone o alcance razoável do ensinamento contido nesta revelação. A invenção não está, portanto, limitada aos detalhes específicos desta revelação, exceto na medida em que as reivindicações seguintes estão necessariamente assim limitadas. Conforme utilizado aqui, os termos ferramental e, alternativamente, ferramentas incluem, separada e coletivamente, as inserções de ferramenta e matriz, as caixas de ferramenta e matriz e os anéis de matriz flutuante e as inserções. Em algumas aplicações, pode ser desejável integrar as caixas de ferramenta e as inserções.

REIVINDICAÇÕES

1. Rolamento de mancal de metal conformado a frio fabricado a partir de uma peça em bruto cilíndrica de extremidade cisalhada, tendo uma superfície principal anular contínua que corresponde a uma superfície de rolamento concêntrica em torno de um eixo geométrico central de rotação e disposta entre um par de superfícies de extremidade geralmente perpendiculares ao dito eixo geométrico central, as superfícies de extremidade representando geralmente as extremidades do rolamento, uma superfície de canto arredondada anular em cada extremidade do rolamento estendendo-se uniformemente a partir da superfície principal, o canto arredondado em cada extremidade do rolamento formando uma área de transição entre a superfície principal e uma respectiva superfície de extremidade, as superfícies de canto arredondadas sendo, cada uma, isentas de material que formava a superfície de extremidade cisalhada original da peça em bruto **CARACTERIZADO** pelo fato de que em consequência em parte do comprimento principal da peça em bruto ser recalcada em um diâmetro maior do que um diâmetro da peça em bruto durante conformação dos cantos arredondados.

2. Rolamento de mancal, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o material que forma cada uma das superfícies de canto arredondadas e o material imediatamente adjacente à superfície principal têm um padrão granuloso que é paralelo às superfícies de canto arredondadas e à superfície principal, pelo que as superfícies de canto arredondadas e a superfície principal são isentas dos

defeitos que se originam como áreas de superfície irregular nas superfícies de extremidade cisalhadas originais da peça em bruto ou como vestígios de uma rebarba na seção central da peça em bruto.

3. Rolamento de mancal de metal, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que cada superfície de extremidade é formada pelo material que existia na extremidade cisalhada da peça em bruto a partir da qual o rolamento foi formado.

4. Rolamento de mancal de metal produzido a partir de uma peça em bruto conformada a frio, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo esmerilhamento da superfície principal até sua condição acabada.

5. Rolamento de mancal, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a superfície principal está em uma condição conformada a frio.

6. Rolamento de metal forjado, útil em um mancal de rolamento, que tem um corpo redondo que se estende em sentido axial, simétrico em volta de um eixo geométrico central, o rolamento sendo conformado a partir de uma peça em bruto cilíndrica, o corpo sendo limitado por uma superfície de rolamento circunferentemente contínua simétrica em volta do eixo geométrico e áreas de superfície de extremidade opostas que se estendem em sentido radial geralmente perpendiculares ao eixo geométrico, uma zona onde as extensões axial e radial imaginárias da superfície de rolamento e das áreas de superfície de extremidade, respectivamente, se interceptam, **CARACTERIZADO** por uma área de transição anular

arredondada circunferentemente contínua, o raio da área de transição sendo menor que o raio da área adjacente da superfície de rolamento, a superfície da área de transição sendo geometricamente contínua com a superfície de rolamento e com a superfície de extremidade, o rolamento sendo formado a partir de uma peça em bruto cilíndrica com superfícies de extremidade cisalhadas e com um diâmetro original menor que o diâmetro principal da superfície de rolamento, a superfície da área de transição em cada extremidade do rolamento tendo um padrão estrutural granulado contínuo que resulta de um processo de conformação a frio e sendo isenta do material da respectiva superfície de extremidade cisalhada original, pelo que as superfícies da área de transição são efetivamente isentas de quaisquer descontinuidades e irregularidades associadas à superfície de extremidade cisalhada.

7. Rolamento de metal forjado, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a área de superfície de rolamento tem um padrão granulado contínuo orientado em sentido axial.

8. Rolamento de metal forjado, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que uma parte de comprimento central axial da superfície de rolamento é formada por um anel de ferramental circunferentemente contínuo.

