



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

(11) PI 0520117-9 B1

(22) Data do Depósito: 20/04/2005

(45) Data de Concessão: 07/11/2017



(54) Título: MÉTODO PARA POSICIONAR UMA EXTREMIDADE DE UMA SEÇÃO DE TUBO COM RELAÇÃO A UMA EXTREMIDADE DE UMA TUBULAÇÃO E EMBARCAÇÃO DE DEPOSIÇÃO DE TUBULAÇÃO

(51) Int.Cl.: G01B 21/24; F16L 1/10; B23K 9/028; B23K 37/053

(73) Titular(es): HEEREMA MARINE CONTRACTORS NEDERLAND SE

(72) Inventor(es): ALEXANDER LAMBERTUS JOHANNES VERKUIJL; PIETER DE GOEDE;
JOHANNES HENDRIK ADRIAANSEN; CORNELIS VAN ZANDWIJK

“MÉTODO PARA POSICIONAR UMA EXTREMIDADE DE UMA
SEÇÃO DE TUBO COM RELAÇÃO A UMA EXTREMIDADE DE UMA
TUBULAÇÃO E EMBARCAÇÃO DE DEPOSIÇÃO DE TUBULAÇÃO”

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção refere-se a um método e dispositivo para
posicionar uma extremidade de uma primeira seção de tubo em relação a uma
extremidade de uma segunda seção de tubo. Métodos e dispositivo para
posicionar seções de tubo uma em relação à outra são conhecidos na arte. A
presente invenção se refere em particular ao posicionamento de uma seção de
10 tubo em relação a uma tubulação que é depositada no mar.

 Quando uma tubulação é construída, seções de tubo são
posicionadas em uma relação de extremidade com extremidade e conectadas
uma com a outra. Quando a tubulação é feita de um metal, as seções de tubo
são geralmente soldadas na tubulação.

15 Durante o lançamento a deposição de uma tubulação no mar, a
tubulação é suspensa por meio de uma extremidade livre da mesma a partir de
uma embarcação de deposição de tubo. A tubulação se estende a partir da
embarcação de deposição de tubo até um leito do mar, e é abaixada até o leito
do mar cada vez que uma nova seção de tubo foi conectada com a tubulação.
20 A embarcação de deposição de tubo gradualmente se move ao longo da
trajetória contemplada da tubulação à medida que o comprimento da
tubulação aumenta. O mar pode ter uma substancial profundidade, em cujo
caso um substancial comprimento de tubulação é suspenso a partir da
embarcação de deposição de tubo. A tubulação é geralmente de metal,
25 preferivelmente aço, e portanto o comprimento da tubulação estendendo-se
entre a embarcação de deposição de tubulação e o leito do mar pode ter um
peso substancial, causando substanciais tensões na tubulação.

 As seções de tubo que devem ser soldadas na tubulação têm
dimensões ligeiramente variáveis. No caso de uma seção transversal de

tubulação circular, a seção transversal pode, por exemplo, ser ligeiramente oval. Também, a parede de tubo não pode sempre ter uma espessura constante ao longo da circunferência da seção de tubo. Outras variações das dimensões, por exemplo irregularidades locais, podem também ocorrer.

5 Quando a seção de tubo deve ser soldada na tubulação, as extremidades de tubo a serem unidas conjuntamente não têm exatamente as mesmas dimensões. Durante a conexão da seção de tubo com a tubulação, é crucial que a extremidade da seção de tubo se ajuste sobre a extremidade da tubulação tão bem quanto possível. Se a seção de tubo for conectada com a
10 tubulação quando as extremidades da seção de tubo e a tubulação não se ajustarem muito bem, isto resultará em uma transição localmente abrupta da parede da tubulação resultante no local de conexão, também indicada na arte como “alto-baixo” ou excentricidade. A transição abrupta pode ocorrer sobre a parede externa da tubulação e/ou sobre a parede interna da tubulação.

15 Em seu estágio final, a tubulação tem freqüentemente que ser conectada com um objeto posicionado no nível da água. Isto significa que a tubulação que repousa sobre o leito do mar, tem que ser elevada a partir do leito do mar e estender-se em direção ao nível da água. Neste estágio final, a tubulação então compreende uma seção de tubo de elevação estendendo-se
20 entre o leito do mar e o objeto, e uma seção horizontal, a qual repousa sobre o leito do mar.

A seção de tubo de elevação de uma tubulação é sujeita a forças de corrente dinâmicas, vórtices, e forças exercidas sobre a seção de tubo de elevação por meio do objeto flutuante devido a movimentos do
25 mesmo. Na prática, fadiga da seção de tubo de elevação pode ocorrer nas conexões das seções de tubo que formam a tubulação. A fadiga desempenha um importante papel na expectativa de vida útil da tubulação.

Excentricidade local entre as paredes de conexão de seções de tubo de união é uma causa principal de concentrações de tensões locais nas

soldas da tubulação, em particular em uma seção de tubo de elevação da tubulação. As concentrações de tensões causam picos de tensão locais, resultando em uma acelerada fadiga na tubulação, e uma correspondente redução na expectativa de vida útil da tubulação.

5 A fim de prevenir esta acelerada fadiga, é muito importante que a excentricidade (alto-baixo) entre paredes das extremidades das seções de tubo seja minimizada no instante de conexão da seção de tubo à tubulação a fim de prover uma transição da parede de tubo que seja tão lisa quanto possível.

10 **DESCRIÇÃO DA ARTE ANTERIOR**

Na arte conhecida, uma extremidade de uma seção de tubo é posicionada contra ou próxima à extremidade livre da tubulação antes da soldagem da mesma. A seguir, a posição da extremidade da seção de tubo em relação à extremidade livre da tubulação é medida. Atualmente é um processo
15 manual. Um operador manualmente mede uma posição de um primeiro ponto sobre a parede da seção de tubo, e a posição de um correspondente segundo ponto sobre uma parede da tubulação, oposto ao primeiro ponto. Esta medição é manualmente executada em um número de posições ao longo da circunferência da tubulação e da seção de tubo. Tipicamente, as medições são
20 executadas com um medidor de espessura mecânico, o qual é manualmente operado por meio do operador.

A seguir, o operador determina se a extremidade da seção de tubo e a extremidade da tubulação são posicionadas uma em relação à outra de acordo com as exigências, em cujo caso a operação de soldagem pode
25 iniciar e a seção de tubo é soldada na tubulação. Se a extremidade da seção de tubo não for posicionada adequadamente em relação à extremidade da tubulação, o operador determina uma alteração requerida na posição da seção de tubo em relação à tubulação com base nas medições. O operador geralmente interpreta as medições, com base em seu discernimento pessoal.

Subseqüentemente, a seção de tubo é movida para a nova posição predeterminada.

Então, o procedimento de manualmente medir a posição da seção de tubo em relação à tubulação é executado novamente, e novamente é
5 determinado pelo operador se a extremidade da seção de tubo se ajusta de modo suficientemente perfeita sobre a tubulação a fim de fazer a conexão.

Na prática conhecida, este procedimento de posicionamento de uma seção de tubo em relação à tubulação é um procedimento demorado, algumas vezes levando tanto quanto metade de uma hora por cada seção de
10 tubo.

Todavia, em operações de deposição de tubo no mar, o tempo é caro. As taxas horárias da embarcação de deposição de tubos são extremamente elevadas. Isto é devido aos elevados custos operacional da embarcação de deposição de tubo, e também devido ao número substancial de
15 pessoas altamente especializadas, requerido a bordo da embarcação de deposição de tubo a fim de executar operações de deposição de tubo.

Portanto, o presente método tem uma desvantagem na medida que ele é muito caro. O presente método tem uma outra desvantagem na medida que é difícil determinar uma visão substancialmente completa das
20 variações dimensionais da seção de tubo e da tubulação, que pode resultar em uma conexão não ótima entre a tubulação e a seção de tubo.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

É um objetivo da presente invenção prover um método e dispositivo para posicionar uma extremidade de uma primeira seção de tubo
25 em relação a uma extremidade de uma segunda seção de tubo, que requer menos tempo do que nos métodos correntemente conhecidos. Uma segunda seção de tubo pode ser uma tubulação ou uma parte da mesma.

É um outro objetivo da presente invenção prover um método e dispositivo para posicionar uma extremidade de uma primeira seção de tubo

em relação a uma extremidade de uma segunda seção de tubo em que um melhor posicionamento da extremidade da primeira seção de tubo em relação à extremidade da segunda seção de tubo é obtida, resultando em uma transição mais lisa da parede da resultante tubulação na conexão.

5 Pelo menos um dos objetivos acima mencionados é atingido em um método para posicionar uma extremidade de uma primeira seção de tubo em relação a uma extremidade de uma segunda seção de tubo, o método compreendendo:

10 (a) pré-posicionar a extremidade da primeira seção de tubo próximo à extremidade da segunda seção de tubo, definindo uma área de conexão compreendendo as respectivas extremidades das primeira e segunda seções de tubo;

 (b) executar um processo de medição compreendendo uma pluralidade de etapas de medição, cada etapa de medição compreendendo:

15 (b1) mover um dispositivo de detecção para um local próximo à área de conexão;

 (b2) medir automaticamente o local do dispositivo de detecção em relação a um local de referência;

20 (b3) medir automaticamente posições de ponto de pontos sobre as extremidades da primeira e segunda seções de tubo em relação à posição de dispositivo de detecção;

 (c) determinar uma posição-alvo da extremidade da primeira seção de tubo em relação à extremidade da segunda seção de tubo com base nas posições de ponto medidas; e

25 (d) mover pelo menos uma das primeira e segunda seções de tubo a fim de obter a posição-alvo.

A presente invenção provê uma vantagem na medida que o posicionamento da extremidade da primeira seção de tubo em relação à extremidade da segunda seção de tubo pode ser executado consideravelmente

mais rápido do que nos métodos conhecidos. Vantajosamente, erros humanos são reduzidos. Desvios a posição das seções de tubo uma em relação à outra podem ser mais acuradamente medidos do que no método conhecido.

5 Vantajosamente, variações na forma ou dimensões das extremidades da primeira e segunda seções de tubo podem ser determinadas, e podem ser levadas em conta durante a determinação da posição-alvo.

A posição-alvo da seção de tubo pode vantajosamente ser atingida mais acuradamente em comparação com o método conhecido, reduzindo diferenças de transição excêntrica na conexão. Ainda, uma
10 exploração documentada das posições relativas das primeira e segunda seções de tubo pode ser obtida, melhorando a interpretação das medições.

O pré-posicionamento geralmente compreende um alinhamento aproximado da primeira e segunda seções de tubo.

O dispositivo de detecção pode ser um dispositivo de detecção
15 óptico, um dispositivo de detecção mecânico ou qualquer outro tipo de dispositivo de detecção. O dispositivo de detecção pode ser movido automaticamente ou manualmente, desde que ele seja capaz de medir automaticamente sua posição em relação a um local de referência. O dispositivo de detecção é tipicamente movido ao longo da circunferência das
20 seções de tubo, no interior ou exterior das mesmas. O local de referência é um local cuja posição é conhecida.

As extremidades das seções de tubo podem engatar uma na outra, na posição-alvo.

Preferivelmente, a segunda seção de tubo é, ou é parte de, uma
25 tubulação que é suspensa a partir de uma embarcação de deposição de tubo.

A tubulação pode ser depositada no mar em um método de deposição de tubo em deposição em J ou uma deposição em S, a segunda seção de tubo sendo a tubulação que deve ser depositada. O método de acordo com a invenção é também útil durante a deposição de tubulações por meio de

uma embarcação de deposição de tubo, uma vez que elevadas tensões durante operações de deposição de tubos em combinação com procedimentos de posicionamento pelo comprimento podem consumir parte substancial da expectativa de vida útil da tubulação, em particular da seção de tubo de elevação. O método de posicionamento mais acurado ajudará na redução de picos locais de tensão; o método de posicionamento mais rápido ajudará na redução do tempo em que a tubulação suspensa é sujeita a elevadas tensões de instalação.

Em uma forma de concretização preferida, etapa (a) compreende posicionar uma face de extremidade da primeira seção de tubo e uma face de extremidade da segunda seção de tubo a uma pequena distância uma a partir da outra, desta maneira provendo um interstício entre as respectivas faces de extremidade.

Quando a primeira e segunda seções de tubo são posicionadas a uma pequena distância uma a partir da outra, o dispositivo de detecção pode medir pontos sobre ambas as extremidades das respectivas seções de tubo a partir de um único local do dispositivo de detecção. Também, as seções de tubo podem ser movidas uma em relação à outra sem roçar uma contra a outra. Em um aspecto da invenção, as extremidades das primeira e segunda seções de tubo definem um entalhe circunferencial, em que pelo menos alguns dos pontos são situados no entalhe circunferencial.

Em um aspecto da invenção, as extremidades da primeira e segunda seções de tubo têm uma forma de chanfro definindo uma ponta de ressalto, em que pelo menos alguns dos pontos são situados sobre as respectivas pontas de ressalto .

