

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 1004259-8 A2**



(22) Data de Depósito: 30/06/2010
(43) Data da Publicação: 20/03/2012
(RPI 2150)

(51) *Int.Cl.:*
G01N 29/00

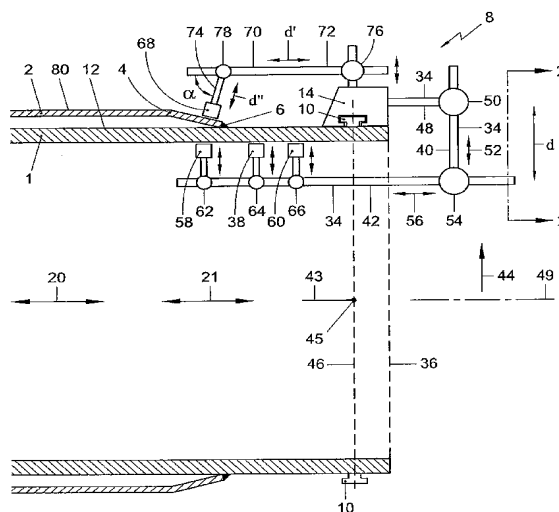
(54) Título: MÉTODO DE INSPEÇÃO ULTRASSÔNICA DE UMA SOLDA CIRCUNFERENCIAL SUBSTANCIALMENTE CIRCULAR, E, APARELHO PARA EXECUTAR O MESMO

(30) Prioridade Unionista: 01/07/2009 US 12/458161

(73) Titular(es): Röntgen Technische Dienst B.V.

(72) Inventor(es): Adrianus Maria Cornelius Van den Biggelaar,
Frederik Hendrik Dijkstra, Hubertus Rundberg, Khalid Chougrani,
Xavier Georges José Deleye

(57) Resumo: MÉTODO DE INSPEÇÃO ULTRASSÔNICA DE UMA SOLDA CIRCUNFERENCIAL SUBSTANCIALMENTE CIRCULAR, E, APARELHO PARA EXECUTAR O MESMO. Um método para inspeção ultrassônica de uma solda circunferencial substancialmente circular que conecta um tubo interno e um tubo externo alinhados coaxialmente um em relação ao outro, o método compreendendo as etapas de: a) posicionar pelo menos uma sonda ultrassônica dentro do tubo interno; b) mover a pelo menos uma sonda em uma direção tangencial em relação ao tubo interno, ao mesmo tempo em que emite pelo menos um feixe ultrassônico em direção à solda e recebe sinais ultrassônicos por meio da pelo menos uma sonda.





“MÉTODO DE INSPEÇÃO ULTRASSÔNICA DE UMA SOLDA CIRCUNFERENCIAL SUBSTANCIALMENTE CIRCULAR, E, APARELHO PARA EXECUTAR O MESMO”

5 A invenção diz respeito a um método de inspeção ultrassônica de uma solda substancialmente circunferencial que conecta um tubo interno que é coaxialmente alinhado a cada um dos outros. A invenção diz respeito também a um aparelho para colocar este método em execução.

O método e o aparelho são conhecidos a partir da US 2009/0078742 A1.

10 De acordo com o conhecido método, pelo menos uma sonda ultrassônica é colocada em um tubo interno de forma que, quando em uso, esta repouse contra a superfície interna da parede interna do mencionado tubo interno. Esta, pelo menos uma sonda, é uma sonda de arranjo em fases. A sonda de arranjo em fases que é posicionada no tubo interno emite um feixe
15 ultrassônico para varrer a solda. Durante a mencionada varredura, a sonda é colocada em uma determinada posição e por esta razão permanece parada nesta posição. Após varrer a solda em uma determinada posição, a sonda é deslocada na direção circunferencial do tubo interno, preferencialmente a sonda é girada, em torno de um eixo do mencionado tubo, em um dado ângulo
20 por menos de 1 grau. Após a sonda ter sido girada e estar novamente parada em relação ao tubo, um feixe de varredura é novamente transmitido pela mencionada sonda, para varrer, ao mesmo tempo em que a sonda está posicionada na nova posição mencionada dada. As etapas acima referidas são repetidas até que toda a circunferência da mencionada solda tenha sido
25 inspecionada.

A desvantagem deste conhecido método é que a inspeção da solda circunferencial pode tomar um tempo relativamente longo. O conhecido aparelho é configurado para executar este conhecido método. O aparelho é equipado com um cabo que, quando em uso, se estende ao longo de um eixo

axial do tubo interno. O aparelho é também equipado com um meio de ligação para conectar o cabo com o tubo interno e/ou externo. Pelo menos uma sonda é afixada ao cabo. O aparelho é ainda equipado com um meio de acionamento de um motor, para deslocar a sonda em translação, ao longo da direção axial do tubo interno e para girar na direção do passo a pelo menos uma sonda em torno do eixo axial do tubo interno. A desvantagem deste conhecido aparelho é que este pode se tornar relativamente caro e que pelo menos uma sonda não é capaz de seguir o contorno do tubo interno, caso o tubo interno mostre não possuir uma seção transversal perfeitamente circular. Outra desvantagem do conhecido método é que nem todas as áreas da solda são suficientemente cobertas pela sonda apenas no interior.

A invenção provê um método e um aparelho que fornecem a solução para pelo menos uma das dificuldades acima mencionadas.

De acordo com a invenção, o método compreende as seguintes etapas:

a) posicionar a pelo menos uma sonda ultrassônica em um tubo interno; b) mover a pelo menos uma sonda em uma direção tangencial em relação ao tubo interno, emitindo ao mesmo tempo pelo menos um feixe ultrassônico em direção à solda e recebendo sinais ultrassônicos por meio da pelo menos uma sonda. Pelo fato da pelo menos uma sonda ser deslocada na direção tangencial, ao mesmo tempo em que emite pelo menos um feixe ultrassônico, a varredura da solda ao longo de todo o trajeto da circunferência ao longo da solda, pode ser levada a efeito de forma relativamente rápida uma vez que não se requer a interrupção do movimento da pelo menos uma sonda durante a emissão de pelo menos um feixe ultrassônico por meio da sonda ultrassônica. Desta forma a inspeção da solda inteira pode ser realizada de forma relativamente rápida uma vez que o movimento da pelo menos uma sonda na direção tangencial não precisa ser interrompido.

Sustenta-se que, preferencialmente, a pelo menos uma sonda

seja uma sonda de arranjo em fases na qual, por meio de a uma sonda de arranjo em fases, pelo menos um feixe ultrassônico da varredura varia em relação à pelo menos uma sonda e a pelo menos uma sonda se move na direção tangencial e na qual a varredura por meio do feixe ultrassônico
5 compreende a variação da direção e/ou da posição do feixe em relação à pelo menos uma sonda enquanto o feixe permanece em um plano que compreende um eixo axial do tubo interno. A mencionada varredura por meio de feixe ultrassônico compreende ainda a movimentação de pelo menos uma sonda ultrassônica em uma direção tangencial ao tubo interno. Desta forma, a
10 inspeção de toda a solda pode ser levada a efeito de forma relativamente rápida sem interromper o movimento da pelo menos uma sonda.

Preferencialmente o posicionamento da pelo menos uma sonda na direção axial relativa ao tubo interno é configurado manualmente. Também preferencialmente o posicionamento da pelo menos uma sonda na direção
15 radial em relação ao tubo interno é configurado manualmente, e, preferencialmente o contato da sonda com a superfície do tubo é garantido pela pressão de uma mola. O movimento da pelo menos uma sonda na direção tangencial no tubo interno é levado a efeito preferencialmente por um meio de acionamento de um motor. Preferencialmente, por meio da pelo menos uma
20 sonda, é varrida a largura da solda na direção axial do tubo interno. Desta forma, em um modo de realização especial, na etapa a), pelo menos uma primeira sonda de arranjo em fases, uma segunda sonda de arranjo em fases e uma terceira sonda de arranjo em fases são posicionadas em um tubo interno de forma que a segunda sonda faceie a solda, pelo menos substancialmente no
25 meio da solda, visualizada na direção axial do tubo interno e em que a primeira sonda é desenhada em relação à segunda sonda em uma segunda direção axial do tubo interno e no qual a primeira e a segunda direção axial são direções axiais opostas e no qual na etapa b) cada uma das sondas é movimentada na direção tangencial em relação ao tubo interno ao longo da

solda enquanto cada uma das sondas emite pelo menos um feixe ultrassônico e recebe sinais ultrassônicos por meio das sondas. De acordo com este método preferencial é possível varrer a largura completa da solda, conforme visualizada na direção axial do tubo interno por meio da primeira, da segunda e da terceira sondas de arranjo em fases.

