



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

(11) PI 1012997-9 B1



(22) Data do Depósito: 17/05/2010

(45) Data de Concessão: 28/04/2020

(54) Título: APARELHO PARA CURVAMENTO DE TUBOS METÁLICOS

(51) Int.Cl.: B21D 7/16.

(30) Prioridade Unionista: 19/05/2009 JP 2009-120844.

(73) Titular(es): SUMITOMO PIPE & TUBE CO., LTD.; NIPPON STEEL CORPORATION.

(72) Inventor(es): ATSUSHI TOMIZAWA; SABURO INOUE; SHINJIRO KUWAYAMA.

(86) Pedido PCT: PCT JP2010058300 de 17/05/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/134495 de 25/11/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 21/11/2011

(57) Resumo: APARELHO DE FLEXÃO A presente invenção refere-se a um aparelho de flexão o qual fabrica um membro de metal flexionado com alta produtividade e excelente acurácia dimensional que é provido. Um aparelho de flexão (10) tem um primeiro mecanismo de suporte (11), o qual suporta um tubo de aço (17) enquanto o alimenta, um mecanismo de aquecimento (13), o qual aquece todo ou uma porção do tubo de aço (17), um mecanismo de resfriamento (14), o qual forma uma porção à alta temperatura em parte do tubo de aço (17) pelo resfriamento de uma porção do tubo de aço (17), a qual foi aquecida pelo mecanismo de aquecimento (13), um segundo mecanismo de suporte (15), o qual imprime um momento à flexão à porção à alta temperatura e flexiona o tubo de aço (17) até um formato desejado ao se mover de forma bidimensional ou tridimensional, enquanto suporta pelo menos uma porção do tubo de aço (17), e um mecanismo de prevenção de deformação (16), o qual impede a deformação do tubo de aço (17), em que pelo menos um dentre o segundo mecanismo de suporte (15) e o mecanismo de prevenção de deformação (16) tem um mandril, o qual sujeita o tubo de aço (17).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
"APARELHO PARA CURVAMENTO DE TUBOS METÁLICOS".

Campo Técnico

[0001] A presente invenção refere-se a um aparelho para curvamento. Especificamente, a presente invenção refere-se a um aparelho para curvamento para a fabricação de um membro flexionado pela aplicação de uma flexão bidimensional ou tridimensional a um material de metal alongado que tem uma seção transversal fechada.

Técnica Antecedente

[0002] Membros de resistência, membros de reforço e membros estruturais, os quais são feitos de metal e têm um formato flexionado, são usados em automóveis e vários tipos de máquinas e similares. Estes membros flexionados precisam ter alta resistência, um peso leve e um tamanho pequeno. No passado, este tipo de membro flexionado era fabricado por métodos tais como a soldagem de membros formados em prensa, a punção de placas grossas e o forjamento. Contudo, é difícil reduzir mais o peso e o tamanho de membros flexionados fabricados por estes métodos.

[0003] O Documento de Não Patente 1, por exemplo, descreve a fabricação deste tipo de membro flexionado por uma assim denominada hidroformação de tubo. A página 28 do Documento de Não Patente 1 descreve que há vários desafios na técnica de hidroformação de tubo, tais como o desenvolvimento de materiais para uso no método e o aumento do grau de liberdade de formatos quais podem ser formados, e que desenvolvimentos tecnológicos adicionais são necessários.

[0004] No Documento de Patente 1, o presente requerente descreveu um aparelho para curvamento. A figura 13 é uma vista explicativa que mostra esquematicamente aquele aparelho para curvamento 0.

[0005] Conforme mostrado na figura 13, o aparelho para

curvamento realiza as operações a seguir em um tubo de aço 1, o qual é um material a ser processado, e o qual é suportado por um meio de suporte 2, de modo a ser móvel em sua direção axial enquanto se alimenta o tubo de aço 1 a partir de um lado de montante em direção a um lado de jusante por um dispositivo de alimentação 3, tal como um fuso de esferas:

o aquecimento rápido de uma porção do tubo de aço 1 com uma bobina de aquecimento de alta frequência 5 localizada a jusante do meio de suporte 2 para uma faixa de temperatura na qual um endurecimento por resfriamento brusco é possível,

o resfriamento rápido do tubo de aço 1 com um dispositivo de resfriamento a água 6 disposto a jusante da bobina de aquecimento de alta frequência 5, e

a impressão de um momento de flexão à porção aquecida do tubo de aço 1 para a realização de uma flexão por uma variação bidimensional ou tridimensional da posição de uma matriz de rolo móvel 4 tendo pelo menos um conjunto de pares de rolo 4a, o que pode suportar o tubo de aço 1 enquanto o alimenta.

[0006] Como resultado, um membro flexionado 8 é fabricado com alta eficiência de operação, enquanto se garante uma acurácia de flexão adequada.

Lista de Documentos da Técnica Anterior

[0007] Documento de Patente 1: WO 2006/093006

[0008] Documento de Não Patente 1: Jidosha Gijustsu (Journal of Society of Automotive Engineers of Japan), Vol. 57, Nº 6, 2003, páginas 23 – 28.

Sumário da Invenção

[0009] Se o dispositivo de alimentação 3 não suportar adequadamente a extremidade dianteira ou a extremidade traseira de um tubo de aço 1, o aparelho para curvamento 0 terá os problemas (a)

a (e) a seguir.

[0010] O membro flexionado 8 não tem uma acurácia de flexão suficiente.

[0011] Uma força grande se torna necessária no momento da flexão. O limite de escoamento do membro flexionado 8 diminui. Mais ainda, o interior do tubo de aço 1 o qual está exposto à atmosfera a uma temperatura alta se oxida, e a qualidade do membro flexionado 8 diminui.

[0012] A água de resfriamento a qual é aspergida no tubo de aço 1 a partir do dispositivo de resfriamento a água 6 entra no interior do tubo de aço 1 e interfere com o aquecimento do tubo de aço 1 pela bobina de aquecimento de alta frequência 5, de modo que a acurácia dimensional do membro flexionado 8 diminui.

[0013] O tubo de aço 1 é impedido de passar de forma bem sucedida através do meio de suporte 2, da bobina de aquecimento de alta frequência 5 e do dispositivo de resfriamento a água 6, e uma flexão do tubo de aço 1 não pode mais ocorrer.

[0014] As porções as quais mantêm o tubo de aço 1 são aquecidas pela bobina de alta frequência 5 para uma temperatura na qual uma deformação é possível e, como resultado, a acurácia dimensional do membro flexionado 8 diminui.

[0015] O objetivo da presente invenção é eliminar os problemas (a) a (e) de um aparelho para curvamento 0 e prover um aparelho para curvamento para a fabricação de um membro de metal flexionado alongado tendo uma seção transversal fechada com produtividade mais alta e acurácia dimensional superior, se comparado com o aparelho para curvamento 0.

[0016] A presente invenção é com base na descoberta que os problemas (a) a (e) descritos acima podem ser resolvidos pela (i) provisão do dispositivo de alimentação 3 do aparelho para curvamento

O ou de um dispositivo de prevenção de deformação ou similar disposto a jusante da matriz de rolo móvel 4 na direção de alimentação de um tubo de aço 1 com um mandril cilíndrico o qual é disposto no interior ou no exterior do tubo de aço 1 para sujeitar o tubo de aço 1, e (ii) otimização do formato, da estrutura e da função deste mandril.

[0017] A presente invenção é um aparelho para curvamento caracterizado por ter o primeiro mecanismo de suporte, um mecanismo de aquecimento, um mecanismo de resfriamento, um segundo mecanismo de suporte e um mecanismo de prevenção de deformação descritos acima, em que pelo menos dentre o segundo mecanismo de suporte e o mecanismo de prevenção de deformação tem o mandril descrito abaixo:

[0018] Primeiro mecanismo de suporte: é disposto em uma primeira posição e suporta um material de metal oco enquanto o alimenta.

[0019] Mecanismo de aquecimento: é disposto em uma segunda posição a jusante da primeira posição na direção de alimentação do material de metal e aquece todo o ou uma porção do material de metal sendo alimentado.

[0020] Mecanismo de resfriamento: é disposto em uma terceira posição a jusante da segunda posição na direção de alimentação do material de metal e ele resfria a porção do material de metal sendo alimentado, o qual foi aquecido pelo mecanismo de aquecimento, para a formação de uma porção à alta temperatura em parte do material de metal.

