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

(11) PI 0905404-9 B1

(22) Data do Depósito: 21/10/2009

(45) Data de Concessão: 15/10/2019

(54) Título: SISTEMA E MÉTODOS PARA INJETAR OU RECUPERAR TUBO DE FIO PARA DENTRO OU PARA FORA DE TUBULAÇÃO ESPIRALADA

(51) Int.Cl.: E21B 17/20.

(52) CPC: E21B 17/206.

(30) Prioridade Unionista: 22/10/2008 US 12/256,292.

(73) Titular(es): BJ SERVICES COMPANY.

(72) Inventor(es): ANDRE J. NAUMANN.

(57) Resumo: SISTEMAS E MÉTODOS PARA INJETAR OU RECUPERAR TUBO DE FIO PARA DENTRO OU PARA FORA DE TUBULAÇÃO ESPIRALADA. A presente invenção provê sistemas e métodos para injetar ou recuperar tubo de f ia para dentro ou para fora da tubulação espiralada. O sistema compreende um injetor, tubulação espiralada acoplada ao injetor e um mecanismo de bombeamento. O injetor é adaptado para aplicar uma força para injetar ou recuperar o tubo de fia para dentro ou para fora da tubulação espiralada enquanto a bomba bombeia o fluido na direção da força para prover arrasto de fluido sobre o tubo de fia. O tubo de fia pode ser curvado ou endireitado, e pode incluir uma protuberância em sua extremidade livre para auxiliar no processo de injeção e de recuperação. Durante a injeção, a tubulação espiralada pode permanecer em um carretel ou pode ser esticada ao longo de uma superfície.

SISTEMA E MÉTODOS PARA INJETAR OU RECUPERAR TUBO DE FIO PARA DENTRO OU PARA FORA DE TUBULAÇÃO ESPIRALADA

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Campo da Invenção

A presente invenção se refere geralmente à injeção e recuperação de tubulação espiralada e, especificamente, aos métodos e aparelhos para injetar e recuperar tubo de fio para dentro ou para fora da tubulação espiralada.

Descrição da Técnica Correlata

Nos poços de hidrocarbonetos, tipicamente é necessário fornecer energia elétrica e sinais ao fundo do poço para controlar várias ferramentas e/ou coletar dados. Uma forma de conseguir isso é mediante inserção de uma linha de fio em uma tubulação espiralada e então estender a tubulação espiralada e a linha de fio para dentro do poço até um local desejado. Em geral, a linha de fio é um cabo de aço trançado com várias camadas de blindagem tendo condutores internos. Quando a linha de fio é estendida para o fundo de poço, uma corrente elétrica ou sinal pode ser aplicado à linha de fio para ativar a ferramenta de fundo de poço, ou a linha de fio pode ser usada para coletar e transmitir dados de fundo de poço.

Há algumas técnicas usadas para inserir a linha de fio na tubulação espiralada. Em uma técnica, a tubulação espiralada é esticada ao longo de uma superfície, e a linha de fio é bombeada ou puxada através da tubulação espiralada. Em outra técnica, a tubulação espiralada é estendida para dentro de um poço e a linha de fio é injetada. Finalmente, o método mais comumente usado envolve injetar a linha de fio para dentro da tubulação espiralada

enrolada sobre um carretel utilizando um injetor de cabrestante. Aqui, um tambor de cabrestante é alojado dentro de um alojamento de alta pressão, e uma linha de fio é alimentada para dentro do alojamento, enrolada várias vezes em torno do tambor e, então, é alimentada para dentro da tubulação espiralada por intermédio de um tubo de fluxo. O fluido, normalmente água, é bombeado através do tubo de fluxo e através da tubulação espiralada até que a linha de fio seja injetada.

Elevadas forças de tração estão presentes durante a técnica de injeção de cabrestante. O tubo de fluxo tem um pequeno diâmetro interno de modo que quando o fluido é bombeado através do mesmo, alta velocidade é gerada a qual cria uma elevada força de tração sobre a linha de fio. Essa força é usada para puxar a linha de fio através do tubo e para dentro da tubulação espiralada. A força também cria tensões sobre a linha de fios quando ela está enrolada em torno do tambor, permitindo assim que o efeito de cabrestante funcione. O tambor giratório no injetor de cabrestante, acrescido do efeito multiplicador do cabrestante, é suficiente para puxar a linha de fio para fora do carretel e contra a alta pressão para dentro do injetor de cabrestante. O fluido sendo bombeado através da tubulação espiralada continua a arrastar a linha de fio junto com ele até que ela seja injetada.

Há alguns problemas associados às técnicas de linha de fio. Em primeiro lugar, dependendo do fluido bombeado, a linha de fio pode ser danificada. Por exemplo, se fluido acídico for utilizado, a linha de fio se torna danificada com o passar do tempo. Em segundo lugar, a linha de fio

requer manutenção no campo devido ao fato de que a quantidade de folga da linha de fio dentro da tubulação espiralada precisa ser controlada e ajustada durante a vida útil da coluna, o que é um procedimento desajeitado e demorado. Em terceiro lugar, devido ao diâmetro externo relativamente grande e elevada rusticidade da linha de fio, há aumento significativo na pressão de bombeamento ou perda de taxas de bombeamento associadas com as colunas de tubulação espiralada contendo a linha de fio. Em quarto lugar, é difícil instalar a linha de fio em longas extensões de tubulação espiralada devido às elevadas pressões de bombeamento exigidas para se fazer isso utilizando o injetor de cabrestante, ou devido à dificuldade de se encontrar uma superfície não-obstruída longa ou de poço profundo que poderia de outro modo se exigida. Por fim, a linha de fio não é durável a longo prazo uma vez que ela está sujeita a enroscamento e emaranhamento se não for cuidada adequadamente.

Há outro produto atualmente disponível, conhecido como tubo de fio, o qual pode ser usado para prover energia e comunicação de dados de fundo de poço. Em geral, um tubo de fio consiste em um tubo contendo um fio isolado e pode ser fornecido em diversos tamanhos. Um exemplo é um tubo de fio fabricado pela Canada Tech Corporation de Calgary, Canadá.

O tubo de fio provê algumas vantagens em relação à linha de fio trançada. A primeira e principal é que o tubo encerra completamente o fio e protege o mesmo contra o fluido e dano mecânico. Em segundo lugar, o tubo de fio é mais durável do que a linha de fio, em que o tubo de fio é compatível com uma variedade maior de fluidos de

bombeamento. Em terceiro lugar, o tubo de fio requer manutenção mínima. Em quarto lugar, diferentemente da linha de fio, o tubo de fio tem um diâmetro pequeno e uma superfície lisa resultando em pouco aumento na pressão de bombeamento ou perda de taxa de bombeamento. Finalmente, longas extensões de tubo de fio podem ser injetadas em um carretel de tubulação espiralada e, portanto, uma superfície nivelada longa ou de cavidade profunda não é exigida.