De acordo com um método preferencial, na etapa a) pelo menos uma sonda externa de arranjo em fases é posicionada fora do tubo externo e fora do tubo interno e faceia o tubo externo no qual na etapa b) pelo menos uma sonda externa é também movimentada em uma direção tangencial em relação ao tubo interno enquanto emite pelo menos um feixe ultrassônico em direção a solda e recebe sinais ultrassônicos por meio de pelo menos uma sonda externa. Devido ao uso de pelo menos uma sonda externa de arranjo em fases é possível detectar de forma mais precisa e dimensionar de modo otimizado os possíveis defeitos em qualquer local da solda.

O aparelho, de acordo com a invenção, é caracterizado pelo fato de que o mencionado aparelho compreende um trilho guia circunferencial que é configurado para ser montado em uma parede externa do tubo interno e/ou em torno da parede externa do tubo externo, um portador que é instalado no trilho guia para deslocar-se, quando em uso, ao longo de um trilho guia em torno o tubo interno e/ou do tubo externo, um braço afixado no portador e que é disposto para, quando em utilização, estender-se a partir do portador, por meio de uma extremidade aberta do tubo interno para o tubo interno, pelo menos uma sonda ultrassônica afixada ao braço de forma que, quando em utilização, pelo menos uma sonda ultrassônica esteja presente dentro do tubo interno e um meio de acionamento de um motor para movimentar o portador ao longo do trilho guia para levar a efeito qualquer das etapas b), conforme acima discutido. Por meio deste aparelho, o método pode ser executado de forma relativamente simples O trilho guia circunferencial pode ser afixado em torno o tubo interno ou em torno do tubo externo de uma forma conhecida. O

trilho guia pode ser construído de forma a possuir um formato correspondente ao formato do tubo interno e/ou do tubo externo. Isto mostra a vantagem de que se o portador for deslocado ao longo de um trilho-guia, o portador e, desta forma, a pelo menos uma sonda ultrassônica seguirá o formato específico do tubo interno se o trilho-guia circunferencial seguir o formato do tubo interno. Por exemplo, se o tubo interno não possuir uma seção transversal, perfeitamente circular, possuindo, por exemplo, uma seção transversal levemente oval, o trilho guia circunferencial poderá ter a mesma forma oval. Preferencialmente, o braço compreende uma porção em forma de L, em que a primeira perna da porção em forma de L se estende na direção radial do trilho guia circunferencial e em que uma segunda perna da porção em L se estende em posição pelo menos substancialmente perpendicular ao plano compreendendo o trilho guia circunferencial e na qual pelo menos uma sonda é afixada à segunda perna. Preferencialmente a segunda perna é desviada em relação a uma linha que é pelo menos substancialmente perpendicular a um plano em que está o trilho guia e que se projeta para o ponto central de um círculo ao longo do qual o trilho guia se estende pelo menos substancialmente. Isto significa que, quando em utilização, a segunda perna será desviada em relação ao eixo axial do tubo interno. Significa também que a primeira perna pode ser relativamente curta para o raio do trilho guia. Preferencialmente, o aparelho é configurado para variar e estabelecer a posição de pelo menos uma sonda em relação ao portador e/ou para variar e estabelecer a posição de pelo menos uma sonda em relação ao portador no qual a mencionada posição pode ser variada em uma direção que se estende pelo menos substancialmente na perpendicular a um plano compreendendo o trilho guia circunferencial e em uma direção radial em relação ao trilho guia circunferencial. Preferencialmente o aparelho é configurado para variar e estabelecer manualmente a posição de, pelo menos uma, sonda em relação ao portador. Isto pode fazer com que o aparelho fique relativamente barato.

A invenção será agora discutida a seguir tendo por referência os desenhos.

Nos desenhos:

5 Figura 1 é uma seção transversal do tubo interno e o tubo externo que são soldados juntos e um aparelho de inspeção ultrassônica de acordo com um modo de realização da invenção para executar o método de acordo com a invenção.

 Figura 2 é uma seção transversal do tubo interno, do tubo externo e do aparelho de acordo com a Figura 1.

10 Figura 3 é uma possível posição das sondas de arranjo em fases do aparelho da Figura 1.

 Figura 4 é um possível feixe ultrassônico gerado pela sonda de arranjo em fases 68 do aparelho, de acordo com a Figura 1.

15 Figura 5 é um possível feixe ultrassônico gerado pela sonda de arranjo em fases 58 do aparelho de acordo com a Figura 1.

 Figura 6 é um possível feixe ultrassônico gerado pela sonda de arranjo em fases 38 do aparelho de acordo com a Figura 1.

 Figura 7 é um possível feixe ultrassônico gerado pela sonda de arranjo em fases 60 do aparelho de acordo com a Figura 1.

20 Figura 8 mostra em detalhe o portador 14 e o trilho guia do aparelho mostrado na Figura 1.

 Figura 9 mostra uma vista na direção da seta P da Figura 8.

 Figura 10 mostra e maior detalhe um modo de realização especial do trilho guia e das rodas guia, conforme mostrado nas Figuras 8 e 9.

25 Na Figura 1, um tubo interno possui o número de referência 1. Além disto, é fornecido um tubo externo 2, o qual é curvado na posição 4, na qual os tubos interno e externo são soldados juntos por meio de uma solda 6. Na Figura 1 é mostrado um aparelho 8 compreendendo um trilho guia circunferencial 10 que é montado em torno de uma parede externa 12 do tubo

interno 1. Este aparelho é ainda equipado com um portador 14 que é afixado ao trilho guia 10 para deslocar-se quando em utilização, ao longo do trilho guia em trono do tubo interno 1 na direção de deslocamento 15. Conforme mostrado em maior detalhe na Figura 8 e na Figura 9 neste exemplo, o trilho guia é dotado de uma porção relativamente estreita de base 16 e uma porção superior maior 18. Conforme se pode visualizar na direção axial 20 do tubo interno, a porção do topo 18 é mais larga do que a porção da base 16. O portador neste exemplo é equipado com duas rodas guias 22, 24 que estão localizadas na Figura 8 do lado esquerdo do trilho guia 10 e com uma roda guia 26 que está localizada na Figura 8 do lado direito do trilho guia 10. As rodas guias 22, 24 estão afastadas uma da outra na direção de deslocamento 15. A roda guia 26 fica, conforme visualizado na direção de deslocamento 15, entre as rodas guia 22 e 24. Cada uma das rodas guia é equipada com uma primeira fenda 28 para a qual uma porção da porção do topo do trilho guia se projeta. A Figura 9 mostra a posição das rodas guia 22, 24, 26 conforme visualizadas na direção da seta P na Figura 8 na qual uma parede lateral 30 do alojamento do portador é omitida para fins de mostrar com maior clareza. Para permitir o movimento circunferencial completo do portador em torno do trilho guia, o trilho guia é equipado, na sua porção de trilho B (ver Figura 10c) com uma segunda porção extensível 18' que em ambas as extremidades livres das porções extensíveis 18' se sobrepõe às porções extensíveis 18. As porções extensíveis 18 não conseguem estar presentes em torno do meio da porção B do trilho. Naquele modo de realização, cada roda guia - 22, 24, 26 - é dotada de uma segunda fenda 28''. Caso os trilho guias 22, 24, 26 estejam presentes na porção A do trilho guia, a primeira seção extensível 18 se estende para dentro da primeira fenda 28 das rodas guia (ver Figura 10a). Caso as rodas guia estejam presentes na porção B do trilho, a segunda porção extensível 18' se estenderá na segunda fenda 28' da roda guia e, dependendo da posição das rodas guia na porção B do trilho, as porções extensíveis 18

podem se estender adicionalmente na primeira fenda 28 (nesta posição em que as primeiras porções extensíveis 18 e as segundas porções extensíveis 18' estão ambas presentes).