Pontos de medição sobre a ponta de ressalto vantajosamente permite que as paredes das respectivas seções de tubo sejam alinhadas uma com a outra. As formas de chanfro são produzidas antes do processo de soldagem, e devido ao processo de produção, a espessura da ponta de ressalto

propriamente dita é mais exatamente constante e mostra somente menores variações. A medição da posição de um ponto sobre a ponta de ressalto, por conseguinte, provê informação mais confiável da posição das paredes internas das respectivas seções de tubo. Quando as exigências com relação aos “altos-baixos” admissíveis são muito extremas - o que pode ser o caso, por exemplo, em seções de tubo de elevação - adicionalmente também a espessura das pontas de ressalto podem ser medidas e adicionadas ao procedimento, desta maneira provendo informação até mesmo mais acurada acerca da posição das paredes internas das respectivas seções de tubo.

10 Na forma de concretização preferida, a etapa (a) compreende conectar um trilho anular à primeira ou segunda seção de tubo, o dispositivo de detecção sendo conectado com o trilho para movimento ao longo da área de conexão. Esta forma de concretização provê uma maneira muito simples e eficaz de executar as medições.

15 Em um aspecto da invenção, etapa (b) compreende medir uma primeira posição de ponto sobre a extremidade da primeira seção de tubo e medir uma segunda posição de ponto sobre a extremidade da segunda seção de tubo, o primeiro e segundos pontos sendo posicionados opostos um ao outro em qualquer lado da área de conexão, em que uma subsequente etapa 20 (c) compreende determinar para cada local de dispositivo de detecção uma distância entre a primeira e segunda posições de ponto e determinar a posição-alvo da seção de tubo com base nas distâncias determinadas.

O primeiro e segundo pontos formam um par de pontos e por meio de medição de pares de pontos e determinação das respectivas distâncias entre os pontos, um bom discernimento nas posições relativas das seções de tubo pode ser obtido. O primeiro e segundos pontos são preferivelmente posicionados muito próximos à área de conexão.

Em um aspecto da invenção, dita distância é escolhida a partir de um grupo de distâncias, compreendendo:

- uma distância radial entre um primeiro ponto sobre uma parede externa da primeira seção de tubo e um segundo ponto sobre uma parede externa da segunda seção de tubo;
- 5 • uma distância radial entre um primeiro ponto sobre uma ponta de ressalto da primeira seção de tubo e um segundo ponto sobre uma ponta de ressalto da segunda seção de tubo; e
- uma distância radial entre um primeiro ponto sobre uma parede interna da primeira seção de tubo e um segundo ponto sobre uma parede interna da segunda seção de tubo; e
- 10 • uma distância paralela a um eixo longitudinal central entre um primeiro ponto e um segundo ponto.

Estas distâncias provêm um bom discernimento nas posições relativas das extremidades das primeira e segunda seções de tubo. Ainda, a suavidade da transição das paredes de tubo no local de conexão é dependente das distâncias radiais entre os pontos sobre a primeira seção de tubo e os respectivos correspondentes pontos sobre a segunda seção de tubo. O controle do processo de posicionamento com base nestas distâncias radiais, portanto, provê uma boa base para aumentar a suavidade na transição.

As paredes das respectivas seções de tubo devem preferivelmente ser alinhadas uma com a outra ao longo da circunferência da primeira e segunda seções de tubo, para cuja finalidade é vantajoso medir pontos sobre a parede das primeira e segunda seções de tubo.

Em um aspecto da invenção, os pontos são situados sobre ambas as respectivas extremidades de tubo, os pontos sendo situados a intervalos um a partir do outro ao longo de um eixo estendendo-se substancialmente transversalmente à área de conexão.

Para cada local do dispositivo de detecção na área de conexão, um perfil das paredes de tubo em ambos lados da solda que deve ser criada pode então ser obtido, preferivelmente incluindo um perfil do entalhe

soldagem propriamente dito. Isto vantajosamente provê uma imagem substancialmente completa das respectivas posições das extremidades de tubo neste local, incluindo variações na forma das seções de tubo.

Em um aspecto da invenção, a etapa (b) compreende mover o dispositivo de detecção a uma substancialmente fixa distância a partir de uma parede externa ou interna da primeira ou segunda seção de tubo ao longo de dita parede.

Desta maneira, as posições de ponto podem ser efetivamente medidas ao redor da circunferência das seções de tubo.

Em um aspecto da invenção, pelo menos uma etapa (c), em particular uma primeira etapa (c) compreende determinar uma posição-alvo em que uma face de extremidade da primeira seção de tubo é substancialmente paralela a uma face de extremidade da segunda seção de tubo.

Vantajosamente, em etapas subsequentes, pontos sobre ambas extremidades de tubo que são posicionados opostos um ao outro nas mesmas distâncias respectivas a partir das respectivas faces de extremidade, podem ser facilmente medidos.

Em um aspecto da invenção, etapa (c) também compreende:

(c11) determinar diferentes posições-alvo candidatas;
(c12) determinar um valor de otimização para cada posição-alvo candidata; e

(c13) comparar os respectivos valores de otimização com um critério e selecionar a posição-alvo a partir das posições-alvo candidatas com base nos resultados da comparação.

Esta forma de concretização provê a vantagem que diferentes posições-alvo candidatas são comparadas umas com as outras, para selecionar uma posição-alvo que conduz ao melhor ajuste entre as extremidades das primeira e segunda seções de tubo. Em um aspecto da invenção, as etapas c11

e c12 são automaticamente executadas usando um meio de processamento de dado.

Em um aspecto da invenção, o critério é escolhido a partir de um grupo de critérios, compreendendo:

- 5 - minimizar distâncias radiais entre os primeiros pontos sobre a parede externa da primeira seção de tubo e os segundos pontos sobre a parede externa da segunda seção de tubo nos respectivos locais;
- minimizar distâncias radiais entre os primeiros pontos sobre a parede interna da primeira seção de tubo e os segundos pontos sobre
10 a parede interna da segunda seção de tubo nos respectivos locais de medição;
e
- minimizar um grupo de distâncias radiais, o grupo compreendendo as distâncias radiais entre os pontos situados sobre a parede interna da primeira seção de tubo e os correspondentes pontos situados sobre
15 a parede interna da segunda seção de tubo nos respectivos locais de medição e as distâncias radiais entre os pontos situados sobre a parede externa da primeira seção de tubo e os correspondentes pontos situados sobre a parede externa da segunda seção de tubo nos respectivos locais de medição.

20 Vantajosamente, condições de tensão na resultante tubulação podem ser otimizadas por meio de minimização destas distâncias.

Em um aspecto da invenção, a etapa (c) compreende:
determinar uma primeira forma da extremidade da primeira seção de tubo e
determinar uma segunda forma da extremidade da segunda seção de tubo,
determinar a posição da primeira forma em relação à segunda forma, e
25 determinar a posição-alvo com base nas primeira e segunda formas e as posições relativas das mesmas.

Vantajosamente, uma imagem completa das variações na forma das extremidades de tubo é obtida, permitindo a determinação de uma posição-alvo substancialmente ideal.

Em um aspecto da invenção, pelo menos uma etapa (c) compreende:

(c1) prover dados de espessura relativos a uma espessura das paredes de tubo ou das paredes de ponta de ressalto das respectivas primeira e
5 segunda seções de tubo;

(c2) determinar, com base nos dados de espessura de parede ou dados de espessura de ressalto, para cada local de dispositivo de detecção, a posição de um primeiro ponto oposto posicionado em um lado oposto da parede de tubo ou parede de ponta de ressalto a partir do primeiro ponto, e
10 determinar a posição de um segundo ponto oposto posicionado no lado oposto da parede de tubo ou parede de ponta de ressalto a partir do segundo ponto; e

(c3) determinar a posição-alvo com base nas primeira e segunda posições de ponto opostas ou com base em uma combinação da primeira e segunda posições de ponto e do primeira e segunda posições de
15 pontos opostas.

Vantajosamente, as medições podem ser executadas ao longo do exterior das seções de tubo, durante o uso das medições para alinhar as paredes internas das respectivas seções de tubo uma com a outra. Alternativamente, as medições podem ser executadas a partir do interior das
20 seções de tubo, enquanto se usa as medições para alinhar as paredes externas da seções de tubo uma com a outra. O uso de dados de espessura de parede é particularmente útil em uma segunda ou outra etapa (c).

Alternativamente, as medições podem ser executadas a quer partir do interior quer a partir do exterior das seções de tubo, enquanto se usa
25 as medições for alinhar ambas as paredes internas e externas uma com relação à outra tão acuradamente quanto possível.

Em um aspecto da invenção, em pelo menos uma etapa (c) uma posição-alvo é selecionada, a qual tem ou um valor de pico mínimo das distâncias radiais nos respectivos locais de dispositivo de detecção, uma soma

mínima das distâncias radiais nos locais de dispositivo de detecção, ou uma integral mínima das distâncias radiais sobre pelo menos uma parte da circunferência da primeira e segunda seção de tubo.

5 Visto que pode existir um grande número de posições de ponto, os quais são medidos, um método é preferivelmente usado, que permite uma incorporação de uma parte substancial dos resultados de medição na determinação da posição-alvo. Isto é vantajosamente atingido nesta forma de concretização.

10 Em um aspecto da invenção, a etapa (d) compreende mover a pelo menos uma das primeira e segunda seções de tubo em uma maneira, escolhida a partir de um grupo de movimentos, compreendendo: um movimento da seção de tubo em uma direção substancialmente paralela a um eixo longitudinal central de dita seção de tubo, um movimento da seção de tubo em direção substancialmente transversalmente ao eixo longitudinal central da dita seção de tubo, uma rotação da seção de tubo em torno de um
15 primeiro eixo estendendo-se substancialmente transversalmente ao eixo longitudinal central da seção de tubo, e uma rotação da seção de tubo em torno de um segundo eixo estendendo-se substancialmente paralelo ao eixo longitudinal central de dita seção de tubo.

20 Estas maneiras de movimento das seções de tubo vantajosamente provêm um eficiente posicionamento.

Em um outro aspecto da invenção, a etapa (b) é executada pelo menos duas vezes, em que entre a primeira etapa (b) e a segunda etapa pelo menos uma das primeira e segunda seções de tubo é girada sobre um
25 predeterminado ângulo em torno de um eixo longitudinal central das mesmas, em que na primeira etapa (b) uma primeira série de posições de ponto é obtida, e em que na segunda etapa (b) uma segunda série de posições de ponto é obtida, e em que a etapa (c) compreende combinar a primeira série de posições de ponto com a segunda série de posições de ponto para determinar a

posição-alvo.

Se o dispositivo de detecção for movido ao longo de um trilho anular conectado com uma extremidade da seção de tubo, este trilho anular propriamente dito pode ter uma forma variável devida a variações na forma da
5 seção de tubo, e conseqüentemente tem uma forma desconhecida. Se o trilho anular tiver uma forma desconhecida, a posição exata do dispositivo de detecção é desconhecida.

Isto não é um problema desde que pares de posições de ponto sejam medidos em qualquer lado da área de conexão, a qual é suficientemente
10 boa quando a etapa (d) envolve somente movimento da seção de tubulação em uma direção substancialmente paralela a um eixo longitudinal central da dita seção de tubo, um movimento da seção de tubo em uma direção substancialmente transversal ao eixo longitudinal central da dita seção de tubo e uma rotação da seção de tubo em torno de um eixo estendendo-se
15 substancialmente transversalmente ao eixo longitudinal central de dita seção de tubo. Para determinar as posições-alvo de todos esses movimentos, somente os dados de posição relativa das formas de ambas extremidades de tubo são requeridos. Todavia, quando também uma posição-alvo para uma rotação da seção de tubo em torno de um eixo estendendo-se
20 substancialmente paralelo ao eixo longitudinal central de dito tubo é para ser determinada, dados absolutos das formas de ambas extremidades de tubo são requeridos. A fim de obter dados absolutos, a etapa (b) é preferivelmente executada duas vezes: a primeira vez exatamente como descrita anteriormente; a segunda vez após uma conhecida rotação axial de ambas
25 extremidades de tubo uma com respeito à outra. A partir de ambos conjuntos de medições, a forma do trilho anular propriamente dito pode ser determinada, por meio disto permitindo a determinação das formas absolutas de ambas extremidades de tubo.

Em um outro aspecto da invenção, em pelo menos a etapa (d),

em particular em uma etapa (d), pelo menos uma das seções de tubo é movida a fim de fechar um interstício (66) entre a primeira e segunda seções de tubo. Após as seções de tubo serem posicionadas em uma tal maneira que as paredes de tubo são alinhadas de forma tão boa quanto possível, o interstício

5 pode ser fechado e, subsequente, a solda pode ser feita.

Em um outro aspecto, a invenção refere-se a um Sistema para posicionamento para posicionar uma extremidade de uma primeira seção de tubo em relação a uma extremidade de uma segunda seção de tubo, o dispositivo compreendendo:

10 - um dispositivo de suporte configurado para posicionar a extremidade da primeira seção de tubo próximo à extremidade da segunda seção de tubo, definindo uma área de conexão compreendendo as respectivas extremidades das primeira e segunda seções de tubo, o dispositivo de suporte compreendendo:

- 15
- pelo menos um primeiro dispositivo móvel configurado para mover pelo menos uma da primeira e segunda seção de tubo;
 - um órgão de alimentação para alimentação de um sinal relativo a uma posição-alvo, para a qual menos uma das primeira e segunda seções de tubo deve ser movida, o órgão de alimentação sendo
- 20 acoplado com o primeiro dispositivo móvel;

- um dispositivo de detecção configurado para movimento para diferentes locais da área de conexão, o dispositivo de detecção sendo configurado para medir automaticamente cada local de dispositivo de detecção em relação a um local de referência, em que o dispositivo de

25 detecção é configurado para medir automaticamente posições de ponto em relação ao dispositivo de detecção de diferentes pontos sobre as extremidades das primeira e segunda seções de tubo em cada local de dispositivo de detecção, em que o dispositivo de detecção compreende um órgão de fornecimento para fornecimento das posições de ponto medidas e dos locais

medidos do dispositivo de detecção; e

- um meio de determinação de posição-alvo sendo configurado para alimentação das posições de ponto e sendo configurado para determinar a posição-alvo com base nas posições de ponto, o meio de determinação de posição-alvo ainda sendo configurado para fornecimento o a posição-alvo.