As técnicas de injeção de cabrestante de linha de fio, contudo, não funcionarão com o tubo de fio por várias razões. Em primeiro lugar, o tubo de fio é muito rígido em relação ao seu diâmetro e, assim, seria muito difícil curvar e manter apertado contra o tambor de cabrestante. Em segundo lugar, grandes forças seriam exigidas para manter o tubo de fio apertado contra o tambor e o tubo de fluxo não seria capaz de criar tais forças sem gerar pressões de difícil manejo. Finalmente, o tubo de fluxo precisaria ser longo e exigiria uma folga muito pequena entre o diâmetro interno do tubo de fluxo e o diâmetro externo do tubo de fio; contudo, como o tubo de fio é rígido, e ele terá uma curvatura residual: esses dois aspectos resultarão em tração de elevada fricção através do tubo de fluxo, desse modo criando forças induzidas de pressão de manejo ainda mais difícil. Além disso, injetar o tubo de fio utilizando os outros métodos de linha de fio é impraticável e dispendioso.

Devido a essas desvantagens, existe a necessidade na técnica de um método de injeção e de recuperação, aperfeiçoado, utilizando um tubo de fio, e sendo adaptado

para uso enquanto a tubulação espiralada está sobre um carretel, desse modo proporcionando um método de injeção e recuperação mais eficiente em termos de custo que fornece um meio elétrico/de comunicação de fundo de poço mais durável.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Várias modalidades da presente invenção proporcionam sistemas e métodos para injetar ou recuperar tubo de fio para dentro ou para fora de tubulação espiralada. Uma modalidade exemplar da presente invenção compreende um injetor tendo um mecanismo de acionamento, tubulação espiralada acoplada a um injetor e um mecanismo de bombeamento. Um mecanismo de acionamento do injetor é adaptado para aplicar uma força de impulsão ou tração ao tubo de fio para injetar ou recuperar o tubo de fio, respectivamente. O mecanismo de bombeamento é preso a ambas as extremidades de guia e de núcleo da tubulação espiralada. Durante a injeção, o injetor força o tubo de fio para dentro da tubulação espiralada enquanto uma bomba bombeia o fluido para dentro da tubulação espiralada, produzindo assim tração de fluido sobre o tubo de fio na direção da força aplicada. Durante a recuperação, o fluxo de fluido é invertido enquanto o injetor puxa o tubo de fio a partir da tubulação espiralada. Durante a injeção, a tubulação espiralada pode permanecer sobre um carretel ou pode ser esticada ao longo de uma superfície.

Uma modalidade exemplar da presente invenção pode incluir ainda um sistema de controle adaptado para regular as forças de injeção para manter as forças de injeção em níveis que sejam necessários para injeção ou recuperação do

tubo de fio. As forças de injeção podem incluir a velocidade do carretel de tubo de fio, velocidade do mecanismo de acionamento, força do mecanismo de acionamento, velocidade do fluido ou pressão do fluido. O sistema também pode incluir um aparelho para endireitar ou flexionar o tubo de fio até um grau selecionado. Uma protuberância pode ser fixada à extremidade livre da linha de tubo para aplicar uma força sobre o tubo de fio na direção do fluxo de fluido através da tubulação espiralada. O sistema inclui também um vedador especialmente projetado entre o injetor e a tubulação espiralada para prover uma vedação em torno do tubo de fio à medida que ele se desloca através do vedador, enquanto também permitindo um pouco de fluido para lubrificar o tubo de fio. O sistema também pode compreender um bastão adjacente à extremidade de guia da tubulação espiralada para auxiliar a transição do tubo de fio para dentro do injetor durante a injeção.

Um método exemplar da presente invenção pode incluir um método para injetar ou recuperar tubo de fio para dentro ou para fora de tubulação espiralada, o método compreendendo as etapas de inserir o tubo de fio em um injetor tendo um mecanismo de acionamento, o tubo de fio sendo recebido a partir de um carretel; alimentar uma porção do tubo de fio para dentro de uma primeira extremidade da tubulação espiralada utilizando o mecanismo de acionamento, o injetor sendo acoplado à primeira extremidade da tubulação espiralada; e injetar o tubo de fio na tubulação espiralada, a injeção sendo realizada mediante bombeamento de fluido para a primeira extremidade da tubulação espiralada enquanto forçando o tubo de fio

para a tubulação espiralada utilizando o mecanismo de acionamento.

Em ainda outro método exemplar, o método pode compreender ainda a etapa de recuperar o fio tubo a partir da tubulação espiralada, a etapa de recuperar compreendendo as etapas de bombear fluido para uma segunda extremidade da tubulação espiralada de tal modo que o tubo de fio se desloca para fora de uma parede interna da tubulação espiralada, desse modo produzindo folga no tubo de fio; e continuando a bombear o fluido para a segunda extremidade da tubulação espiralada enquanto puxando o tubo de fio para fora da tubulação espiralada utilizando o mecanismo de acionamento.

O sumário precedente não pretende resumir cada modalidade potencial ou cada aspecto da matéria em estudo da presente revelação. Outros objetivos e características da invenção se tornarão evidentes a partir da descrição seguinte com referência aos desenhos.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

A Figura 1A ilustra um sistema para injetar ou recuperar tubo de fio de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção;

A Figura 1B ilustra um esboço esquemático de um sistema para injetar ou recuperar tubo de fio de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção;

A Figura 2 ilustra um injetor de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção;

A Figura 3 é uma vista em seção de um vedador de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção; e

A Figura 4 ilustra uma protuberância fixada ao tubo de

fio de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Embora a invenção seja suscetível de várias modificações e formas alternativas, modalidades e métodos específicos foram mostrados como exemplo nos desenhos e serão descritos aqui em detalhe. Contudo, deve-se entender que a invenção não pretende ser limitada às formas específicas reveladas. Mais propriamente, a invenção deve cobrir todas as modificações, alternativas e equivalentes compreendidos dentro do espírito e escopo da invenção conforme definidos pelas reivindicações anexas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES ILUSTRATIVAS

As modalidades ilustrativas da invenção são descritas abaixo conforme poderiam ser empregadas em sistemas e métodos para injetar ou recuperar um tubo de fio para dentro ou para fora de tubulação espiralada. Com interesse de clareza, nem todas as características de uma implementação efetiva são descritas nesse relatório descritivo. Será evidentemente considerado que no desenvolvimento de qualquer tal sistema ou método, várias decisões de implementação específica devem ser feitas para se alcançar os objetivos específicos do desenvolvedor, tal como obediência às restrições relacionadas ao sistema e relacionadas ao negócio, que variarão de uma implementação para outra. Além disso, será considerado que tal esforço de desenvolvimento poderia ser complexo e demorado, entretanto seria um empreendimento de rotina para aqueles versados na técnica com o benefício dessa revelação.

