



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

**(11) PI 0614305-9 B1**



**(22) Data do Depósito: 01/08/2006**

**(45) Data de Concessão: 18/02/2020**

**(54) Título:** APARELHO E MÉTODO DE DETECÇÃO DE FALHA PARA UM TUBO MATRIZ

**(51) Int.Cl.:** B21B 37/78; B21B 17/02; B21C 51/00.

**(30) Prioridade Unionista:** 02/08/2005 JP 2005-224608.

**(73) Titular(es):** NIPPON STEEL CORPORATION.

**(72) Inventor(es):** KENICHI SASAKI.

**(86) Pedido PCT:** PCT JP2006315216 de 01/08/2006

**(87) Publicação PCT:** WO 2007/015484 de 08/02/2007

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 06/02/2008

**(57) Resumo:** APARELHO E MÉTODO DE DETECÇÃO DE FALHA PARA UM TUBO MATRIZ. A presente invenção refere-se a um aparelho de detecção de falha (100) e um método de detecção de falha para automaticamente detectar a ocorrência de uma falha em um tubo matriz fabricado por laminação de um corpo oco (P) usando um laminador de mandril (M). Um aparelho de detecção de falha (100) de acordo com a presente invenção inclui um calibrador de espessura da parede (1) que é instalado no lado de saída de um laminador de mandril (M) e que mede a espessura da parede do tubo em cada uma das direções de redução de um corpo oco (P) nas plataformas (1 - 5) do laminador de mandril (M), dispositivos de medir a carga de laminação (2) que medem a carga de laminação nas plataformas (1 - 5, e uma unidade de decisão (3) que determina se existem falhas no tubo matriz baseada no valor de medido da espessura da parede do tubo em cada uma das direções de redução do corpo oco (P) e no valor medido da carga de laminação em cada plataforma. A unidade de decisão (3) determina que uma falha ocorre no tubo matriz quando o valor medido da espessura da parede do tubo em (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para  
**"APARELHO E MÉTODO DE DETECÇÃO DE FALHA PARA UM TUBO MATRIZ".**

Campo Técnico

[001] A presente invenção refere-se a um aparelho de detecção de falha e método de detecção de falha para tubos. Especificamente, a presente invenção refere-se a um aparelho de detecção de falha e método de detecção de falha para tubos para automaticamente detectar falhas que se desenvolvem em tubos matrizes fabricados por execução de laminação de corpos ocos usando um laminador de mandril.

Antecedentes da Invenção

[002] As figuras 5(a) - 5(d) são vistas explanatórias mostrando vários tipos de falhas que se desenvolvem em um tubo matriz fabricado por laminação de um corpo oco usando um laminador de mandril.

[003] A figura 5(a) mostra falhas de indentação na superfície interna que são indentações 4 na superfície interna de um tubo matriz P. A figura 5(b) mostra falhas de perfuração que são orifícios 5 que ocorrem quando as falhas de indentação na superfície interna avançam e alcançam a superfície externa de um tubo matriz P. A figura 5(c) e a figura 5(d), que são uma seção transversal na direção circunferencial do tubo matriz P da figura 5(c), mostram uma falha de prega que é uma porção 6 onde a superfície externa de um tubo matriz P é dobrada para dentro. Cada uma dessas falhas é uma causa maior de ocorrência de tubos matrizes defeituosos.

[004] Em um laminador de mandril, a presença das várias falhas acima descritas tem sido convencionalmente detectada por observação visual direta de um tubo matriz laminado por um operador trabalhando em uma sala de controle localizada na vizinhança do laminador de mandril.

[005] No entanto, nos últimos anos, conforme a automação de

instalações de formação de tubo progride, uma sala de controle está situada em um local remoto de um laminador de mandril. Por conseguinte, têm sido desenvolvidas situações em que um operador não pode direta e visualmente observar vários tipos de falhas em um tubo matriz depois da laminação. Dessa maneira, mesmo que vários tipos de falhas se desenvolvam em tubos matrizes que passaram por laminação usando um laminador de mandril, elas não podem ser rapidamente detectadas, e existe a possibilidade de um maior número de produtos defeituosos se desenvolvendo do que no passado.

[006] Por exemplo, os Documentos de Patente 1-6 descrevem invenções em que de modo a suprimir variações na espessura da parede das porções de extremidade de um tubo matriz que é laminado usando um laminador de mandril e em divergências de espessura na direção circunferencial do tubo matriz, a espessura da parede de um tubo matriz laminado no laminador de mandril seja medida por um calibrador de espessura da parede posicionado no lado de saída do laminador de mandril, e baseadas nos resultados de medição, as condições de laminação do laminador de mandril são adequadamente mudadas.

[007] Documento de Patente 1: JP H7-246414 A1

[008] Documento de Patente 2: JP H8-71616 A1

[009] Documento de Patente 3: JP 2001-293503 A1

[0010] Documento de Patente 4: JP 2002-35817 A1

[0011] Documento de Patente 5: JP 2003-220403 A1

[0012] Documento de Patente 6: JP 2004-337941 A1

#### Descrição da Invenção

[0013] No entanto, um calibrador de espessura da parede instalado no lado de saída de um laminador de mandril como descrito nos Documentos de Patente 1-6 é usado somente para medir a espessura da parede de um tubo matriz de modo a detectar variações na

espessura da parede nas extremidades de um tubo matriz ou divergências de espessura na direção circunferencial do tubo matriz, e ele pode detectar várias falhas que são defeitos de conformação que aparecem localmente em um tubo matriz laminado com um laminador de mandril. Por conseguinte, como coisa de se esperar, as invenções descritas nesses documentos de patente não tornam possível automaticamente detectar falhas que são encontradas em um tubo matriz laminado usando um laminador de mandril.