[0021] Segundo mecanismo de suporte: é disposto em uma quarta posição a jusante da terceira posição na direção de alimentação do material de metal, e ele se move de forma bidimensional ou tridimensional, enquanto suporta pelo menos uma localização do material de metal sendo alimentado, desse modo imprimindo um momento de flexão à porção à alta temperatura, de modo a flexionar o

material de metal para um formato desejado.

[0022] Mecanismo de prevenção de deformação: é disposto em uma quinta posição a jusante da quarta posição na direção de alimentação do material de metal, e impede uma deformação do material de metal sendo alimentado.

[0023] Mandril: ele compreende um membro tubular que tem um polígono circular, ou uma seção transversal especial e sujeita o material de metal.

[0024] Na presente invenção, é preferível que (I) haja um mecanismo de alimentação, o qual alimenta o material de metal em sua direção no sentido do comprimento e o qual preferencialmente tem o mandril descrito acima, ou (II) o primeiro mecanismo de suporte alimenta o material de metal em sua direção no sentido do comprimento.

[0025] Na presente invenção, o mandril preferencialmente é inserido no interior do material de metal e contata a superfície interna do material de metal, e as dimensões externas deste membro tubular preferencialmente podem ser aumentadas.

[0026] Na presente invenção, o mandril preferencialmente é instalado no exterior do material de metal e contata a superfície externa do material de metal, e as dimensões internas do membro tubular preferencialmente podem ser contraídas.

[0027] Na presente invenção, o mandril preferencialmente pode evitar que a água de resfriamento entre no interior do material de metal pela vedação do interior do material de metal ou pela aplicação de uma pressão positiva ao interior do material de metal. Na presente invenção, ainda é mais preferível que uma oxidação do interior do material de metal possa ser evitada pela vedação de um gás inerte ou similar dentro do material de metal.

[0028] Na presente invenção, o membro tubular do mandril preferencialmente é instalado de modo que seu eixo geométrico

longitudinal aproximadamente coincida com o eixo geométrico longitudinal do material de metal, e, preferencialmente, tem dimensões externas as quais aproximadamente correspondem às dimensões externas do material de metal.

[0029] Na presente invenção, o membro tubular preferencialmente tem garras de mandril e uma barra de operação, as quais são feitas de um material de alta dureza.

[0030] Na presente invenção, o membro tubular preferencialmente é constituído por uma pluralidade de componentes, os quais são divididos na direção circunferencial, e por um material de isolamento disposto entre componentes adjacentes.

[0031] Na presente invenção, o membro tubular preferencialmente é não magnético. Especificamente, o membro tubular preferencialmente é feito de uma cerâmica, um aço inoxidável austenítico, tal como SUS 304, ou de uma liga de níquel, por exemplo.

[0032] Na presente invenção, o membro tubular preferencialmente tem uma estrutura laminada. Uma estrutura laminada significa uma estrutura formada pelo empilhamento de folhas de metal finas uma sobre a outra. Devido à estrutura laminada, torna-se difícil que correntes induzidas causadas por frequências altas fluam no interior do membro tubular e, como resultado, torna-se difícil que o mandril sofra um aquecimento por indução.

[0033] A presente invenção elimina os problemas (a) a (e) descritos acima. Portanto, de acordo com a presente invenção, é possível fabricar de forma confiável um membro de resistência, um membro de reforço ou um membro estrutural, o qual é feito de metal, e o qual tem um formato que é flexionado de forma bidimensional ou de forma tridimensional com alta eficiência de operação, enquanto se garante uma acurácia dimensional suficiente.

Breve Explicação dos Desenhos

[0034] A figura 1 é uma vista em perspectiva que mostra um exemplo da estrutura de um aparelho para curvamento de acordo com a presente invenção.

[0035] A figura 2 é uma vista explicativa que mostra um exemplo da estrutura de um primeiro robô industrial, um segundo robô industrial, um robô de suporte de bobina de aquecimento ou um terceiro robô industrial.

[0036] A figura 3(a) é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um mandril alongado o qual é usado como um efetor final, quando um tubo de aço é sujeitado diretamente por um segundo robô industrial usado como um segundo meio de suporte, a figura 3(b) é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um mandril curto o qual é usado como um efetor final quando um tubo de aço é diretamente sujeitado por um segundo robô industrial usado como um segundo meio de suporte, e a figura 3(c) é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um mandril alongado, o qual é usado como um efetor final quando um tubo de aço é diretamente sujeitado por um segundo robô industrial usado como um segundo meio de suporte.

[0037] A figura 4 é uma vista explicativa que mostra que um mandril alongado pode diminuir uma carga de flexão.

[0038] A figura 5(a) é uma vista explicativa que mostra um mandril de um tipo o qual é disposto no exterior de um tubo de aço e o qual sujeita a extremidade do tubo de aço pelo contato com a superfície externa do tubo de aço, a figura 5(b) é uma vista explicativa de um mandril de um tipo o qual é inserido no interior do tubo de aço e o qual sujeita a extremidade do tubo de aço pelo contato com a superfície interna do tubo de aço e a figura 5(c) é uma vista explicativa que mostra vários mandris 35 a 43.

[0039] A figura 6 é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um exemplo de um mandril o qual é usado no

terceiro robô industrial na figura 1.

[0040] A figura 7 é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um exemplo de um mandril o qual é usado no dispositivo de alimentação da figura 1.

[0041] A figura 8(a) a figura 8(c) são vistas explicativas que mostram esquematicamente mecanismos para aumento das dimensões externas de um mandril o qual sujeita uma extremidade de um tubo de aço ao ser inserido no interior do tubo de aço e contatando a superfície interna do tubo de aço.

[0042] A figura 9(a) é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um exemplo da estrutura de um mandril o qual é adequado para uso em um aparelho para curvamento de acordo com a presente invenção, a figura 9(b) mostra um exemplo comparativo de um mandril, e a figura 9(c) mostra um exemplo de um mandril de acordo com a presente invenção.

[0043] A figura 10 é uma vista explicativa que mostra um exemplo da estrutura de um mandril de um tipo que tem uma luva com fendas, o que é adequado para uso em um aparelho para curvamento de acordo com a presente invenção.

[0044] A figura 11(a) é uma vista explicativa que mostra um exemplo da estrutura de um mandril de um tipo que tem uma luva hidráulica a qual é adequada para uso em um aparelho para curvamento de acordo com a presente invenção, e a figura 11(b) é uma vista explicativa que mostra uma modificação da mesma.

[0045] A figura 12 é uma vista explicativa que mostra um mecanismo para aplicação de uma pressão positiva ao interior de um tubo de aço.

[0046] A figura 13 é uma vista explicativa que mostra esquematicamente a estrutura de um aparelho para curvamento mostrado no Documento de Patente 1.

Lista de Números de Referência

- [0047] 0: aparelho para curvamento mostrado no Documento de Patente 1,
- [0048] 1: tubo de aço, 2: meio de suporte, 3: dispositivo de alimentação, 4: matriz de rolo móvel,
- [0049] 4a: par de rolos; 5: bobina de aquecimento de alta frequência, 6: dispositivo de resfriamento a água,
- [0050] 8: membro flexionado,
- [0051] 10: aparelho para curvamento de acordo com a presente invenção,
- [0052] 11: meio de alimentação, 12: primeiro meio de suporte, 12a, 12a: pares de rolo, 13: meio de aquecimento, 13a: bobina de aquecimento, 14: meio de resfriamento,
- [0053] 14a, 14b: bocais para a aspersão de água de resfriamento,
- [0054] 15: segundo meio de suporte, 16: meio de prevenção de deformação,
- [0055] 17: tubo de aço, 17a: porção de extremidade, 18: primeiro robô industrial,
- [0056] 19: braço superior, 20: braço dianteiro, 20a: punho, 21: controlador,
- [0057] 22: unidade de entrada, 23: pálete, 24: efetor final, 25: matriz de rolo móvel,
- [0058] 25a, 25b: pares de rolo, 26: segundo robô industrial, 26a: dispositivo de sujeição,
- [0059] 27: robô de suporte de bobina de alta frequência; 28: terceiro robô industrial,
- [0060] 29: dispositivo de sujeição, 30 – 44, 46, 48, 49, 57, 58: mandris,
- [0061] 45: cilindro, 47: guia de suporte, 50: corpo, 51: eixo, 52: barra de operação,

[0062] 53: garras de mandril, 54: barra cônica, 55: segmentos, 56: garras elásticas,

[0063] 57a, 57b: componentes, 59: material de isolamento, 60: mandril, 61: luva,

[0064] 62: fenda, 63: anel de vedação, 70, 70-1: mandris, 71: líquido à alta pressão,

[0065] 72: passagem de fluxo, 73: luva, 74: cilindro.