No contexto da presente revelação, o termo "tubo de fio" se refere a um tubo, o qual pode ou não encapsular um

condutor ou outro meio de comunicação, tal como, por exemplo, o tubo de fio fabricado pela Canada Tech Corporation de Calgary, Canadá. O tubo de fio, por exemplo, pode consistir em um tubo de 1/8 polegada de diâmetro externo por 0,023 polegada de parede de aço inoxidável ou Incoloy 825 contendo um fio de cobre com perna de 16-18 de medida padrão coberto por um isolador Halar™ ou Teflon™. Nesse exemplo, o isolar está apertado contra o tubo e o fio. Como alternativa, o condutor ou meio de comunicação pode encapsular um ou mais cabos de fibra ótica. O tubo de fio pode consistir em múltiplos tubos, pode ser concêntrico ou pode ser revestido no exterior com plástico ou borracha. Consequentemente, aqueles de conhecimento comum nessa técnica tendo o benefício dessa revelação reconhecerão que diversas alterações podem ser feitas no tubo de fio, incluindo, por exemplo, os condutores ou meios de comunicação podem ser encapsulados dentro do tubo, o diâmetro externo, espessura de parede, ou materiais utilizados podem ser variados, o fio ou outros meios podem estar soltos dentro do tubo ou o tubo pode estar vazio.

Com referência à Figura 1A, um sistema de injeção e recuperação 20 é ilustrado de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção. A tubulação espiralada 22 é enrolada sobre um carretel de tubulação espiralada ou carretel de trabalho 24. Um injetor especializado 26 é fixado na extremidade de guia da tubulação espiralada 22 por intermédio de uma conexão T 28, a qual será descrita em mais detalhe posteriormente nessa revelação. Nessa modalidade exemplar, o injetor 26 é acionado e controlado hidraulicamente, contudo, ele poderia ser acionado e

controlado eletricamente ou alguma combinação dos dois. Uma bomba 30 (Figura 1B) é conectada à extremidade de guia da tubulação espiralada 22 também por intermédio da conexão T 28. A bomba 30 bombeia o fluido em alta velocidade através da tubulação espiralada 22, desse modo produzindo arrasto de fluido sobre o tubo de fio 32 para injetar ou recuperar o mesmo, conforme será discutido. O tubo de fio 32 é enrolado sobre outro carretel 34 e pode ser alimentado a partir do carretel 34, para o injetor 26 e para a tubulação espiralada 22. O carretel 34 também pode ser controlado hidraulicamente ou eletricamente e acionado em uma velocidade selecionada, ou mediante alguma combinação dos dois.

A Figura 1B ilustra um esboço esquemático do sistema de injeção e recuperação 20 de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção. Um sistema de controle 36 está em comunicação com o carretel 34, injetor 26, bomba 30 e tanque 31 por intermédio de links de comunicação bidirecional 38 para monitorar e regular as forças de injeção no sistema 20. O sistema de controle 36 controla o carretel de tubo de fio e injetor 26 por intermédio de um módulo de força hidráulica 25, acoplado ao carretel 34 e injetor 26 por intermédio de linhas hidráulicas 29. O módulo de força hidráulica 25 compreende válvulas, conforme sabido na técnica, para controlar o fluxo de tubo de fio 32 para o carretel 34 e injetor 26 durante os processos de injeção e recuperação. Além disso, há links adicionais 38 alimentando dados de pressão, profundidade, velocidade e temperatura de volta para o sistema de controle 36. Aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício dessa

revelação perceberão que há diversas formas através das quais se pode construir tal sistema de controle.

Links de comunicação bidirecional 38 permitem que o sistema de controle 36 receba e transmita dados e podem ser cabeados ou sem fio, como seria facilmente entendido por aqueles versados nessa técnica tendo o benefício dessa revelação. Como discutido, as forças de injeção monitoradas e reguladas pelo sistema de controle 36 podem incluir, por exemplo, a pressão de entrada da tubulação espiralada 22, a velocidade do carretel 34 ou um mecanismo de acionamento do injetor 26, força do mecanismo de acionamento do injetor 26 ou a velocidade ou pressão do fluido se deslocando através da tubulação espiralada 22. O sistema de controle 36 deve monitorar as forças de injeção no sistema 20 para regular os componentes do sistema para ajustar as forças para manter as forças em níveis que são necessários para a injeção e recuperação do tubo de fio 32 e para garantir que as forças não danifiquem o tubo de fio 32. Outra vez, aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício dessa revelação perceberão que há algumas formas de projetar e construir tal sistema de controle.

Com referência às Figuras 1A e 1B, a bomba 30 é acoplada ao tanque 31, pelo que o fluido é provido às, e a partir das extremidades de guia e núcleo da tubulação espiralada 22 por intermédio do ferro de tratamento 50a,b. O tanque 31 pode ser acoplado a um medidor de fluxo 37 e a um trocador de calor 43, conforme entendido na técnica. Observar, contudo, que o leiaute do sistema 20 é de natureza apenas exemplar, e aqueles de conhecimento comum na técnica com o benefício dessa revelação perceberão que

há diversas formas através das quais se pode projetar tal sistema.

A Figura 2 ilustra o injetor 26 de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção e é usado para acionar o tubo de fio 32 em uma velocidade selecionada. Com referência às Figuras 1A/B e 2, para iniciar um método exemplar da presente invenção, o tubo de fio 32 é alimentado dentro do injetor 26 a partir do carretel 34. Se o carretel 34 for acionado eletricamente ou mecanicamente, o carretel 34 auxiliará no desenrolamento do tubo de fio 34. Contudo, como alternativa, o injetor 26 pode puxar o tubo de fio 32 a partir do carretel 34 sem o auxílio do carretel 34.