[0014] Os presentes inventores dispuseram um calibrador de espessura da parede no lado de saída de um laminador de mandril de modo a medir a espessura da parede de um tubo matriz nas direções de redução (as direções de redução por laminação) em cada plataforma do laminador de mandril e checaram as variações no valor medido da espessura da parede na direção longitudinal do tubo matriz. Como resultado, eles encontraram o seguinte:

[0015] Quando uma falha de indentação na superfície interna ou uma falha de perfuração se desenvolve em um tubo matriz, o valor medido da espessura da parede em uma porção correspondente à porção onde uma falha de indentação da superfície interna ou uma falha de perfuração está presente localmente diminui, e quando uma falha de prega se desenvolve em um tubo matriz, o valor medido da espessura da parede em uma porção correspondente à porção onde a falha de prega está presente localmente diminui.

[0016] Quando uma falha de indentação da superfície interna, uma falha de perfuração, ou uma falha de prega se desenvolve em um tubo matriz, o valor medido da carga de laminação em uma plataforma localmente diminui.

[0017] Dessa maneira, monitorando as variações locais no valor medido da espessura da parede na direção longitudinal de um tubo matriz durante a laminação com um calibrador de espessura da parede

e monitorando variações locais no valor medido da carga de laminação, quando ambos desses valores medidos excedem seus valores limites predeterminados respectivos, é decidido que uma falha de indentação da superfície interna, uma falha de perfuração ou uma falha de prega ocorreu, tornando possível dessa maneira automaticamente detectar com alta precisão a ocorrência de uma falha em um tubo matriz que é laminado usando um laminador de mandril.

[0018] A presente invenção é um aparelho de detectar uma falha em um tubo matriz caracterizado por compreender um calibrador de espessura da parede disposto no lado de saída de um laminador de mandril para medir a espessura da parede do tubo em cada uma das direções de redução ou de um corpo oco sendo laminado em uma pluralidade de plataformas que constituem o laminador de mandril, dispositivos de medição de carga de laminação para medir a carga de laminação em cada uma das pluralidades de plataformas, e uma unidade de decisão que determina, baseada no valor medido da espessura da parede do tubo em cada uma das direções de redução de um corpo oco na pluralidade de plataformas que é medida pelo calibrador de espessura da parede e no valor medido da carga de laminação em cada da pluralidade de plataformas que é medida pelos dispositivos de medição de carga de laminação, que uma falha se desenvolve no tubo matriz quando o valor medido da espessura da parede do tubo em quaisquer das direções de redução, localmente varia pelo menos uma quantidade predeterminada e quando o valor medido da carga de laminação em qualquer das plataformas varia pelo menos uma quantidade predeterminada.

[0019] A presente invenção é também um método de detectar uma falha em um tubo matriz caracterizado por medir a espessura da parede do tubo em cada uma das direções de redução de um corpo oco sendo laminado em uma pluralidade de plataformas que constituem um

laminador de mandril, medir a carga de laminação em cada uma das pluralidades de plataformas, e determinar que a falha é desenvolvida no tubo matriz quando o valor medido da espessura da parede do tubo medido em quaisquer das direções de redução localmente varia pelo menos uma quantidade predeterminada e quando o valor medido da carga de laminação medida em qualquer uma das pluralidades de plataformas localmente varia pelo menos uma quantidade predeterminada.

[0020] De acordo com a presente invenção, as falhas tais como falhas de indentação, falhas de perfuração e falhas de prega na superfície interna que se desenvolvem em um tubo matriz que é fabricado por laminação de um corpo oco usando um laminador de mandril podem ser automaticamente detectadas com alta precisão.

[0021] Por conseguinte, gerando um alarme ou o similar quando uma falha que se desenvolve em um tubo matriz é automaticamente detectada pela presente invenção, mesmo se uma sala de controle é disposta em um local remoto de um laminador de mandril, um operador pode imediatamente interromper a operação do laminador de mandril e identificar a causa de ocorrência da falha e rapidamente executar uma contramedida. Por conseguinte, a ocorrência de um grande número de produtos defeituosos pode ser impedida adiantadamente.

[0022] Além disso, de acordo com a presente invenção, em um laminador de mandril constituído de duas plataformas de dois cilindros, quando o valor medido da espessura da parede localmente varia somente em uma das direções de redução, é possível identificar a ocorrência de falhas como aquelas causadas por laminação tanto nas plataformas de número ímpar quanto nas plataformas de número par tendo as mesmas direções de redução, e quando somente o valor medido da carga de laminação em quaisquer das plataformas localmente varia, é possível identificar a ocorrência de falhas como

aquelas causadas por laminação nessa plataforma. Por conseguinte, uma contramedida para eliminar a falha pode ser rapidamente executada.

#### Breve Explicação dos Desenhos

[0023] A figura 1 é uma vista explanatória mostrando esquematicamente a estrutura de um laminador de mandril ao qual uma modalidade de um aparelho de detecção de falha de acordo com a presente invenção é aplicado.

[0024] A figura 2 é uma vista explanatória mostrando esquematicamente a estrutura do calibrador de espessura da parede na figura 1.

[0025] A figura 3 fornece gráficos que mostram um exemplo dos valores medidos da espessura da parede medida pelo calibrador de espessura da parede na figura 1 e o valor medido da carga de laminação medida pelo dispositivo de medição da carga de laminação na figura 1 para um tubo matriz em que uma falha de perfuração foi desenvolvida.

[0026] A figura 4 fornece gráficos que mostram um exemplo dos valores medidos da espessura da parede medida pelo calibrador de espessura da parede na figura 1 e o valor medido da carga de laminação medida pelo dispositivo de medição da carga de laminação na figura 1 para um tubo matriz em que uma falha de prega foi desenvolvida.

[0027] A figura 5 fornece vistas explanatórias mostrando várias falhas que se desenvolvem em um tubo matriz fabricado por laminação de um corpo oco usando um laminador de mandril. A figura 5(a) mostra falhas de indentação na superfície interna, a figura 5(b) mostra falhas de perfuração, e a figura 5(c) e a figura 5(d) mostram uma falha de prega.