Meios para a Realização da Invenção

[0066] A presente invenção será explicada enquanto se faz referência aos desenhos em anexo. Na explicação a seguir, será dado um exemplo do caso no qual um material de metal oco tendo uma seção transversal fechada na presente invenção é um tubo de aço 17, mas a presente invenção não está limitada a um tubo de aço, e pode ser aplicada da mesma maneira a qualquer material de metal oco tendo uma seção transversal fechada (tal como um tubo retangular ou um tubo com uma seção transversal conformada).

[0067] A figura 1 é uma vista em perspectiva que mostra de uma forma simplificada e abreviada uma porção de um exemplo da estrutura de um aparelho para curvamento 10 de acordo com a presente invenção. Na figura 1, um primeiro robô industrial 18, um robô de suporte de bobina de aquecimento 27, um segundo robô industrial 26 e um terceiro robô industrial 28 são mostrados com manipuladores e similares ilustrados conceitualmente e em forma simplificada.

[0068] O aparelho para curvamento 10 tem um mecanismo de alimentação 11, um primeiro mecanismo de suporte 12, um mecanismo de aquecimento 13, um mecanismo de resfriamento 14, um segundo mecanismo de suporte 15 e um mecanismo de prevenção de deformação 16.

[Mecanismo de Alimentação 11]

[0069] O mecanismo de alimentação 11 alimenta um tubo de aço

17 em sua direção no sentido do comprimento. O mecanismo de alimentação 11 é constituído por um primeiro robô industrial 18. O primeiro robô industrial 18, o robô de suporte de bobina de aquecimento 27 e o terceiro robô industrial são todos do mesmo tipo de robô q o segundo robô industrial 26.

[0070] A figura 2 é uma vista explicativa que mostra um exemplo da estrutura do primeiro robô industrial 18, do segundo robô industrial 26, do robô de suporte de bobina de aquecimento 27 ou do terceiro robô industrial 28.

[0071] O primeiro robô industrial 18, o segundo robô industrial 26, o robô de suporte de bobina de aquecimento 27 e o terceiro robô industrial 28 (referidos abaixo como os robôs) são denominados, cada um, robôs articulados verticais tendo de um primeiro a um sexto eixo geométrico.

[0072] O primeiro eixo geométrico permite que um braço superior 19 pivote em um plano horizontal. O segundo eixo geométrico permite que o braço superior 19 oscile para frente e para trás. O terceiro eixo geométrico permite que um braço dianteiro 20 oscile para cima e para baixo. Um quarto eixo geométrico permite que o antebraço 20 rode. O quinto eixo geométrico permite que um punho 20a oscile para cima e para baixo. O sexto eixo geométrico permite que o punho 20a rode.

[0073] Além do primeiro ao sexto eixo geométrico, os robôs podem, se necessário, ter um sétimo eixo geométrico, o qual permite que o braço superior 19 pivote. O primeiro até o sétimo eixo geométrico são acionados por servomotores CA.

[0074] Da mesma maneira que os outros robôs industriais de finalidade geral, cada um dos robôs tem um controlador 21, o qual realiza um controle geral da operação do primeiro ao sexto eixo geométrico e uma unidade de entrada 22, para a provisão de instruções para a operação do primeiro ao sexto eixo geométrico.

[0075] Um efector final 24 é provido na extremidade do punho 20a

do primeiro robô industrial 18. O efetor final 24 é usado para a sujeição de um tubo de aço 17 alojado em um palete 23 disposto nas vizinhanças do lado do primeiro robô industrial 18 e para a passagem do tubo de aço sujeitado 17 através de orifícios providos no primeiro meio de suporte 12 e no meio de aquecimento 13.

[0076] O efetor final 24 é usado não apenas quando o mecanismo de alimentação 11 está alimentando um tubo de aço 17, mas também quando um tubo de aço 17 está diretamente sujeitado pelo segundo robô industrial 26, sem o uso da matriz de rolo móvel 25, como um segundo mecanismo de suporte 15 descrito abaixo, e quando o tubo de aço 17 está suportado pelo mecanismo de prevenção de deformação 16.

[0077] O efetor final 24 afeta grandemente a acurácia dimensional e a produtividade do membro flexionado, o qual é fabricado por este aparelho para curvamento 10. O efetor final 24 será explicado abaixo em detalhes.

[0078] Na explicação a seguir, um exemplo de um efetor final será dado para o caso no qual uma matriz de rolo móvel 25 não é usada como um segundo mecanismo de suporte 15 e um tubo de aço 17 é sujeitado diretamente pelo segundo robô industrial 26. Esta descrição se aplica ao efetor final 24 do mecanismo de alimentação 11 e a um efetor final 29 do mecanismo de prevenção de deformação 16.

[0079] A figura 3(a) é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um efetor final na forma de um mandril alongado 30 para o caso no qual um tubo de aço 17 está diretamente sujeitado pelo segundo robô industrial 26, sem o uso de uma matriz de rolo móvel 25 como um segundo mecanismo de suporte 15, a figura 3(b) é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um efetor final na forma de um mandril curto 31 para o caso no qual um tubo de aço 17 está sujeitado diretamente pelo segundo robô industrial 26, sem o uso de

uma matriz de rolo móvel 25 como um segundo mecanismo de suporte 15, e a figura 3(c) é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um efector final na forma de um mandril alongado 32 para o caso no qual um tubo de aço 17 está diretamente sujeitado pelo segundo robô industrial 26, sem o uso de uma matriz de rolo móvel 25 como um segundo mecanismo de suporte 15.

[0080] Cada um dos mandris 30 a 32 compreende um membro tubular para a sujeição de uma extremidade de um tubo de aço 17.

[0081] O mandril 30 é disposto no exterior de um tubo de aço 17. O mandril 30 sujeita uma extremidade de um tubo de aço 17 pelo contato com a superfície externa 17b do tubo de aço 17. O mandril 30 tem uma estrutura de modo que seu diâmetro interno possa ser contraído por um mecanismo adequado descrito abaixo.

[0082] Cada um dos mandris 31 e 32 é inserido no interior de um tubo de aço 17. Os mandris 31 e 32 sujeitam uma extremidade de um tubo de aço 17 ao contatarem a superfície interna do tubo de aço 17. Cada um dos mandris 31 e 32 tem uma estrutura de modo que seu diâmetro externo possa ser expandido por um mecanismo adequado descrito abaixo.

[0083] Cada um destes mandris 30 a 32 apropriadamente mantém uma extremidade de um tubo de aço sendo alimentado em sua direção axial. portanto, o aparelho para curvamento 10 pode flexionar um tubo de aço 17 com uma acurácia de trabalho suficiente.

[0084] Cada um dos mandris 30 a 32 tem um mecanismo de vedação de extremidade de tubo o qual contata uma superfície de vedação formada na extremidade de um tubo de aço ou um mecanismo de vedação de superfície interna o qual contata uma superfície de vedação formada na superfície interna de um tubo de aço. Como resultado, os mandris 30 a 32 selam um tubo de aço 17 ao contatarem diretamente a extremidade ou a superfície interna do tubo de aço 17.

Os mandris 30 a 32 evitam que água entre no interior do tubo de aço 17, de modo que um aquecimento do tubo de aço 17 pela bobina de aquecimento de alta frequência 13a possa ser realizado apropriadamente. Portanto, o aparelho para curvamento 10 pode flexionar um tubo de aço 17 com acurácia suficiente.

[0085] O mandril 30 compreende um membro tubular alongado. Portanto, a carga de flexão W é restrita a um valor pequeno, e uma interferência entre o segundo robô industrial 26 e um equipamento em sua periferia é evitada, mesmo quando a flexão começar a partir da vizinhança da extremidade dianteira de um tubo de aço 17.