Nessa modalidade exemplar, o injetor 26 tem um mecanismo de acionamento que inclui um injetor de múltiplas rodas, tendo duas ou mais rodas 40 sendo acionadas por uma engrenagem (fixada às rodas 40) e motor 42. O injetor 26 aplica uma força de impulsão ao tubo de fio 32 para injetar o mesmo para dentro da tubulação espiralada 22, enquanto também sendo adaptado para aplicar uma força de tração ao tubo de fio 32 para recuperar o mesmo a partir da tubulação 22. As rodas superiores e inferiores 40 são montadas em conjuntos de dois de tal modo que o tubo de fio 32 passa entre cada conjunto de duas rodas 40. Cada uma das rodas 40 tem uma ranhura 44 em torno da borda externa que encerra a maior parte do tubo de fio 32 à medida que ele se desloca entre as rodas 40, desse modo aplicando uma força de contato de fricção contra o tubo de fio 32. As ranhuras 44 são projetadas para transmitir uma quantidade máxima de fricção sem danificar o tubo de fio 32 ou fazer com que o

tubo de fio 32 se torne oval. Embora o mecanismo de acionamento do injetor 26 seja descrito como um modelo de múltiplas rodas, aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício dessa revelação perceberão que outros injetores podem ser utilizados, tal como, por exemplo, blocos de agarramento/patins e correntes em várias formas, ou correias de acionamento e/ou rodas em várias formas.

Com referência às Figuras 1A/B e 2, um vedador especialmente projetado 45 é acoplado entre o injetor 26 e a conexão T 28. O vedador 45 inclui orifícios 48a,b que proporcionam pressão hidráulica de controle para energizar e desenergizar o vedador 45. Uma conexão de união-martelo 52, também conhecida na técnica, é usada para conectar a conexão T 28 ao vedador 45. O vedador 45 provê uma vedação em torno do tubo de fio 32 necessária para conter a pressão criada pelo bombeamento do fluido através da tubulação espiralada 22. O vedador 45 também é projetado para permitir que uma pequena quantidade de fluido goteje para lubrificar o tubo de fio 32 quando ele entra no vedador 45. Além disso, o injetor 26 é projetado para gerar forças para superar a pressão na tubulação espiralada 22 e o arrasto friccional do tubo de fio 32 quando ele passa através do vedador 45, e pode ser até mesmo usado para puxar o tubo de fio 32 do carretel 34 se um carretel acionado a motor 34 não estiver sendo utilizado.

Uma modalidade exemplar da presente invenção inclui um aparelho de curvar/endireitar 46 que ajuda a minimizar a fricção de deslizamento do tubo de fio 32 quando ele se desloca através da espiral 22 mediante condicionamento do tubo de fio 32 para uma curvatura ou retidão determinada,

conforme necessário. Na modalidade exemplar da Figura 2, o aparelho de curvar/endireitar 46 endireita ou curva o tubo de fio 32 em um grau selecionado de tal modo que a curvatura residual do tubo de fio 32 combina com a curvatura do tubo espiralado 22 no carretel 24 tão aproximadamente quanto possível. Além disso, o tubo de fio 32 pode ser injetado após ele ter sido perfeitamente endireitado pelo aparelho 46 ou algum outro meio, ou alternativamente, curvado até certa curvatura diferente da curva da tubulação espiralada 22 no carretel 24. Embora revelado como um modelo de múltiplas rodas, aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício dessa revelação entenderão que há diversos aparelhos que podem ser usados para essa finalidade e há uma ampla variedade de curvaturas que podem ser utilizadas dependendo dos parâmetros de trabalho.

Em uma modalidade alternativa, a curvatura natural do tubo de fio 32 está na mesma direção que a curvatura da tubulação espiralada 22. Em uma modalidade, por exemplo, a ação de curvar ou endireitar o tubo de fio 32 pode ser realizada mediante desenrolamento do tubo de fio 32 a partir da parte inferior do carretel 34 enquanto a extremidade de guia da tubulação espiralada 22 está localizada na parte inferior do carretel 24, de modo que a curvatura residual está naturalmente na mesma direção que a curvatura da tubulação espiralada 22 no carretel 24. Aqui, o tubo de fio 32 é desenrolado do carretel 34 em uma direção no sentido horário e injetado na tubulação espiralada 22 no carretel 24 em uma direção no sentido horário, conforme ilustrado na Figura 1A. Consequentemente,

quando o tubo de fio 32 é desenrolado a partir da parte inferior do carretel 34, ele tem uma curvatura natural na mesma direção que a curvatura da tubulação espiralada 22 no carretel 24. Contudo, como alternativa, o tubo de fio 32 e a tubulação espiralada 22 podem ser enrolados na direção oposta de tal modo que a extremidade de guia da tubulação espiralada 22 está localizada no topo do carretel 24, enquanto que o tubo de fio 32 se desenrola da parte superior do carretel 34; portanto, o tubo de fio 32 se desenrola do carretel 34 em uma direção no sentido anti-horário e é injetado para dentro da tubulação espiralada 22 em uma direção no sentido anti-horário de tal modo que, uma vez mais, a curvatura natural do tubo de fio 32 está na mesma direção que a curvatura da tubulação espiralada 22 no carretel 24.

Em ainda outra modalidade exemplar, a injeção e a recuperação do tubo de fio 32 podem ser auxiliadas mediante colocação da tubulação espiralada 22 sobre um carretel de diâmetro grande, desse modo proporcionando uma curvatura maior do que seria encontrada na maioria dos carretéis de tubulação espiralada de trabalho ou em depósito. A curvatura da tubulação espiralada maior auxiliará na redução da fricção de deslizamento do tubo de fio 32 contra a tubulação espiralada 22 e, portanto, reduziria as velocidades de fluido exigidas e, por sua vez, reduziria a pressão de entrada ou permitiria que uma extensão mais longa de tubo de fio fosse injetada.

Em ainda outra modalidade exemplar, o carretel 34 pode ser suficientemente grande em diâmetro de tal modo que quando o tubo de fio 32 é desenrolado e segue através do

injetor 26, ele já tem uma curvatura residual ou combinação, para combinar tão aproximadamente quanto possível, com a curvatura da tubulação espiralada 22 no carretel 24. Nessa modalidade exemplar, o aparelho de curvar/endireitar 46 não seria necessário.

A Figura 3 ilustra uma vista secional do vedador 45 de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção. Para energizar o vedador 45, para vedação em torno do tubo de fio 32, pressão é bombeada para dentro do orifício 48a e através da passagem de fluido 60, localizada ao longo do alojamento de pistão 61, onde ela exerce pressão sobre o pistão de vedação 62. Quando a pressão é aplicada, o fluido no lado do pistão de vedação 62 oposto à passagem 60 seria então forçado para fora da cavidade de pistão por intermédio da passagem de fluido 64 e orifício 48b. Em resposta à pressão aplicada ao orifício 48a, o pistão 62 é acionado em direção ao cone 66, o qual tem um lado plano e um lado afilado, conforme mostrado. Uma vedação 68 está adjacente ao cone 66, localizada no alojamento de cone 67, e tem também uma extremidade afilada para casar com a extremidade afilada do cone 66. Como tal, o cone 66 força a vedação 68 apertadamente contra o tubo de fio 32 quando a pressão é aplicada. Um anel de apoio de vedação 70 está localizado adjacente à vedação 68 para impedir que a vedação 68 seja extrudada em torno da folga entre a vedação 70 e o tubo de fio 32. O anel de apoio 70 tem um diâmetro interno de tamanho suficiente para se ajustar apertadamente em torno do tubo de fio 32.