O aparelho é equipado com um meio de acionamento de motor 32 para movimentar o volante do motor 27 para transportar o portador 14 para fazê-lo mover-se na direção de deslocamento 15. O volante do motor não precisa possuir uma fenda, mas precisa possuir uma superfície áspera para oferecer atrito e impedir o escorregamento.

O aparelho (ver Figura 1) é ainda equipado com um braço 34 afixado ao portador 14 e que é configurado, quando em uso, para se estender do portador 14 por meio de uma extremidade aberta 36 do tubo interno para dentro do tubo interno. Pelo menos uma sonda ultrassônica 38 é afixada ao braço de forma que, quando em uso, pelo menos uma sonda ultrassônica esteja presente dentro do tubo interno.

Neste exemplo, o braço 34 compreende uma porção em L 40, 42 da qual uma primeira perna 40 da porção em L projeta-se em uma direção radial 44 do trilho guia circunferencial. Neste exemplo a direção radial do trilho guia circunferencial é a mesma que a direção radial 44 do tubo interno. Além disto, a porção em forma de L compreende uma segunda perna que se projeta pelo menos substancialmente na perpendicular do plano 46 compreendendo o trilho guia circunferencial 10. Pelo menos uma sonda 38 é afixada à segunda perna 42.

Neste exemplo, o braço 34 inclui ainda uma terceira perna 48 para conectar a porção em forma de L 40,42 ao portador 14. Neste exemplo, o braço 34 é equipado com um primeiro meio de acoplamento 50 que permite variar a distância entre a segunda perna 42 e a terceira perna 48 na direção 48. Além do mais, o braço é equipado com um segundo meio de acoplamento que permite o reposicionamento da segunda perna 42 em relação à terceira perna 48 na direção 56. A distância d entre a terceira perna 48 e a segunda perna 42

pode ser ajustada manualmente. Da mesma forma, a posição da primeira perna 40 em relação à terceira perna 48 pode ser ajustada manualmente na direção 56.

5 Desta forma, segue-se que o aparelho é configurado para variar e estabelecer a posição de pelo menos uma sonda em relação ao portador. Mais especificamente, o aparelho é configurado para variar e estabelecer a posição de pelo menos uma sonda em relação ao portador no qual a mencionada posição pode ser variada na direção 20, estendendo-se de forma pelo menos substancialmente perpendicular a um plano 46 que inclui o
10 trilho guia circunferencial 10 e na direção radial 44 em relação ao trilho guia circunferencial. A segunda perna 42 é desviada em relação a linha 43 que é perpendicular ao plano 46 no qual está o trilho-guia 10, e cuja linha projeta-se para um ponto central 45 de um círculo ao longo do qual o trilho guia se projeta pelo menos substancialmente. Isto significa que, quando em
15 utilização, a segunda perna será deslocada em relação ao eixo axial 49 do tubo interno. Significa também que a primeira perna pode ser relativamente curta em relação à curva em laço formada pelo trilho guia.

 Neste exemplo, a sonda 38 é uma sonda de arranjo em fases. Neste exemplo o aparelho é adicionalmente à sonda 38 - sonda 38 esta que
20 será denominada a segunda sonda de arranjo em fases - fornecido com uma primeira sonda de arranjo em fases 58 e uma terceira sonda de arranjo em fases 58, 38, 60 conectadas com o portador. Mais especificamente, cada uma destas sondas está conectada com o braço 34. Mais especificamente elas estão conectadas com a segunda perna 42 do braço 34. Conforme pode ser visto na
25 Figura 1, a primeira sonda 58 é desencontrada em relação à segunda sonda 38 na direção 21, projetando-se pelo menos substancialmente na perpendicular ao plano 46, compreendendo um trilho guia circunferencial 10. Além disto, a terceira sonda é desencontrada em relação à segunda sonda nesta direção 21. Vista da direção 20, a segunda sonda 38 está entre a primeira sonda 58 e a

terceira sonda 60. O braço é equipado com um terceiro meio de acoplamento 62 para variar a posição da primeira sonda 38 em relação ao portador 14 na direção radial 44 e/ou na direção 21. Da mesma forma o braço 34 é equipado com quatro meios de acoplamento para variar a distância entre a sonda 38 e o portador 14 na direção 21 e/ou na direção radial 44. São também fornecidos meios de acoplamento 66 para variar a distância entre a terceira sonda e o portador 14 em uma direção 21 e/ou na direção radial 44. Desta forma, as posições da primeira sonda, da segunda sonda e da terceira sonda podem ser ajustadas umas às outras na direção 21 e/ou na direção radial 44. Isto pode ser considerado um ajuste fino das sondas umas com as outras. A distância média da sonda em relação ao portador 14 pode ser ajustada manualmente por meio de um primeiro meio de acoplamento 50. O terceiro meio de acoplamento 62, o quarto meio de acoplamento 64 e o quinto meio de acoplamento 66 podem ser operados manualmente. Para fazer um contato adequado com a primeira superfície do tubo as sondas podem ser individualmente pressionadas por molas.

O aparelho é ainda equipado com pelo menos uma sonda externa de arranjo em fases 68 que é conectada ao portador 14 e o aparelho é configurado para posicionar a sonda externa de arranjo em fases fora do tubo externo e fora do tubo interno. A sonda externa de arranjo em fases é afixada ao portador 14 por meio de um segundo braço 70 compreendendo uma primeira perna 72 e uma segunda perna 74. O segundo braço 70 é equipado com um meio de acoplamento 76 para variar manualmente a posição da primeira perna 72 na direção 20 e desta forma variar a distância entre o portador e a sonda 68. O segundo braço 70 é ainda equipado com um segundo meio de acoplamento 78 para modificar manualmente a distância d' entre a sonda 68 e a primeira perna 72. Além disto, o ângulo α entre a primeira perna 72 e a segunda perna 74 pode ser variado de forma a conseguir colocar a sonda externa nivelada (flat) contra a parede externa 80 do tubo externo em

uma posição em que a parede externa é afilada.

Para inspecionar a solda 6, o trilho guia circunferencial é montado de uma forma bem conhecida em torno, por exemplo, do tubo externo, conforme mostrado na Figura 1. Subsequentemente a primeira sonda, a segunda sonda e a terceira sonda, além de uma sonda externa são posicionadas, umas em relação às outras e em relação aos tubos interno e externo, conforme mostrado na Figura 1, através de um meio de acoplamento 50, 54, 62, 64, 66, 76, 78. O posicionamento das sondas será aqui referido como a etapa a) do método. Neste exemplo cada uma das sondas fica nivelada contra a parede do tubo interno ou do tubo externo. Subsequentemente, as sondas são movimentadas em uma direção tangencial (direção de deslocamento) em relação ao tubo interno, ao mesmo tempo em que emitem feixes ultrassônicos por meio das sondas, em direção à solda, e que recebem sinais ultrassônicos por meio das sondas. Isto é aqui referido como a etapa b) do método. Os sinais ultrassônicos que são transmitidos e recebidos na etapa b) do método são subsequentemente analisados na etapa c) do método para detectar, e opcionalmente dimensionar, os possíveis defeitos da solda.

Neste exemplo cada uma das sondas é uma sonda de arranjo em fases. Por meio de cada sonda de arranjo em fases, pelo menos um feixe da varredura ultrassônico é gerado ao mesmo tempo em que estas sondas se movem na direção tangencial. A varredura por meio de feixes ultrassônicos gerados por sonda ultrassônica compreende, respectivamente, a variação da direção e/ou da posição do feixe em relação à sonda que gera o feixe ultrassônico. A Figura 3 mostra em mais detalhes a posição das sondas 58, 38, 60, 68 em relação ao tubo interno 1, o tubo externo 2 e a solda 6. Na Figura 3 possíveis defeitos na solda são aqui referidos como A, Bv, Bh, C, D, E, F, G, H. Quando a sonda externa 68 está em utilização, os feixes ultrassônicos são irradiados em um ângulo β que varia de 40 a 70 graus, ver

Figura 4. Isto constitui o, assim chamado, varredura setorial. A sonda de arranjo em fases 68 possui, neste exemplo, uma dimensão total de 17,62 mm, um passo de 0,43 mm e compreende 41 elementos de transmissão do arranjo em fases. Na Tabela 1 são fornecidas as especificações de cada sonda segundo as situações específicas e segundo espessuras específicas de parede.