9. Método de conformação a frio de peças em bruto de rolamento de metal com forma quase final para mancais anti-atrito, compreendendo as etapas de cisalhar uma peça em bruto a partir de arame de um tamanho determinado até um comprimento determinado, transferir a peça em bruto para

uma pluralidade de estações de trabalho sucessivas, conformar a peça em bruto nas estações de trabalho para criar uma superfície anular principal que circunda uma superfície de rolamento latente que pode ser eliminada por usinagem de modo a se produzir a dita superfície de rolamento, superfícies de extremidade de rolamento opostas e cantos arredondados anulares nas extremidades da superfície principal que formam transições uniformes da superfície principal até as superfícies de extremidade, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a conformação da peça em bruto é efetuada de maneira que a superfície anular principal é maior em diâmetro do que o diâmetro da peça em bruto original e o material que forma as superfícies de extremidade de arame cisalhadas original seja excluída completamente da superfície dos cantos arredondados.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a peça em bruto é conformada por uma combinação de extrusão e recalçamento de modo a se excluírem as superfícies de extremidade de arame cisalhadas da superfície dos cantos arredondados.

11. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a peça em bruto é recalcada entre uma cavidade de ferramenta e uma cavidade de matriz, a peça em bruto sendo limitada por um elemento de matriz fluante capaz de mover-se na direção do cursor com o material da peça em bruto enquanto a peça em bruto é impelida para dentro da cavidade da matriz de modo a se conformarem os cantos arredondados da peça em bruto, de modo a se reduzirem os efeitos do atrito entre a peça em bruto e o elemento de

matriz flutuante na formação dos cantos da peça em bruto na cavidade da matriz.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a peça em bruto é transferida a partir de uma estação de trabalho onde o diâmetro de sua seção central é conformado pelo elemento de matriz flutuante para uma estação de trabalho subsequente que tem outro elemento de matriz flutuante associado a uma outra cavidade de matriz.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os elementos de matriz flutuantes são anéis e o anel flutuante na primeira estação de trabalho mencionada é dimensionado de modo a conformar a peça em bruto com um diâmetro em sua seção central que é um encaixe deslizante com o anel flutuante na segunda estação de trabalho mencionada.

14. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a peça em bruto em uma estação de trabalho final é conformada por cavidades de ferramenta e matriz transportadas em respectivas caixas, as caixas sendo dispostas de modo a limitarem o movimento das cavidades de ferramenta e matriz na estação de trabalho final no centro morto frontal de um cursor que transporta as cavidades de ferramenta.

15. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as ferramentas são mantidas em uma faixa de temperatura operacional limitada pela circu-

lação de um refrigerante líquido através das caixas de ferramenta em um suporte de matriz e um cursor alternativo.

16. Conjunto de ferramentas para conformar a frio peças em bruto de rolamento de metal, compreendendo um par de cavidades de ferramenta e matriz para conformar simultaneamente as extremidades de uma peça em bruto com cantos arredondados e **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender um anel de matriz flutuante suportado para movimento ao longo do eixo geométrico da peça em bruto para conformar a peça em bruto pressionando circunferencialmente sua seção central enquanto é impelida na direção da cavidade de matriz pelo atrito entre o anel de matriz flutuante e a peça em bruto independentemente da correspondência direta com movimento da cavidade de ferramenta, de modo que o atrito entre a seção central da peça em bruto seja efetivamente eliminado como uma força de retardo, que de outro modo funcionaria de modo a diminuir o enchimento dos cantos arredondados da cavidade de matriz com o material da peça em bruto.

17. Conjunto de ferramentas, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a cavidade de matriz está em uma caixa e o anel de matriz flutuante é disposto de modo a ser suportado pela caixa para movimento na direção da cavidade de matriz.

18. Conjunto de ferramentas, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a caixa tem uma parte cilíndrica com seu eixo geométrico alinhado com a direção de movimento do cursor e o anel de matriz flutuante

tem uma aba encaixada telescopicamente sobre a parte cilíndrica da caixa.

19. Conjunto de ferramentas, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a cavidade de matriz é uma inserção transportada na caixa.

20. Conjunto de ferramentas, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** por incluir um segundo par de cavidades de ferramenta e matriz e um anel de matriz flutuante para a segunda cavidade de matriz, o segundo par de cavidades de ferramenta e matriz sendo disposto de modo a conformar as extremidades de uma peça em bruto recebida a partir das primeiras cavidades de ferramenta e matriz e do primeiro anel de matriz flutuante.