Pressão pode ser aplicada por intermédio do orifício 48a até que a vedação 68 esteja apertada suficientemente

onde o fluido não pode vazar no lado da vedação 68 voltado para o injetor 26. A vedação 68 tem propriedades que permitem que ela vede, enquanto ainda permitindo que o tubo de fio 32 passe através da mesma sem dano, como sabido na técnica. Para desenergizar a vedação 68, pressão é bombeada para dentro 48b e para fora 48a para inverter o procedimento de energização. Em uma modalidade exemplar alternativa da presente invenção, o vedador 45 é seletivamente pressurizado para prover uma vedação em torno do tubo de fio 32 enquanto permitindo ainda que fluido goteje, desse modo proporcionando lubrificação do tubo de fio 32, como seria entendido por aqueles versados na técnica tendo o benefício dessa revelação. Na alternativa, contudo, a vedação 68 pode vedar completamente em torno do tubo de fio 32 e a lubrificação pode ser aplicada mediante algum meio externo.

Com referência adicionalmente à modalidade exemplar da Figura 3, uma conexão T 28 é acoplada ao vedador 45 por intermédio da conexão de união de martelo 52. A conexão T 28 tem um orifício de ferro de tratamento 72, que é acoplado ao ferro de tratamento 50a para comunicação de fluido. A extremidade de guia da tubulação espiralada 22 é fixada ao outro lado da conexão T 28, conforme entendido na técnica. O orifício de ferro de tratamento 72 é utilizado para conectar o ferro de tratamento 50a o qual, por sua vez, se conecta à bomba 30 para prover o fluido de alta velocidade para e a partir da tubulação espiralada 22. A construção e a operação dos ferros de tratamento são conhecidas na técnica. Conforme ilustrado nas Figuras 1A/b, os ferros de tratamento 50a,b são conectados às

extremidades de guia e de núcleo da tubulação espiralada 22, desse modo permitindo o fluxo de fluido bidirecional através da tubulação espiralada 22. O fluido bombeado pode ser recirculado através da espiral 22 e bomba 30 por intermédio do ferro de tratamento 50, reutilizado ou descartado.

Com referência à modalidade exemplar da Figura 3, o vedador 45 inclui também um bastão 74 fixado em sua extremidade oposta ao injetor 26. O bastão 74 se estende através da conexão T 28 e para dentro da extremidade de guia da tubulação espiralada 22. O bastão flexível 74 é usado para suportar o tubo de fio 32 quando ele muda a partir da parede de tubulação espiralada para a linha central do vedador 45, o que impede o empeno do tubo de fio 32. Em uma modalidade preferida, o bastão 74 é um tubo flexível que pode ser compreendido de um número de materiais, tal como metal ou plástico. Se, durante injeção, o tubo de fio 32 deve parar por alguma razão enquanto o injetor 26 continua a injetar, o tubo de fio 32 começará a enrolar apertadamente contra a parede de tubulação espiralada, o que poderia resultar em curvatura ou empeno do tubo de fio 32. Contudo, à medida que a espiral se aproxima do vedador 45, o bastão 74 permite que o tubo de fio 32 entre no vedador 45 gradualmente, começando a partir das proximidades da parede de tubulação espiralada e então seguindo para a linha central do vedador 45. Se o bastão flexível 74 não existisse, ou se o bastão 74 fosse rígido, o tubo de fio 32 seria forçado a curvar acentuadamente para entrar no vedador 45.

Durante experimentação para a presente invenção,

descobriu-se que o tubo de fio pode curvar em forças de injeção muito baixas. Portanto, o bastão flexível 74 deve suportar o tubo de fio 32 quando ele muda a partir da parede de tubulação espiralada para a linha central do vedador 45, desse modo impedindo empeno. O processo de injeção, evidentemente, é controlado pelo sistema de controle 36 o qual desliga o injetor 26 nesse caso; contudo, o injetor 26 pode não atuar suficientemente rápido. À medida que as forças de injeção aumentam (por exemplo, com pressões de injeção de tubulação espiralada, superiores), especialmente em tubulação espiralada maior onde o tubo de fio 32 está ainda mais sujeito a empeno, esse bastão flexível se torna crucial.

Agora que uma modalidade exemplar do sistema 20 foi descrita, um método exemplar da presente invenção será agora descrito. Com referência às Figuras 1 e 2, para iniciar o processo de injeção, o tubo de fio 32 é desenrolado do carretel 34 e para dentro do injetor 26 por intermédio da abertura 33. Como previamente discutido, o tubo de fio 32 pode ser passado através do aparelho de curvar/endireitar 46 para endireitar ou curvar o tubo de fio 32 em alguma curvatura desejada. O tubo de fio 32 é então passado entre as rodas superior e inferior 40 por intermédio de ranhuras 44, onde fricção de contato é aplicada para criar uma força de impulsão para injetar o tubo de fio 32 dentro da tubulação espiralada 22.

Posteriormente, o tubo de fio 32 é passado através do vedador 45 e conexão T 28. Quando o tubo de fio 32 passa através do vedador 45, uma pequena quantidade de fluido é deixada gotejar sobre o tubo de fio 32 para lubrificação,

conforme discutido previamente. Na alternativa, contudo, algum meio externo de lubrificação pode ser aplicado e o vedador 45 veda completamente em torno do tubo de fio 32. Entretanto, quando o tubo de fio 32 tiver passado através do vedador 45, o fluido é bombeado pela bomba 30 em uma elevada taxa para dentro da extremidade de guia da tubulação espiralada 22, por intermédio do orifício 72, e para fora da extremidade de núcleo da tubulação espiralada 22, enquanto o mecanismo de acionamento do injetor 26 continua a injetar o tubo de fio 32 para dentro da tubulação espiralada 22, isso produzindo um arrasto de fluido no tubo de fio 32 na direção da força de impulsão aplicada ao tubo de fio 32. O tubo de fio 32 continua a ser injetado até que uma extensão exigida do tubo de fio, preferivelmente uma extensão equivalente ao comprimento da tubulação espiralada 22, é injetada na tubulação espiralada 22 enquanto a tubulação está no carretel 24. Em uma modalidade alternativa, tubo de fio extra 32 seria injetado até que uma porção extra se estenda para fora da extremidade de núcleo da tubulação espiralada 22 de modo que uma vedação permanente e uma conexão elétrica possam ser realizadas.