Tabela 1

Sonda	Dimensão total (mm)	Passo (mm)	# de elementos	Técnica de varredura
68	17,62	0,43	41	Varredura setorial (40°- 70°)
58	8,17	0,73	19	Varredura setorial (40° – 58°)
88	37,78 ativa:8,46	0,77 (longitudinal)	49	Varredura linear (4mm da borda)
60	8,17		19	Varredura setorial (40° – 58°)

Por meio de uma sonda de arranjo em fases 68, podem ser detectados e dimensionados os defeitos C, G e D. Na tabela 2 está indicado o defeito que foi detectado e/ou dimensionado por cada sonda.

Defeito	68	58	38	60
A				X
Bh			X	
Bv		X		
C	X			
D	X			
E			X	
F			X	
G	X			
H	X		X	

Conforme é mostrado na Figura 5, o feixe ultrassônico que é gerado por meio da sonda 58 possui efetivamente um ângulo β que varia entre 40 e 58 graus em relação à normal à superfície da sonda. A varredura é um β setorial no qual β varia entre os valores de 40 e 58 graus. Por meio da sonda 58, os defeitos Bv podem ser detectados, e possivelmente dimensionados.

Por meio da sonda de arranjo em fases 38 pode ser realizado uma varredura linear na qual a origem do feixe ultrassônico 82 é variada na direção 20 (Figura 6). Nesta sonda, a distância do centro do feixe mais externo à esquerda até a borda da sonda 28 é de 4mm e também a distância do centro do feixe mais externo à direita até a borda direita da sonda 38 é de 4mm. Por meio da sonda 38, os defeitos Bh, E, F e H podem ser detectados e possivelmente dimensionados. Isto é mostrado na Figura 6.

Por fim, conforme mostrado na Figura 7, por meio da sonda 60, é realizado uma varredura setorial na qual a direção do feixe varia de segundo o ângulo β que varia entre 40 e 58 graus. Por meio da sonda 60, o defeito A pode ser detectado e possivelmente dimensionado.

5 Desta forma, por meio de cada uma das sondas é realizado uma varredura, conforme discutido nas Figuras de 3 a 7. Entretanto, devido ao fato de que o portador é movimentado ao mesmo tempo em uma direção de deslocamento 15, a varredura por cada um dos feixes inclui também o movimento das sondas ultrassônicas na direção tangencial 15 do tubo interno.

10 Cada uma das sondas ultrassônicas faceia a solda na etapa b), do movimento de varredura De um lado, o movimento da varredura dos feixes relativos às sondas, de outro lado, a velocidade das sondas na direção 15, assim como a largura de cada feixe, são dimensionados de forma a que a solda inteira seja inspecionada, se o portador for deslocado ao longo da circunferência

15 completa do trilho guia. Mais especificamente, sustenta-se que o movimento de varredura dos feixes que são gerados por esta sonda, a largura dos feixes que são gerados por esta sonda, e a velocidade em que o portador é movimentado na direção 15, são ajustados uns com os outros, de forma a que os mencionados feixes, combinados, cubram a porção da solda que forma um

20 laço fechado. Por exemplo, os feixes 82 que são gerados pela sonda 38 se sobrepõem uns aos outros na área de interesse, neste caso, a solda, para os diferentes valores do ângulo β , mas também se sobrepõem uns aos outros na área de interesse para as diferentes posições do portador. O mesmo se aplica aos feixes que são gerados pelas sondas 60 e 68. Também os feixes que são

25 gerados pela sonda 38/88 se sobrepõem uns aos outros para originar posições mutuamente diferentes a partir da sonda 38. Entretanto, os feixes 82 que são gerados por meio da sonda 38 também se sobrepõem uns aos outros para as diferentes posições do portador 14 na direção 15.

Desta forma, sustenta-se para cada sonda que, por meio de

cada sonda, são gerados feixes de varredura, na qual os feixes que estão afastados uns dos outros na direção tangencial 15 do tubo, ficam adjacentes ou se sobrepõem e na qual os feixes que estão afastados uns em relação aos outros na direção da varredura da sonda ficam adjacentes se sobrepõem. Desta
5 forma, sustenta-se que para uma dada sonda, que por meio da pelo menos uma sonda, são gerados feixes de varredura, na qual os feixes que são afastados uns dos outros na direção tangencial 15 do tubo, ficam adjacentes uns aos outros ou se sobrepõem e na qual os feixes que são afastados uns dos outros na direção da varredura da pelo menos uma sonda, ficam adjacentes
10 uns aos outros ou se sobrepõem. Em outros termos, para cada uma das sondas, sustenta-se que pelo menos um feixe de varredura é gerado, o qual na solda descreve um trajeto de varredura, no qual as porções do trajeto que são afastadas umas das outras na direção tangencial do tubo ficam adjacentes umas as outras ou se sobreponham parcialmente, de forma que a porção da circunferência da
15 solda sob a forma de um laço fechado seja varrida por pelo menos um feixe de varredura, e no qual as porções combinadas da circunferência da solda em forma de laço fechado pertencentes às sondas, cubram toda a solda. Neste exemplo a frequência dos feixes ultrassônicos é de cerca de 7,5 MHZ. Para varredura setoriais (Figuras 4, 5, 7) podem ser utilizadas ondas transversais. Para a
20 varredura linear (Figura 6), pode ser utilizada uma onda longitudinal.

A invenção não está limitada aos modos de realização acima descritos. Por exemplo, a primeira sonda 58 pode ser omitida. Em tal modo de realização, é feito uma varredura por meio das sondas 38, 60 e 68, conforme
25 acima discutido. Entretanto, sustenta-se que a porção inteira da circunferência da solda é inspecionada. Neste caso, a solda inteira é inspecionada, entretanto, devido à falta da sonda 58, um defeito Bv pode não ser detectado. Desta forma, após ter sido realizado uma varredura completa da circunferência, as sondas 88 e 60 são movidas manualmente na direção axial indicada por 90 na
Figura 5, correspondente à direção axial do tubo interno e à normal a um plano

no qual está o trilho guia, de forma que a sonda 60 assuma a posição da sonda 58 que foi omitida. A movimentação das sondas 38 e 60 pode ser realizada operando-se os meios de acoplamento 54 de forma a variar a posição da segunda perna 76 na direção (que é a mesma direção da direção 90 na Figura 5). Após
5 aquela sonda haver assumido a posição da sonda omitida 58, uma nova varredura circunferencial pode ser realizada, no qual os feixes 82 são variados, conforme discutido em relação à sonda 58 na Figura 5. Por meio destes feixes, os defeitos Bv podem ser detectados e possivelmente dimensionados.

Além do mais, neste exemplo o trilho guia é afixado e fixado
10 em torno do tubo interno 2. Entretanto, é também possível que o trilho guia seja afixado ao tubo externo 2. Neste caso a terceira perna 68 deverá ser mais comprida para que seja possível que o braço 84 se projete a partir do portador 34 para o tubo interno por meio da abertura 36. Estas variantes todas caem dentro do escopo da invenção, conforme definida pelas reivindicações anexas.