#### Melhor Modo para Executar a Invenção

[0028] O melhor modo para executar um aparelho e método de detecção de falha para um tubo matriz de acordo com a presente

invenção será explanado em detalhes enquanto em referência aos desenhos em anexo. Na explanação a seguir, um exemplo será dado no caso em que um aparelho de detecção de falha para um tubo matriz de acordo com a presente invenção é aplicado a um laminador de mandril do tipo de dois cilindros.

[0029] A figura 1 é uma vista explanatória mostrando a estrutura de um laminador de mandril M empregando um aparelho de detecção de falha dessa modalidade.

[0030] Como mostrado nessa figura, esse laminador de mandril M é constituído por um total de 5 plataformas, isto é, plataformas N° 1 - N° 5. Esse laminador de mandril M é um laminador de mandril de dois cilindros em que os pares de cilindros ranhurados opostos R que têm direções de redução que diferem por 90° entre as plataformas de ligação são alternativamente fornecidos em cada uma das plataformas N° 1 - N° 5.

[0031] Um corpo oco P passa por laminação de alongamento usando uma barra de mandril B que é inserida no interior do corpo oco P e dos cilindros ranhurados P que são instalados em cada uma das plataformas N° 1 - N° 5, por meio do que um tubo matriz é fabricado.

[0032] Um aparelho de detecção de falha 100 de acordo com essa modalidade inclui um calibrador de espessura da parede 1 que é instalado no lado de saída do laminador de mandril M constituído como descrito acima e que mede a espessura do tubo laminado (tubo matriz) em cada uma das direções de redução do corpo oco P nas plataformas N° 1 - N° 5 do laminador de mandril M, uma pluralidade de dispositivos de medir carga de laminação 2 que mede as cargas de laminação nas plataformas N° 1 - N° 5, e uma unidade de decisão 3 que determina se existe uma falha no tubo matriz P baseada no valor medido da espessura da parede do tubo em cada direção de redução do corpo oco P medida pelo calibrador de espessura da parede 1 e os valores das

cargas de laminação nas plataformas N° 1 - N° 5 medidos pelos dispositivos de medir carga de laminação 2.

[0033] Um calibrador de espessura da parede de raio  $\gamma$  que mede a espessura da parede baseado na atenuação de raios  $\gamma$  passando através do tubo matriz P é usado como o calibrador de espessura da parede 1 nessa modalidade. Esse calibrador de espessura da parede 1 é equipado com uma pluralidade de projetores de raio  $\gamma$  11a e 12a que é disposta de modo que a direção de irradiação de raios  $\gamma$  corresponda às direções de redução do corpo oco P nas plataformas N° 1 - N° 5, e uma pluralidade de receptores de raio  $\gamma$  11b, 12b que são posicionados em oposição a cada um dos projetores de raio  $\gamma$  11a, 12a através do tubo matriz P. O calibrador de espessura da parede 1 é constituído de modo a ser capaz de continuamente medir a média da espessura da parede do tubo matriz P em cada uma das direções de irradiação de raios  $\gamma$  ao longo da direção longitudinal do tubo P.

[0034] A figura 2 é uma vista explanatória mostrando esquematicamente a estrutura do calibrador de espessura da parede 1 na figura 1.

[0035] Como mostrado nessa figura, o calibrador de espessura da parede 1 dessa modalidade inclui um projetor de raio  $\gamma$  11a tendo uma direção de irradiação que corresponde a uma direção de redução (1ch) do corpo oco P nas plataformas N° 1, N° 3 e N° 5 que são plataformas em números ímpares e um receptor de raio  $\gamma$  11b disposto em oposição, e um projetor de raio  $\gamma$  12a tendo uma direção de irradiação que corresponde a uma direção de redução (2ch) do corpo oco P nas plataformas N° 2 e N° 4 que são as plataformas em números pares e um receptor de raio  $\gamma$  12b disposto em oposição. O calibrador de espessura da parede é constituído de modo a ser capaz de continuamente medir a média de espessura da parede do tubo matriz P em cada uma das direções de redução 1ch e 2ch ao longo da direção

longitudinal do tubo matriz P.

[0036] Nessa modalidade, são usadas células de carga como os dispositivos de medir carga de laminação 2. Elas são constituídas de modo a serem capazes de continuamente medir a carga de laminação aplicada ao corpo oco P em cada uma das plataformas N° 1 - N° 5 na direção longitudinal do corpo oco P. Um dispositivo de medição de carga de laminação de acordo com a presente invenção não é limitado a uma célula de carga, e pode determinar a carga de laminação, por exemplo, através de cálculo baseado na pressão aplicada por um dispositivo de pressão hidráulica que ajusta a posição de laminação dos cilindros ranhurados R em cada plataforma.

[0037] A unidade de decisão 3 recebe como entradas o valor medido da espessura da parede (a média da espessura da parede) no tubo laminado em cada uma das direções de redução (1ch e 2ch) do corpo oco P medida pelo calibrador de espessura da parede 1 e o valor medido da carga de laminação para cada uma das plataformas N° 1 - N° 5 medidas pelos dispositivos de medir carga de laminação 2. Com base nesses dados de entrada, a unidade de decisão 3 determina se uma falha no tubo matriz P ocorreu. A unidade de decisão 3 determina que uma falha se desenvolveu no tubo matriz P quando o valor medido da espessura da parede em qualquer uma das direções de redução localmente varia pelo menos uma quantidade predeterminada e quando o valor medido da carga de laminação em quaisquer das plataformas varia pelo menos uma quantidade predeterminada.