Estudos descobriram que a tubulação espiralada tende a aumentar após ela ter estado no poço por um período de tempo. Consequentemente, em uma modalidade alternativa da presente invenção, algum tubo de fio em excesso 32 pode ser injetado na tubulação espiralada 22. Por exemplo, 0,1-3,0% de tubo de fio a mais do que a tubulação espiralada seriam injetados para evitar falha por empeno ou falha por tensão do tubo de fio durante operações no campo.

Em uma modalidade exemplar, após a vedação e a conexão elétrica serem realizadas, o bombeamento é continuado até que a maior parte possível de tubo seja injetada, isso coloca os extradorsos de tubo de fio integral (isto é, o lado do diâmetro interno da tubulação espiralada enrolada mais distante a partir do centro do carretel 24) dentro da tubulação. O bombeamento é então invertido, e uma quantidade específica de tubo de fio 32 é recuperada para deixar 0,1-3,0%, por exemplo, de tubo de fio extra por comprimento na tubulação espiralada. Então, o injetor 26 é parado, contudo, o bombeamento é continuado, resultando no movimento do tubo de fio 32 para os extradorsos da tubulação espiralada 22, próximo à extremidade de guia da espiral e desloca a mesma para os intradorsos (isto é, lado da parede de tubulação espiralada mais próximo ao centro do carretel 24) da espiral 22 mais próxima da extremidade de núcleo. Contudo, na alternativa, o tubo de fio, extra, pode estar localizado na extremidade de núcleo da tubulação espiralada 22, no meio da tubulação espiralada 22 ou em algum outro ponto ao longo da tubulação espiralada 22. Aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício dessa revelação perceberão que esse processo pode ser alterado para satisfazer uma variedade de exigências de fundo de poço.

Além disso, durante estudos experimentais para a presente invenção, descobriu-se que o tubo de fio 32 não pode ser empurrado ou puxado de forma bem-sucedida mecanicamente através da espiral 22 enquanto a espiral 22 está em um carretel por qualquer distância significativa sem também bombear fluido. Descobriu-se que uma elevada

taxa de fluxo de fluido é exigida para criar o arrasto de fluido e turbulência no tubo de fio 32 necessários para deslocar o mesmo através da tubulação espiralada 22, e essa taxa de velocidade depende de uma variedade de fatores, tal como, por exemplo, o tamanho do tubo de fio, o tipo de fluido e temperatura, a aspereza do lado externo do tubo de fio ou comprimento da tubulação espiralada. Por exemplo, se água for usada, contudo, junto com um tubo de fio de 1/8 polegada, uma velocidade mínima da água entre 1.000 pés/minuto e 1.400 pés/minuto é exigida para injetar o tubo de fio 32. Devido à elevada queda de pressão na espiral nessas velocidades elevadas de fluido, o fluido deve ser bombeado em elevadas pressões (5.000-15.000 psi, por exemplo), desse modo necessitando do vedador 45 previamente discutido.

Diversos fluidos podem ser usados com a presente invenção. Em uma modalidade exemplar, o fluido utilizado é a água. Para maximizar o arrasto no tubo de fio 32, minimizar as pressões de bombeamento exigidas e permitir injeção para dentro de extensões mais longas de espiral (por exemplo, 16.000 pés ou mais longas), a água deve estar abaixo de 30° Celsius. Se a água ou outro fluido for circulada por intermédio do ferro de tratamento 50a,b, um resfriador/trocador de calor 43 (Figura 1B) pode ser adicionado ao circuito para esfriar o fluido. Quando a água estiver mais fria do que 30° Celsius, a velocidade do fluido de injeção na espiral 22 à frente do tubo de fio 32 precisa estar em um mínimo de 1.000 pés/minuto. Em uma modalidade alternativa, nitrogênio pode ser adicionado à água para reduzir a pressão de bombeamento exigida para a

injeção do tubo de fio. Durante testes, essas pressões foram reduzidas em aproximadamente 20%. Aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício dessa revelação perceberão que existem diversas aplicações de software que podem ser utilizadas para determinar as velocidades e pressões necessárias dos fluidos, tal como, por exemplo, o Software CIRCA™, desenvolvido pela BJ Services Company de Houston, Texas, ou alguma outra plataforma de software, comparável.

CIRCA tem a capacidade de modelar as velocidades médias no local em tubulação espiralada tanto de líquido como de gás de uma mistura de líquido/gás de duas fases. Determinou-se através de modelagem e testes que uma velocidade de água mínima no local é exigida para a injeção prosseguir de forma suave. O mínimo parece ser idêntico ao mínimo exigido em tubo aberto à frente do tubo de fio utilizando apenas água; isto é, 1.000 pés/minuto. Para uma determinada quantidade de taxa de líquido (água em nossos testes), um gás é adicionado (nitrogênio em nosso caso) até que a velocidade mínima do líquido no local seja obtida. As taxas de gás e líquido que são exigidas seriam modeladas antecipadamente e, se escolhidas adequadamente, proporcionam uma redução na pressão de bombeamento em relação ao uso de líquido isoladamente. Favor observar que qualquer gás poderia ser potencialmente utilizado; ar, dióxido de carbono, ou nitrogênio, por exemplo.

Contudo, alternativamente, outros fluidos tendo propriedade de redução de fricção de metal com metal podem ser utilizados para diminuir a força de deslizamento de fricção entre o tubo de fio 32 e a espiral 22, assim como

fluidos com aditivos de redução de fricção de fluido para reduzir a pressão de bombeamento ou fluidos tendo uma combinação desses atributos. Aqueles versados na técnica tendo o benefício dessa revelação percebem que vários fluidos podem ser usados para essa finalidade.

Durante o processo de injeção exemplar descrito acima, o sistema de controle 36 continua a monitorar os dados de força de injeção recebidos a partir da bomba 30, injetor 26 e carretel 34. Com base nos dados recebidos a partir dos modelos de força/bombeamento de tubulação espiralada desenvolvidos utilizando o software de modelagem, tal como o CIRCA™ discutido acima, o sistema de controle 36 regula cada um desses componentes para garantir que níveis de força de injeção, ótimos, sejam mantidos por todo o processo. Aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício dessa revelação percebem que há várias formas de projetar tal sistema de controle.