21. Conjunto de ferramentas, de acordo com a reivindicação 20, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro anel de matriz flutuante é dimensionado para formar a seção central da peça em bruto, de modo a se produzir um encaixe deslizando no segundo anel de matriz flutuante.

22. Conjunto de ferramentas, de acordo com a reivindicação 20, **CARACTERIZADO** por incluir um terceiro par de cavidades de ferramenta e matriz configuradas para conformar o acabamento de uma peça em bruto recebida a partir do segundo par de cavidades de ferramenta e matriz.

23. Conjunto de ferramentas, de acordo com a reivindicação 22, **CARACTERIZADO** por incluir uma guia, separada do cursor, para alinhar de maneira íntima o terceiro par de cavidades.

24. Conjunto de ferramentas, de acordo com a reivindicação 22, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os pares de cavidades de ferramenta e matriz têm passagens afins para fazer circular o refrigerante de modo a se manter as cavidades de ferramenta em uma faixa de temperatura predeterminada.

25. Máquina de conformação a frio de várias estações, compreendendo um suporte de matriz e um cursor que executa movimento alternativo na direção e em afastamento do suporte de matriz, uma primeira estação de trabalho que transporta cavidades de ferramenta e matriz no cursor e no suporte, respectivamente, um anel de matriz flutuante associado à cavidade de matriz, o anel de matriz sendo suportado sobre o suporte de matriz para movimento limitado com relação à cavidade de matriz na direção do movimento do cursor, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o anel de matriz flutuante sendo disposto de modo a formar o diâmetro externo de uma seção central de uma peça em bruto enquanto flutua na direção da cavidade de matriz, de modo a se eliminar efetivamente o atrito entre ela e a peça em bruto como uma influência retardadora no enchimento da cavidade de matriz com o material da peça em bruto.

26. Máquina de conformação a frio de várias estações, de acordo com a reivindicação 25, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o anel de matriz flutuante é inclinado de maneira resiliente na direção do cursor.

27. Máquina de conformação a frio de várias estações, de acordo com a reivindicação 25, **CARACTERIZADA** por

incluir uma segunda estação de trabalho que transporta um segundo conjunto de cavidades de ferramenta e matriz, um segundo anel de matriz flutuante associado à segunda cavidade de matriz, o segundo anel de matriz flutuante sendo suportado sobre o suporte de matriz para movimento limitado com relação à segunda cavidade de matriz na direção de movimento da matriz, o primeiro anel flutuante sendo disposto de modo a formar a peça em bruto em um tamanho adaptado para ser alojado no segundo anel de matriz flutuante, o segundo anel de matriz flutuante sendo disposto de modo a formar o diâmetro externo da seção central da peça em bruto enquanto se elimina efetivamente o atrito entre ela e a peça em bruto como uma força retardadora no enchimento da segunda cavidade de matriz com o material da peça em bruto.

28. Máquina de forjamento a frio de várias estações, de acordo com a reivindicação 25, **CARACTERIZADA** por incluir uma estação de trabalho subsequente que tem cavidades de ferramenta e matriz que são dispostas para serem afastadas entre si por uma distância predeterminada quando o cursor está no centro morto frontal.

29. Rolamento de mancal de metal conformado a frio fabricado a partir de uma peça em bruto cilíndrica de extremidade cisalhada, tendo uma superfície principal anular contínua que corresponde a uma superfície de rolamento concêntrica em relação a um eixo geométrico central de rotação e disposta entre um par de superfícies de extremidade afastadas entre si geralmente perpendiculares ao dito eixo geométrico central, as superfícies de extremidade representando

geralmente as extremidades do rolamento, uma superfície de canto arredondada anular em cada extremidade do rolamento estendendo-se uniformemente a partir da superfície principal anular, os cantos arredondados em cada extremidade do rolamento formando uma área de transição entre a superfície principal e a superfície da respectiva superfície de extremidade, as superfícies de canto arredondadas sendo, cada uma, isentas de material que formava a superfície de extremidade cisalhada original da peça em bruto, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o material que forma cada uma das ditas superfícies de canto arredondadas e o material imediatamente adjacente às ditas superfícies de canto arredondadas tendo um padrão granulado que é paralelo às ditas superfícies de canto arredondadas produzidas quando a peça em bruto durante conformação dos ditos cantos é recalçada em um diâmetro maior do que seu diâmetro cisalhado original, pelo que as ditas superfícies de canto arredondadas são isentas de defeitos que se originam como áreas de superfície irregular nas superfícies de extremidade cisalhadas originais da peça em bruto.