Vantajosamente, o Sistema para posicionamento pode substancialmente medir automaticamente a posição da extremidade da primeira seção de tubo em relação à posição da extremidade da segunda seção de tubo. Isto provê uma maneira barata, acurada e simples de posicionar as extremidades das seções de tubo uma em relação à outra.

Em um aspecto da invenção, o meio de determinação de posição-alvo compreende um meio de processamento de dado configurado para processar as posições de ponto e executar as seguintes etapas:

(c11) determinar diferentes posições-alvo candidatas;

(c12) determinar um valor de otimização para cada posição-alvo candidata; e

(c13) comparar os respectivos valores de otimização com um critério e selecionar a posição-alvo a partir das posições-alvo candidatas com base nos resultados da comparação.

Vantajosamente, um grande número posições-alvo pode ser comparado, e a posição-alvo pode ser selecionada, a qual cumpre da melhor maneira o critério.

Em um aspecto da invenção, o meio de determinação de posição-alvo é acoplado através de meios de acoplamento com o órgão de fornecimento. Isto provê a vantagem que as posições de ponto medidas podem ser automaticamente transmitidas para o meio de determinação de posição-alvo.

Em um aspecto da invenção, o meio de determinação de posição-alvo é configurado para gerar um sinal de controle com base na

posição-alvo determinada, o sinal de controle relativo a um movimento requerido do dispositivo móvel para obter a posição-alvo, em que o meio de determinação de posição-alvo é acoplado através de meios de acoplamento com o órgão de alimentação, para controlar o dispositivo móvel.

5 Em um aspecto da invenção, o dispositivo de detecção é configurado para emitir um feixe de laser e detectar a posição de um ponto de luz projetado sobre a primeira ou segunda seção de tubo. Um dispositivo de medição a laser provou ser muito eficaz na execução das medições. Com um laser, vantajosamente, posições de ponto podem ser medidas de pontos
10 posicionados fora e dentro do entalhe de soldagem.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

 A figura 1 é uma vista lateral esquemática de uma embarcação de deposição de tubo depositando uma tubulação;

 a figura 2 é uma vista lateral esquemática da embarcação de
15 deposição de tubo da figura 1;

 a figura 3 é uma vista axonométrica esquemática das posições relativas da seção de tubo e da tubulação;

 a figura 4 é uma vista lateral detalhada de respectivas paredes de uma primeira e segunda seções de tubo posicionadas uma próxima à outra;

20 a figura 5 é uma vista de seção transversal tomada ao longo da linha A-A na figura 2 da posição relativa da seção de tubo e da tubulação;

 a figura 6 é a vista lateral detalhada das posições relativas de uma primeira e segunda seções de tubo;

25 a figura 7 é uma vista lateral esquemática de um conjunto de deposição em J;

 a figura 8A é uma vista lateral esquemática de um conjunto de deposição em J compreendendo um dispositivo de detecção;

 a figura 8B é uma vista axonométrica esquemática de um dispositivo de detecção montado em uma seção de tubo;

a figura 9A é uma vista axonométrica esquemática de um dispositivo de laser e um sensor;

a figura 9B é uma vista frontal esquemática do dispositivo de laser e do sensor;

5 A figura 9C é uma vista lateral esquemática do dispositivo de laser e do sensor;

a figura 9D é uma vista de topo esquemática do dispositivo de laser e do sensor;

10 a figura 10 é uma vista esquemática de uma outra forma de concretização do dispositivo de laser compreendendo o sensor;

a figura 11 é uma vista esquemática de uma outra forma de concretização do dispositivo de laser compreendendo um sensor;

a figura 12A mostra um perfil da posição da tubulação e da seção de tubo, medido a partir do exterior;

15 a figura 12B mostra um perfil de a posição da tubulação e da seção de tubo, medido a partir do interior;

a figura 12C mostra uma série de perfis medidos em intervalos ao longo da circunferência da tubulação e a seção de tubo;

20 a figura 13A mostra um gráfico de distâncias radiais medidas entre pontos sobre as respectivas paredes externas da tubulação e da seção de tubo ao longo da circunferência externa das mesmas;

A figura 13B mostra um gráfico de distâncias radiais medidas entre pontos sobre as respectivas paredes internas da tubulação e da seção de tubo ao longo da circunferência externa das mesmas;

25 a figura 13C mostra um gráfico de um interstício medido entre a tubulação e a seção de tubo ao longo da circunferência das mesmas; e

a figura 13D mostra uma série de perfis antes de uma rotação da seção de tubo;

a figura 13E mostra uma série de perfis após uma rotação da

seção de tubo; e

a figura 14 é uma vista lateral esquemática de uma forma de concretização alternativa de acordo com a invenção.

Com referência às figuras 1 e 2, uma embarcação de deposição de tubo 10 é mostrada, a qual flutua sobre a superfície d'água 12. A embarcação de deposição de tubo 10 compreende uma torre inclinada de deposição em J 30, a qual é conectada por meio de pelo menos uma articulação 24 com a embarcação de deposição de tubo 10. A tubulação 18 é construída por meio de repetidamente soldar seções de tubo 14 em uma extremidade livre 20 da tubulação 18.

Dependendo da profundidade da água 26 e do peso submerso e rigidez da tubulação 18, a torre 30 é ajustada em um ângulo β com relação à horizontal, o ângulo β variando entre 50 e 90 graus.

Durante uma operação de deposição em J, a tubulação 18 abandona a embarcação de deposição de tubo 10 e se estende em uma forma de J entre a embarcação de deposição de tubo 10 e um leito do mar 16. Uma força horizontal é exercida sobre a extremidade livre 20 da tubulação 18 por meio da embarcação de deposição de tubo 10 a fim de prevenir ondulação da tubulação 18 na seção encurvada 28 da tubulação 18.

O processo de adicionar a seção de tubo 14 à tubulação 18 compreende um número de atividades. Primeiramente, a seção de tubo 14 é carregada sobre a rampa de construção de tubo 22, a qual é posicionada na torre de deposição em J 30. Em seguida, a extremidade inferior 19 da seção de tubo 14 é posicionada em relação à extremidade livre 20 da tubulação 18 de maneira que uma solda de alta qualidade 34 pode ser feita. Subseqüentemente, a solda 34 é feita, conectando a seção de tubo 14 com a tubulação 18. Após a aplicação da solda 34, a solda 34 é inspecionada e aprovada. Finalmente, a solda é revestida.

Usualmente, o posicionamento da seção de tubo 14 em

relação à tubulação 18, a soldagem e a inspeção são realizados em uma primeira estação de trabalho 36, e a operação de revestimento é realizada em uma segunda estação de trabalho 38. Na maioria das embarcações de deposição em J, tanto a primeira quanto a segunda estações de trabalho 36 e 38 são posicionadas ao longo do percurso de deposição principal, causando com que todas etapas do processo de adicionar a seção de tubo 14 à tubulação 18 sejam um fator determinante em um transcurso de tempo crítico.

Por conseguinte, se um tempo de ciclo mínimo da conexão de uma única seção de tubo deva ser atingido, todas das respectivas atividades devem preferivelmente ser realizadas em um intervalo de tempo mínimo, permitindo um tempo de ciclo mínimo total do processo de adição.

A tubulação 18 compreende uma seção de tubo de elevação 15 estendendo-se entre o leito do mar 16 e a embarcação de deposição de tubo 10, e uma seção horizontal 17, a qual repousa sobre o leito do mar 16. A seção de tubo de elevação 15 de uma tubulação 18 é sujeita a forças de corrente dinâmicas, vórtices, e forças exercidas sobre a seção de tubo de elevação 15 por meio do objeto flutuante devido a movimentos do mesmo. Na prática, a fadiga da seção de tubo de elevação 15 pode ocorrer nas conexões das seções de tubo 14 que formam a tubulação 18. A fadiga desempenha um importante papel na expectativa de vida útil da tubulação.

Com referência à figura 3, uma área de conexão 51 é posicionada nas faces de extremidade 44a e 44b. Um sistema de coordenadas é definido, em que o eixo z 133 se estende substancialmente na direção longitudinal principal da tubulação 18 e da seção de tubo 14.

Com referência à figura 4, uma área de soldagem 40 é mostrada, definida por meio de respectivas extremidades 19, 20 da seção de tubo 14 e da tubulação 18. A fim de despendar um tempo de soldagem mínimo, é importante que o volume de solda seja minimizado. Para esta finalidade, formas de chanfro em J 42a, 42b são freqüentemente usadas,

compreendendo pontas de ressalto 46a, 46b posicionadas no lado interno 48 das extremidades da seção de tubo 14 e da tubulação 18. As faces de extremidade 44a, 44b da seção de tubo 14 e da tubulação 18 foram processadas antes do processo de soldagem a fim de criar as requeridas formas de chanfro 42a, 42b. Quando as extremidades 19, 20 da seção de tubo 14 e da tubulação 18 são posicionadas uma próxima à outra, um entalhe de soldagem circunferencial 49 é definido, estendendo-se ao longo da circunferência externa da seção de tubo 14 e da tubulação 18. Uma largura típica 52a de uma forma de chanfro 44a, 44b é 3 - 4 mm, por meio disto criando um entalhe de soldagem total típico de 6 - 8 mm.

As pontas de ressalto 46a, 46b têm respectivas espessuras de ponta de ressalto 47a, 47b, as quais geralmente podem ser na ordem de 1 - 2 mm. Durante a soldagem de uma solda de raiz, as pontas de ressalto 46a, 46b são soldadas juntas. As respectivas espessuras de parede 54a, 54b da tubulação 18 e da seção de tubo 14 podem tipicamente ser 15 - 40 mm.

Usualmente, os chanfros em forma de J 42a 42b são produzidos por meio de uma ferramenta que usa as respectivas paredes internas 58a, 58b da seção de tubo 14 e da tubulação 18 como uma posição de referência. Por conseguinte, as formas de chanfro 42a, 42b seguirão as paredes internas 58a, 58b, e também seguirão possíveis variações das paredes internas 58a, 58b em relação aos valores teóricos das mesmas, tal como um desvio no arredondamento das paredes internas 58a, 58b.

Com referência às figuras 5 e 6, a seção de tubo 14 e a tubulação 18 geralmente não têm dimensões ideais e posições ideais uma em relação à outra. Variações nos respectivos diâmetros 56a, 56b, no arredondamento, espessuras de parede 54a, 54b, ocorrem em ambas extremidades 19, 20 da seção de tubo 14 e da tubulação 18. Também, desvios na retidão das extremidades de tubo 19, 20 e na planicidade e perpendicularidade das faces de extremidade 44a, 44b antes do chanframento

das seções de tubo 14, 18 podem ocorrer. Na figura 5, as extremidades 19, 20 da seção de tubo 14 e da tubulação 18 não se ajustam exatamente uma sobre a outra. Uma distância radial 62 entre as respectivas paredes externas 60a, 60b, uma distância radial 63 entre as pontas de ressalto 46a, 46b e uma distância radial 64 das paredes internas 58a, 58b podem resultar, causando transições excêntricas na parede de tubo da resultante tubulação em uma conexão entre duas seções de tubo. As distâncias 62, 63 e 301 e 64 podem também ser referidas como diferenças de posição entre os pontos.

Uma transição excêntrica nas paredes externas 60a, 60b pode existir, as paredes externas 60a, 60b sendo desalinhadas uma com relação à outra por uma distância 62, 63 sobre pelo menos uma parte da circunferência da tubulação 18. A distância radial externa 62, 63 pode ser medida nas paredes externas 60a, 60b ou nas pontas de ressalto 46a, 46b. As paredes internas 58a, 58b podem ser não alinhadas uma com relação à outra por uma distância radial interna 64 sobre pelo menos uma parte da circunferência da tubulação 18. A distância radial interna 64 pode ser medida nas paredes internas 58a, 58b ou ser calculadas a partir da distância 63 medida nas pontas de ressalto 46a, 46b. No último caso, ou uma espessura de ponta de ressalto 47a, 47b é adicionada no cálculo ou uma série de valores de espessuras de ponta de ressalto 47a, 47b, medidas em pontos específicos ao redor da circunferência do tubo, é adicionada no cálculo.