[0086] O mandril 31 compreende um membro tubular curto. Um endurecimento por resfriamento brusco de um tubo de aço 17 é realizado a partir da extremidade do tubo de aço 17, de modo que o limite de escoamento do produto seja aumentado.

[0087] O mandril 32 compreende um membro tubular alongado, de modo que uma carga de flexão W seja suprimida para um valor baixo. Uma interferência entre o segundo robô industrial 26 e um equipamento em sua periferia é evitada, mesmo quando a flexão começar a partir da vizinhança da extremidade de um tubo de aço 17, e um endurecimento por resfriamento brusco é realizado a partir da extremidade do tubo de aço 17, desse modo se aumentando o limite de escoamento do produto.

[0088] A figura 4 é uma vista explicativa que mostra que os mandris 30 a 32 podem reduzir a carga de flexão W .

[0089] Na figura 4, o símbolo W indica a carga de flexão, o símbolo M indica os momentos necessários para a flexão de um tubo de aço 17, o símbolo l_1 indica o comprimento do mandril, o símbolo l_2 indica o comprimento de contato de mandrilagem e o símbolo l_3 indica a distância a partir da extremidade do tubo de aço 17 até o ponto em que a flexão começa.

[0090] A carga de flexão é definida como $W = M/L = M/(l_1 + l_3)$.

Quanto mais longo L for, menor W poderá ser. De modo a melhorar o limite de escoamento do produto, é preferível começar a flexão na vizinhança de uma extremidade de um tubo de aço 17, especificamente, é preferível tornar l_3 pequeno. Quando há limites quanto à carga admissível de um equipamento de flexão, l_3 pode ser encurtado pelo aumento de comprimento de l_1 .

[0091] Por exemplo, quando se realiza uma flexão de um tubo de aço tendo um diâmetro externo de 25 mm e uma espessura de parede de 1,0 mm com um raio de flexão de 200 mm, o momento necessário para a flexão é de aproximadamente 36 Nm.

[0092] Se a carga de flexão admissível for de 500 N, então, quando $L = d$, $W = 1440 \text{ N} > 500 \text{ N}$, e quando $L = 2d$, $W = 720 \text{ N} > 500 \text{ N}$, de modo que uma flexão não pode ser realizada em qualquer caso. Em contraste, quando $L = 3d$, $W = 480 \text{ N} < 500 \text{ N}$, quando $L = 4d$, $W = 360 \text{ N} < 500 \text{ N}$, e quando $L = 5d$, $W = 288 \text{ N} < 500 \text{ N}$, de forma que uma flexão possa ser realizada em cada caso.

[0093] Por esta razão, sob as condições descritas acima, a relação $L \geq 3d$ preferencialmente é satisfeita.

[0094] A figura 5(a) é uma vista explicativa que mostra um mandril 33 de um tipo o qual é disposto no exterior de um tubo de aço e o qual sujeita uma extremidade do tubo de aço ao contatar a superfície externa do tubo de aço, e a figura 5(b) é uma vista explicativa de um mandril 34 de um tipo o qual é inserido no interior de um tubo de aço e o qual sujeita uma extremidade do tubo de aço pelo contato com a superfície interna do tubo de aço.

[0095] O mandril 34 é preferível ao mandril 33, uma vez que ele pode ser centralizado mais facilmente com respeito a um tubo de aço e pode obter mais facilmente uma força de sujeição por uma força de tração na direção circunferencial de um tubo de aço.

[0096] A figura 5(c) é uma vista explicativa que mostra vários

mandris 35 a 43.

[0097] Os mandris 35 e 36 são dispostos no exterior de um tubo de aço e contatam a superfície externa do tubo de aço.

[0098] Os mandris 37 e 38 são inseridos em um tubo de aço e contatam a superfície interna do tubo de aço.

[0099] Os mandris 39 e 40 são dispostos no exterior de um tubo de aço e contatam a superfície externa do tubo de aço, e eles também são inseridos no interior do tubo de aço e contatam a superfície interna do tubo de aço.

[00100] Os mandris 41 a 43 são mandris, cada um, para tubos retangulares. De modo a obter uma força de manutenção suficiente, mesmo com um tubo retangular e para a sujeição de um tubo retangular com certeza, os mandris 41 a 43 preferencialmente são inseridos em um tubo de aço e contatam a superfície interna do tubo de aço e também contatam os cantos internos do tubo retangular.

[00101] Cada um dos mandris acima preferencialmente é disposto de modo que seu eixo geométrico aproximadamente coincida com o eixo geométrico central de um tubo de aço, de modo que o mandril possa passar através do primeiro dispositivo de suporte 12, do dispositivo de aquecimento 13, do dispositivo de resfriamento 14 e do segundo dispositivo de suporte 15 com certeza.

[00102] A figura 6 é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um exemplo de um mandril 44 usado pelo terceiro robô industrial 28 na figura 1. O símbolo 45 na figura 6 indica um cilindro.

[00103] Conforme mostrado na figura 6, quando um tubo de aço 17 sofre uma flexão enquanto é endurecido por um resfriamento brusco a partir da vizinhança de sua extremidade dianteira, o mandril 44 preferencialmente é um mandril alongado que tem um diâmetro externo com dimensões correspondentes de forma aproximada ao diâmetro externo do tubo de aço 17.

[00104] A figura 7 é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um exemplo de um mandril 46 usado no mecanismo de alimentação na figura 1. O símbolo 47 na figura 7 indica uma guia de suporte.

[00105] Conforme mostrado na figura 7, quando um tubo de aço 17 está sendo flexionado enquanto é endurecido por um resfriamento brusco na vizinhança de sua extremidade traseira, é preferível usar um mandril alongado 46 que tem um diâmetro externo com dimensões aproximadamente correspondentes ao diâmetro externo do tubo de aço 17.

[00106] As figuras 8(a) a 8(c) são vistas explicativas que mostram esquematicamente mecanismos para aumento das dimensões externas de mandris 48, 49 e 48-1, os quais sujeitam uma extremidade de um tubo de aço 17 ao serem inseridos no tubo de aço 17 e contatarem a superfície interna do tubo de aço 17.

[00107] Dentro de um corpo cilíndrico 50, um mandril 48 tem um eixo 51 o qual pode ser avançado e retraído por um cilindro não ilustrado ou similar e uma barra de operação 52, por exemplo, a qual pode ser disposta na extremidade dianteira do eixo 51. Quatro garras de mandril 53 são dispostas em posições predeterminadas na direção axial do corpo 50 na superfície inclinada da barra de operação 52. As garras de mandril 53 são movidas na direção radial por um movimento do eixo 51 na direção axial do corpo 50, desse modo se aumentando ou diminuindo o diâmetro externo do mandril 48.

[00108] Dentro de um corpo cilíndrico 50, o mandril 49 tem um eixo 51 o qual pode ser avançado e retraído por um cilindro não ilustrado ou similar e uma barra cônica 54, por exemplo, a qual é disposta na extremidade dianteira do eixo 51. Um grande número de segmentos 55 e uma garra elástica 56 são dispostos na superfície inclinada da barra cônica 54. Quando o eixo 51 é movido na direção axial do corpo 50, os

segmentos 55 são movidos na direção radial e, como resultado, as dimensões externas do mandril 49 são aumentadas ou diminuídas.

[00109] O mandril 48-1 é uma modificação do mandril 48. A barra de operação 52 tem um formato afunilado. A barra de operação afunilada 52 pode aumentar na área de seção transversal da junta com o eixo 51 e, desse modo, aumentar a resistência da barra de operação 52.

[00110] As garras de mandril 53 preferencialmente têm ranhuras em rabo de andorinha as quais se estendem na direção axial do corpo 50 para se permitir que uma remoção de grampeamento seja realizada com certeza.

[00111] Os exemplos dos materiais usados para as garras de mandril 53 e a barra de operação 52 são aço inoxidável austenítico e aço-ferramenta. O aço inoxidável austenítico é adequado porque ele é não magnético e não sofre prontamente um aquecimento indutivo, mas é um pouco inferior com respeito à resistência a desgaste (resistência a danos) e propriedades anticorrosão. Por outro lado, o aço-ferramenta tem durabilidade superior em um estado frio. O aço-ferramenta é magnético e é facilmente afetado por um aquecimento indutivo, mas não há problemas no uso real, a menos que a vizinhança das garras de mandril 53 sofra um aquecimento indutivo. O corpo 50 preferencialmente é um membro não magnético feito de aço inoxidável austenítico ou similar.

