

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

(21) BR 10 2013 024532-1 A2



(22) Data de Depósito: 25/09/2013

(43) Data da Publicação: 15/09/2015  
(RPI 2332)

(54) **Título:** MÉTODO PARA REPARO DE DEFEITOS EM DUTOS RÍGIDOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE DUPLA-CALHA SOBRE A REGIÃO DANIFICADA, POSICIONADA COM INTERFERÊNCIA E LIGADA POR TALAS DE UNIÃO INTERMINENTES

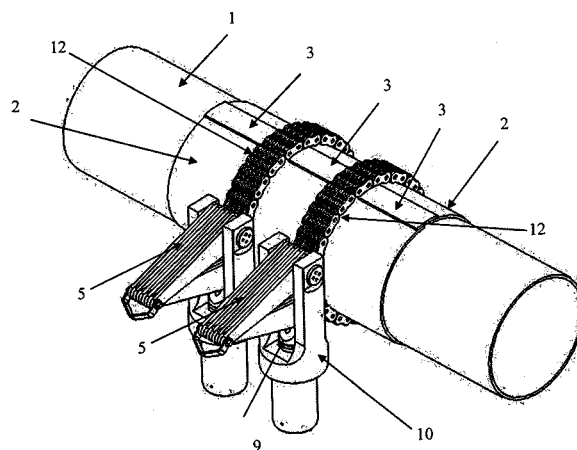
(51) **Int.Cl.:** F16L55/172; F16L55/18

(52) **CPC:** F16L55/1725; F16L55/18

(73) **Titular(es):** MARCELO FAVARO BORGES

(72) **Inventor(es):** MARCELO FAVARO BORGES

(57) **Resumo:** METÓDO PARA REPARO DE DEFEITOS EM DUTOS RÍGIDOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE DUPLA-CALHA SOBRE A REGIÃO DANIFICADA, POSICIONADA COM INTERFERÊNCIA E LIGADA POR TALAS DE UNIÃO INTERMINENTES. A presente invenção trata do método para reparo de defeitos em dutos rígidos através da aplicação de dupla-calha, unidas por talas intermitentes e aplicadas com interferência sobre a região danificada. Elementos lubrificantes podem ser aplicados para redução do atrito entre as calhas e o tubo, garantindo melhor distribuição de carga. Amassamentos, perdas de espessura devido à corrosão e ou outros defeitos e anomalias podem ser reparados por essa técnica, que pode ser utilizada também como reforço localizado proporcionando o aumento da vida útil de tubulações utilizadas para o transporte de fluidos em geral. As calhas (2) são pressionadas contra o duto (1) através de um dispositivo capaz de induzir tensões circunferenciais compressivas na região do defeito, sendo benéficas ao desempenho do duto frente a carregamentos estáticos e cíclicos, reduzindo a magnitude das tensões nos concentradores e inibindo a nucleação e a propagação de trincas. Além disso, a invenção inclui a possibilidade da aplicação de um elemento lubrificante de baixo atrito na interface entre as calhas e o duto, aplicação de resina epóxi (11) de alta resistência à compressão, talas de união intermitentes (3) e calhas com espessura igual ou superior ao duto. Esses parâmetros aumentam consideravelmente a eficiência do reparo.



**"MÉTODO PARA REPARO DE DEFEITOS EM DUTOS RÍGIDOS ATRAVÉS  
DA APLICAÇÃO DE DUPLA-CALHA SOBRE A REGIÃO DANIFICADA,  
POSICIONADA COM INTERFERÊNCIA E LIGADA POR TALAS DE UNIÃO  
INTERMITENTES"**

5                   A presente invenção trata do método para reparo de defeitos em dutos  
rígidos através da aplicação de dupla-calha, unidas por talas intermitentes e aplicadas  
com interferência sobre a região danificada. Elementos lubrificantes podem ser  
aplicados para redução do atrito entre as calhas e o tubo, garantindo melhor distribuição  
de carga. Amassamentos, perdas de espessura devido à corrosão e/ou outros defeitos e  
10 anomalias podem ser reparados por essa técnica, que pode ser utilizada também como  
reforço localizado proporcionando o aumento da vida útil de tubulações utilizadas para  
o transporte de fluídos em geral.