[0038] A figura 3 representa gráficos mostrando um exemplo dos valores medidos da espessura da parede medida pelo calibrador de espessura da parede 1 da figura 1 e o valor medido da carga de laminação medida por um dispositivo de medir carga de laminação 2 da figura 1 para um tubo matriz em que uma falha de perfuração se desenvolveu. A figura 3(a) mostra o valor medido da espessura da

parede na direção de redução 1ch da figura 2, e a figura 3(b) mostra o valor medido da espessura da parede na direção de redução 2ch na figura 2. A figura 3(c) mostra o valor medido da carga de laminação para a plataforma N° 2. A distância (m) da extremidade frontal do tubo que é o eixo horizontal nos gráficos das figuras 3(a) - 3(c) mostra a distância da extremidade frontal do tubo matriz P depois da laminação, e no gráfico da figura 3(c), ela foi calculada por conversão do tempo desde quando o corpo oco P é agarrado pelos cilindros na plataforma N° 2 até ele passar a plataforma no comprimento do tubo matriz P.

[0039] No caso mostrado nos gráficos da figura 3, a unidade de decisão 3 primeiro compara o valor medido da espessura da parede em cada uma das direções de redução 1ch e direções de redução 2ch com um valor limite predeterminado.

[0040] Nesse momento, de modo a eliminar as variações leves na espessura da parede produzida até quando as falhas não estão ocorrendo, o valor medido da espessura da parede em cada uma das direções de redução 1ch e 2ch pode ser diferenciado na direção longitudinal do tubo matriz P, e os dados depois da diferenciação podem ser comparados com um valor limite predeterminado. Alternativamente, o valor medido da espessura da parede em cada uma das direções de redução 1ch e 2ch para um tubo matriz P normal sem falhas pode ser previamente armazenado, e a diferença entre esse valor e o valor medido da espessura da parede em cada uma das direções de redução 1ch e 2ch que foi medido pode ser comparada com um valor limite predeterminado.

[0041] Quando o valor limite é excedido em locais A1 do valor medido da espessura da parede na direção de redução 2ch mostrada na figura 3(b), é decidido que o valor medido da espessura da parede em locais A1 variou localmente por pelo menos uma quantidade predeterminada.

[0042] O valor limite pode ser um valor absoluto, ou pode ser uma razão com respeito à espessura da parede do tubo matriz. Por exemplo, quando da fabricação de um tubo matriz com uma espessura de parede de 20 mm, pode ser decidido que uma falha de perfuração se desenvolveu se existe uma porção onde a espessura da parede diminuiu por pelo menos 2 mm, e pode ser decidido que uma falha de prega se desenvolveu se existe uma porção onde a espessura da parede diminuiu por pelo menos 2 mm. Se 20% da espessura da parede de um tubo matriz é feito um valor limite, pode ser decidido que uma falha de perfuração se desenvolveu se existe uma porção onde a espessura da parede diminuiu por pelo menos 4 mm, e pode ser decidido que uma falha de prega se desenvolveu se existe uma porção onde a espessura da parede aumentou pelo menos 4 mm.

[0043] Depois, a unidade de decisão 3 determina se o valor medido da carga de laminação em cada uma das plataformas variou localmente pelo menos uma quantidade predeterminada. Isto é, na mesma maneira que o caso acima descrito com respeito ao valor medido da espessura da parede, o valor medido da carga de laminação em cada plataforma é comparado com um valor limite predeterminado.

[0044] Nesse momento, os valores medidos da carga de laminação nas plataformas podem ser diferenciados com respeito à direção longitudinal do corpo oco P de modo a eliminar leves variações em carga de laminação que se desenvolvem até quando as falhas não ocorreram, e os dados depois do tratamento de diferenciação podem ser comparados com um valor limite predeterminado. Alternativamente, o valor medido da carga de laminação em cada plataforma para um tubo matriz P normal em que as falhas não se desenvolveram pode ser previamente armazenado, e a diferença entre esse e o valor medido da carga de laminação medida em cada plataforma pode ser comparado com um valor limite predeterminado.

[0045] Quando o valor limite é excedido em local A2 do gráfico da figura 3(c) que está no local do valor medido da carga de laminação que corresponde à plataforma N° 2, é decidido que o valor medido da carga de laminação no local A2 foi localmente variado por pelo menos uma quantidade predeterminada.

[0046] O valor limite da carga para uso em decisão é preferivelmente uma razão. Um valor médio prognosticado da carga de laminação pode ser preliminarmente determinado tanto por cálculo numérico quanto empiricamente de registro prévio de cargas de laminação, e uma variação em carga por pelo menos 20%, por exemplo, do valor prognosticado da carga pode ser feito um valor limite para uso em decisão.

[0047] Quando o valor medido da espessura da parede somente em uma direção de redução certa 2ch localmente varia como no exemplo da figura 3, não é sempre necessário decidir se os valores medidos da carga de laminação em todas as plataformas estão localmente variando pelo menos uma quantidade predeterminada, e pode ser suficiente para decidir se os valores medidos da carga de laminação estão localmente variando pelo menos uma quantidade predeterminada nas plataformas de números pares, isto é, das plataformas N° 2 e N° 4 tendo essa direção de redução 2ch.

[0048] Quando o valor medido da espessura da parede em qualquer das direções de redução varia localmente pelo menos uma quantidade predeterminada (no exemplo mostrado nos gráficos da figura 3, o valor medido da espessura da parede em direção de redução 2ch varia tal quantidade), e o valor medido da carga de laminação em qualquer das plataformas varia localmente pelo menos uma quantidade predeterminada (no exemplo mostrado nos gráficos da figura 3, o valor medido da carga de laminação na plataforma N° 2 varia tal quantidade), a unidade de decisão 3 decide que uma falha se desenvolveu no tubo

matriz P, e gera um alarme de uma maneira adequada tal como por geração de um som de alarme de um alto-falante instalado na sala de controle ou através de produção de lampejos de uma lâmpada instalada em um painel de controle na sala de controle.