As distâncias externa e interna 62, 63 e 64 têm uma forte influência sobre a expectativa de vida útil da tubulação resultante 18, porque elas podem conduzir a concentrações de tensões locais na conexão final entre a tubulação e a seção de tubo, concentrações de tensões estas que podem resultar em uma alta incidência de dano por fadiga. Fadiga da solda 34 é de extrema importância na expectativa de vida útil de seções de tubos de elevação 15, como discutido acima. Em tais seções de tubo de elevação 15, as distâncias externas e internas toleradas 62, 63 e 64 podem ser restringidas

para 0,5 mm a fim de assegurar fadiga mínima e uma suficiente expectativa de vida útil.

Atualmente, o posicionamento da seção de tubo 14 em relação à tubulação 18, antes da soldagem, é um processo manual executado por meio de pessoal especialista. Por conseguinte, o posicionamento é dependente da

Correntemente, medições de posição sobre a seção de tubo 14 e a tubulação 18 são realizadas sobre o exterior das pontas de ressalto 46a, 46b. Todavia, o entalhe de soldagem 49 é estreito (6 - 8 mm) e relativamente profundo (15 - 40 mm). Por conseguinte, o processo de medição é muito difícil. Em particular, durante a construção de seções de tubo de elevação 15, o processo de posicionamento é muito demorado devido à baixa tolerância permitida das distâncias 62, 63 e 64.

Retornando para as figuras 7, 8A e 8b, manipuladores 68, 70 são montados na torre de deposição em J 3G em uma distância 72 um a partir do outro e são capazes de apreensão da seção de tubo 14 com respectivas garras 69, 71. As garras 69, 71 são móveis independentemente uma da outra na direção x e direção y e podem ser movidas simultaneamente na direção z.

Órgãos de guia na forma de rolos 74, os quais são montados na torre de deposição em J, suportam a seção de tubo 14 em uma parte superior da mesma na direção x e direção y, enquanto que permitem um movimento na direção z e uma rotação em torno do eixo z da seção de tubo 14. Relativamente pequenos movimentos na direção x e na direção y da extremidade inferior 19 da seção de tubo 14 são permitidos pelos rolos 74.

Uma rotação da seção de tubo 14 em torno do eixo x é executada por meio do movimento dos manipuladores 68, 70, um oposto ao outro na direção y. Uma rotação da seção de tubo 14 em torno do eixo y é executada por meio do movimento dos manipuladores 68, 70, um oposto ao outro na direção x. A translação da extremidade de tubo inferior 19 na direção

x é obtida por meio do movimento dos manipuladores 68, simultaneamente na direção x. A translação da extremidade de tubo inferior 19 na direção y é obtida por meio do movimento dos manipuladores 68, 70 simultaneamente na direção y.

5 Quando os manipuladores 68, 70 são movidos em uma direção oposta a fim de executarem uma rotação em torno do eixo x ou eixo y, a translação da extremidade de tubo inferior 19 pode também ocorrer, que pode ser corrigida por meio de um movimento simultâneo dos manipuladores 68, 70 na mesma direção.

10 Para executar uma rotação da seção de tubo 14 em torno do eixo z, um terceiro manipulador 76 é provido, compreendendo uma terceira garra 77. Para girar a seção de tubo 14 em torno do eixo z, as primeira e segunda garras 69, 71 são liberadas, ao passo que a garra 77 é engatada.

15 Durante uma rotação da seção de tubo 14 em torno do eixo x ou eixo y, a garra 77 é liberada.

20 Em lugar da disposição dos três manipuladores 68, 70, 76 manipuladores descritos até agora, é também possível usar um manipulador tendo seis graus de liberdade, ou seja, sendo capaz de mover a seção de tubo 14 na direção x, y e z, e girando a seção de tubo 14 em torno dos eixos x, y e z.

25 Com referência às figuras 8A e 8B, um dispositivo de detecção 86 é conectado com um carrinho 78 que compreende rodas 88 e é montado para rotação sobre um trilho de guia anular 80. O trilho de guia 80 é preferivelmente montado na extremidade inferior 19 da seção de tubo 14, mas pode também ser montado na extremidade superior 20 da tubulação 18. A tubulação 18 compreende um órgão de suporte 82 na forma de um colar sobre a tubulação 18, o qual é suportado por meio de uma mesa de suspensão 84. O trilho de guia 80 é montado paralelo ao entalhe de soldagem circunferencial 49.

Preferivelmente, o trilho de guia 80 e carrinho 78 são também usados no posterior estágio para mover um maçarico de soldar (não mostrado) ao redor da tubulação 18 para executar uma operação de soldagem.

No uso, o carrinho 78 se move ao longo de trilho de guia 80, enquanto que automaticamente mede a posição do carrinho 78 em relação ao ponto de referência 87 sobre o trilho de guia. Esta posição de carrinho pode ser medida por meio de um método conhecido, por exemplo por meio de medição da revolução da roda 88. Em um número de diferentes posições do carrinho 78, o dispositivo de detecção 86 automaticamente mede a posição de diferentes pontos sobre a extremidade 19 da seção de tubo 14 e da extremidade 20 da tubulação 18, que será mais detalhadamente explicado daqui por diante.

Um sinal relativo às medições executadas é gerado por meio do dispositivo de detecção 86 e transmitido através do cabo 90 para uma unidade de controle 92. A unidade de controle 92 compreende um meio de armazenagem 95 a fim de armazenar as medições realizadas. Quando uma revolução completa do dispositivo de detecção 86 foi feita, a unidade de controle 92 processa as medições armazenadas com um meio de processamento de dado 93 para a produção de uma exploração documentada. Em adição, os meios de processamento de dados 93 envolvem um algoritmo a fim de gerar uma nova posição-alvo da seção de tubo 14. Quando a nova posição-alvo é determinada, translações requeridas na direção x, na direção y e/ou na direção z, e rotações requeridas em torno do eixo x, do eixo y e/ou do eixo z para a seção de tubo 14 a fim de obter a nova posição-alvo, são também geradas por meio da unidade de controle 92.

Em seguida, sinais de controle são gerados por meio da unidade de controle 92 com base nas requeridas translações e rotações e transmitidos através do cabo 94 para os manipuladores 68, 70, 76. Os manipuladores 68, 70, 76 subsequentemente movem a seção de tubo 14 a fim

de obter a nova posição-alvo.

Com referência às figuras 9A-9D, um dispositivo de detecção 86 é mostrado, o qual usa um dispositivo de laser 95 configurado para emitir um feixe de laser 96. O feixe de laser 96 projeta uma série de pontos de luz
5 refletores 98a, 98b, 98c, 98d sobre a seção de tubo 14 e a tubulação 18. O feixe de laser 96 é guiado ao longo de um eixo 100 que se estende essencialmente transversalmente à área de conexão 51. Um número substancial de pontos de luz 98a, 98b, 98c, 98d pode ser projetado ao longo do eixo 100 em intervalos regulares.

10 Os pontos de luz 98a, 98b, 98c, 98d são detectados por meio de um sensor de luz 104, o qual detecta uma reflexão 106 do ponto de luz 98. O sensor de luz 104 mede um primeiro ângulo α em relação ao plano de referência 110 mostrado nas figuras 9C e um segundo ângulo γ em relação a um eixo 112 mostrado na figura 9D. A distância 108 entre o dispositivo de
15 laser 95 e o sensor 104 é conhecida antecipadamente. Um ângulo f no qual o feixe de laser 96 é emitido a partir do laser 95 em relação ao plano de referência 110 é mostrado na figura 9B e é também medido. Uma distância x mostrada na figura 9 entre o ponto de luz 98a e o dispositivo de laser 95 pode ser determinada a partir dos ângulos α , γ , f , e a distância 108.
20 Conseqüentemente, a posição exata dos pontos de luz 98a, 98b, 98c, 98d em relação ao local do dispositivo de laser 95 pode ser determinada.

Tipicamente, o feixe de laser 96 é movido transversalmente ao entalhe de soldagem 49, em que os pontos de luz 98a, 98b, 98c, 98d são posicionados em intervalos de 0,01 - 0,5 mm uns em relação aos outros.

25 Outros métodos de execução das medições são também possíveis, por exemplo usando um dispositivo de detecção mecânico.

Com referência às figuras 10 e 11, diferentes formas de concretização da combinação de um dispositivo de laser 95 e um sensor 104 são mostradas, as formas de concretização mostradas sendo comercialmente

disponíveis no mercado.

Com referência às figuras 12A, 12B e 12C, um perfil medido 120 é composto de uma série de posições de ponto medidas 98a, 98b, 98c, 98d ao longo de um eixo 100 em um local 89. As distâncias 62, 63 e 66 mostradas na figura 6 podem ser determinadas a partir do perfil 120. A figura 12A mostra uma distância medida entre a parede de tubo e o dispositivo de detecção 86 em um local de dispositivo de detecção 89a, 89b, 89c. O eixo x representa a posição ao longo do eixo 100. O eixo y mostra a distância medida. A figura 12B mostra a mesma medição, quando o dispositivo de detecção 86 é movido dentro da seção de tubo 14 ou da tubulação 18. Ao longo do eixo x, a posição dos pontos ao longo do eixo 100 é plotada. O eixo y representa a distância entre a parede de tubo e o dispositivo de detecção 86.

Durante o movimento do carrinho 78 ao redor da circunferência da seção de tubo 14 e da tubulação 18, para os subsequentes locais 89a, 89b, 89c do dispositivo de detecção 86, um perfil 120 de acordo com a figura 12A pode ser feito, resultando em uma série de perfis 120a ... 120h, na figura 12B. os locais 89a, 89b, 89c, etc. podem ser muito próximos uns dos outros, por exemplo em intervalos de 0,1 - 1 mm. A partir desta série de perfis 120a ... 120h, três outros diagramas podem ser obtidos, mostrados nas figuras 13a, 13b e 13c.

A figura 13a mostra um registro da distância 62 medida em diferentes locais 89a, 89b, 89c do dispositivo de detecção 86 ao longo da circunferência da tubulação 18 e da seção de tubo 14. A figura 13b mostra um registro da distância 63 das pontas de ressalto 46a, 46b da tubulação 18 e da seção de tubo 14 em diferentes locais 89a, 89b, 89c ao longo da circunferência da tubulação 18 e da seção de tubo 14. A figura 13c mostra um registro de medições ao longo da circunferência da tubulação 18 e da seção de tubo 14 relativas a um interstício 66.

No uso, os registros das figuras 13a, 13b, e 13c são

processados pelos meios de processamento de dados 93 da unidade de controle 92 a fim de determinar uma nova posição-alvo. Diferentes algoritmos de otimização podem ser usados por meio da unidade de controle 92.

5 Por exemplo, a partir da figura 13a, as translações requeridas da seção de tubo 14 na direção x e na direção y podem ser obtidas, conduzindo a uma redução na distância média 62. Alternativamente, a partir da figura 13b, as translações da seção de tubo 14 na direção x e na direção y podem ser obtidas, conduzindo a uma redução na distância média 63.

10 O registro da figura 13c pode ser usado para girar a seção de tubo 14 em torno do eixo x e do eixo y a fim de posicionar as faces de extremidade 44a, 44b uma paralela à outra, ou seja, em uma posição relativa em que o interstício 66 é o mesmo ao longo da circunferência da tubulação 18 e da seção de tubo 14. Ademais, a partir do registro 13c, uma requerida translação na direção z para a seção de tubo 14 pode ser obtida a fim de
15 fechar o interstício 66.

É também possível determinar translações da seção de tubo 14 na direção x e direção y, o que leva a um valor de pico mínimo da distância externa ou interna 62, 63 dos registros 13A e/ou 13B. Também, é possível determinar translações da seção de tubo 14 na direção x e na direção y, que
20 levam a um valor integrado mínimo das distâncias externas ou internas 62, 63, 64 sobre a circunferência ou uma parte da mesma da tubulação 18 e da seção de tubo 14. Outros critérios ou esquemas de otimização são também possíveis.

Pelo menos uma das extremidades 19, 20 das seções de tubo
25 14, 18 pode ser circular. Neste caso, o ângulo de rotação da seção de tubo 14 em torno do eixo z não é relevante. O posicionamento da seção de tubo 14 em relação à linha de tubo 18 é executado como segue. Primeiramente, a extremidade 19 da seção de tubo 14 é posicionada próxima à extremidade da tubulação 18 em uma distância de aproximadamente 2 - 3 mm a partir da face

de extremidade 44a da tubulação 18. Subseqüentemente, a seção de tubo 14 é girada em torno do eixo x e do eixo y a fim de posicionar as faces de extremidade 44a, 44b paralelas à outra. Na próxima etapa, a seção de tubo 14 é movida na direção x e/ou na direção y para uma posição-alvo a fim de minimizar as distâncias 62, 64. Finalmente, um movimento da seção de tubo 14 na direção z fecha o interstício 66.

É também possível que nenhuma da tubulação 18 e da seção de tubo 14 seja perfeitamente circular. Neste caso, o posicionamento da seção de tubo 14 em relação à tubulação 18 pode também compreender uma rotação da seção de tubo 14 em torno do eixo z, a fim de encontrar as menores distâncias ao longo da circunferência da tubulação resultante 18.

É também possível que a seção de tubo 14 sobre a qual o trilho de guia 80 é provido não seja perfeitamente circular, conduzindo a uma forma não circular do trilho de guia 80 propriamente dito. Neste caso, a trajetória do carrinho 78 segue ao longo da circunferência da tubulação 18 e a seção de tubo 14 não é exatamente conhecida, e posição do dispositivo de detecção 86 durante cada medição não é conhecida. Se uma série de perfis é determinada nesta situação, somente posições relativas das extremidades de tubo 19, 20 podem ser derivadas a partir dos perfis 120a ... 120h. Quando posições absolutas das extremidades de tubo 19, 20 são requeridas - que é o caso quando o procedimento de alinhamento envolve também uma rotação ao redor do eixo z - é necessário conhecer a posição do dispositivo de detecção 86.