São também possíveis outras variantes. Por exemplo, em
15 relação à Figura 3, pode ser utilizada a técnica TOFD (Time of Flighth Diffraction) no tubo interno 1 para fornecer uma informação complementar sobre um defeito (detecção e dimensionamento). Dois pares de sondas TOFD que podem ser constituídos pela sonda de arranjo em fases 58 e pela sonda de arranjo em fase 60, respectivamente, direcionadas para A e Bv podem, por
20 exemplo, ser consideradas. Alternativamente sondas TOFD adicionais podem ser posicionadas substancialmente na posição da sonda de arranjo em fases 58 e da sonda de arranjo em fases 60. Caso o defeito F não seja paralelo ao tubo interno, este pode ser detectado e dimensionado utilizando-se varredura
25 setoriais com sondas 58, 88 e 60. O defeito G pode, por exemplo, ser detectado e dimensionado utilizando a técnica PA em tandem, com a sonda 58. O defeito D pode, por exemplo, ser detectado utilizando a técnica de onda de arrasto com a sonda 68. Todas estas variantes caem dentro do escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de inspeção ultrassônica de uma solda circunferencial substancialmente circular, caracterizado pelo fato de conectar um tubo interno e um tubo externo alinhados coaxialmente um em relação ao outro, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

a) posicionar pelo menos uma sonda ultrassônica dentro do tubo interno;

b) mover a pelo menos uma sonda em uma direção tangencial em relação ao tubo interno, ao mesmo tempo emitindo pelo menos um feixe ultrassônico em direção à solda e recebendo sinais ultrassônicos por meio da pelo menos uma sonda.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato dos sinais ultrassônicos recebidos na etapa b) serem analisados em uma etapa c) para detectar e opcionalmente dimensionar possíveis defeitos na solda.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato da pelo menos uma sonda ser uma sonda de arranjo em fases e onde, por meio da sonda de arranjo em fases, pelo menos um feixe ultrassônico de varredura ser gerado, onde a direção e/ou a posição do feixe ultrassônico de varredura varia em relação à pelo menos uma sonda quando a pelo menos uma sonda se move na direção tangencial, e onde a varredura por meio do feixe ultrassônico compreende variar a direção e/ou a posição do feixe em relação à pelo menos uma sonda.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato da varredura do feixe ultrassônico compreender variar a direção e/ou a posição do feixe em relação à pelo menos uma sonda, enquanto, preferivelmente, o feixe permanece em um plano que compreende eixos axiais do tubo interno.

5. Método de acordo com a reivindicação 3 ou 4, caracterizado

pelo fato da varredura por meio do feixe ultrassônico também resultar da movimentação da pelo menos uma sonda ultrassônica na direção tangencial do tubo interno.

5 6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato da pelo menos uma sonda ultrassônica facear a solda na etapa b).

10 7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de, quando na etapa a), a posição da pelo menos uma sonda na direção axial em relação ao tubo interno ser ajustada manualmente.

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de, quando na etapa a), a posição da pelo menos uma sonda em uma direção radial em relação ao tubo interno ser ajustada manualmente.

15 9. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato da movimentação da pelo menos uma sonda na direção tangencial do tubo interno na etapa b) ser executada através de um meio de acionamento de motor.

20 10. Método de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de, por meio da pelo menos uma sonda, pelo menos um feixe de varredura ser gerado, o qual, sobre a solda, descreve um trajeto de varredura onde porções do trajeto afastadas uma em relação à outra na direção tangencial do tubo são adjacentes uma à outra, ou se sobrepõem parcialmente, de modo que uma porção circunferencial da solda sob a forma de um laço
25 fechado é varrida através do pelo menos um feixe de varredura.

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de, na etapa a), pelo menos uma primeira sonda de arranjo em fases, uma segunda sonda de arranjo em fases, e uma terceira sonda de arranjo em fases ser posicionada dentro do tubo interno,

onde a segunda sonda faceia a solda pelo menos substancialmente no meio da solda vista na direção axial do tubo interno, e onde a primeira sonda é escalonada em relação à segunda sonda em uma direção axial do tubo interno, a terceira sonda escalonada em relação à segunda sonda na direção axial do tubo interno e, quando vista na direção axial do tubo interno, a segunda sonda estar situada entre a primeira sonda e a segunda sonda, e onde, na etapa b), cada uma das sondas é movida em uma direção tangencial em relação ao tubo interno ao longo da solda, ao mesmo tempo em que cada uma das sondas emite pelo menos um feixe ultrassônico e, ao mesmo tempo, recebe sinais ultrassônicos por meio das sondas.

12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de, por meio das sondas combinadas, todo o comprimento da solda na direção axial do tubo interno ser varrido.

13. Método de acordo com a reivindicação 11 ou 12, caracterizado pelo fato de, para cada uma das sondas, resultar em que pelo menos um feixe de varredura é gerado, o qual descreve sobre a solda um trajeto de varredura, onde porções do trajeto que são afastadas uma em relação à outra na direção tangencial do tubo são adjacentes uma à outra, ou se sobrepõem parcialmente, de modo que uma porção circunferencial da solda, em forma de um laço fechado, seja varrida por meio do pelo menos um feixe de varredura, e onde as porções circunferenciais da solda em forma de um laço fechado pertencente às sondas combinadas cobrem toda a solda.

14. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de, na etapa a), pelo menos uma sonda de arranjo em fases externa ser posicionada do lado de fora do tubo externo e do lado de fora do tubo interno e facear o tubo externo, onde na etapa b) a pelo menos uma sonda externa também é movida em uma direção tangencial em relação ao tubo interno, ao mesmo tempo em que emite pelo menos um feixe ultrassônico em direção à solda e recebe sinais ultrassônicos por meio da pelo

menos uma sonda externa.

15. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de, por meio de cada uma das sondas de arranjo em fases, pelo menos um feixe ultrassônico de varredura ser gerado quando as sondas se movem na direção tangencial, e onde a varredura por meio de cada sonda de arranjo em fases compreende variar a direção e/ou a posição do feixe ultrassônico gerado por esta sonda de fases em relação a esta sonda de arranjo em fases.

16. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato da varredura por meio dos feixes ultrassônicos compreender variar a direção e/ou a posição deste feixe em relação à sonda associada a este feixe enquanto este permanece em um plano que compreende um eixo axial do tubo interno.

17. Método de acordo com a reivindicação 16 ou 17, caracterizado pelo fato da varredura por meio dos feixes ultrassônicos resultar da movimentação das sondas ultrassônicas na direção tangencial do tubo interno.

18. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de, na etapa b), pelo menos uma porção circunferencial completa da solda que forma um laço fechado ser inspecionada e onde, após a etapa b), em uma etapa d), a pelo menos uma sonda ser movida em um direção axial em relação ao tubo interno e onde, após a etapa d), a etapa b) é repetida.

19. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato da etapa a) compreender a montagem de um trilho guia circunferencial ao redor de uma parede externa do tubo interno, ou ao redor de uma parede externa do tubo externo, provendo um portador que é acoplado ao trilho guia para deslocamento na etapa b) ao longo do trilho guia ao redor do tubo interno, provendo um braço fixado ao portador e

arranjado para se estender do portador na etapa b), através de uma extremidade aberta do tubo interno, para o tubo interno, onde a pelo menos uma sonda ultrassônica é acoplada ao braço, e provendo meios de acionamento de motor para mover o portador ao longo do trilho guia para executar a etapa b) de qualquer reivindicação precedente.

20. Método de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato do trilho guia ser feito para ter uma forma correspondente à forma do tubo interno e/ou do tubo externo.

21. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de pelo menos uma sonda se apoiar contra uma parede interna do tubo interno ou estar próxima à parede interna do tubo interno.

22. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de, na etapa b), por meio de pelo menos uma sonda, uma varredura setorial ser executada, e/ou por meio de pelo menos uma sonda, uma varredura linear ser executada, e/ou por meio de uma varredura, uma varredura PA-em tandem ser executada, e/ou por meio de pelo menos duas sondas, uma varredura ToFD ser executada e/ou por meio de uma varredura de onda de arrasto.

23. Aparelho para executar um método como definido em qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato do mencionado aparelho compreender um trilho guia circunferencial arranjado para ser montado ao redor de uma parede externa do tubo interno e/ou ao redor de uma parede externa do tubo externo, um portador acoplado ao trilho guia para deslocamento, no uso, ao longo do trilho guia ao redor do tubo interno, um braço acoplado ao portador arranjado para, no uso, se estender do portador, através de uma extremidade aberta do tubo interno, para o tubo interno, pelo menos uma sonda ultrassônica acoplada ao braço de modo que, no uso, a pelo menos uma sonda ultrassônica esteja presente no interior do

tubo interno, e meios de acionamento de motor para mover o portador ao longo do trilho guia para executar a etapa b) de qualquer reivindicação precedente.