[00112] A figura 9(a) é uma vista explicativa que mostra esquematicamente um exemplo da estrutura de um mandril 57 adequado para uso em um aparelho para curvamento 10 de acordo com a presente invenção, a figura 9(b) mostra um mandril 58 como um exemplo comparativo, e a figura 9(c) mostra um mandril 57 como um exemplo de acordo com a presente invenção.

[00113] Conforme mostrado na figura 9(a) e na figura 9(c), o mandril 57 tem componentes 57a e 57b e membros de isolamento 59. Os

componentes 57a e 57b são divididos em uma pluralidade de membros (dois no exemplo ilustrado) na direção circunferencial. Os membros de isolamento 59 são dispostos entre dois componentes adjacentes 57a e 57b. Os membros de isolamento 59 são feitos de politetrafluoroetileno ou similar, por exemplo.

[00114] Conforme mostrado na figura 9(c), pela disposição dos membros de isolamento 59 entre uma pluralidade de componentes 57a e 57b do mandril 57, as correntes fluindo nos componentes 57a e 57b cancelam cada outra. Como resultado, uma corrente induzida pela bobina de aquecimento de alta frequência 13a é impedida de fluir em torno dos componentes 57a e 57b e de aquecer o mandril 58.

[00115] A figura 10 é uma vista explicativa que mostra a estrutura de um mandril 60 de um tipo de luva com fendas, o qual é adequado para uso em um aparelho para curvamento de acordo com a presente invenção.

[00116] O mandril 60 tem um eixo 51 o qual pode ser avançado e retraído por um cilindro não ilustrado ou similar e uma barra de operação 52, por exemplo, disposta na extremidade dianteira do eixo 51, ambos estando dentro de um corpo cilíndrico 50 do mandril 60. Uma luva 61 tendo fendas 62 e um anel de vedação 63 são dispostos na superfície inclinada da barra de operação 52 em posições predeterminadas na direção axial do corpo 50. A luva 61 com fendas se deforma elasticamente e aumenta ou diminui de diâmetro quando o eixo 51 se move na direção axial do corpo 50. Como resultado, as dimensões externas do mandril 60 são aumentadas ou diminuídas.

[00117] Devido ao fato de a luva 61 ter uma pluralidade de fendas, ela pode se deformar elasticamente sob uma força pequena, e não é prontamente aquecida por aquecimento por indução, mesmo quando for feita de metal.

[00118] Um aquecimento indutivo da luva 61 pode ser

adequadamente impedido, simplesmente ao se fazer a luva 61 a partir de um membro não magnético. As fendas 62 preferencialmente são providas quando a resistência da luva 61 é adequadamente garantida.

[00119] A figura 11(a) é uma vista explicativa que mostra a estrutura de um mandril 70 com uma luva hidráulica a qual é adequada para uso em um aparelho para curvamento de acordo com a presente invenção, e a figura 11(b) é uma vista explicativa de uma modificação 70-1 do mesmo.

[00120] Uma passagem 72 para um fluido à alta pressão 71, o qual é gerado usando-se uma bomba de alta pressão não ilustrada, é formada dentro do mandril 70. Uma luva 73 a qual é formada a partir de um membro elástico é provida na periferia externa da ponta do corpo do mandril 70. A luva 73 é deformada de modo a se expandir pela passagem do fluido à alta pressão 71 através da passagem 72. O mandril 70 pode diminuir o diâmetro externo da ponta do corpo, de modo que possa ser usado como um mandril tendo um diâmetro interno pequeno. A luva 73 preferencialmente é feita de um metal resistente a calor.

[00121] O mandril 70-1 tem um cilindro 74 o qual produz um fluido à alta pressão 71. Ao se fazer a área de seção transversal A_1 da porção de operação do cilindro 74 maior do que a área de seção transversal A_2 de uma passagem 72, a pressão P_2 na passagem 72 pode ser tornada alta, mesmo quando a pressão de operação P_1 do cilindro 74 for baixa.

[00122] A figura 12 é uma vista explicativa de um mecanismo para a produção de uma pressão positiva dentro de um tubo de aço 17.

[00123] Se um membro de vedação na extremidade do tubo de aço 17 for feito de um material macio, tal como borracha, a durabilidade do membro de vedação será inadequada, às vezes. Se o membro de vedação for feito de metal, às vezes não será possível evitar a entrada de água no tubo de aço 17.

[00124] Portanto, um mandril de lado de alimentação 76, o qual tem uma passagem 75 dentro de uma barra de operação para o suprimento de ar comprimido ou de um gás inerte comprimido, é usado como um mecanismo para a produção de uma pressão positiva dentro de um tubo de aço 17. O mecanismo preferencialmente é projetado de modo que o ar comprimido ou um gás inerte comprimido suprido para o interior do tubo de aço 17 seja descarregado a partir do mandril de lado de saída 77. Como resultado, uma pressão positiva é mantida dentro do tubo de aço 17, e a água de resfriamento a partir do mecanismo de resfriamento 14 pode ser completamente impedida de entrar no interior do tubo de aço 17.

[00125] Um gás inerte, tal como gás nitrogênio, preferencialmente é suprido para o interior do tubo de aço 17, de modo a suprimir uma oxidação do interior do tubo de aço 17.

[00126] Quando os mandris descritos acima sujeitam a superfície interna de um material que é trabalhado tendo uma seção transversal poligonal, tal como uma seção transversal retangular, ou quando da sujeição de um material sendo processado tendo um formato de seção transversal conformado com cantos, a força de sujeição pode ser aumentada e o material sendo processado pode ser centralizado com certeza, se a sujeição for realizada de modo que o mandril contate cada um dos cantos da superfície periférica interna do material sendo processado.

[00127] O primeiro robô industrial 18 move os tubos de aço 17 a partir de um palete 23 para o aparelho para curvamento 10 e os coloca no aparelho para curvamento 10. Como resultado, uma diminuição no tempo de ciclo e um aumento na produtividade do aparelho para curvamento 10 podem ser obtidos.

[00128] [Primeiro Mecanismo de Suporte 12]

[00129] O primeiro mecanismo de suporte 12 é fixado em uma

primeira posição A. Um primeiro mecanismo de suporte 12 suporta um tubo de aço 17, enquanto o alimenta. Da mesma maneira que no aparelho para curvamento 0, o primeiro mecanismo de suporte 12 compreende uma matriz. A matriz tem pelo menos um par de rolos 12a, 12a (no exemplo ilustrado, também tem um ou mais conjuntos de pares de rolo 12b, 12b para um total de dois conjuntos), os quais podem suportar um tubo de aço 17 enquanto o alimentam. Uma matriz como essa é bem conhecida por aqueles versados na técnica, de modo que uma explicação do primeiro mecanismo de suporte 12 será omitida.

[00130] O primeiro mecanismo de suporte 12 é constituído conforme descrito acima.

[Mecanismo de Aquecimento 13]

[00131] O mecanismo de aquecimento 13 é disposto em uma segunda posição B a jusante da primeira posição A na direção de alimentação de um tubo de aço 17 e é suportado por um robô de suporte de bobina de aquecimento 27. O mecanismo de aquecimento 13 aquece toda ou uma porção de um tubo de aço 17 sendo alimentado.

[00132] Um dispositivo de aquecimento por indução tendo uma bobina de aquecimento 13a a qual é disposta em torno de e separada de um tubo de aço 17 é usada como o mecanismo de aquecimento 13. Uma bobina de aquecimento 13a é bem conhecida por aqueles versados na técnica, de modo que uma explicação do mecanismo de aquecimento 13 será omitida.

[Mecanismo de Resfriamento 14]

[00133] O mecanismo de resfriamento 14 é fixado em uma terceira posição C a jusante da segunda posição B na direção de alimentação de um tubo de aço 17. O mecanismo de resfriamento 14 forma uma porção de temperatura alta em uma porção do tubo de aço 17 pelo resfriamento da porção do tubo de aço 17 sendo alimentada, a qual foi aquecida pelo mecanismo de aquecimento 13.