[0049] Nesse momento, no exemplo mostrado nos gráficos da figura 3, a causa da ocorrência de falhas é imediatamente identificada como laminação na plataforma N° 2. Por conseguinte, de modo a rapidamente lidar com essa situação, uma advertência é preferivelmente emitida não somente com respeito à ocorrência de uma falha mas com respeito ao número da plataforma que foi a causa da ocorrência da falha.

[0050] No exemplo mostrado nos gráficos da figura 3, o valor medido da espessura da parede foi localmente diminuído, então é ainda mais preferível que um alarme seja emitido para produzir notificação que existe uma alta possibilidade de que a falha que foi decidida ter sido desenvolvida é uma falha de perfuração ou uma falha de indentação da superfície interna de modo a tornar possível mais rapidamente e com mais precisão tomar contramedidas depois do alarme.

[0051] No exemplo mostrado na figura 3, no caso em que um alarme é gerado para indicar que uma falha de perfuração ou uma falha de indentação na superfície interna causada pela plataforma N° 2 se desenvolveu, o operador pode, por exemplo, operar a unidade de controle para o laminador de mandril M mostrado na figura 1 para controlar a fenda de cilindro dos cilindros ranhurados R instalados na plataforma N° 2 de modo a abrir mais. Como resultado, a ocorrência de falhas de perfuração em tubos matrizes P a serem laminados depois pode ser suprimida.

[0052] As causas da ocorrência de uma falha de perfuração incluem a força de tração que atua no tubo entre as plataformas de um laminador de mandril sendo muito grande e a redução de laminação em uma

plataforma sendo muito grande. No caso anterior, a velocidade rotacional dos cilindros ranhurados R pode ser ajustada de modo a reduzir a tensão entre as plataformas. No último caso, é eficiente aumentar a ranhura entre os cilindros ranhurados R dessa plataforma. Pode ser determinado se a causa é a anterior ou a última por averiguação da variação na carga.

[0053] A figura 4 apresenta gráficos mostrando um exemplo dos valores medidos da espessura da parede medida pelo calibrador de espessura da parede 1 na figura 1 e o valor medido da carga de laminação medida através de um dispositivo de medir carga de laminação 2 na figura 1. A figura 4(a) mostra o valor medido da espessura da parede em direção de redução 1ch, a figura 4(b) mostra o valor medido da espessura da parede na direção de redução 2ch, e a figura 4(c) mostra o valor medido da carga de laminação para a plataforma Nº 5. Os eixos horizontais e os eixos verticais nos gráficos das figuras 4(a) - 4(c) são os mesmos que os eixos horizontais e os eixos verticais nos gráficos das figuras 3(a) - 3(c).

[0054] Também no exemplo mostrado nos gráficos da figura 4, a unidade de decisão 3 primeiro compara o valor medido da espessura da parede em cada uma das direções de redução 1ch e 2ch com um valor limite predeterminado correspondente. Então, quando o valor medido da espessura da parede na direção de redução 1ch mostrado no gráfico da figura 4(a) excede o valor limite no local B1, é decidido que o valor medido da espessura da parede está localmente variando pelo menos uma quantidade predeterminada no local B1.

[0055] A seguir, a unidade de decisão 3 determina se o valor medido da carga de laminação em cada plataforma está localmente variando pelo menos uma quantidade predeterminada. Isto é, da mesma maneira que para o valor medido descrito acima da espessura da parede, o valor medido da carga de laminação em cada plataforma é comparado com

um valor limite predeterminado correspondente. Quando o limite é excedido no local B2 mostrado na figura 4(c) que é o local do valor medido da carga de laminação para a plataforma N° 5, é decidido que o valor medido da carga de laminação no local B2 está localmente variando pelo menos uma quantidade predeterminada.

[0056] No exemplo mostrado nos gráficos da figura 4, quando o valor medido da espessura da parede somente em uma direção de redução 1ch certa está localmente variando, não é sempre necessário decidir se os valores medidos da carga de laminação em todas as plataformas estão localmente variando pelo menos uma quantidade predeterminada, e pode ser suficiente para decidir se os valores medidos da carga de laminação nas plataformas de números ímpares, isto é, a plataforma N° 1, a N° 3, e a N° 5 tendo a direção de redução 1ch predeterminada estão localmente variando pelo menos uma quantidade predeterminada.

[0057] Quando o valor medido da espessura da parede em qualquer direção de redução varia pelo menos uma quantidade predeterminada (o valor medido da espessura da parede para 1ch varia por tal quantidade no exemplo mostrado nos gráficos da figura 4) e o valor medido da carga de laminação em qualquer plataforma varia localmente pelo menos uma quantidade predeterminada (o valor medido da carga de laminação para a plataforma N° 5 varia tal quantidade no exemplo mostrado na figura 4), a unidade de decisão 3 decide que uma falha se desenvolveu no tubo matriz P e gera um alarme.

[0058] Nesse caso, no exemplo mostrado nos gráficos da figura 4, pode ser determinado que a causa da ocorrência da falha é a plataforma N° 5, então é preferível gerar um alarme que indique não somente a ocorrência de uma falha mas também o número da plataforma que é a causa da ocorrência da falha de modo a tornar possível então rapidamente executar contramedidas adequadas.

[0059] No exemplo mostrado nos gráficos da figura 4, o valor medido da espessura da parede aumentou localmente, então é ainda mais preferível gerar um alarme que também indique que existe uma alta possibilidade que a falha seja uma falha de prega.

[0060] No exemplo mostrado nos gráficos da figura 4, quando um alarme é gerado indicando que uma falha de prega causada pela plataforma N° 5 ocorreu, o operador pode operar a unidade de controle para o laminador de mandril M na figura 1 de modo a diminuir a velocidade rotacional dos cilindros ranhurados R instalados na plataforma N° 4, executando dessa maneira tal controle que a tensão entre a plataforma N° 4 e a plataforma N° 5 é aumentada. Como resultado, a ocorrência de falhas de prega em tubos matrizes P a serem posteriormente laminados pode ser suprimida. A causa da ocorrência de falhas de prega é uma excessiva força compressiva que atua no tubo entre as plataformas do laminador de mandril. Por conseguinte, a velocidade rotacional dos cilindros ranhurados R pode ser ajustada de modo a aumentar a tensão entre as plataformas.