As calhas (2) são pressionadas contra o duto (1) através de um  
dispositivo capaz de induzir tensões circunferenciais compressivas na região do defeito,  
15 sendo benéficas ao desempenho do duto frente a carregamentos estáticos e cíclicos,  
reduzindo a magnitude das tensões nos concentradores e inibindo a nucleação e a  
propagação de trincas. Além disso, a invenção inclui a possibilidade da aplicação de um  
elemento lubrificante de baixo atrito na interface entre as calhas e o duto, aplicação de  
resina epóxi (11) de alta resistência à compressão, talas de união intermitentes (3) e  
20 calhas com espessura igual ou superior ao duto. Esses parâmetros aumentam  
consideravelmente a eficiência do reparo.

O reparo apresenta relação entre custo e benefício bastante favorável,  
uma vez que elimina a necessidade de substituição do trecho danificado da tubulação e

elimina a necessidade de procedimentos de soldagem diretamente sobre o duto em operação. Mesmo em relação ao emprego convencional de sistema de dupla-calha apresenta vantagens fundamentais como melhor distribuição de carga e maior transferência de carga compressiva para a região do aperto.

5 O estudo da aplicação de reparos em dutos rígidos utilizados no transporte de petróleo e gás vem alcançando patamares de importância significativa nas últimas décadas. Isso porque uma simples parada para a troca de tubulações de uma linha de produção ou até mesmo de um trecho desta pode se tornar em prejuízos relevantes, afetando a lucratividade e a logística envolvida na atividade. Além disso,  
10 dutos desse tipo estão diariamente sujeitos a danos como moissas e endentações, que podem ser provocados por escavações e deslizamentos de terra, ou à perda de espessura, proveniente de fenômenos como a corrosão de superfícies metálicas expostas a ambientes agressivos.

Em virtude disso, diversas técnicas para reparo de dutos vêm sendo  
15 desenvolvidas por centros de pesquisa e empresas do setor. Dentre as técnicas existentes utilizadas para reparos de dutos rígidos, destaca-se a aplicação de calhas concêntricas e interferentes à superfície externa do duto danificado. Essas calhas são geralmente envoltas por correntes que, quando tracionadas por um dispositivo atuador de carga, comprimem circunferencialmente o duto – em especial na região do defeito – com o  
20 propósito de gerar tensões compressivas que inibem ou retardam, por exemplo, a propagação de trincas, evitando falha por fadiga na tubulação.

Existem algumas patentes internacionais relacionadas ao estado da arte no escopo da presente invenção. A patente US 5012842 (“Fluid Actuated Pipe Clamp Tightener”), publicada em maio de 1991, apresenta a invenção de um dispositivo

hidráulico para a aplicação de carregamento compressivo em calhas utilizadas para o reparo de defeitos em oleodutos. O dispositivo de aperto é composto por uma corrente, circunferencial e concêntrica ao duto defeituoso, unida por uma pinça, que por sua vez possui um pino que permite rotação em uma de suas extremidades. A pinça tem uma de suas hastes fixa em relação ao cilindro hidráulico, sendo a outra deslocada pela haste do atuador em direção à primeira, comprimindo as calhas contra a superfície externa do duto. A aplicação da carga na corrente é feita perpendicularmente às hastes da pinça tangenciando a corrente, as calhas e o duto. Esse mecanismo possibilita a indução de tensões compressivas na região do defeito, as quais são mantidas devido à soldagem direta das calhas entre si após a aplicação do carregamento. O método descrito na invenção ainda sugere a colocação de fitas de teflon entre a corrente e a calha, com o propósito de evitar a ocorrência de danos superficiais ao conjunto durante o aperto do macaco. Um dos problemas identificados nesse método é a ausência de um elemento de união entre as calhas. As calhas são soldadas diretamente uma na outra, restringindo as dimensões circunferenciais e o aperto dos componentes, representando alta periculosidade devido à realização de soldagem nas proximidades da interface entre a calha e o duto, visto que na maioria dos casos os fluidos transportados pela tubulação são inflamáveis. Além disso, a proximidade da solda em relação à superfície externa do duto pode gerar defeitos superficiais na tubulação, dando origem a possíveis sítios de nucleação de trincas.