30. Rolamento de mancal de metal, de acordo com a reivindicação 29, **CARACTERIZADO** pelo fato de que cada superfície de extremidade é formada pelo material que existia na superfície cisalhada de uma peça em bruto a partir da qual o rolamento foi formado.

31. Rolamento produzido a partir da peça em bruto formada a frio, de acordo com a reivindicação 29, **CARACTERIZADO** pelo esmerilhamento de uma superfície de rola-

mento até sua condição acabada a partir da superfície principal.

32. Rolamento, de acordo com a reivindicação 29, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a superfície principal anular está em uma condição conformada a frio.

33. Conjunto de ferramentas para uma máquina de conformação a frio, compreendendo uma caixa de matriz disposta de modo a se fixada sobre o suporte de matriz da máquina, a caixa sendo disposta de modo a apresentar uma cavidade de matriz sobre um eixo geométrico operacional em relação de oposição com uma ferramenta em um cursor que executa movimento alternativo na direção e em afastamento do suporte de matriz, e **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender um anel de matriz flutuante disposto de modo a ser suportado sobre a caixa para movimento relativo limitado, com material de uma peça em bruto sendo conformada, com relação à caixa de matriz ao longo da direção de movimento do cursor.

34. Conjunto de ferramentas, de acordo com a reivindicação 33, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a caixa tem uma parte cilíndrica com um eixo geométrico alinhado com a direção de movimento do cursor quando é montado na máquina de conformação a frio, o anel de matriz flutuante tendo uma peça encaixada telescopicamente sobre a parte cilíndrica para suportar o anel para movimento na direção de movimento do cursor.

35. Conjunto de ferramentas, de acordo com a reivindicação 33, **CARACTERIZADO** por incluir uma segunda caixa de matriz para montagem sobre o suporte de matriz e um se-

gundo anel de matriz flutuante disposto de modo a ser suportado sobre a segunda caixa de matriz para movimento limitado com relação à segunda caixa de matriz ao longo da direção de movimento do cursor, o segundo anel de matriz flutuante sendo disposto de modo a alojar uma peça em bruto conformada na primeira caixa de matriz e no primeiro anel de matriz flutuante.

36. Conjunto de ferramentas para conformar peças em bruto de rolamento para uso em mancais anti-atrito, compreendendo um par de cavidades circulares de ferramenta e matriz, cada uma delas tendo um diâmetro principal e projetada para conformar a frio simultaneamente as extremidades de uma peça em bruto de corte transversal circular, e um anel de matriz separado que tem um furo atravessador circular, e móvel axialmente em relação à cavidade de matriz, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as cavidades de ferramenta e matriz tendo respectivas configurações para formar as extremidades de uma peça em bruto cisalhada com cantos arredondados que têm raios que são pequenos em comparação com o diâmetro da peça em bruto, o furo atravessador sendo pelo menos tão grande quanto um diâmetro principal das cavidades de ferramenta e matriz.