Duas opções são disponíveis a fim de determinar a posição desconhecida do dispositivo de detecção 86. Na primeira, a forma da extremidade 19 de seção de tubo 14, sobre a qual o trilho de guia 80 é montado, pode ser determinada antecipadamente. Esta forma pode ser armazenada como dado de forma nos meios de armazenagem 95 da unidade de controle 92. A posição do dispositivo de detecção 86 pode ser determinada

por meio do dispositivo de processamento de dado 93 a partir da posição do dispositivo de detecção 86 em relação ao ponto de referência 87 e dados de forma armazenados.

Com referência às figuras 13D e 13E, é também possível executar uma primeira série de medições resultando em uma primeira série de perfis 120a ... 120h, mostrada na figura 13D. Em relação a esta primeira série 120a ... 120h, é conhecido que posições de ponto 98a, 98c são posicionadas sobre a seção de tubo 14 e as posições de ponto 98b, 98d são posicionadas sobre a tubulação 18.

Na próxima etapa, mostrada na figura 13E, a seção de tubo 14 é girada em torno do eixo z sobre um predeterminado ângulo de rotação Ψ (mostrado como uma seta dupla na figura 13E). Desta maneira, a parte do perfil 120a sobre a seção de tubo 14 é deslocada e é agora posicionada oposta a uma parte do perfil 120b sobre a tubulação 18 (ou oposta a 120c, 120d... etc., dependendo do ângulo Ψ).

Subseqüentemente, uma segunda passagem do dispositivo de detecção 86 ao redor da circunferência da seção de tubo 14 e da tubulação 18 é executada, em que uma segunda série de perfis 220a ... 220h (indicada em linhas tracejadas na figuras 13D e 13E) é determinada, cada perfil 220a ... 220h sendo composto de pontos 198a, 198b, 198c, 198d. Para finalidade de clareza, os perfis 220a ... 220h são mostrados adjacentes aos perfis 120a ... 120h, mas uma pessoa versada na arte compreenderá que as duas séries de perfis, de fato, se superpõem. Na segunda passagem, o perfil 220a é medido no local do perfil 120a sobre a seção de tubo 14 e o local do perfil 120b sobre a tubulação 18 da primeira passagem.

As posições de ponto 198b, 198d sobre tubulação 18 do perfil 220a, por conseguinte, são iguais às posições de ponto 98b, 98d do perfil 120b sobre a tubulação 18. Também, as posições de ponto 198a, 198c sobre a seção de tubo 14 do perfil 220a são iguais às posições de ponto 98a, 98c da

seção de tubo 14 do perfil 120a.

Os dados de medição obtidos nas duas passagens são combinados, e, desta maneira, as forma e posição previamente desconhecidas da tubulação 18, pode ser resolvidas e, s maneira, são conhecidas. Também, a
 5 forma e posição do trilho de guia 80 podem ser resolvidas. Subseqüentemente, a forma e posição da seção de tubo 14 podem ser resolvidas.

Após a forma absoluta e posições das extremidades de tubo 19, 20 terem sido calculadas ao longo deste procedimento, uma posição-alvo
 10 pode ser determinada por meio da unidade de controle 92.

Com referência à figura 14, o dispositivo de detecção 86 é montado para rotação dentro da seção de tubo 14. Para esta finalidade, uma ferramenta de suporte interna 122 é posicionada dentro da seção de tubo 14 e fixada na mesma por meios de fixação internos 124. A ferramenta de suporte
 15 interna suporta um trilho de guia circular 125 sobre o qual o carrinho 78 é montado de forma móvel através de rodas 88. O sensor 86 é montado no carrinho .78

No uso, o carrinho 78 gira ao longo da circunferência interna da tubulação 18 e da seção de tubo 14. Os perfis 120a ... 120h são
 20 determinados a partir do lado interno 48, e compreendem pontos sobre as paredes internas 58a, 58b compreendendo em particular as pontas de ressalto 46a, 46b.

O cabo 90 se estende entre o dispositivo de detecção 86 e a unidade de controle 92 através a ferramenta de suporte interna 122 através da
 25 seção de tubo 14.

Uma vantagem de executar as medições a partir do interior da seção de tubo 14 é que o trilho de guia 125 não engata na extremidade de tubo 19, permitindo que a forma do trilho de guia 125 seja exatamente circular. Desta maneira, variáveis extras desconhecidas, devidas a uma deformação do

trilho de guia 125 propriamente dito são evitadas.

Será óbvio para uma pessoa versada na arte que os detalhes e disposição das partes podem ser variados sobre considerável amplitude sem fugir do espírito da invenção e do escopo das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para posicionar uma extremidade (19) de uma seção de tubo (14) com relação a uma extremidade (20) de uma tubulação (18), a extremidade (20) sendo suportada acima da linha d'água por uma embarcação de deposição de tubulação, a tubulação (18) sendo suspensa da dita embarcação e estendendo-se a partir da embarcação de deposição de tubulação para o leito do mar, o método sendo **caracterizado pelo** fato de que compreende:

(a) pré-posicionar a extremidade (19) da seção de tubo (14) próximo à extremidade (20) da tubulação (18), definindo uma área de conexão (51) compreendendo as respectivas extremidades (19, 20) da seção de tubo (14) e da tubulação (18);

(b) executar um processo de medição compreendendo uma pluralidade de etapas de medição, cada etapa de medição compreendendo:

(b1) mover um dispositivo de detecção (86) em relação à seção de tubo (14) e à tubulação (18) para um local (89a, 89b, 89c) próximo à área de conexão (51);

(b2) medir automaticamente os locais (89a, 89b, 89c) do dispositivo de detecção (86) em relação a um local de referência (87);

(b3) medir automaticamente posições de ponto (98a, 98b, 98c, 98d) de pontos sobre as extremidades (19,20) da seção de tubo e a tubulação (14,18) em relação ao local de dispositivo de detecção (89a, 89b, 89c) em que a medição ocorre diretamente sobre a seção de tubo e sobre a tubulação;

(c) determinar uma posição-alvo da extremidade (19) da seção de tubo (14) em relação à extremidade (20) da

tubulação (18) com base nas posições de ponto medidas (98a, 98b, 98c, 98d); e

(d) mover a seção de tubo (14) ou a tubulação (18) a fim de obter a posição-alvo.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que pelo menos uma etapa (c) compreende: determinar um ou mais desvios da forma da extremidade (19) da seção de tubo (14) em relação a uma forma ideal da dita extremidade e determinar um ou mais desvios da forma da extremidade (20) da tubulação (18) em relação a uma forma ideal da dita extremidade e determinar a posição alvo usando os desvios determinados.

3. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-2, **caracterizado pelo** fato de que etapa (a) compreende conectar um trilho anular (80) com a seção de tubo (14) ou tubulação (18), o dispositivo de detecção (86) sendo conectado com o trilho (80) para movimento ao longo da área de conexão (51).

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-3, **caracterizado pelo** fato de que pelo menos uma etapa (b) compreende medir uma primeira posição de ponto (98a; 98c) sobre a extremidade (19) da seção de tubo (14) e medir uma segunda posição de ponto (98b; 98d) sobre a extremidade (20) da tubulação (18), o primeiro e segundo pontos sendo posicionados opostos um ao outro em qualquer lado da área de conexão (51), em que uma etapa subsequente (c) compreende determinar para cada local de dispositivo de detecção (89a, 89b, 89d) uma distância (114; 116; 117; 118) entre a primeira posição de ponto (98a; 98c) e a segunda posição de ponto (98b; 98d) e determinar a posição-alvo com base nas distâncias predeterminadas (114;

116; 117; 118)..

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo** fato de que dita distância é escolhida a partir de um grupo de distâncias, compreendendo:

- uma distância radial (116) entre um primeiro ponto (98a) sobre uma parede externa (60a) da seção de tubo (14) e um segundo ponto (98b) sobre uma parede externa (60b) da tubulação (18);

- uma distância radial (114) entre um primeiro ponto (98c) sobre uma ponta de ressalto (46a) da seção de tubo (14) e um segundo ponto (98d) sobre uma ponta de ressalto (46b) da tubulação (18); e

- uma distância radial (117) entre um primeiro ponto (98a') sobre uma parede interna (58a) da seção de tubo (14) e um segundo ponto (98b') sobre uma parede interna (58b) da tubulação (18); e

- uma distância (118) paralela a um eixo longitudinal central (25, 27) entre um primeiro ponto (98a; 98a'; 98c) sobre a seção de tubo (14) e um segundo ponto (98b; 98b'; 98d) sobre a tubulação (18).

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-5, **caracterizado pelo** fato de que os pontos (98a, 98b, 98c, 98d) são situados sobre as respectivas extremidades de tubo (19, 20) a intervalos (99) uma a partir da outra ao longo de um eixo (100) que se estende substancialmente transversalmente à área de conexão (51).

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-6, **caracterizado pelo** fato de que pelo menos uma etapa (b) compreende mover o dispositivo de detecção (86) em uma distância substancialmente fixa (101)

a partir de uma parede externa ou interna (58a, 58b, 60a, 60b) da seção de tubo (14) ou tubulação (18) ao longo de dita parede.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-7, **caracterizado pelo** fato de que pelo menos uma etapa (c), em particular primeira etapa (c), compreende determinar uma posição-alvo em que uma face de extremidade (44a) da seção de tubo (14) é substancialmente paralela a uma face de extremidade (44b) da tubulação (18).

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-8, **caracterizado pelo** fato de que pelo menos uma etapa (c) compreende:

(c11) determinar diferentes posições-alvo candidatas;

(c12) determinar um valor de otimização para cada posição-alvo candidata; e

(c13) comparar os respectivos valores de otimização com um critério e selecionar a posição-alvo a partir das posições-alvo candidatas com base nos resultados da comparação.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo** fato de que o critério é escolhido a partir de um grupo de alvos, compreendendo:

- minimizar distâncias radiais (114, 116) entre os primeiros pontos (98a, 98c) sobre a parede externa (60a) da seção de tubo (14) e os segundos pontos (98b, 98d) sobre a parede externa (60b) da tubulação (18) nos respectivos locais (89a, 89b, 89c);

- minimizar distâncias radiais (117) entre os primeiros pontos (98a') sobre a parede interna (58a) da seção de tubo (14) e os segundos pontos (98') sobre a parede interna (58b) da tubulação (18) nos respectivos

locais de medição (89a, 89b, 89c);

- minimizar um grupo de distâncias radiais (114, 116, 117), o grupo compreendendo as distâncias radiais (117) entre os pontos (98a') situados sobre a parede interna (58a) da seção de tubo (14) e os pontos correspondentes (98b') situados sobre a parede interna (58b) da tubulação (18) nos respectivos locais de medição (89a, 89b, 89c) e as distâncias radiais (114, 116) entre os pontos (98a, 98c) situados sobre a parede externa (60a) da seção de tubo (14) e os correspondentes pontos (98c, 98d) situados sobre a parede externa (60b) da tubulação (18) nos respectivos locais de medição (89a, 89b, 89c).

11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-10, **caracterizado pelo** fato de que pelo menos uma etapa (c) compreende: determinar uma primeira forma (21) da extremidade (19) da seção de tubo (14) e determinar uma segunda forma (23) da tubulação (18), determinar a posição da primeira forma (21) em relação à segunda forma (23), e determinar a posição-alvo com base na primeira e segunda forma (21, 23) e as posições relativas das mesmas.

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-11, **caracterizado pelo** fato de que pelo menos uma etapa (c) compreende:

(c1) prover dados de espessura relativos a uma espessura (54a, 54b) das paredes de tubo ou das paredes de ponta de ressalto das respectivas seção de tubo e tubulação (14,18);

(c2) determinar, com base nos dados de espessura de parede ou dados de espessura de ressalto, para cada local de dispositivo de detecção (89a, 89b, 89c) uma posição de

um primeiro ponto oposto (98a') posicionados em um lado oposto da parede de tubo ou parede de ponta de ressalto a partir do primeiro ponto (98a), e determinar uma posição de um segundo ponto oposto (98b') posicionado em um lado oposto da parede de tubo ou parede de ponta de ressalto a partir do segundo ponto (98b); e

(c3) determinar a posição-alvo com base nas primeira e segunda posições de ponto opostas (98a', 98b') ou com base em uma combinação das primeira e segunda posições de ponto (98a, 98b) e das primeira e segunda posições de ponto opostas (98a', 98b').

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-12, **caracterizado pelo** fato de que em pelo menos uma etapa (c) uma posição-alvo é selecionada, que tem: um valor de pico mínimo das distâncias radiais (114, 116, 117) nos respectivos locais de dispositivo de detecção (89a, 89b, 89c), uma soma mínima das distâncias radiais (114, 116, 117) nos respectivos locais de dispositivo de detecção (89a, 89b, 89c), ou um número mínimo das distâncias radiais (114, 116, 117) sobre pelo menos uma parte da circunferência da seção de tubo e da tubulação (14, 18).

14. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-13, **caracterizado pelo** fato de que pelo menos uma etapa (d) compreende mover a pelo menos uma dentre a seção de tubo e a tubulação (14, 18) em uma maneira, escolhida a partir de um grupo de movimentos, compreendendo: um movimento da seção de tubo (14) ou tubulação (18) em uma direção substancialmente paralela a um eixo longitudinal central (25, 27) de dita seção de tubo ou tubulação, um movimento da seção de tubo (14) ou

tubulação (18) em uma direção substancialmente transversal ao eixo longitudinal central (25, 27) de dita seção de tubo (14) ou tubulação (18), uma rotação da seção de tubo ou tubulação em torno de um primeiro eixo (131, 132) estendendo-se substancialmente transversalmente ao eixo longitudinal central (25, 27) de dita seção de tubo ou tubulação, e uma rotação da seção de tubo ou tubulação em torno de um segundo eixo (133) estendendo-se substancialmente paralelo ao eixo longitudinal central (25,127) de dita seção de tubo (14) ou tubulação (18).

15. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-14, **caracterizado pelo** fato de que compreende: executar etapa (b) duas vezes, em que entre a primeira etapa (b) e a segunda etapa (b) pelo menos uma da seção de tubo (14) e da tubulação (18) é girada sobre um predeterminado ângulo em torno de um eixo longitudinal central (25, 27) das mesmas, em que na primeira etapa (b) uma primeira série de posições de ponto é obtida, e em que na segunda etapa (b) uma segunda série de posições de ponto é obtida, e em que etapa (c) compreende combinar a primeira série de posições de ponto com a segunda série de posições de ponto para determinar a posição-alvo.

16. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-15, **caracterizado pelo** fato de que em pelo menos uma etapa (d), em particular em uma etapa final (d), pelo menos uma da seção de tubo (14) e tubulação (18) é movida a fim de fechar um interstício (66) entre a seção de tubo (14) e a tubulação (18).

17. Embarcação de deposição de tubulação (10) caracterizada pelo fato de compreender um sistema de posicionamento para posicionar uma extremidade (19) de uma

seção de tubo (14) em relação a uma extremidade (20) de uma tubulação (18), a embarcação de deposição de tubulação (10) sendo configurada para suportar a extremidade (20) acima da linha d'água de tal modo que a tubulação (18) é suspensa da dita embarcação e se estende a partir da embarcação de deposição de tubulação para o leito do mar, o sistema de posicionamento compreende:

- um dispositivo de suporte (22) configurado para posicionar a extremidade (19) da seção de tubo (14) próximo à extremidade (20) da tubulação (18), definindo uma área de conexão (51) compreendendo as respectivas extremidades (19, 20) da seção de tubo (14) e da tubulação (18), o dispositivo de suporte (22) compreendendo:

- pelo menos um dispositivo móvel (67) configurado para mover pelo menos uma da seção de tubo e da tubulação (14, 18);

- um órgão de alimentação (105) para alimentação de um sinal relativo a uma posição-alvo para a qual menos uma da seção de tubo (14) e da tubulação (18) deve ser movida, o órgão de alimentação sendo acoplado com o dispositivo móvel (67);

- um dispositivo de detecção (86) configurado para movimento em relação à seção de tubo (14) e à tubulação (18) para diferentes locais da área de conexão (51), o dispositivo de detecção (86) sendo configurado para medir automaticamente cada local de dispositivo de detecção (89a, 89b, 89c) em relação a um local de referência (87), em que o dispositivo de detecção (86) é configurado para medir automaticamente posições de ponto (98a, 98b, 98c, 98d) em relação ao dispositivo de detecção (86) de diferentes pontos sobre as extremidades (19, 20) da seção de tubo (14)

e da tubulação (18) em cada local de dispositivo de detecção (89a, 89b, 89c), o dispositivo de detecção sendo configurado para medir diretamente sobre a seção de tubo (14) e a tubulação (18) em que o dispositivo de detecção (86) compreende um órgão de fornecimento (103) para fornecimento das posições de ponto medidas (98a, 98b, 98c, 98d) e dos locais de dispositivo de detecção medidos (89a, 89b, 89c); e

- um meio de determinação de posição-alvo (92) sendo configurado para alimentação das posições de ponto e sendo configurado para determinar as posições-alvo com base nas posições de ponto, o meio de determinação de posição-alvo (92) ainda sendo configurado para fornecimento da posição-alvo.

18. Embarcação de deposição de tubulação (10), de acordo com a reivindicação 17, **caracterizada pelo** fato de que o meio de determinação de posição-alvo (92) é configurado para determinar um ou mais desvios da forma da extremidade (19) da seção de tubo (14) em relação a uma forma ideal da dita extremidade e determinar um ou mais desvios da forma da extremidade (20) da tubulação (18) em relação a uma forma ideal da dita extremidade e determinar a posição alvo usando os desvios determinados.

19. Embarcação de deposição de tubulação (10), de acordo com a reivindicação 17 ou 18, **caracterizada pelo** fato de que o meio de determinação de posição-alvo (92) compreende um meio de processamento de dado (93) configurado para processar as posições de ponto (98a, 98b, 98c, 98d) e executar as seguintes etapas:

(c11) determinar diferentes posições-alvo candidatas;

(c12) determinar um valor de otimização para cada

posição-alvo candidata; e

(c13) comparar os respectivos valores de otimização com um critério e selecionar a posição-alvo a partir das posições-alvo candidatas com base nos resultados da comparação.

20. Embarcação de deposição de tubulação (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 17-19, **caracterizada pelo** fato de que o meio de determinação de posição-alvo (92) é configurado para gerar um sinal de controle com base na posição-alvo determinada, o sinal de controle relativo a um movimento requerido do dispositivo móvel para obter a posição-alvo, e em que o meio de determinação de posição-alvo (92) é acoplado através de meios de acoplamento (94) com o órgão de alimentação (105), para controlar o dispositivo móvel (67).

21. Embarcação de deposição de tubulação (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 17-20, **caracterizada pelo** fato de que o dispositivo de detecção (86) é configurado para emitir um feixe de laser (96) e detectar a posição de um ponto de luz (98a, 98b, 98c, 98d) projetado sobre a seção de tubo (14) e a tubulação (18).