A patente US 5123451 (“Pipeline Repair Sleeve Assembly”), publicada em fevereiro de 1992, tem como principal reivindicação a colocação de um elemento resiliente e deformável, pré-posicionado em uma das calhas através de um rebaixo, sobre a região do defeito. Esse elemento possui forma de disco e atua como

vedação. A invenção ainda sugere o uso de “sobrecalhas”, a fim de evitar perda de espessura por corrosão no duto, falhas por corrosão sob tensão, deterioração da região reparada, entre outros danos. A patente US 5199464 (“Pipeline Repair Sleeve Assembly Having Heat Sink Groove”), publicada em abril de 1993, complementa a

5 patente citada anteriormente, sugerindo a criação de um rasgo concêntrico ao elemento resiliente que cobre a região do defeito, no intuito de dissipar o calor gerado pela soldagem das calhas antes que este afete diretamente a região de interesse do reparo. A principal desvantagem dessa técnica é a necessidade de usinagem na calha, tanto para a colocação do elemento resiliente quanto para a geração do rasgo dissipador de calor.

10 A patente US 5722463 (“External Pipe Reinforcing Sleeve”), publicada em março de 1998, apresenta o reparo de dutos com luvas bipartidas pré-tensionadas e ligadas por talas contínuas de união. O método consiste na aplicação de um carregamento compressivo por uma corrente, circunferencial e concêntrica ao duto, acionada por um dispositivo de aperto com princípio de funcionamento hidráulico. Após

15 a aplicação da carga compressiva, as talas de união contínuas são soldadas nas calhas, retendo no duto as tensões compressivas oriundas do aperto do macaco. A patente sugere ainda o preenchimento da região danificada com resina polimérica, atuando tanto como vedação quanto como elemento transmissor de carga, e o pré-aquecimento das calhas, com o objetivo de aumentar o nível de tensão compressiva induzida devido à

20 contração térmica no resfriamento. Genericamente, é o método que mais se aproxima às técnicas desenvolvidas na presente invenção. Porém, o pré-aquecimento constante das calhas é praticamente inviável na aplicação do reparo em campo, visto que a eficiência da operação depende do aquecimento das calhas antes de serem posicionadas no duto. A aplicação do reparo com a corrente sobre uma tala contínua foi outro fator identificado

como causa de problema. Isso se dá pelo fato de o aperto da corrente nessa região resultar em uma área de maior compressão localizada, tendendo a ovalizar excessivamente o duto durante a aplicação do reparo. Assim, a distribuição das cargas induzidas no duto pela interferência das calhas não é circunferencialmente uniforme e a

5 transferência de tensão compressiva para a região do defeito é consideravelmente menos eficiente. Baseando-se em pesquisa no site do INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), é possível concluir que não há publicações nacionais de patente referentes à manutenção de dutos rígidos utilizando calha metálica interferente.

A invenção consiste no método para aplicação de reparo ou reforço

10 por dupla-calha interferente com pré-aperto caracterizado pela união das calhas por tala intermitente e pelo uso de elemento redutor de atrito e protetor contra corrosão. O método desenvolvido é caracterizado principalmente por apresentar soluções para os problemas identificados nos métodos desenvolvidos no estado da técnica. Como inovações propostas pelo método, são citadas: emprego de tala intermitente, presença de

15 lubrificante entre as calhas e o duto, aplicação de resina epóxi com alta resistência à compressão, suavização (quebra) dos cantos vivos nas calhas e utilização de calhas mais espessas em relação ao duto danificado.

O emprego de talas de união intermitentes possibilita uma distribuição uniforme de tensões ao longo do duto, reduzindo a ovalização do duto e induzindo

20 tensões compressivas de maneira mais eficiente para a região do defeito. A intermitência gerada pelo corte da tala nas regiões onde as correntes estariam em contato resulta em maior homogeneidade e eficiência na transmissão de tensão compressiva para o duto.

O atrito na interface das calhas com o duto pode gerar um problema referente à transferência de carga entre os dois dispositivos durante o aperto do conjunto. Isso porque parte da energia proveniente do aperto é dissipada no atrito entre os componentes. Além disso, há um potencial concentrador de tensões nas quinas das calhas em contato com o duto, mais precisamente na região de espaçamento entre elas. A aplicação de um elemento lubrificante de baixo atrito (óleos, graxas, polímeros autolubrificantes, etc.), proposta pelo presente método, na região de contato entre as calhas e o duto permite a redução de concentração de tensão através do deslizamento das quinas das calhas na superfície do duto. Ao mesmo tempo, a eficiência da transferência de carga compressiva para o defeito é maior, uma vez que o atrito é reduzido e a dissipação de energia no contato entre os componentes é menor. Além disso, o lubrificante depositado sobre a superfície abaixo das calhas tem função secundária, auxiliando na proteção desta região contra a corrosão.