Agora que o tubo de fio 32 foi injetado, descreveremos agora um método exemplar através do qual o tubo de fio 32 pode ser recuperado a partir da espiral 22. Contudo, antes de o tubo de fio 32 ser recuperado, uma seção da tubulação 22 é cortada deixando o tubo de fio 32 saindo da extremidade da tubulação espiralada 22. Então, um novo acessório de solda pode ser soldado na espiral 22 ou algum outro acessório alternativo fixado à espiral 22 e conexão T 28 é fixada. O injetor 26 é então colocado sobre o tubo de fio 32, e o tubo de fio 32 é empurrado através do vedador 45, enquanto ele está desenergizado, até que ele contate as rodas de acionamento 40 do injetor 26. As rodas de acionamento 40 são então giradas lentamente, fazendo com

que as rodas de acionamento 40 agarrem o tubo de fio 32, e puxem o mesmo através das rodas 40. Ao mesmo tempo, o injetor 26 é empurrado em direção à tubulação espiralada 22 e conexão T 28 até que contato seja feito, em cujo ponto o injetor 26 é parado. O equipamento de bombeamento é então aparelhado e fixado, se isso já não tiver sido feito.

Uma modalidade exemplar do processo de recuperação da presente invenção será descrito agora. Para recuperar o tubo de fio 32, em primeiro lugar, a direção de fluxo de fluido é invertida de tal modo que o fluido é bombeado pela bomba 30 para dentro da extremidade de núcleo da tubulação espiralada 22 e para fora da extremidade de guia pode intermédio do ferro de tratamento 50. O injetor 26 começa então a puxar o tubo de fio 32 para recuperá-lo a partir da tubulação espiralada 22 à medida que o fluido é bombeado, conforme discutido previamente (contudo, aqui o processo é invertido). Conforme discutido anteriormente, o fluxo de fluido invertido provê arrasto de fluido no tubo de fio 32 na direção da força de tração.

Em uma modalidade de recuperação alternativa, folga pode ser bombeada para o tubo de fio antes do injetor 26 começar a recuperação. Aqui, a bomba 30 começa a bombear para dentro da extremidade de núcleo da tubulação espiralada 22 e continua a bombear para colocar o tubo de fio 32 na posição adequada dentro da tubulação espiralada 22 para recuperação; isso é conhecido como “bombeamento de folga para dentro do tubo de fio”. Aqui, a folga é bombeada para dentro do tubo de fio 32 para mover o tubo de fio 32 para fora da parede da tubulação espiralada 22, e mais para área central de fluxo de elevada velocidade de fluido da

tubulação espiralada 22. O período de tempo para o bombeamento inicial pode ser afetado por alguns fatores, tal como, por exemplo, comprimento do tubo de fio, comprimento da tubulação espiralada ou tipo de fluido, como seria entendido por aqueles versados na técnica tendo o benefício dessa revelação. Esses e outros fatores podem ser introduzidos no software de modelagem, tal como CIRCA™ discutido acima, para determinar os parâmetros de trabalho, como sabido na técnica. Em uma modalidade alternativa adicional, em vez de bombear a folga para o tubo de fio 32, a bomba 30 pode ser acionada e parada para vibrar o tubo de fio 32 para posição adequada fora da parede da espiral 22. Após a folga ter sido bombeada, a recuperação pode começar conforme previamente mencionado. Além disso, o tubo de fio 32 ou a tubulação espiralada 22 pode ser vibrado durante injeção ou recuperação para auxiliar na redução da fricção.

Conforme previamente mencionado, o sistema de controle 36 é usado para controlar várias forças de injeção no sistema 20 durante o processo de injeção e recuperação através de um loop de realimentação provido através dos links 38. Taxas de fluido durante recuperação são equivalentes àquelas exigidas durante injeção. Na modalidade atual discutida, se uma velocidade mínima de fluido de 1.000 fpm for mantida, então recuperação pode ocorrer suavemente. Aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício dessa revelação percebem que diversas velocidades de fluido podem ser utilizadas dependendo das condições do sistema.

Além disso, o sistema de controle 36 controla a interação entre o carretel 34 o injetor 26 durante a

injeção e recuperação. A velocidade do carretel 34 e do injetor 26 deve ser coordenada de tal modo que a tensão permanece na porção de tubo de fio 32 entre o carretel 34 e o injetor 26. Tensão é necessária para garantir que o tubo de fio 32 seja enrolado ajustadamente no carretel 34. Se não houver tensão suficiente, voltas frouxas se desenvolvem, as quais então dobram à medida que mais voltas são colocadas em cima, causando potencialmente dano do tubo de fio 32. A tensão é aplicada hidraulicamente de tal modo que o carretel 34 tenta seguir um pouco mais rápido do que o injetor 26 e, portanto, puxa um pouco o tubo de fio 32. A velocidade é controlada por um operador, que faz os ajustes em uma estação de controle. Contudo, alternativamente, um sistema de controle também pode ser usado aqui. Não obstante, o operador, ou o sistema de controle, pode ajustar a partir de velocidade zero até um máximo especificado quer seja para injeção ou para recuperação, e os meios hidráulicos então mantêm tudo naquela velocidade. Aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício dessa revelação percebem que esses e outros métodos de controle da tensão do carretel podem ser utilizados.

Quando a folga tiver sido bombeada para dentro do tubo de fio 32, o fluido continua a ser bombeado enquanto, simultaneamente, o mecanismo de acionamento do injetor 26 é operado no sentido para trás de tal modo que as rodas 40 puxam o tubo de fio 32 a partir da espiral 22, enquanto ao mesmo tempo controlam a velocidade do processo de tração. Durante o processo de recuperação, o sistema de controle 36 continua a monitorar as forças de injeção, conforme previamente discutido, para manter os níveis ótimos

exigidos para recuperação. O movimento do tubo de fio 32 dentro da tubulação espiralada 22 é facilitado pelas elevadas velocidades de fluido criadas pela bomba 30, conforme descrito para o procedimento de injeção acima. Durante o processo de recuperação, o carretel 34 pode ser acionado para enrolar o tubo de fio 32 apropriadamente no carretel 34.

Com referência adicionalmente à modalidade exemplar da Figura 4, uma protuberância ou pedaço 54 pode ser fixada na extremidade livre do tubo de fio 32 para auxiliar nos processos de recuperação ou injeção. A protuberância 54 pode ter um diâmetro de até o diâmetro interno da espiral 22, desde que alguma provisão seja feita no sentido de permitir que o fluido passe pela protuberância 54 ou através dela. Em uma modalidade preferida, a protuberância 54 é um acessório Swagelok™ e tampa para um tubo de fio de 1/8 polegada. A protuberância 54 teria que ser fixada ao tubo de fio 32 após a extremidade livre ter passado pelo vedador 45. A protuberância 54 também provê uma vedação na extremidade do tubo de fio 32 para impedir que o fluido flua ascendentemente para o tubo de fio 32, o que resultaria em uma perda de potência ou outros problemas elétricos. Posteriormente, a conexão de união-martelo 52 e tubulação espiralada 22 será fixada na conexão T 28. Aqueles de conhecimento comum nessa técnica tendo o benefício dessa revelação percebem que há diversas protuberâncias que podem ser utilizadas para essa finalidade.