[0061] Dessa maneira, de acordo com essa modalidade, as falhas tais como as falhas de indentação na superfície interna, falhas de perfuração, e falhas de prega que se desenvolvem em um tubo matriz fabricado por laminação de um corpo oco usando um laminador de mandril M podem ser automaticamente detectadas com alta precisão.

[0062] Por conseguinte, gerando um alarme ou o similar quando uma falha que está ocorrendo no tubo matriz é automaticamente detectada, mesmo em um layout de recurso tendo uma sala de controle disposta em um local remoto de um laminador de mandril M, o operador pode imediatamente cessar as operações e identificar a causa da ocorrência de falhas e rapidamente tomar contramedidas, então a ocorrência de um grande número de produtos defeituosos pode ser impedida adiantadamente.

[0063] Quando somente o valor medido da espessura da parede em qualquer uma das direções de redução varia localmente, no caso de uma plataforma de dois cilindros, pode ser decidido que uma falha está ocorrendo devido à laminação tanto em uma plataforma de números ímpares quanto em uma plataforma de números pares tendo essa direção de redução. Quando somente o valor medido da carga de laminação em qualquer das plataformas está variando localmente, pode ser decidido que uma falha está ocorrendo da laminação nessa plataforma. Por conseguinte, uma contramedida contra a ocorrência de falhas pode ser rapidamente executada.

[0064] Na explanação de uma modalidade acima, foi dado um exemplo do caso em que um aparelho de detecção de falha de acordo com a presente invenção é aplicado a um laminador de mandril de dois cilindros. No entanto, a presente invenção não é limitada a isso, e pode ser aplicada da mesma maneira a um laminador de mandril de quatro cilindros tendo quatro cilindros ranhurados com as direções de redução em um ângulo de 90° com respeito um ao outro, ou um laminador de mandril de três cilindros tendo três cilindros ranhurados instalados com as direções de redução em um ângulo de 120° com respeito um ao outro e com a direção de redução dos cilindros diferindo por 60° entre as plataformas adjacentes.

[0065] Na explanação da modalidade acima descrita, um exemplo foi dado do caso em que a unidade de controle para o laminador de mandril e a unidade de decisão 3 na figura 1 são separadamente constituídas. No entanto, a presente invenção não é limitada a isso, e a unidade de controle pode também executar a função da unidade de decisão 3. Em uma unidade de controle para um laminador de mandril típico, os resultados de medição por um calibrador de espessura da parede 1 instalado no lado de saída e os resultados de medição de dispositivos de medir carga de laminação 2 são muitas vezes entrada

para a unidade de controle. Por conseguinte, programando uma unidade de controle que pode executar a mesma operação que a unidade de decisão 3, a unidade de controle pode também ser usada como a unidade de decisão 3, e o custo de toda a aparelhagem pode ser diminuído.

#### Exemplo 1

[0066] A presente invenção será explanada mais especificamente enquanto em referência aos exemplos.

[0067] Uma unidade de detecção de falha 100 de acordo com a modalidade mostrada na figura 1 foi aplicada a um laminador de mandril M de dois cilindros, e foi decidido se havia ocorrência de uma falha em um tubo matriz através da unidade de decisão 3. Quando foi decidido pela unidade que uma falha ocorreu, as ranhuras dos cilindros e a velocidade rotacional dos cilindros ranhurados R usados para laminação de um corpo oco P foram ajustadas de acordo com o resultado da decisão.

[0068] Nesse exemplo, o valor limite para a espessura da parede foi ajustado para ser 20% da espessura da parede alvo do tubo matriz, e o valor limite da carga de laminação foi ajustado para ser 20% da média da carga de laminação para tubos matrizes previamente laminados tendo o mesmo tamanho e material.

[0069] Como resultado, a taxa de ocorrência de falhas em um tubo matriz (o número de tubos matrizes P em que uma falha ocorreu/número de tubos matrizes P sendo laminados x 100) poderia ser marcadamente diminuída para 0,03% comparada ao valor de 0,2% antes da aplicação da presente invenção para detecção automática de falhas.

#### Listagem de Referências

1. calibrador de espessura da parede
2. dispositivo de medir carga de laminação
3. unidade de decisão

- 4. falha de indentação
- 5. orifício
- 6. porção pregueada
- 11a, 12a. projetor de raio  $\gamma$
- 11b, 12b. receptor de raio  $\gamma$
- 100. aparelho de detecção de falha
- M. laminador de mandril
- B. barra de mandril
- P. corpo oco ou tubo matriz
- Q. cilindro ranhurado

## REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de detecção de falha (100) para um tubo matriz que é fabricado por laminação de um corpo oco (P) em um laminador de mandril (M) tendo uma pluralidade de plataformas (1 - 5), caracterizado pelo fato de que compreende:

um calibrador de espessura de parede (1) instalado no lado de saída do laminador de mandril (M) para medir a espessura da parede do tubo matriz ao longo da direção longitudinal da mesma em uma primeira direção de redução (1ch) e uma segunda direção de redução (2ch) que é diferente da primeira direção de redução (1ch) do corpo oco (P) que está sendo laminado na pluralidade de plataformas (1 - 5) do laminador de mandril (M) e produzir um valor medido correspondendo à primeira direção de redução (1ch) e a segunda direção de redução (2ch),

um dispositivo de medir carga de laminação (2) instalado em cada uma das pluralidades de plataformas (1 - 5), cada dispositivo de medir carga de laminação (2) produzindo um valor medido representando uma carga de laminação para cada plataforma, e

uma unidade de decisão (3) que determina que uma falha foi desenvolvida no tubo matriz após a laminação tendo como base:

(A) uma determinação que o valor medido da espessura da parede para pelo menos uma primeira direção de redução (1ch) e a segunda direção de redução (2ch) varia localmente através de uma quantidade de espessura de parede predeterminada quando a unidade de decisão (3) compara o valor medido da espessura da parede com uma quantidade limite de espessura de parede, e o valor medido da espessura da parede excede a quantidade limite de espessura da parede, e

(B) uma determinação que o valor medido da carga de laminação em qualquer plataforma (1 - 5) varia localmente através de

uma quantidade predeterminada de carga de laminação quando a unidade de decisão (3) compara o valor medido da carga de laminação com uma quantidade limite da carga de laminação, e o valor medido da carga de laminação excede a quantidade limite da carga de laminação.