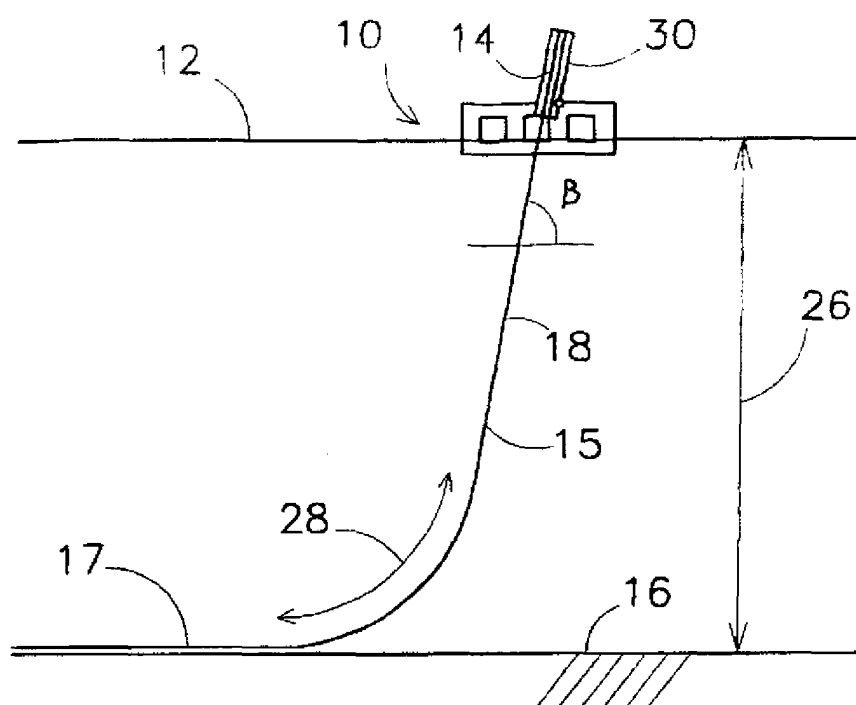


Fig 1

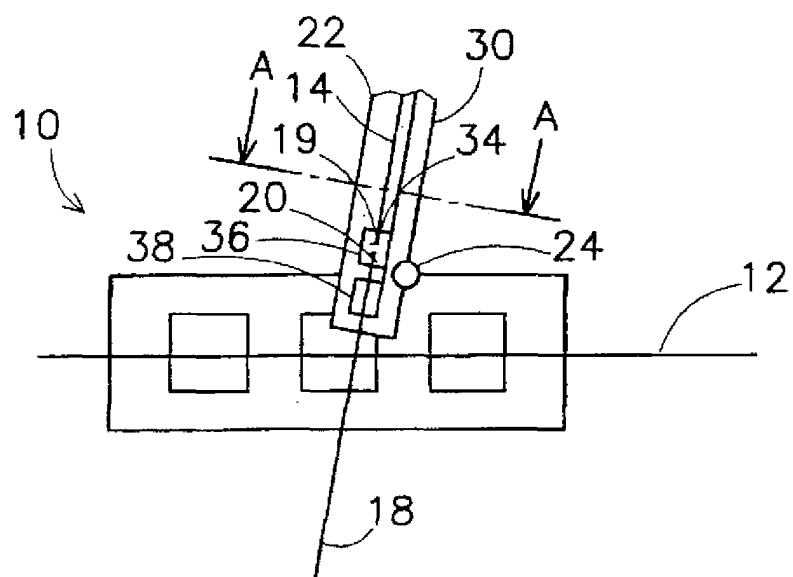


Fig 2

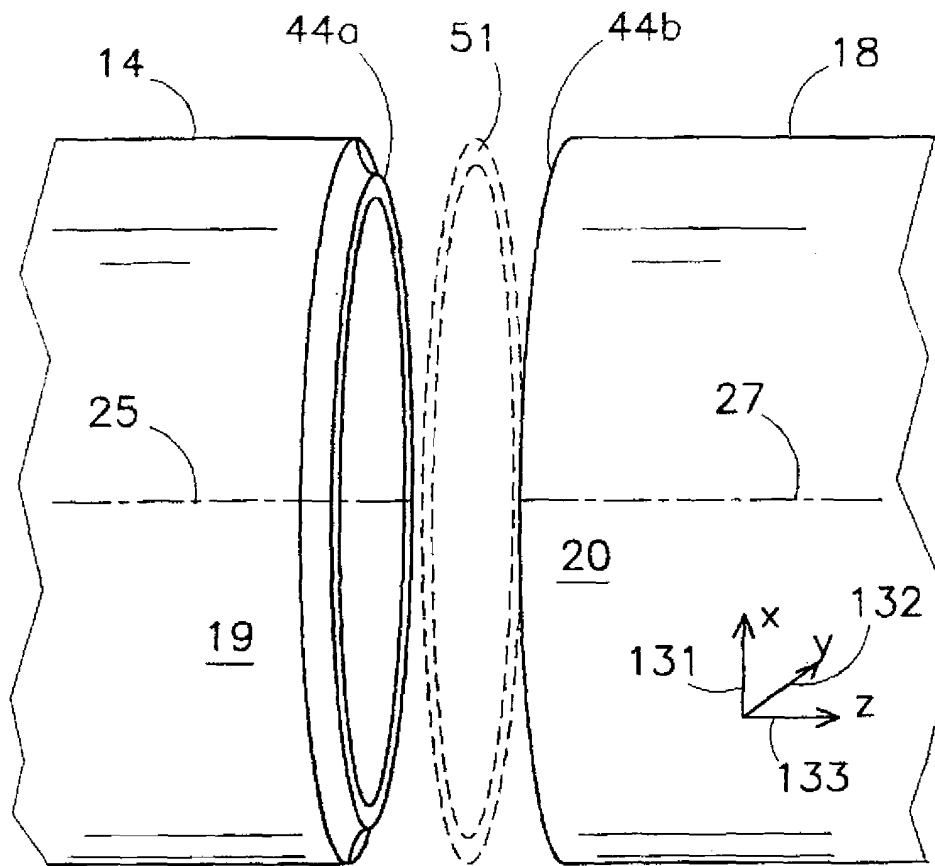


Fig. 3

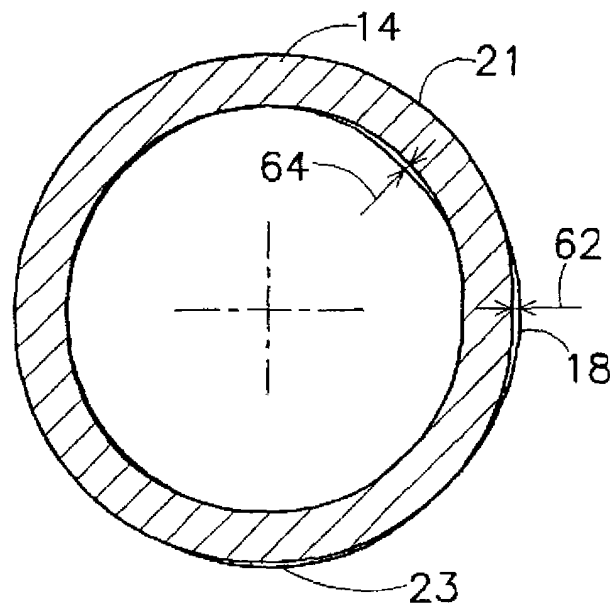


Fig. 5

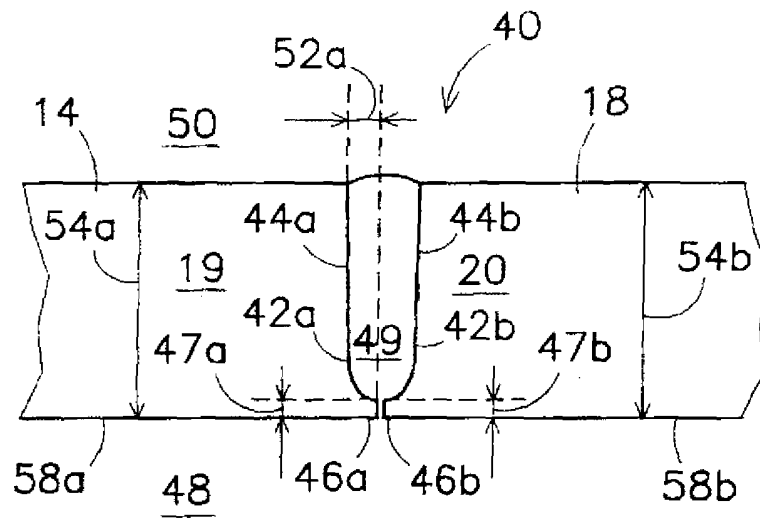


Fig 4

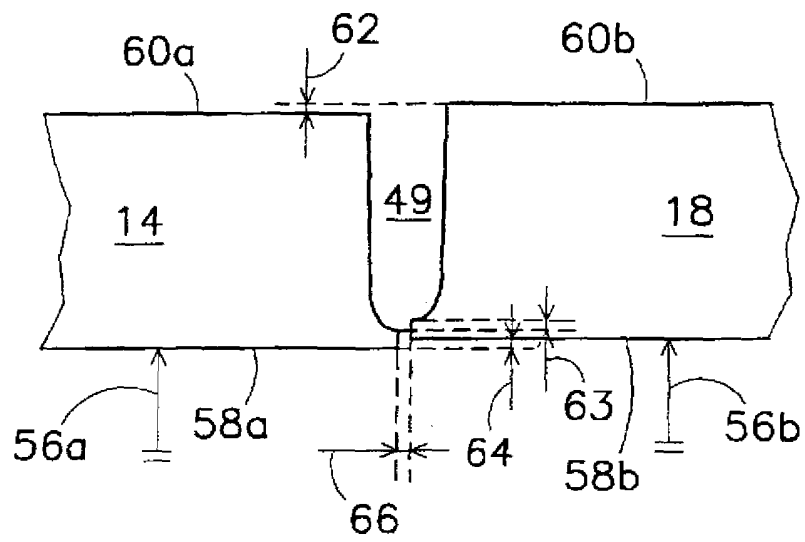


Fig 6

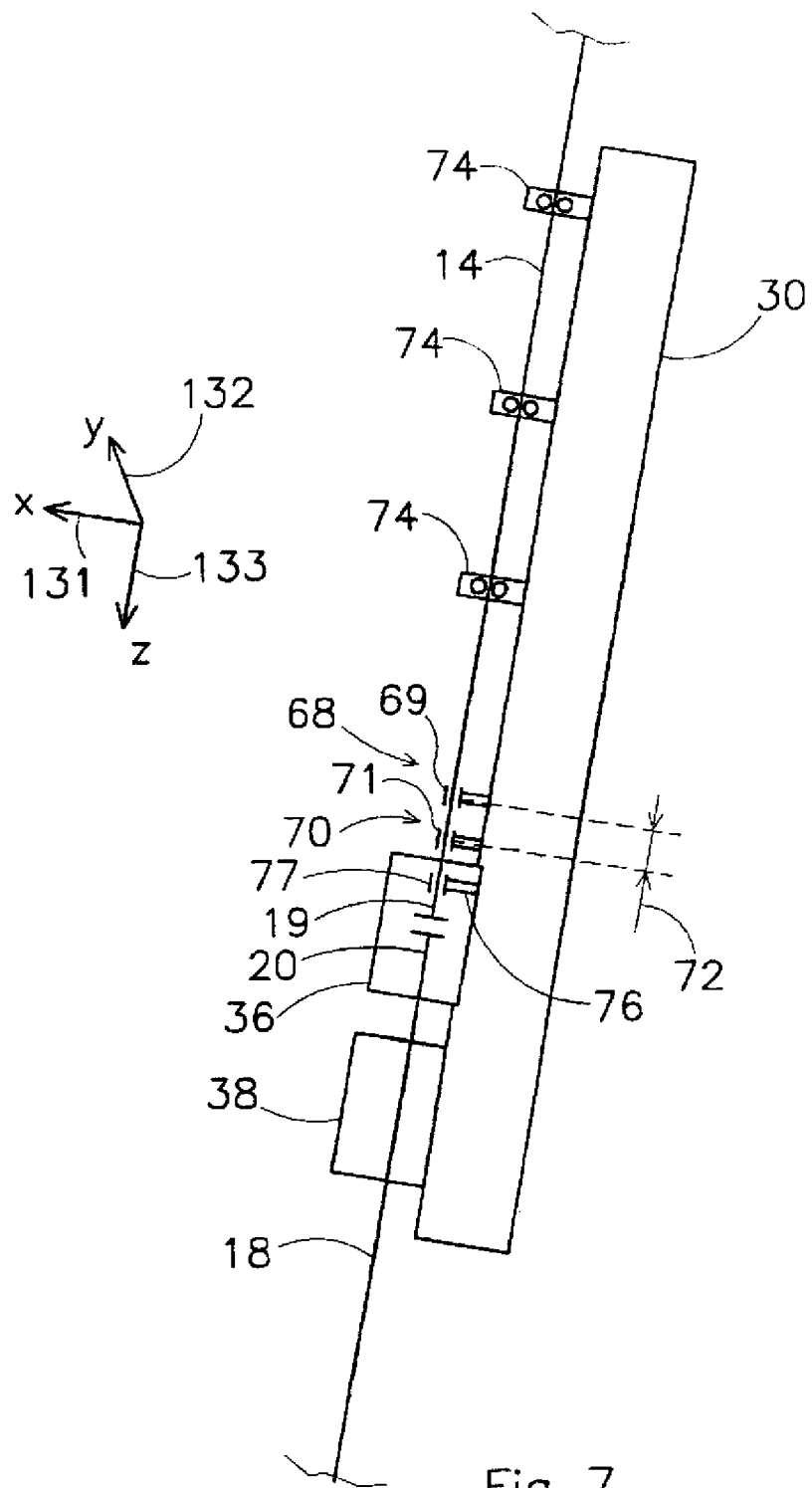


Fig 7

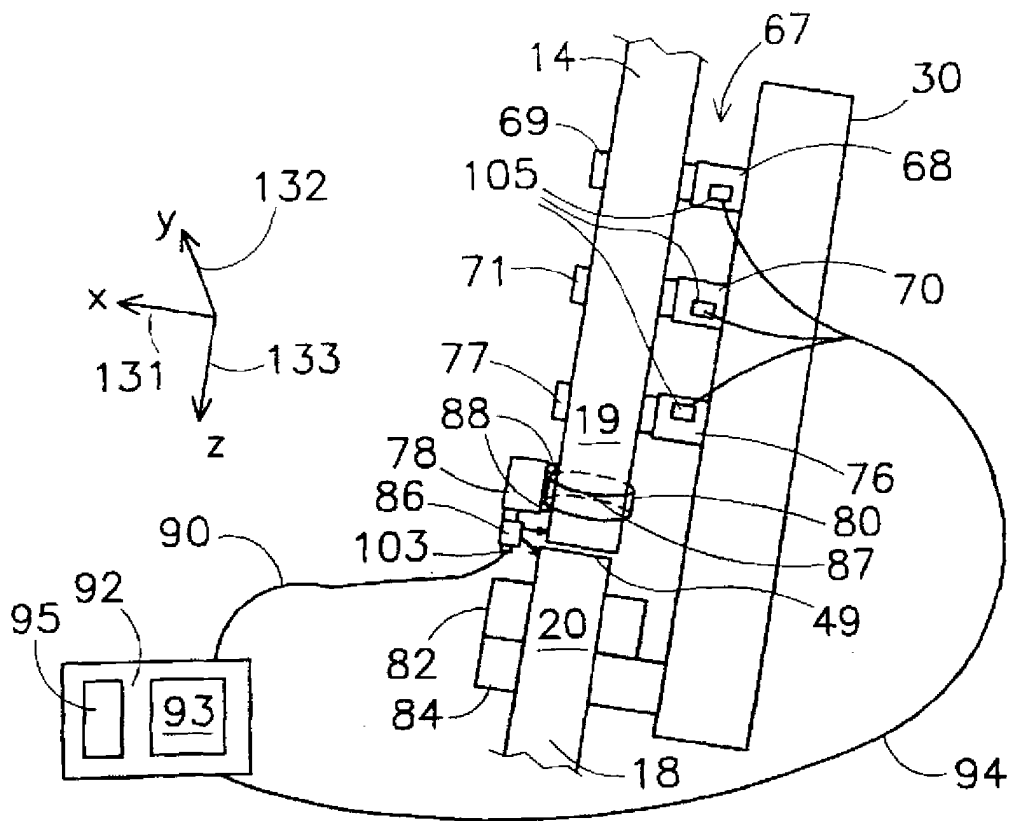


Fig 8A

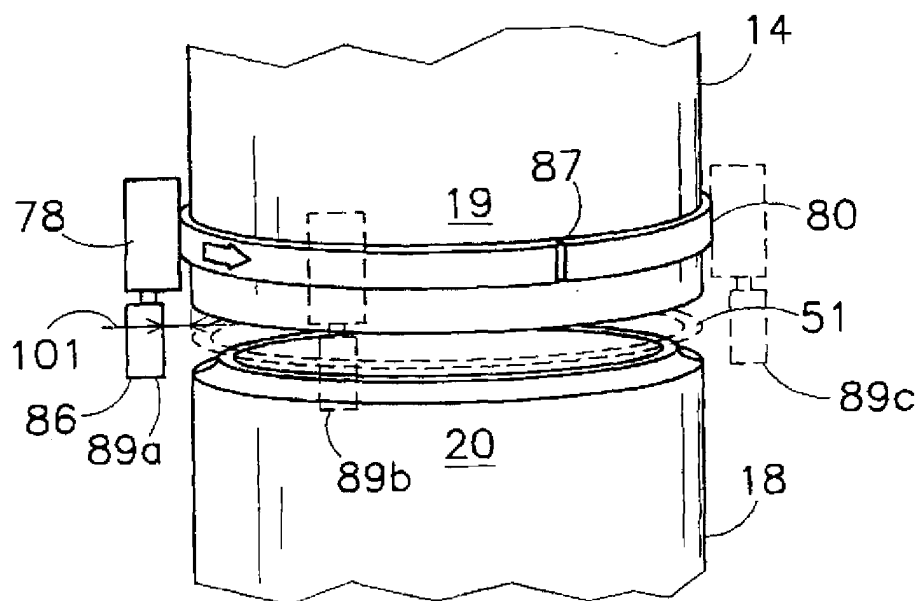


Fig 8B

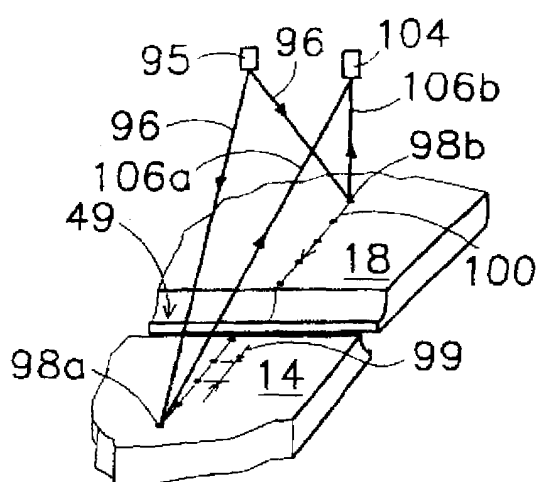


Fig 9A

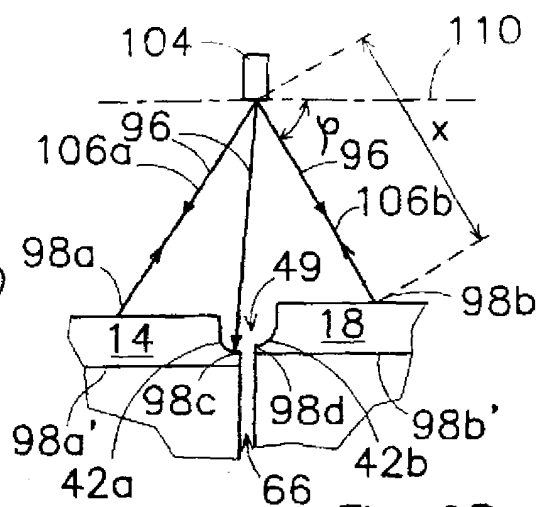


Fig 9B

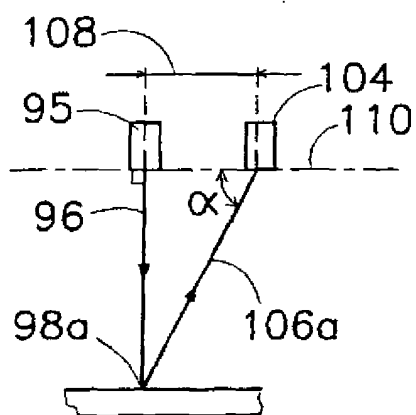


Fig 9C