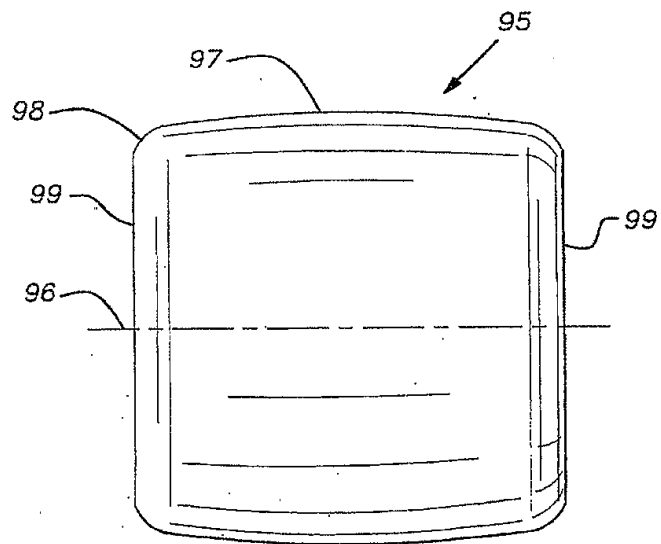
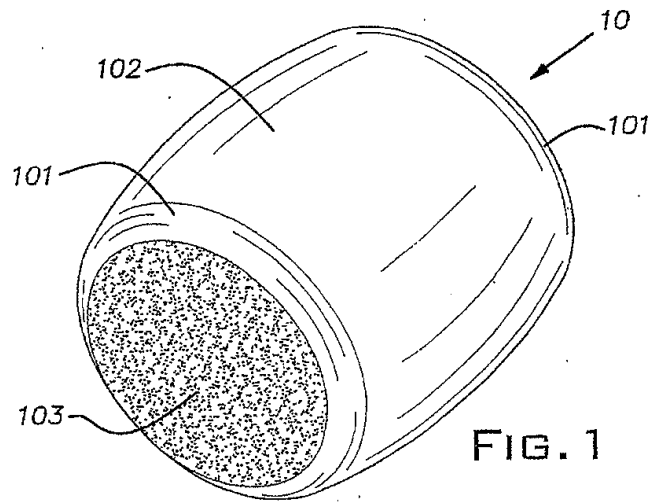
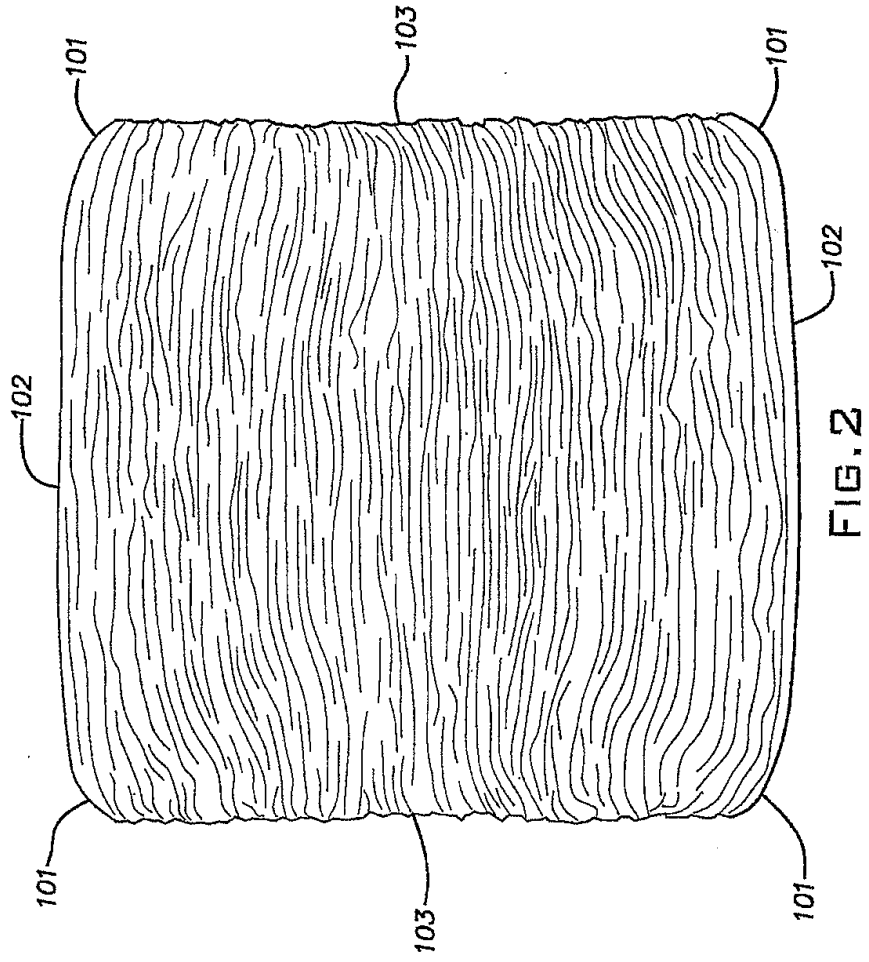