O preenchimento da região do defeito com resina epóxi de elevada resistência à compressão evita a ocorrência de espaçamentos significativos entre a superfície interna das calhas e a superfície externa do duto, propiciando, assim, maior eficiência e uniformidade na transferência de carga compressiva das calhas para o duto durante o aperto.

O aumento da espessura da calha garante a manutenção das tensões compressivas induzidas pelo pré-aperto, depois do alívio de carga e da retirada dos dispositivos de aperto hidráulicos. Isso acontece devido ao aumento da rigidez do conjunto, ou seja, a utilização de uma calha mais espessa resulta numa oposição maior à solicitação de tração imposta pela aplicação de pressão interna no duto, mais especificamente na região de provável ocorrência de falha.

Na invenção (Figura 01), o duto danificado (1) é envolto por duas calhas (2) semicirculares. As calhas são conformadas partindo-se de uma chapa plana, assumindo concentricidade com o duto. Caso a calha utilizada possua a mesma espessura do duto, deve-se empregar material com resistência mecânica igual ou superior à do material do duto. No caso de calhas com espessura superior a do duto, recomenda-se que estas apresentem a mesma resistência equivalente que o duto, isto é, a relação "espessura x tensão de escoamento" deve ser no mínimo a mesma para o duto e calha. Contudo, recomenda-se que a espessura das calhas seja no mínimo 50 % maior do que a espessura do duto, por questões de eficiência do reparo. As talas de união intermitentes (3) são posicionadas e soldadas longitudinalmente por cordões de filete (13) nas extremidades de uma das calhas anteriormente à montagem no duto, de modo que a largura do espaçamento entre os segmentos de cada tala seja igual à largura nominal da corrente (4) adicionada de 5 (cinco) milímetros. Recomenda-se que as talas de união possuam espessura idêntica às calhas, com o objetivo de oferecer rigidez suficiente para a manutenção das tensões compressivas no duto, obtidas pelo aperto. A superfície interna das calhas e a porção da superfície externa do duto que entra em contato pleno com as calhas devem ser cobertas por um elemento lubrificante (coeficiente de atrito variando entre 0,10 e 0,15). Resina epóxi (11) de elevada resistência à compressão é colocada, na fase líquida, sobre o defeito de modo a preencher qualquer espaço existente entre o duto e a calha. A região do defeito deve estar devidamente limpa antes da aplicação da resina. Recomenda-se que a limpeza seja feita com um pano limpo embebido em solvente ou acetona. A resina deve estar curada (sólida) antes da montagem das calhas no duto. Recomenda-se aguardar o tempo total de cura indicado pelo fabricante da resina, bem como utilizar resina epóxi com



resistência à compressão variando entre 110 (cento e dez) e 125 (cento e vinte e cinco) MPa (após a cura) e módulo de elasticidade superior a 3000 MPa. A montagem das calhas sobre o duto vem acompanhada de posicionamento e montagem da(s) corrente(s) na área delimitada pela intermitência existente em cada tala de união. Recomenda-se

5 que as calhas sejam posicionadas no duto danificado de forma que o centro do espaçamento entre as calhas esteja situado a aproximadamente 90° do centro do defeito (Figura 02). Sob a(s) corrente(s), fitas de teflon (12), com largura idêntica à corrente, são colocadas para minimizar as perdas devido ao atrito entre a corrente e a calha durante o aperto. Recomenda-se o uso de no mínimo uma corrente a cada 500

10 (quinhentos) milímetros, assumindo como referência o centro do defeito. Cada corrente tem suas extremidades unidas por uma pinça (5), que por sua vez tem uma de suas hastes (6) fixada por um pino (15) passante ao cavalete (7) do atuador hidráulico (8). Na outra haste, há o contato da cunha (9) fixada na extremidade da haste (16) do atuador hidráulico, a qual pressiona a haste da pinça e traciona a corrente, comprimindo

15 circunferencialmente o duto. O rebaixo existente na haste da pinça garante a aplicação de um carregamento perpendicularmente orientado ao dispositivo de aperto e tangencialmente orientado à corrente, às calhas e ao duto. As hastes da pinça são unidas por um pino (17) em uma de suas extremidades, possibilitando o basculamento necessário para a aplicação da carga na corrente. O conjunto formado por corrente,