2. Método de detecção de falha para um tubo matriz que é fabricado por laminação de um corpo oco (P) em um laminador de mandril (M) tendo uma pluralidade de plataformas (1 - 5), caracterizado pelo fato de que compreende

medir a espessura da parede do tubo matriz na primeira direção de redução (1ch) e na segunda direção de redução (2ch) que é diferente da primeira direção de redução (1ch) de um corpo oco (P) sendo laminado na pluralidade de plataformas (1 - 5) usando um calibrador de espessura de parede (1) instalado no lado de saída do laminador de mandril (M) para produzir um valor medido da espessura da parede do tubo,

medir a carga de laminação em cada uma das pluralidades de plataformas (1 - 5) para produzir um valor medido da carga de laminação para cada plataforma, e

determinar que uma falha no tubo matriz ocorreu, tendo como base:

(A) a determinação que o valor medido da espessura da parede para pelo menos uma primeira direção de redução (1ch) e a segunda direção de redução (2ch) do corpo oco (P) na pluralidade de plataformas (1 - 5) varia localmente na direção longitudinal do tubo matriz por pelo menos uma quantidade predeterminada quando comparado o valor medido da espessura da parede com uma quantidade limite de espessura de parede, e o valor medido da espessura da parede excede a quantidade limite de espessura da parede, e

(B) a determinação que o valor medido da carga de

laminação em qualquer pluralidade de plataformas (1 – 5) varia localmente através de uma quantidade predeterminada de carga de laminação quando comparado o valor medido da carga de laminação com uma quantidade limite da carga de laminação, e o valor medido da carga de laminação excede a quantidade limite da carga de laminação.



FIG.1

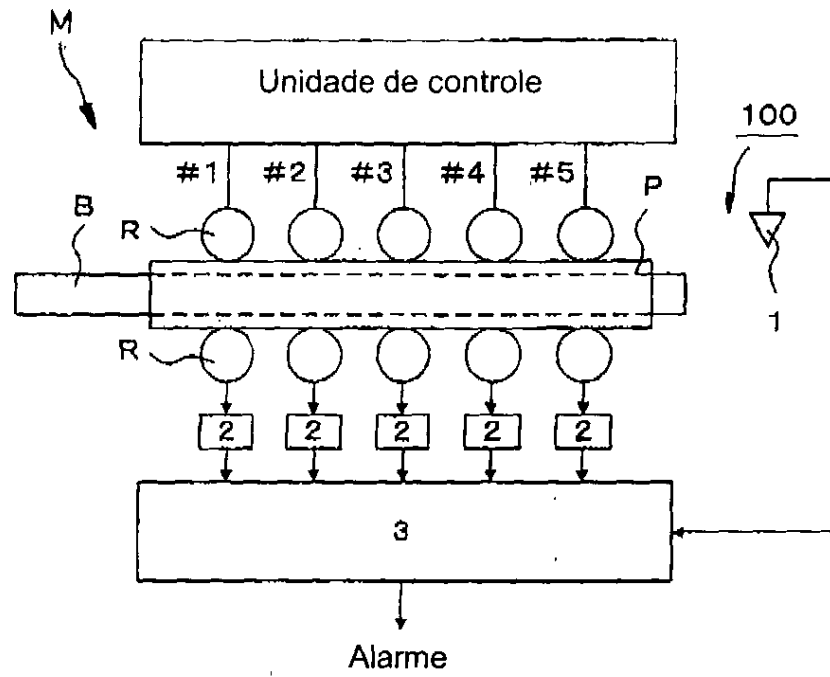
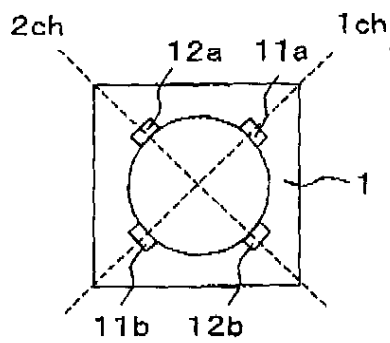


FIG.2



Plataforma em número ímpar

Plataforma em número par

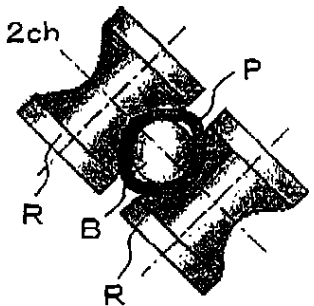
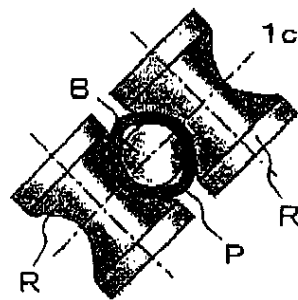