[00134] O mecanismo de resfriamento 14 usa um dispositivo de resfriamento a água, por exemplo. O dispositivo de resfriamento a água tem bocais de aspersão de água de resfriamento 14a e 14b espaçados da superfície externa do tubo de aço 17. Esses bocais de aspersão de água de resfriamento 14a e 14b são bem conhecidos por aqueles versados na técnica, de modo que uma explicação do mecanismo de resfriamento 14 será omitida.

[Segundo Mecanismo de Suporte 15]

[00135] O segundo mecanismo de suporte 15 é disposto em uma quarta posição D a jusante da terceira posição C na direção de alimentação de um tubo de aço 17. O segundo mecanismo de suporte 15 imprime um momento de flexão à porção de temperatura alta do tubo de aço 17 entre as posições B e C (uma porção a qual foi aquecida e teve a resistência grandemente diminuída para uma deformação) e flexiona o tubo de aço 17 em um formato desejado pelo movimento de forma bi ou tridimensional, enquanto suporta pelo menos uma localização do tubo de aço 17 sendo alimentado.

[00136] Da mesma maneira que no aparelho para curvamento 0, o segundo mecanismo de suporte 15 é constituído por uma matriz de rolo móvel 25. A matriz de rolo móvel 25 tem pelo menos um conjunto de pares de rolo 25a e 25b, os quais podem suportar um tubo de aço 17, enquanto o alimentam. Contudo, como um arranjo diferente, um efetor final, tal como um dispositivo de sujeição, o qual é mantido pelo segundo robô industrial 26, pode ser usado como o segundo mecanismo de suporte 15, e o tubo de aço 17 pode ser sujeitado diretamente pelo efetor final.

[00137] A matriz de rolo móvel 25 é suportada pelo segundo robô industrial 26.

[00138] Como o primeiro robô industrial 18 descrito acima, o segundo robô industrial 26 é um assim denominado robô articulado vertical. Ele

tem do primeiro ao sexto eixo geométrico e, se necessário, um sétimo eixo geométrico. O primeiro ao sétimo eixo geométrico são acionados por servomotores CA.

[00139] O dispositivo de sujeição 26a é provido na extremidade do punho 20a do segundo robô industrial 26 como um efetor final, o qual mantém a matriz de rolo móvel 25. Contudo, o efetor final não precisa ser um dispositivo de sujeição 26a.

[Mecanismo de Prevenção de Deformação 16]

[00140] O mecanismo de prevenção de deformação 16 é disposto em uma quinta posição E a jusante da quarta posição D na direção de alimentação de um tubo de aço 17. O mecanismo de prevenção de deformação 16 impede uma deformação de um tubo de aço 17 sendo alimentado.

[00141] Um terceiro robô industrial 28 é usado como o mecanismo de prevenção de deformação 16.

[00142] Como o primeiro robô industrial 18 e o segundo robô industrial 27 descritos acima, o terceiro robô industrial 28 é um assim denominado robô articulado vertical. Ele tem do primeiro ao sexto eixo geométrico e, se necessário, um sétimo eixo geométrico. O primeiro ao sétimo eixo geométrico é acionado por servomotores CA.

[00143] Qualquer um dos mandris explicados enquanto se faz referência às figuras 3 a 11 é provido na extremidade do punho 20a do terceiro robô industrial 28 e é usado como um efetor final para manutenção de uma extremidade 17a de um tubo de aço 17.

[00144] O aparelho para curvamento 10 preferencialmente realiza uma flexão em um estado aquecido ou quente. Um estado aquecido significa uma faixa de temperatura na qual a resistência à deformação de um material de metal é mais baixa do que à temperatura ambiente. Por exemplo, com certos materiais de metal, é uma faixa de temperatura de em torno de 500 a 800 °C. Um estado quente significa uma faixa de

temperatura na qual a resistência à deformação de um material de metal é mais baixa do que à temperatura ambiente, e a qual é necessária para que o material de metal seja endurecido por resfriamento brusco. Por exemplo, com alguns materiais de aço, é uma faixa de temperatura de 870 °C ou mais alta. Em particular, quando uma flexão é realizada em um estado quente, após uma temperatura predeterminada para um endurecimento por resfriamento brusco ser atingida, um resfriamento brusco pode ser realizado pelo resfriamento a uma velocidade de resfriamento predeterminada. Quando uma flexão é realizada em um estado aquecido, a ocorrência de deformações durante um trabalho, tais como deformações térmicas, pode ser evitada pelo resfriamento da porção flexionada.

[00145] O aparelho para curvamento 10 tem a estrutura descrita acima.

[00146] Devido ao fato de pelo menos um dentre o mecanismo de alimentação 11 e o mecanismo de prevenção de deformação 16 ter um mandril tubular, o qual pode sujeitar um tubo de aço 17, os efeitos descritos abaixo podem ser obtidos.

[00147] O mecanismo de alimentação 11 pode manter apropriadamente a extremidade dianteira ou a extremidade traseira de um tubo de aço 17, e uma flexão pode ser realizada com acurácia suficiente.

[00148] O mecanismo de alimentação 11 pode evitar uma oxidação do interior de um tubo de aço 17, o qual é exposto à atmosfera a uma temperatura alta.

[00149] A força requerida para a flexão não se torna grande demais, e o limite de escoamento de um tubo de aço 17, o qual foi flexionado, é alta.

[00150] A água é impedida de entrar no interior de um tubo de aço 17, e um aquecimento do tubo de aço pela bobina de aquecimento de

alta frequência 13a pode ser realizado, conforme desejado, de modo que uma acurácia de flexão seja adequadamente aumentada.

[00151] Um tubo de aço 17 o qual está sendo flexionado pode passar sucessivamente através do mecanismo de suporte 12, da bobina de aquecimento de alta frequência 13a e do mecanismo de resfriamento 14, e uma flexão pode ser realizada com certeza.

[00152] O mandril o qual sujeita um tubo de aço 17 é impedido de sofrer um aquecimento indutivo pela bobina de aquecimento de alta frequência 13a, e pode manter o tubo de aço 17 continuamente com certeza a partir do começo até o término da flexão. Como resultado, a acurácia de flexão pode ser adequadamente aumentada.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para curvamento (10) tendo os descritos abaixo primeiro mecanismo de suporte (12), mecanismo de aquecimento (13), mecanismo de resfriamento (14), segundo mecanismo de suporte (15) e

um primeiro mecanismo de suporte (12), o qual é disposto em uma primeira posição e o qual é adaptado para suportar um material de metal (17) oco enquanto o alimenta,

um mecanismo de aquecimento (13), o qual é disposto em uma segunda posição a jusante da primeira posição na direção de alimentação do material de metal (17) e o qual é adaptado para aquecer todo o ou uma porção do material de metal (17) sendo alimentado,

um mecanismo de resfriamento (14), o qual é disposto em uma terceira posição a jusante da segunda posição na direção de alimentação do material de metal (17) e o qual é adaptado para forma uma porção à alta temperatura em parte do material de metal (17) pelo resfriamento da porção do material de metal (17) sendo alimentado, o qual foi aquecido pelo mecanismo de aquecimento (13),

um segundo mecanismo de suporte (15), o qual é disposto em uma quarta posição a jusante da terceira posição na direção de alimentação do material de metal (17) e o qual é adaptado para transmitir um momento de flexão à porção à alta temperatura e flexiona o material de metal (17) para um formato desejado pelo movimento de forma bidimensional ou tridimensional, enquanto suporta pelo menos uma localização do material de metal (17) sendo alimentado, e caracterizado pelo fato de que o segundo mecanismo de suporte (15) apresenta:

um mandril (30-43), o qual compreende um membro tubular que tem um polígono circular, ou uma seção transversal especial e o qual é adaptado para sujeitar o material de metal (17), e que é adaptado

para selar o interior do material de metal (17) e/ou para aplicar uma pressão positiva ao interior do material de metal (17).

2. Aparelho para curvamento (10), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que tem ainda um mecanismo de alimentação (11), que é adaptado para alimentar o material de metal (17) em sua direção no sentido do comprimento.

3. Aparelho para curvamento (10), de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o mecanismo de alimentação (11) tem o mandril.

4. Aparelho para curvamento (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o primeiro mecanismo de suporte (12) é adaptado para alimentar o material de metal (17) em sua direção no sentido do comprimento.