20 pinça, cavalete e atuador hidráulico dá origem ao dispositivo de aperto (10), conforme mostra a Figura 03. A configuração de aperto caracteriza o posicionamento por “interferência” das calhas em relação ao duto. Considerando o caso hipotético no qual a tubulação esteja completamente despressurizada durante a aplicação do reparo, recomenda-se que o duto seja solicitado de forma compressiva até que as tensões

circunferenciais nos pontos mais solicitados do duto sejam da ordem da tensão de escoamento do material, não ocorrendo plastificação. Após o aperto do dispositivo hidráulico até a obtenção da solicitação de interesse no duto, as talas de união intermitentes são soldadas na calha remanescente. Os espaçamentos entre as calhas  
5 devem estar entre 20 (vinte) e 25 (vinte e cinco) milímetros. O dispositivo de aperto deve ser retirado do conjunto reparado, assim como a(s) fita(s) de teflon. As intermitências nas quais as correntes foram anteriormente posicionadas são então preenchidas com chapas (14) soldadas, de dimensões apropriadas (Figura 04), finalizando a aplicação do reparo.

## "REIVINDICAÇÕES"

1. “Método para Reparo de Defeitos em Dutos Rígidos Através da Aplicação de Dupla-Calha sobre a Região Danificada, Posicionada com Interferência e Ligada por Talas de União Intermitentes”, caracterizado pelo uso de talas intermitentes  
5 para a união das calhas e pelo uso de elemento lubrificante entre as calhas e o duto para a aplicação de reparo em defeitos ou para reforço em dutos rígidos quando em operação, utilizando-se para tanto calhas metálicas posicionadas por interferência através da aplicação de um carregamento compressivo.
2. O reparo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por  
10 possuir preenchimento da região do defeito com resina epóxi de elevada resistência à compressão.
3. O reparo de acordo com as reivindicação 1, caracterizado por possuir talas de união intermitentes
4. O reparo de acordo com a reivindicação 1 e 3, caracterizado por  
15 apresentar calhas e talas de união com espessura igual ou superior ao duto.