FIG. 3

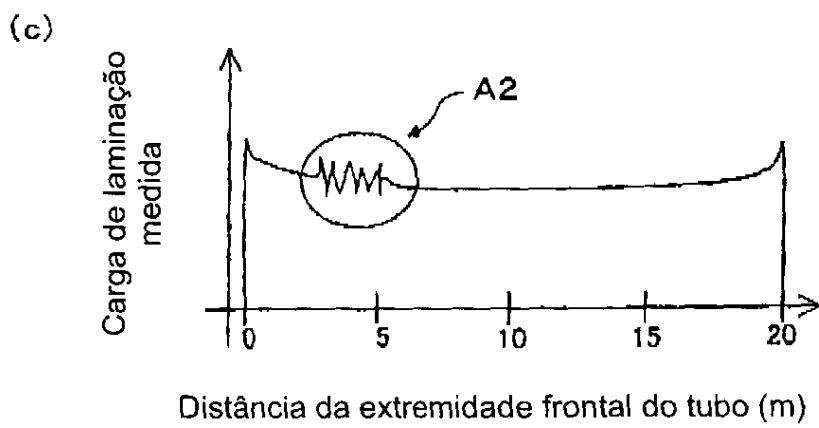
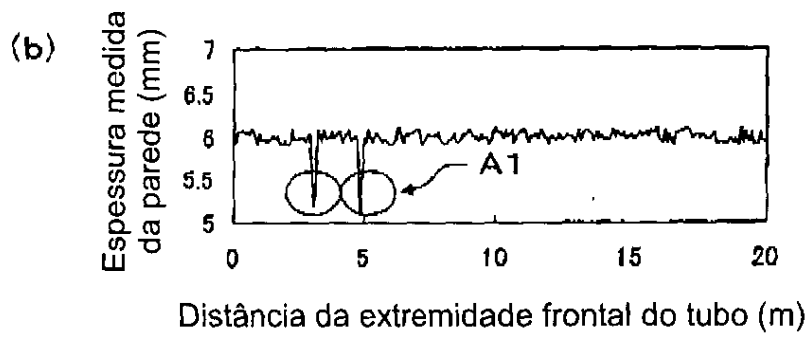
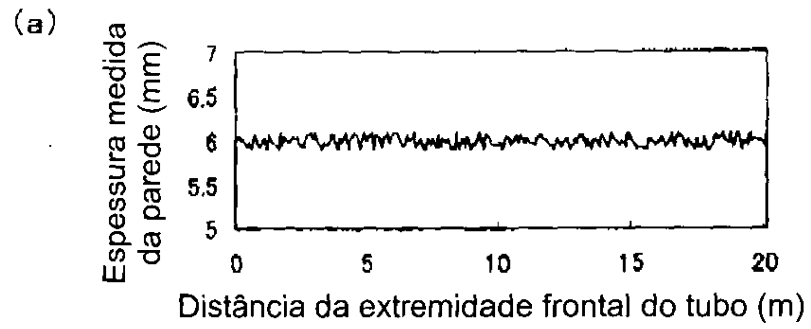


FIG.4

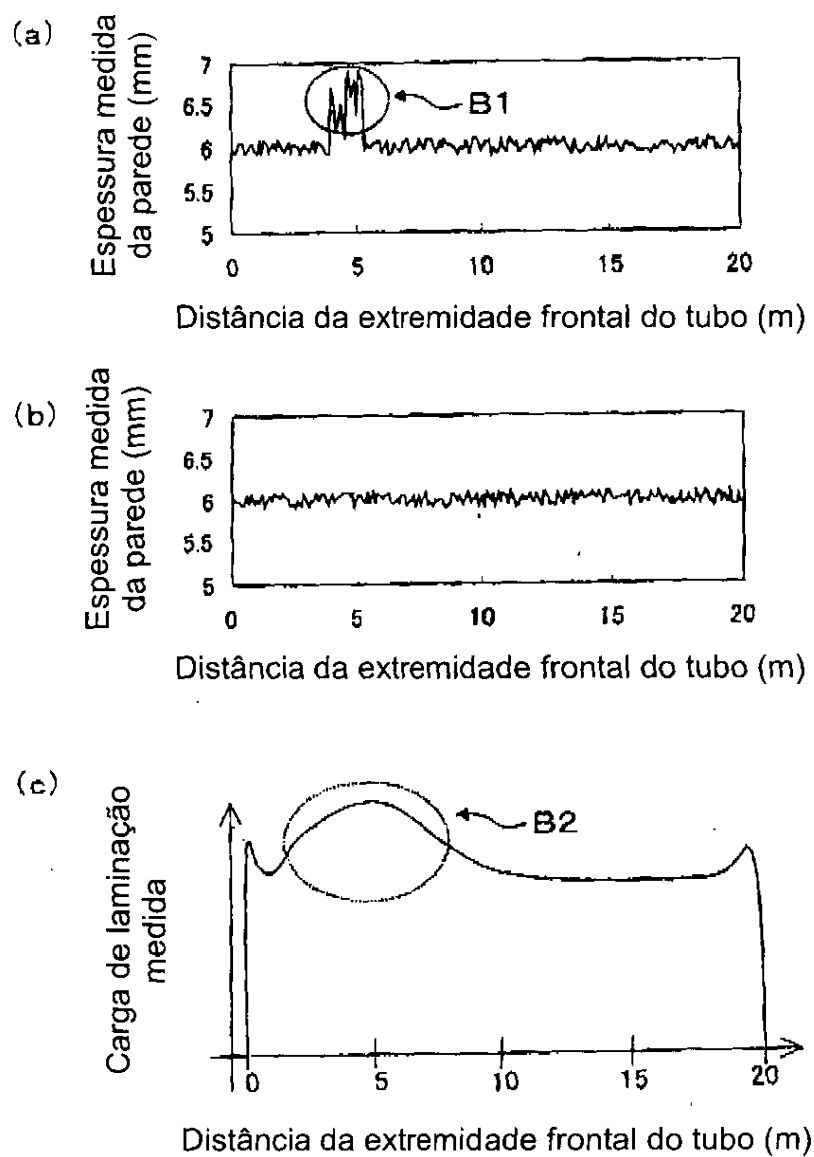


FIG.5