FIG. 7



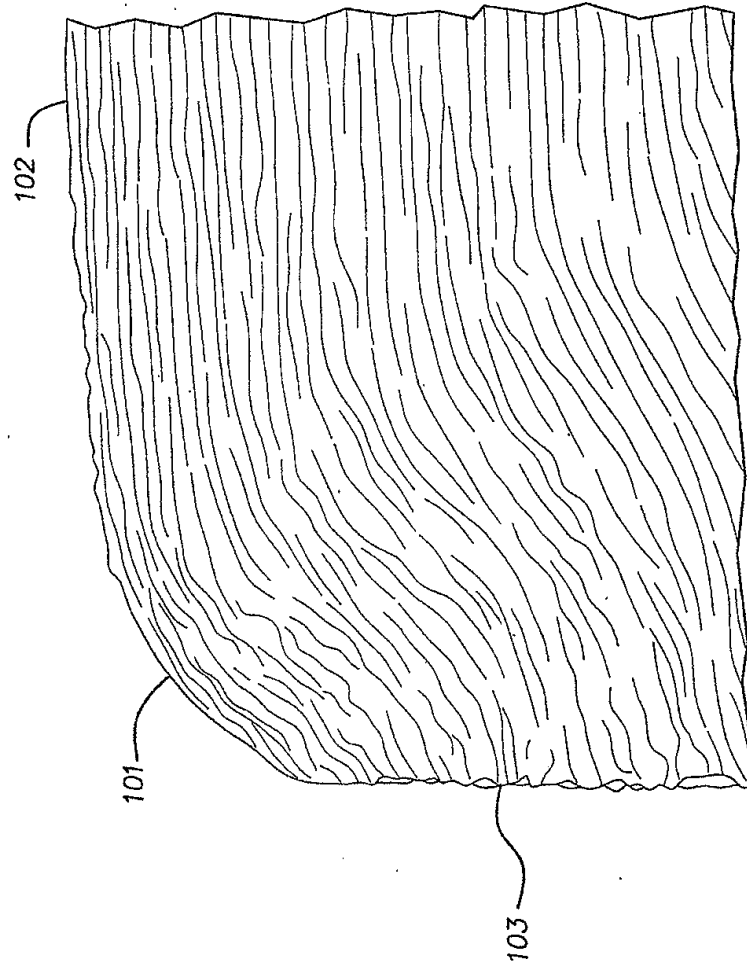


FIG. 2A

P10513177

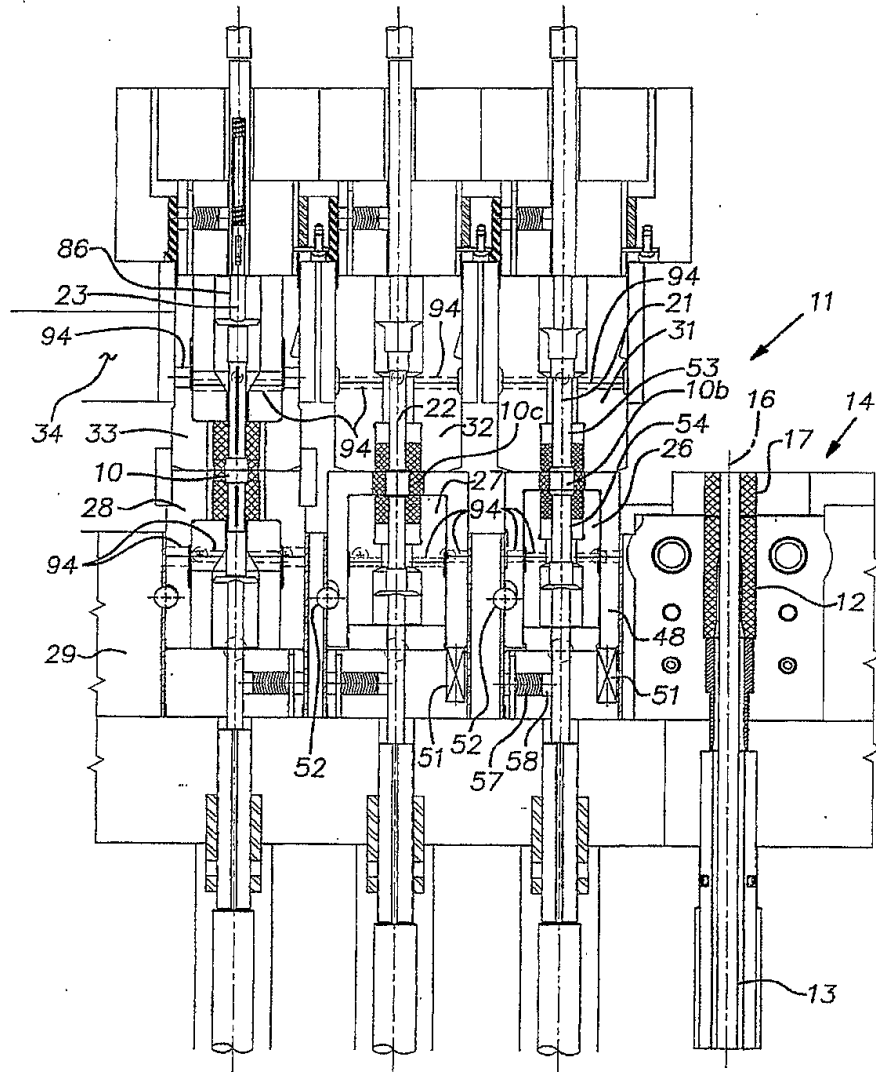