5. Aparelho para curvamento (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o mandril é adaptado para ser inserido no material de metal (17) e para contatar a superfície interna do material de metal (17).

6. Aparelho para curvamento (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que as dimensões externas do membro tubular podem ser expandidas.

7. Aparelho para curvamento (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o mandril é disposto no exterior do material de metal (17) e contata a superfície externa do material de metal (17).

8. Aparelho para curvamento (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que as dimensões internas do membro tubular podem ser reduzidas.

9. Aparelho para curvamento (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o membro tubular é disposto de modo que seu eixo geométrico central coincida

aproximadamente com o eixo geométrico central do material de metal (17).

10. Aparelho para curvamento (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que o membro tubular tem dimensões externas as quais correspondem grosseiramente às dimensões externas do material de metal (17).

11. Aparelho para curvamento (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que o membro tubular tem garras de mandril e uma barra de operação feita a partir de um material de alta dureza.

12. Aparelho para curvamento (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que o membro tubular tem uma pluralidade de componentes, os quais são divididos na direção circunferencial e membros de isolamento os quais são dispostos entre componentes adjuntos.

13. Aparelho para curvamento (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que o membro tubular é não magnético e/ou tem uma estrutura laminada.

Fig. 2

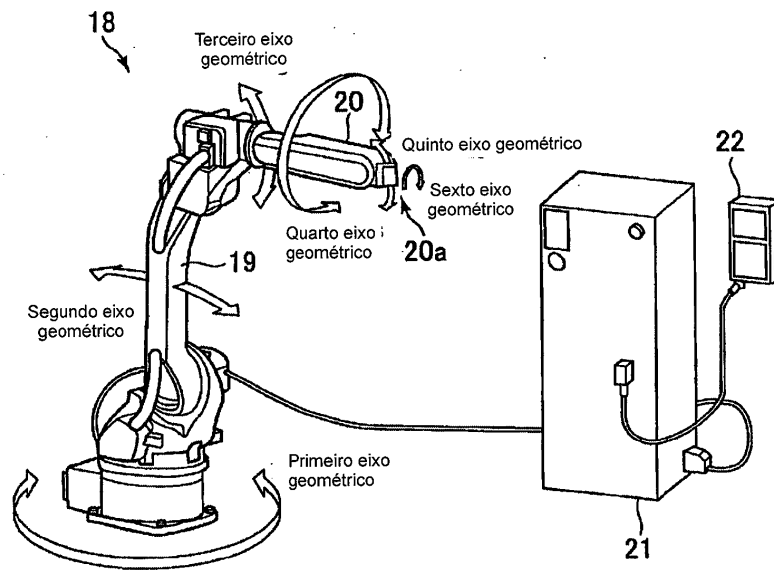


Fig. 3

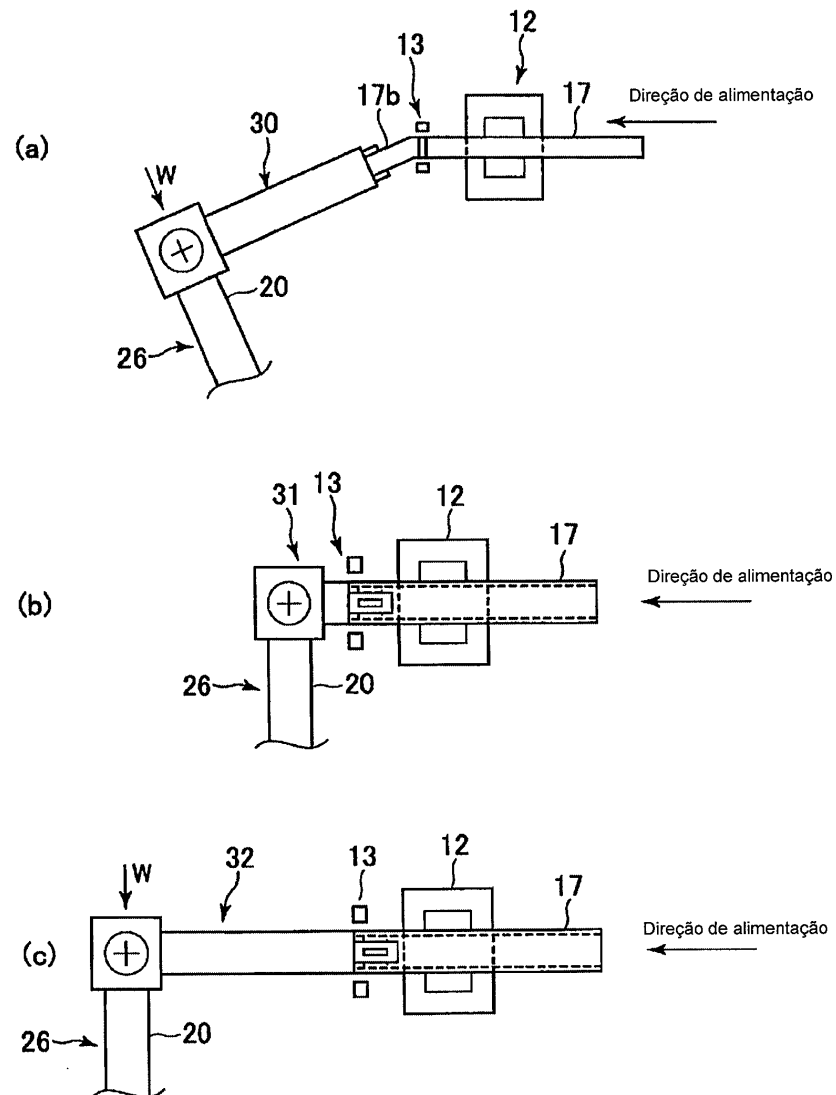


Fig. 4

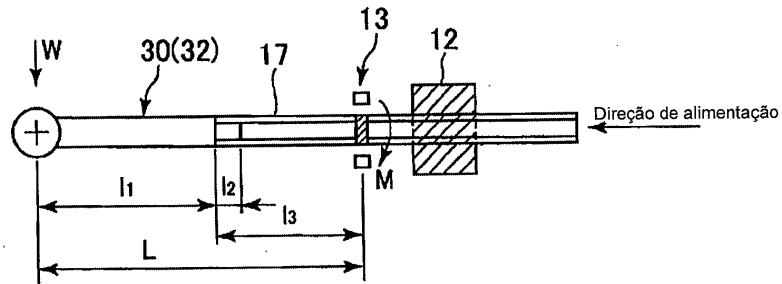


Fig. 5

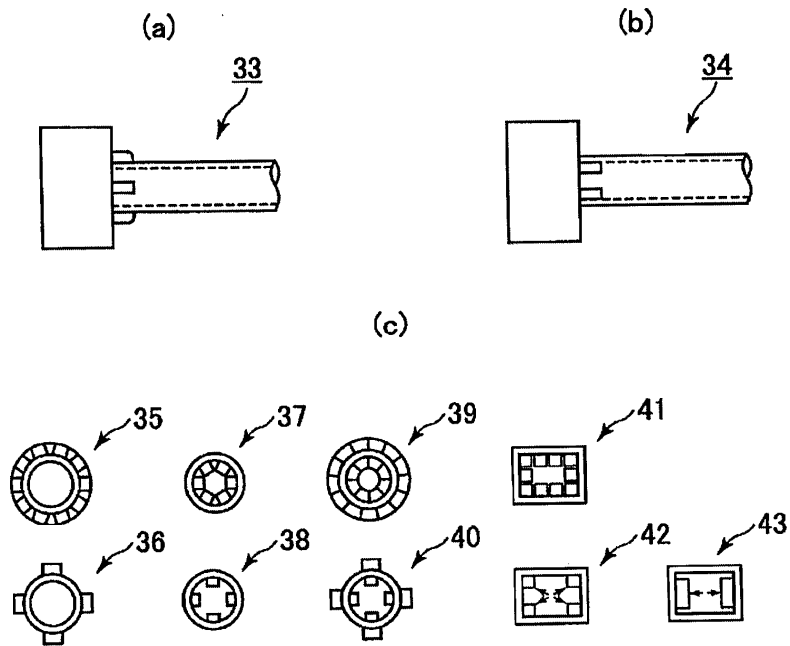


Fig. 6

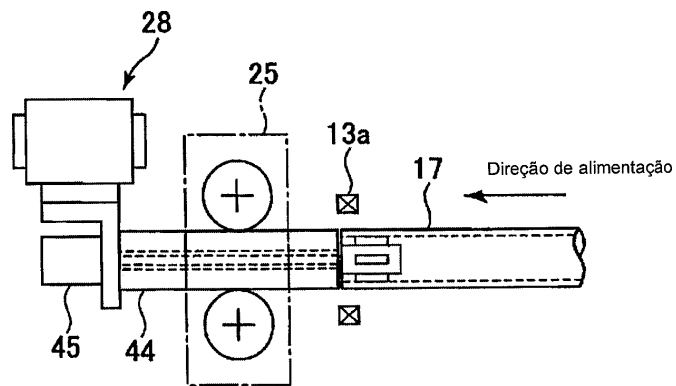


Fig. 7

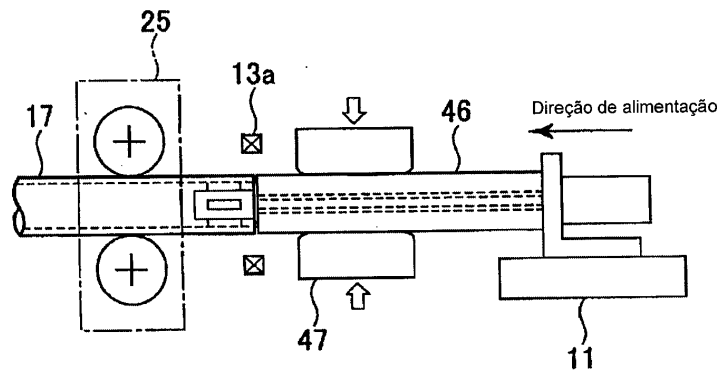


Fig. 8

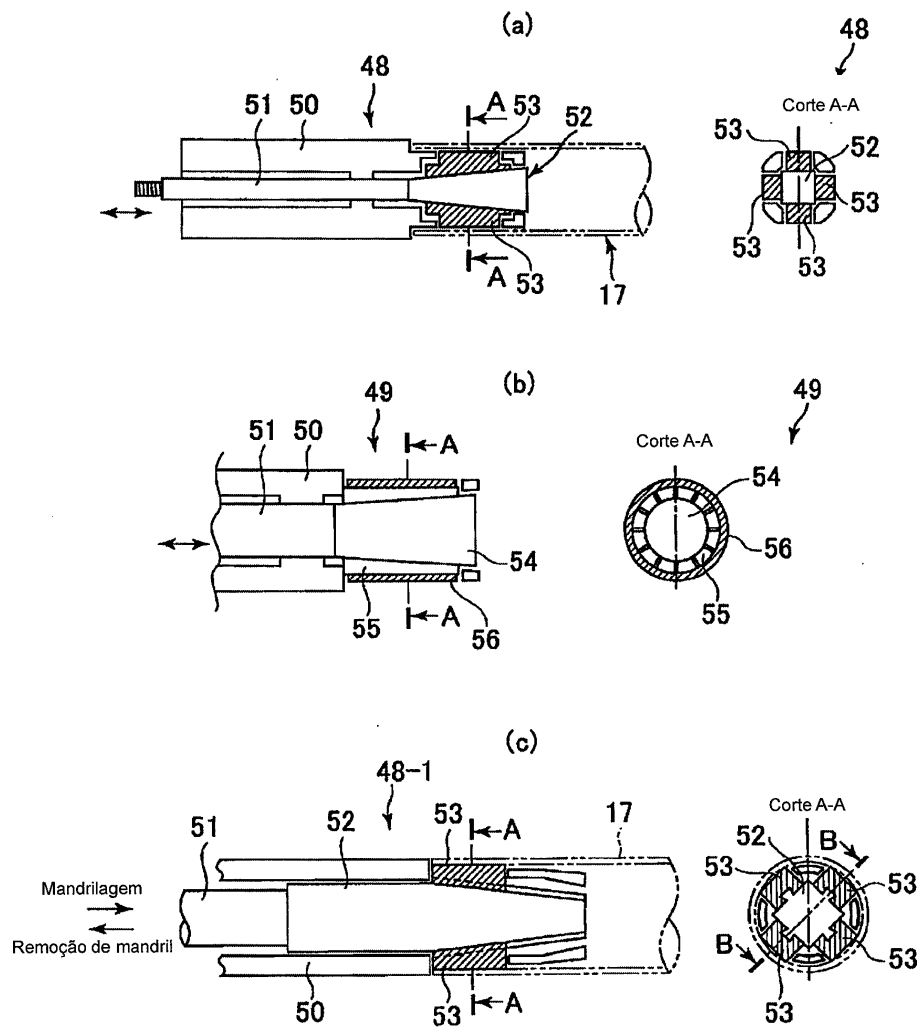


Fig. 9

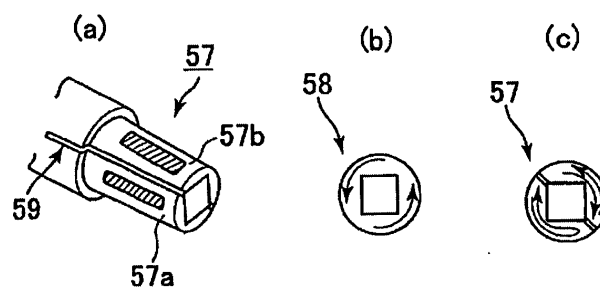


Fig. 10

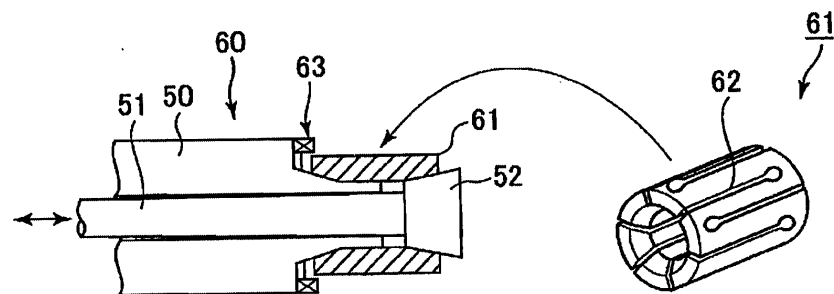


Fig. 11

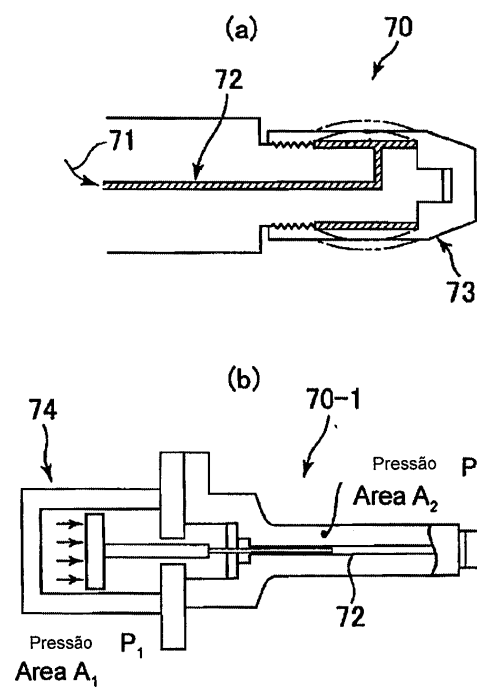


Fig. 12

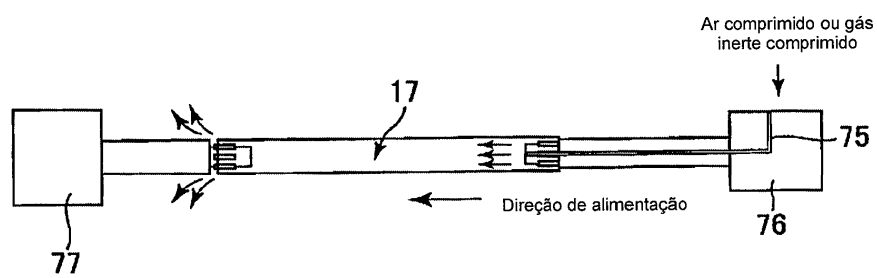


Fig. 13