1/2

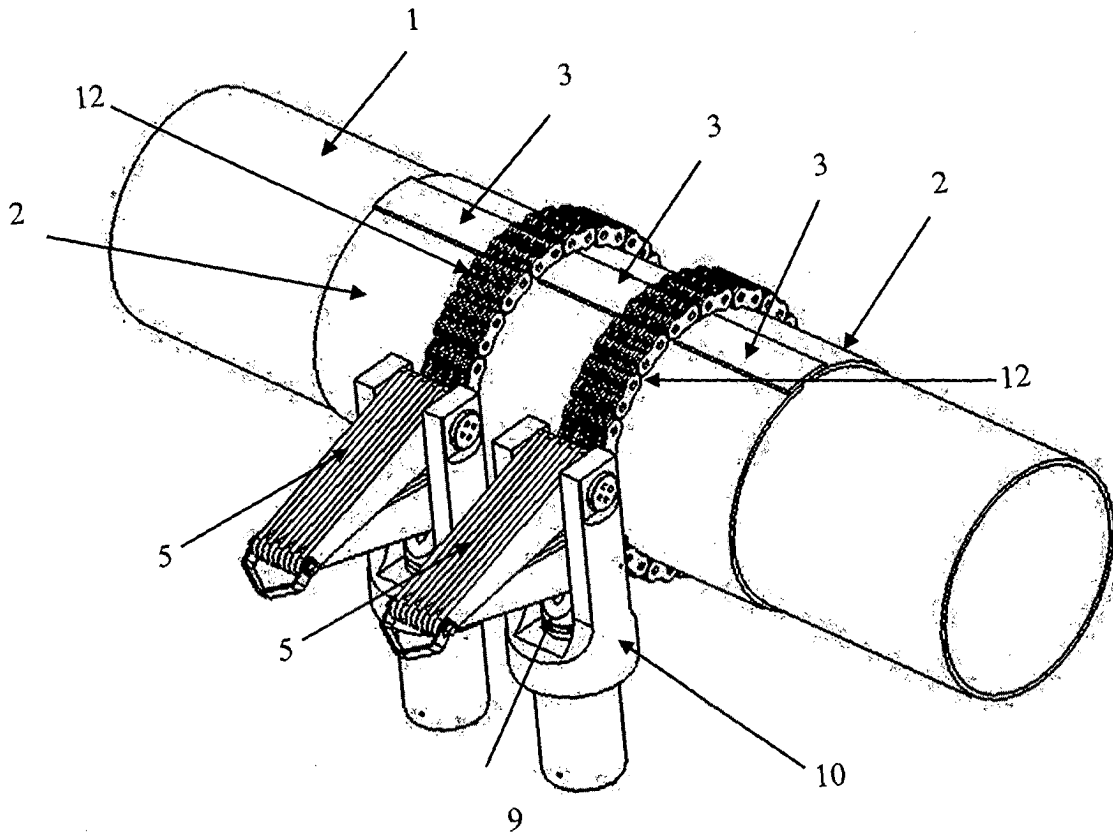


Figura 01

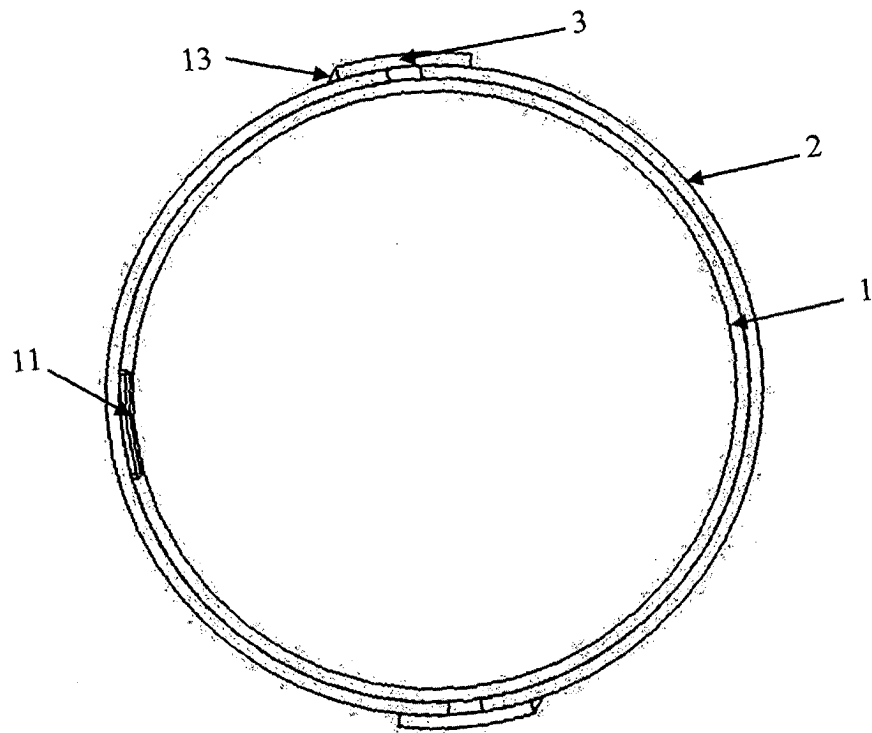


Figura 02

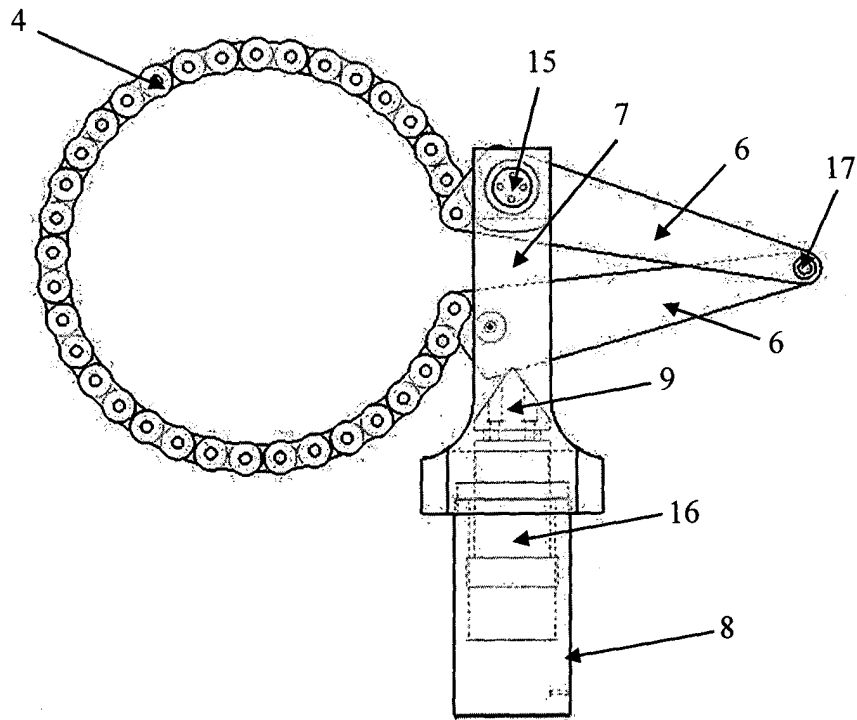


Figura 03

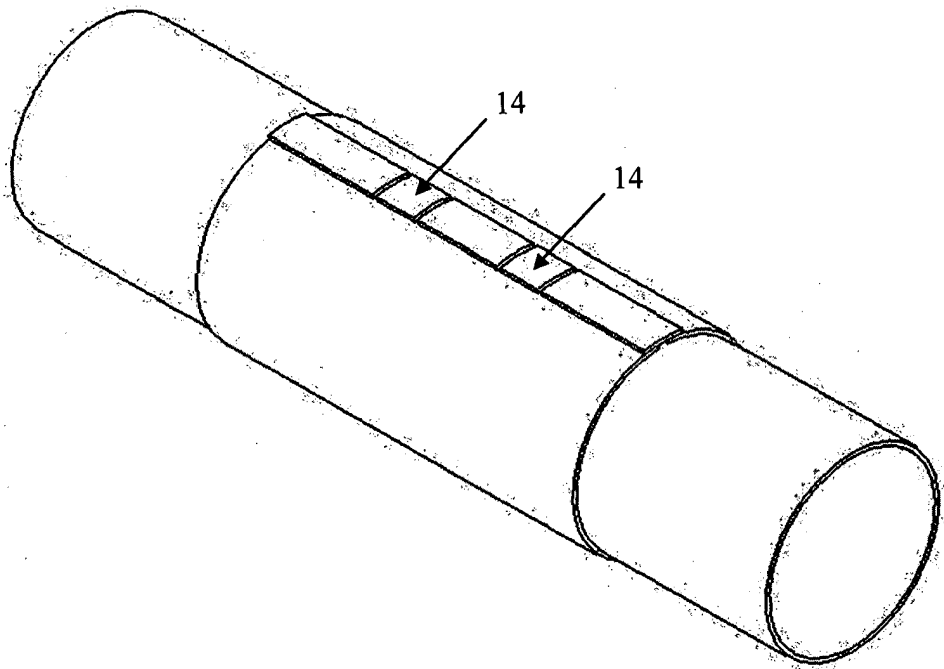


Figura 04

**"RESUMO"**

“Método para Reparo de Defeitos em Dutos Rígidos Através da Aplicação de Dupla-Calha sobre a Região Danificada, Posicionada com Interferência e Ligada por Talas de União Intermitentes”.

5 A presente invenção trata do método para reparo de defeitos em dutos rígidos através da aplicação de dupla-calha, unidas por talas intermitentes e aplicadas com interferência sobre a região danificada. Elementos lubrificantes podem ser aplicados para redução do atrito entre as calhas e o tubo, garantindo melhor distribuição de carga. Amassamentos, perdas de espessura devido à corrosão e/ou outros defeitos e  
10 anomalias podem ser reparados por essa técnica, que pode ser utilizada também como reforço localizado proporcionando o aumento da vida útil de tubulações utilizadas para o transporte de fluidos em geral.

As calhas (2) são pressionadas contra o duto (1) através de um dispositivo capaz de induzir tensões circunferenciais compressivas na região do defeito,  
15 sendo benéficas ao desempenho do duto frente a carregamentos estáticos e cíclicos, reduzindo a magnitude das tensões nos concentradores e inibindo a nucleação e a propagação de trincas. Além disso, a invenção inclui a possibilidade da aplicação de um elemento lubrificante de baixo atrito na interface entre as calhas e o duto, aplicação de resina epóxi (11) de alta resistência à compressão, talas de união intermitentes (3) e  
20 calhas com espessura igual ou superior ao duto. Esses parâmetros aumentam consideravelmente a eficiência do reparo.