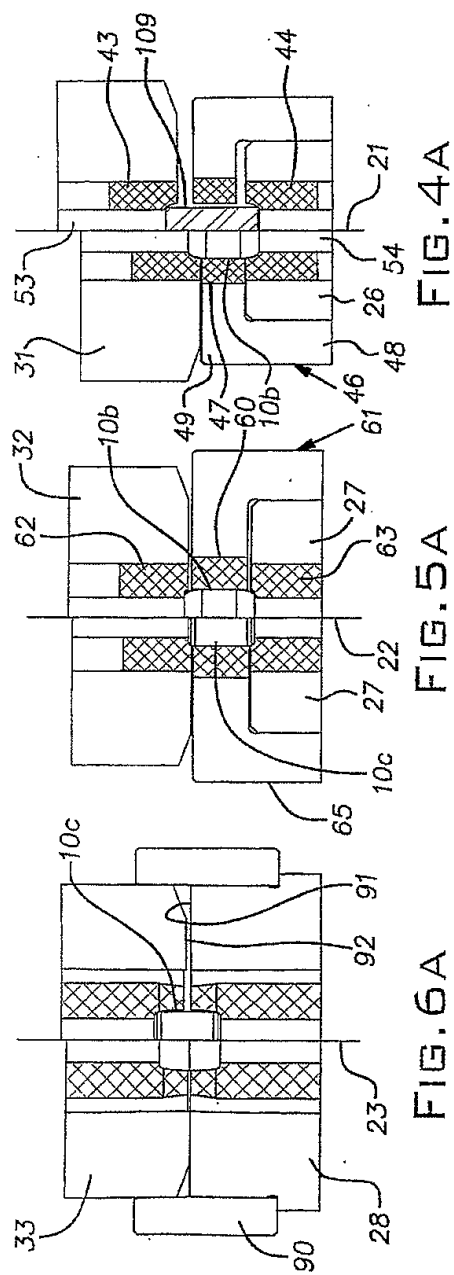
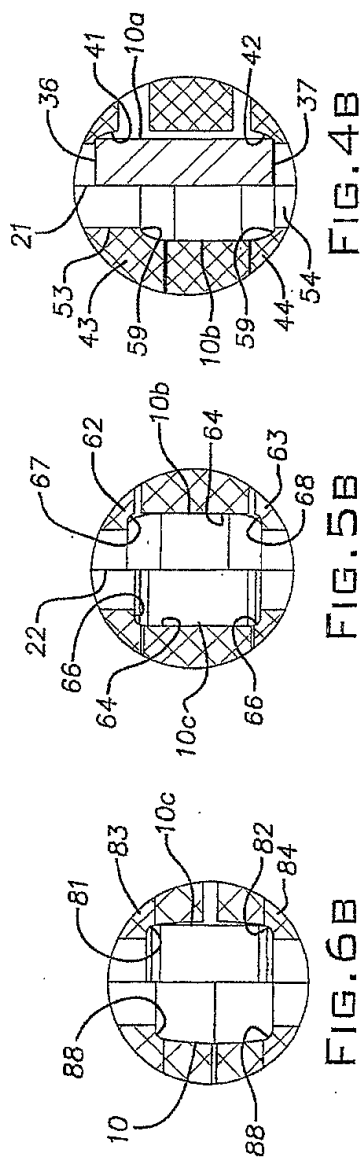


FIG. 3



5