24. Aparelho de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato do braço compreender uma porção em forma de L, onde uma primeira perna da porção em forma L se estende em um direção radial do trilho guia circunferencial e onde uma segunda perna da porção em forma de L se estende pelo menos substancialmente perpendicular a um plano compreendendo o trilho guia circunferencial, e onde a pelo menos uma sonda é acoplada à segunda perna.

25. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 23 ou 24 precedentes, caracterizado pelo fato do aparelho ser arranjado para variar e ajustar a posição da pelo menos uma sonda em relação ao portador.

26. Aparelho de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato do aparelho ser arranjado para variar e ajustar a posição da pelo menos uma sonda em relação ao portador, onde a mencionada posição pode ser variada em uma direção se estendendo pelo menos substancialmente perpendicular a um plano compreendendo o trilho guia circunferencial e em uma direção radial em relação ao trilho guia circunferencial.

27. Aparelho de acordo com a reivindicação 25 ou 26, caracterizado pelo fato do aparelho ser arranjado para variar e ajustar a posição da pelo menos uma sonda em relação ao portador manualmente.

28. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 23-27 precedentes, caracterizado pelo fato de pelo menos uma sonda ser uma sonda de arranjo em fases.

29. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 23-28 precedentes, caracterizado pelo fato do aparelho ser provido de pelo menos uma primeira sonda de arranjo em fases, uma segunda sonda de arranjo em fases e uma terceira sonda de arranjo em fases, cada uma delas

conectada ao portador, e onde o aparelho é arranjado, no uso, para posicionar a primeira sonda, a segunda sonda, e a terceira sonda dentro do tubo interno, onde a primeira sonda é escalonada em relação à segunda sonda em uma direção se estendendo pelo menos substancialmente perpendicular a um plano compreendendo o trilho guia circunferencial, a terceira sonda escalonada em relação à segunda sonda na direção se estendendo substancialmente perpendicular ao plano compreendendo o trilho guia circunferencial quando vista na direção se estendendo pelo menos substancialmente perpendicular ao plano compreendendo o trilho guia circunferencial, a segunda sonda situada entre a primeira sonda e a terceira sonda.

30. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 23-29 precedentes, caracterizado pelo fato do aparelho compreender, adicionalmente, pelo menos uma sonda de arranjo em fases externa conectada ao portador, e onde o aparelho é arranjado para posicionar a sonda de arranjo em fases externa do lado de fora do tubo externo e do lado de fora do tubo interno.