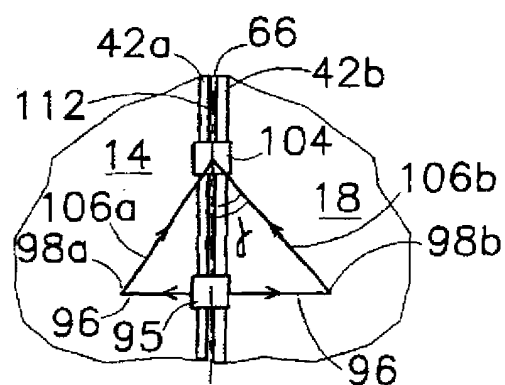


Fig 9D

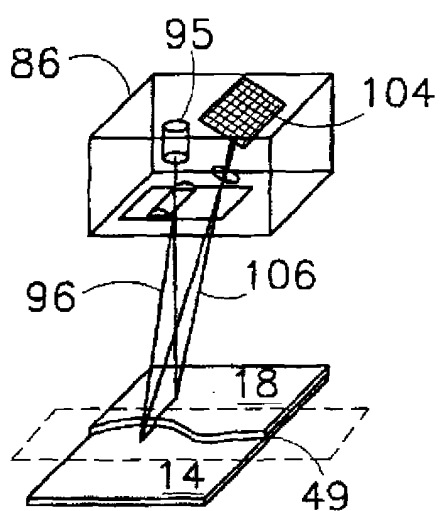


Fig 10

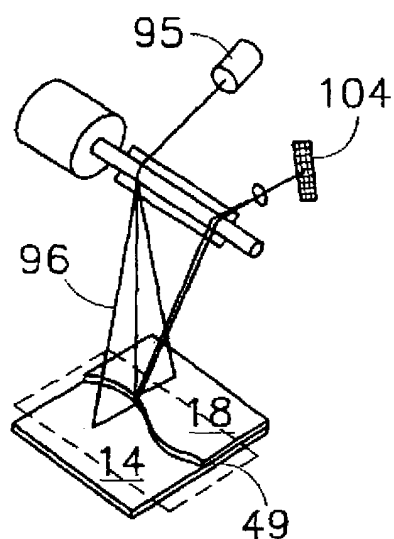


Fig 11

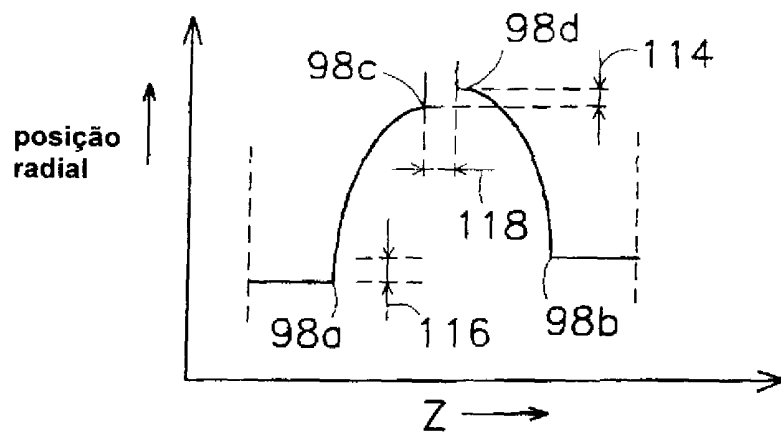


Fig 12A

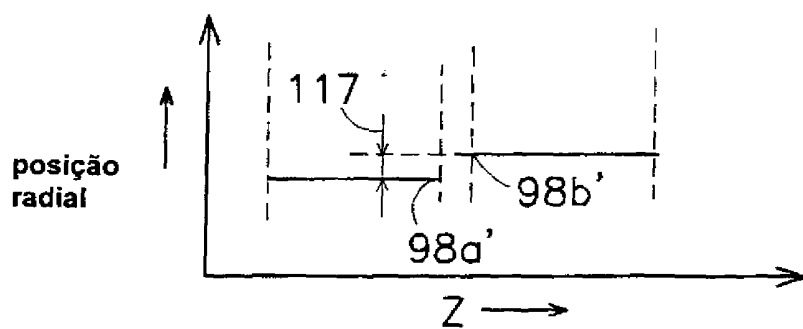


Fig 12B

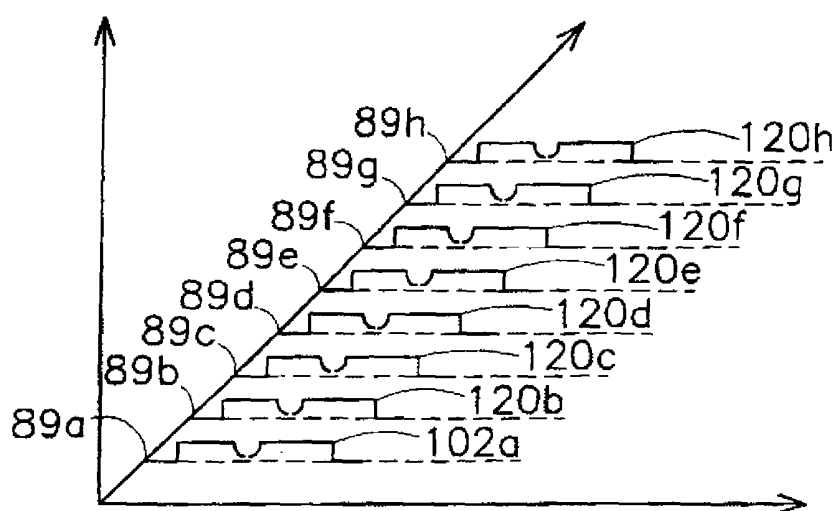


Fig 12C

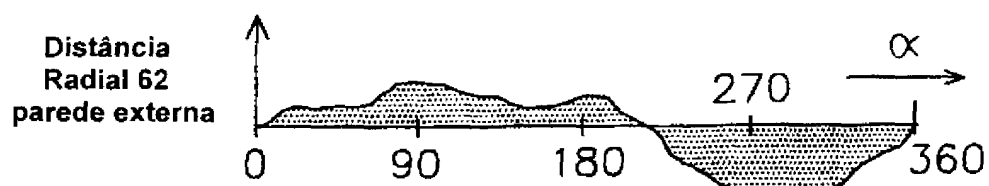


Fig 13A

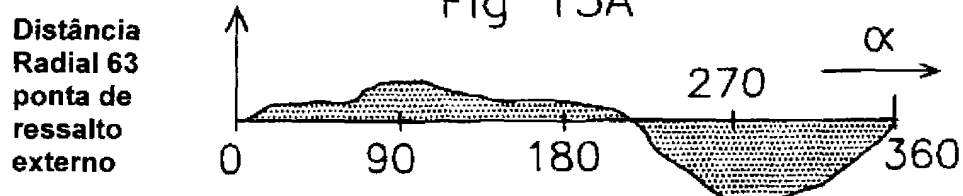


Fig 13B

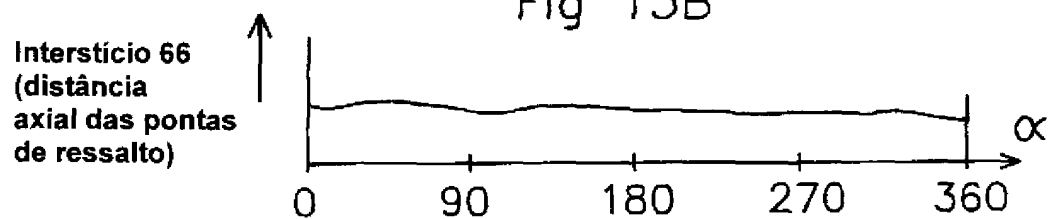


Fig 13C

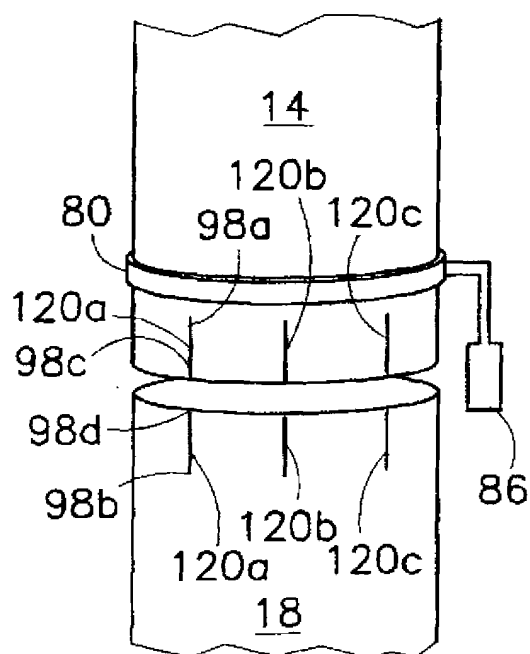


Fig 13D

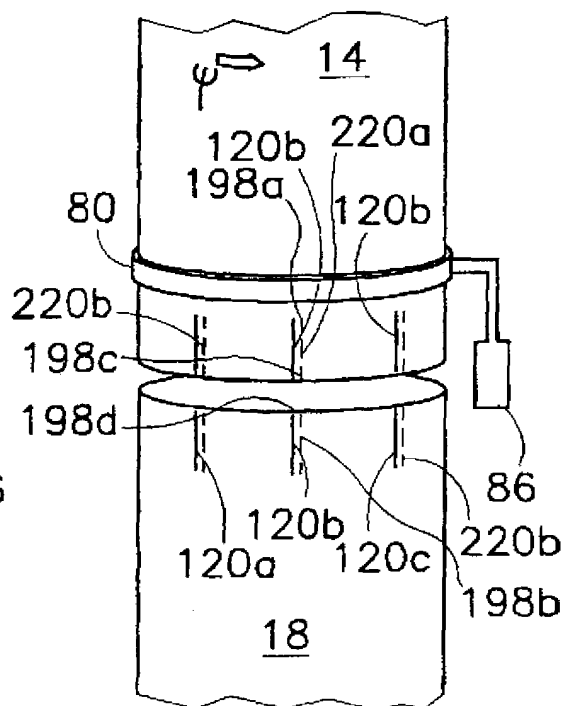


Fig 13E

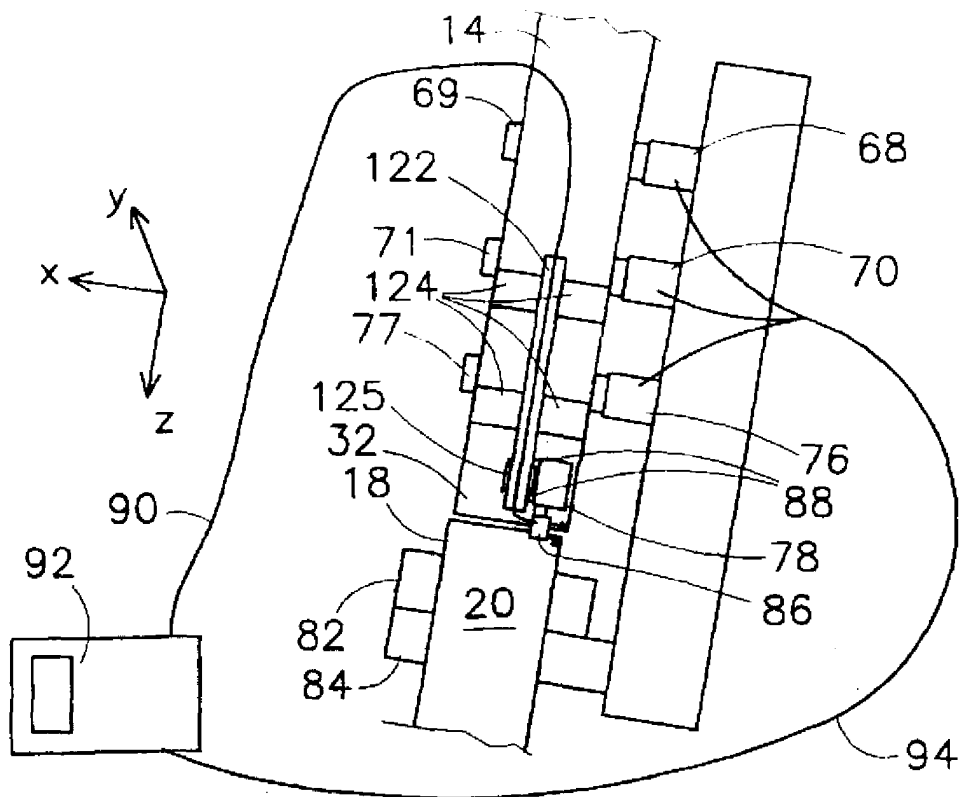


Fig 14