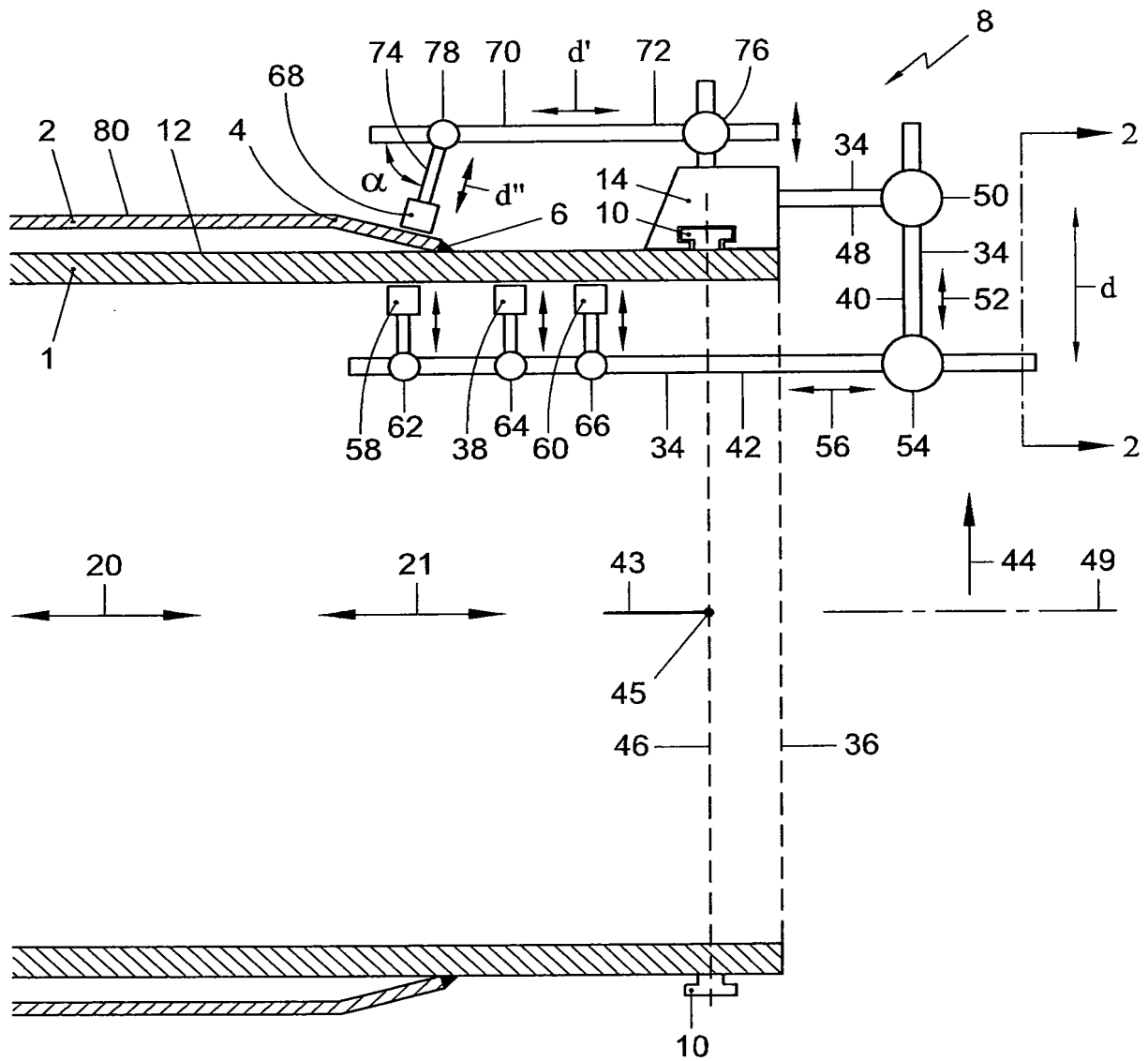


Fig. 1

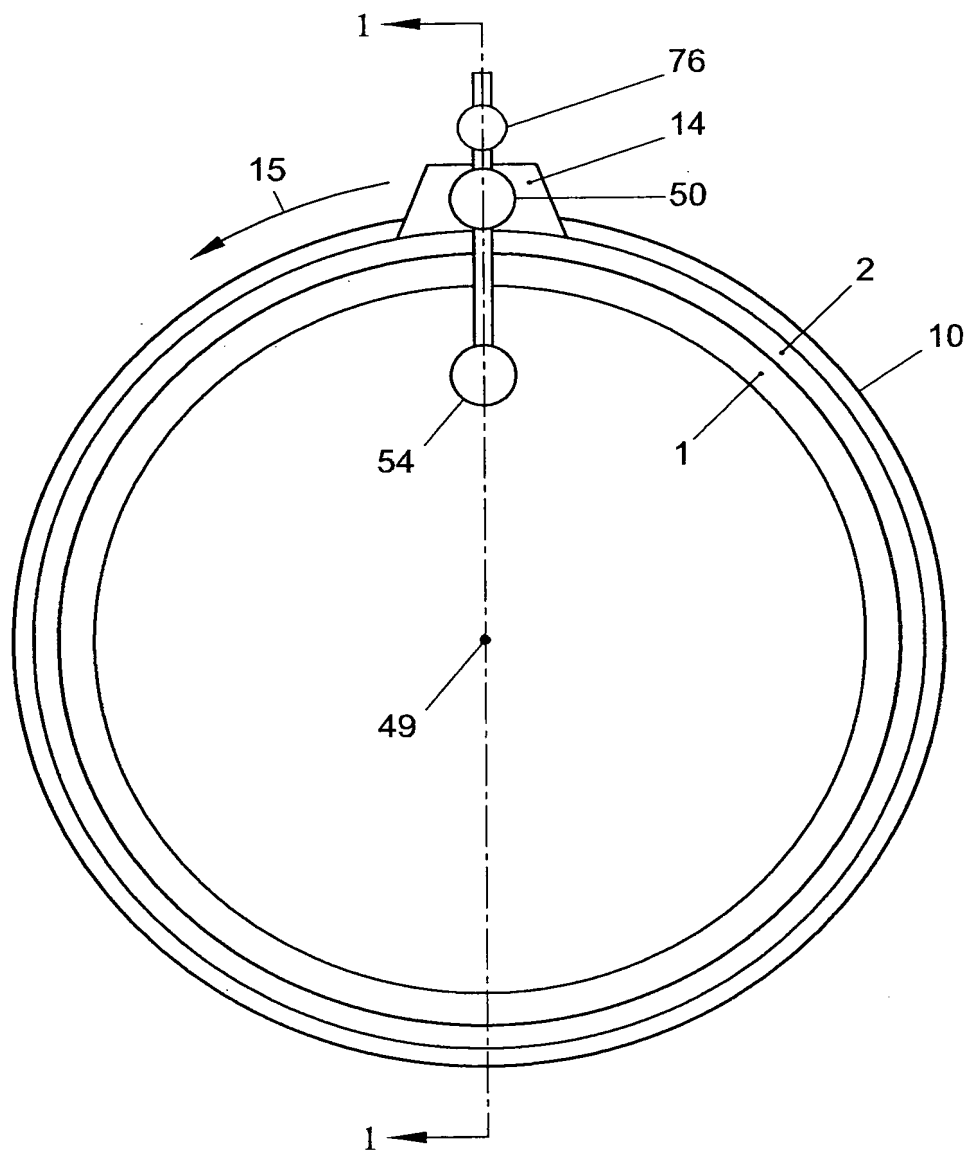


Fig. 2

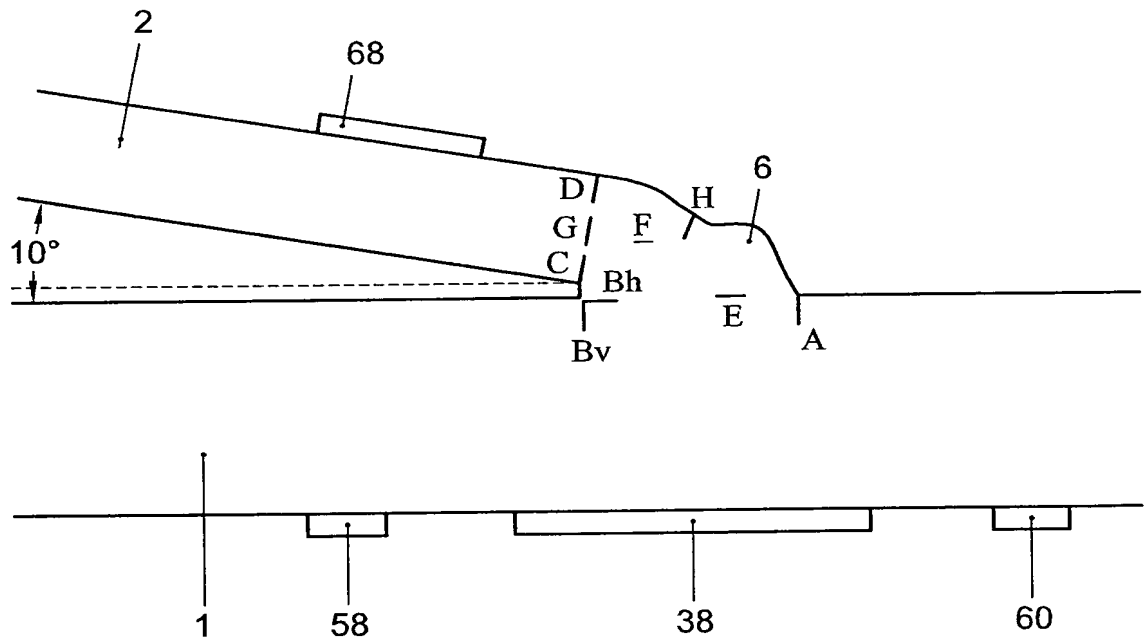


Fig. 3

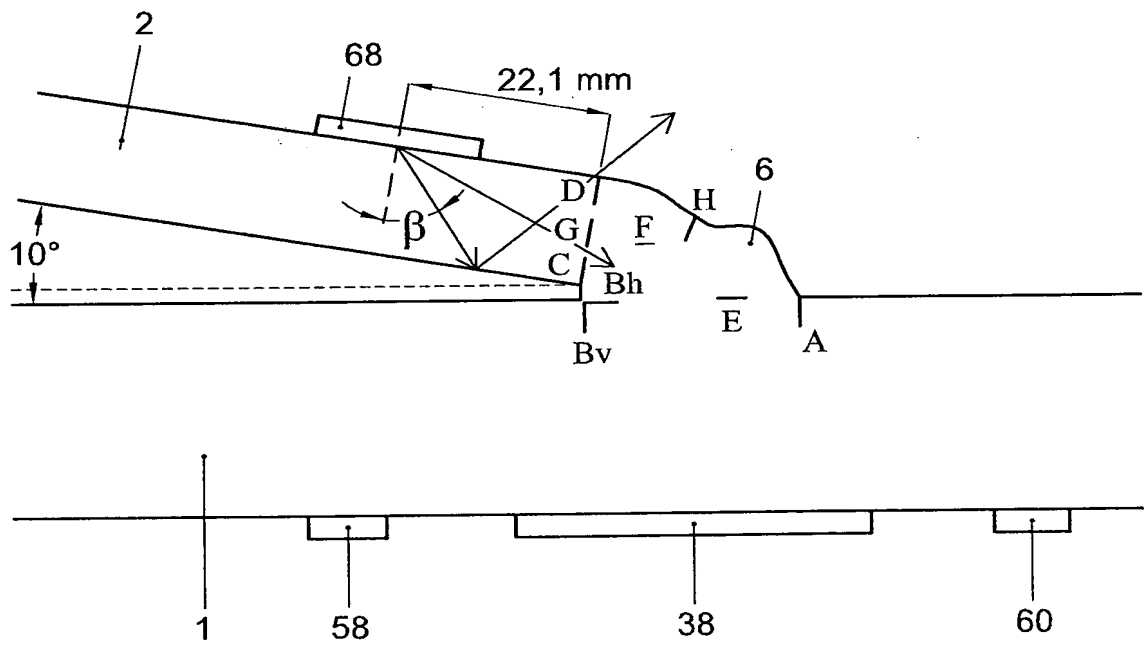


Fig. 4

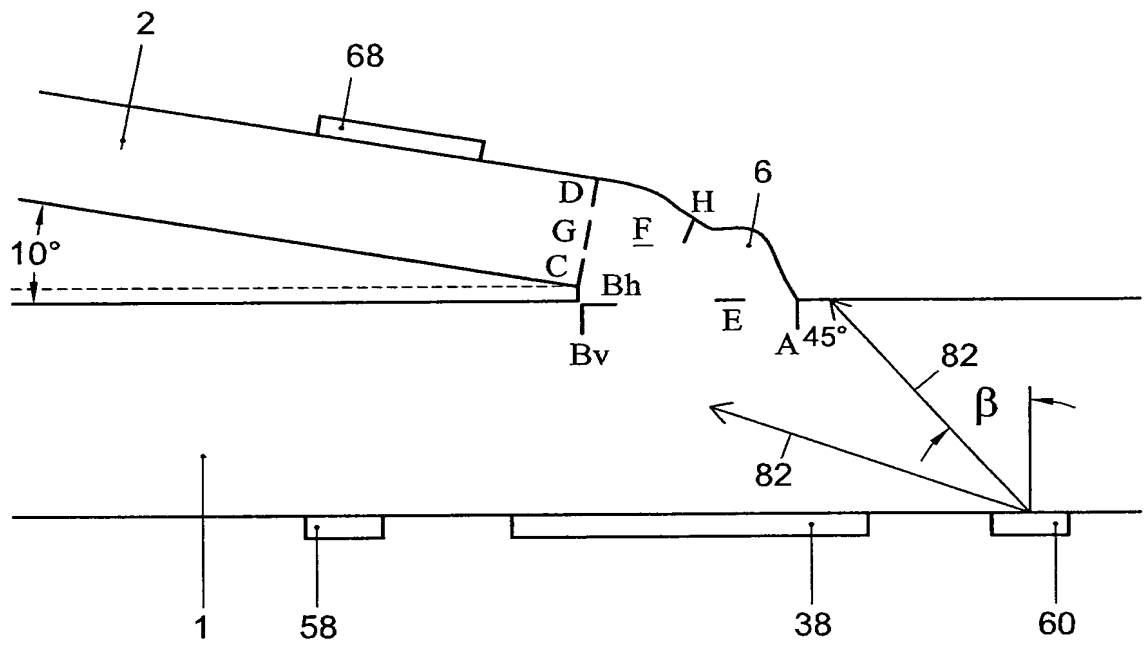


Fig. 7

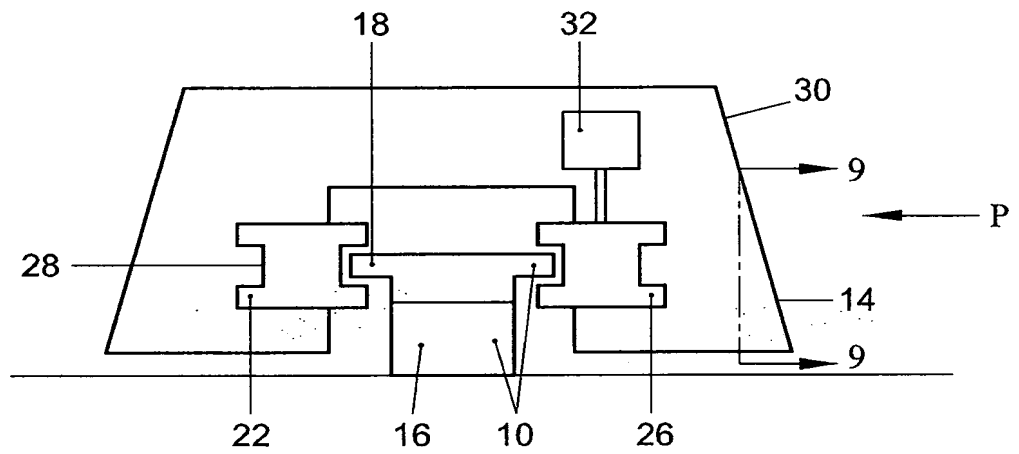


Fig. 8

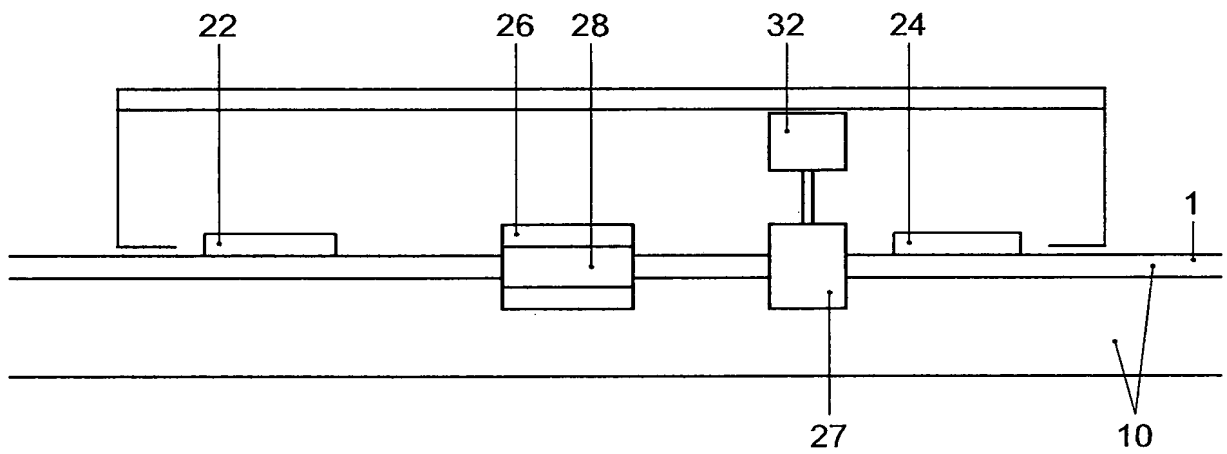


Fig. 9

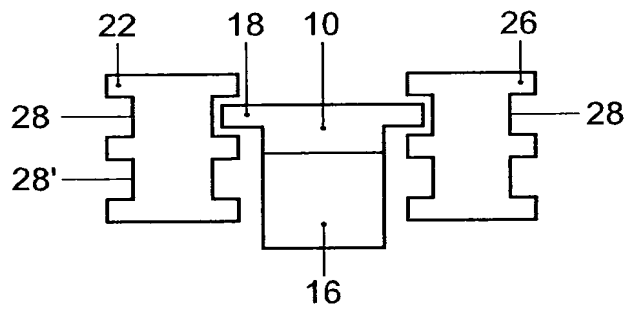


Fig. 10A

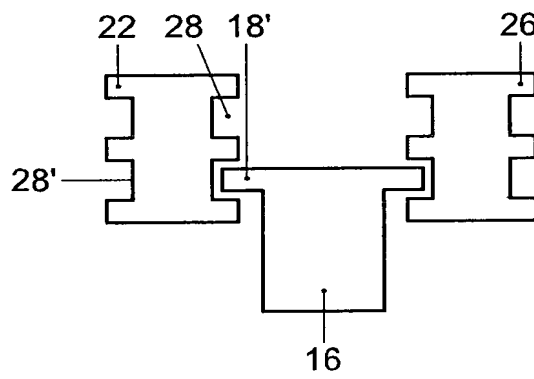


Fig. 10B

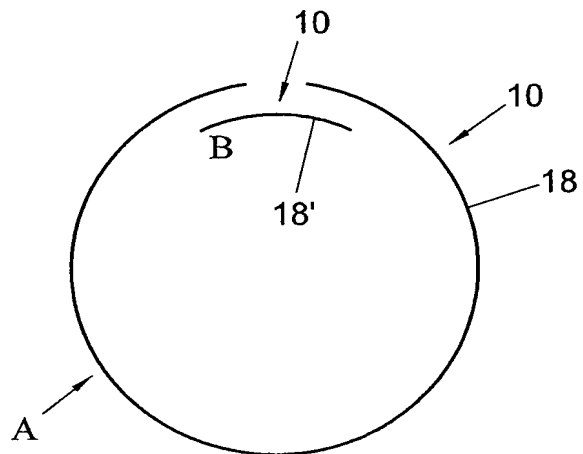


Fig. 10C

RESUMO

“MÉTODO DE INSPEÇÃO ULTRASSÔNICA DE UMA SOLDA CIRCUNFERENCIAL SUBSTANCIALMENTE CIRCULAR, E, APARELHO PARA EXECUTAR O MESMO”

5 Um método para inspeção ultrassônica de uma solda circunferencial substancialmente circular que conecta um tubo interno e um tubo externo alinhados coaxialmente um em relação ao outro, o método compreendendo as etapas de:

10 a) posicionar pelo menos uma sonda ultrassônica dentro do tubo interno;

b) mover a pelo menos uma sonda em uma direção tangencial em relação ao tubo interno, ao mesmo tempo em que emite pelo menos um feixe ultrassônico em direção à solda e recebe sinais ultrassônicos por meio da pelo menos uma sonda.

15