A protuberância 54 causa uma queda de pressão no fluido próximo à extremidade do tubo de fio 32 durante

bombeamento e, assim, transmite uma força sobre a extremidade do tubo de fio 32 que ajuda a forçar o tubo de fio 32 ao longo da direção do fluxo de fluido indicado na Figura 4. Mais importante, a protuberância 54 ajuda a mover o tubo de fio 32 para longe da parede 23 da espiral 22 durante a porção inicial (isto é, bombeamento de folga) do processo de recuperação, assim como mantendo a folga no tubo de fio 32 durante recuperação, reduzindo assim a probabilidade do tubo de fio 32 parar devido ao efeito cabrestante criado pela tentativa de recuperar o tubo de fio 32 muito rapidamente. Na modalidade mais preferida, a protuberância 54 é dimensionada apropriadamente de modo a impedir que o efeito cabrestante ocorra durante a injeção ou recuperação. Aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício dessa revelação percebem que há várias formas nas quais se pode projetar a protuberância 54 para limitar os efeitos de cabrestante.

Além disso, em outra modalidade exemplar, a superfície externa 35 do tubo de fio 32 pode ser condicionada, tornada áspera ou de outro modo modificada, tal como, por exemplo, aumentando-se o diâmetro externo com plástico ou outro material o qual se curva facilmente, para aumentar as forças de tração friccionais transmitidas pelo fluido se deslocando através da tubulação espiralada 22, conforme ilustrado na Figura 4.

Em ainda outra modalidade exemplar da presente invenção, a tubulação espiralada 22 pode ser removida do carretel 24 e esticada ao longo do solo antes de começar os processos de injeção e de recuperação. Aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício dessa

revelação percebem que há diversas formas nas quais se pode minimizar a fricção de deslizamento e as forças de injeção durante os processos de injeção/recuperação.

Um aspecto adicional dessa invenção é que um dispositivo de medição de velocidade e registrador de profundidade pode ser utilizado, conforme ilustrado na Figura 1A. Em uma modalidade exemplar, o codificador de profundidade 27 é fixado ao eixo de uma das rodas e acionamento 40 do injetor 26, e pode ser, por exemplo, um codificador ótico de quadratura como sabido na técnica. O codificador de profundidade 27 seria acoplado ao sistema de controle 36 o qual provê o codificador de profundidade 27 com energia e coleta os dados a partir do mesmo. O sinal de dados é então convertido matematicamente em rpm, direção, e velocidade linear por intermédio do sistema de controle 36, e usado pelo sistema de controle 36 para regular o sistema.

Um aspecto adicional dessa invenção é que um método de controle de assentamento de tubo de fio e de enrolamento nivelado é preferivelmente instalado no carretel 34 para garantir enrolamento suave do tubo de fio 32. Tais métodos são conhecidos na técnica.

Um sistema exemplar para injetar ou recuperar tubo de fio para dentro ou para fora da tubulação espiralada pode compreender um sistema para injetar ou recuperar tubo de fio para dentro ou para fora da tubulação espiralada, o sistema compreendendo: um injetor tendo um mecanismo de acionamento adaptado para aplicar uma força de impulsão ao tubo de fio para injetar o tubo de fio, o mecanismo de acionamento sendo adaptado adicionalmente para aplicar uma força de tração ao tubo de fio para recuperar o tubo de

fio; tubulação espiralada acoplada ao injetor; e um mecanismo de bombeamento adaptado para bombear fluidos através da tubulação espiralada enquanto a força está sendo aplicada; os fluidos sendo bombeados em uma direção da força sendo aplicada ao tubo de fio pelo mecanismo de acionamento, desse modo proporcionando arrasto de fluido no tubo de fio para injetar ou recuperar o tubo de fio a partir da tubulação espiralada. Em outra modalidade exemplar, o mecanismo de acionamento é adaptado para acionar o tubo de fio em uma velocidade selecionada, o sistema compreendendo adicionalmente um carretel de tubo de fio também adaptado para acionamento em uma velocidade selecionada, desse modo permitindo que o sistema mantenha a tensão no tubo de fio durante injeção ou recuperação do tubo de fio.

Ainda em uma modalidade exemplar adicional, o sistema compreende adicionalmente um sistema de controle para regular as forças de injeção para manter as forças de injeção em níveis que são necessários para a injeção ou recuperação do tubo de fio, as forças de injeção compreendendo ao menos uma entre: velocidade de carretel, velocidade do mecanismo de acionamento, força do mecanismo de acionamento, velocidade do fluido ou pressão do fluido. O sistema também pode compreender um aparelho para endireitar ou curvar o tubo de fio em um grau selecionado. O fluido utilizado pode ser um fluido de duas fases e/ou pode compreender um agente de redução de fricção. Ainda em uma modalidade exemplar adicional, o sistema pode compreender uma protuberância fixada em uma extremidade livre do tubo de fio, a protuberância sendo adaptada para

aplicar uma força no tubo de fio em uma direção de fluxo de fluido através da tubulação espiralada. Em outra modalidade, a tubulação espiralada é enrolada em um carretel.

Em ainda outra modalidade exemplar, o sistema compreende ainda um vedador entre o injetor e a tubulação espiralada, o vedador sendo adaptado para seletivamente vedar em torno do tubo de fio enquanto permitindo que o fluido lubrifique o tubo de fio à medida que o tubo de fio se desloque através do vedador. Em outra modalidade, o mecanismo de acionamento compreende: várias rodas adaptadas para permitir que o tubo de fio passe entre as várias rodas; e uma ranhura estando localizada em torno de uma borda das várias rodas, as ranhuras sendo adaptadas para casar com o tubo de fio de tal modo que fricção de contato é aplicada ao tubo de fio, desse modo permitindo que o mecanismo de acionamento aplique a força de impulsão ou tração para injetar ou recuperar o tubo de fio. Em ainda outra modalidade exemplar, o sistema compreende ainda um bastão para auxiliar o tubo de fio à medida que o tubo de fio realiza a transição entre o injetor, e a tubulação espiralada durante injeção ou recuperação.

Um método exemplar da presente invenção pode prover um método para injetar ou recuperar o tubo de fio para dentro ou para fora da tubulação espiralada, o método compreendendo as etapas de: inserir o tubo de fio em um injetor tendo um mecanismo de acionamento adaptado para aplicar uma força de impulsão ou tração ao tubo de fio, o injetor sendo acoplado à tubulação espiralada; aplicando a força de impulsão ou tração ao tubo de fio utilizando o

mecanismo de acionamento; e bombeando os fluidos através da tubulação espiralada enquanto a força de impulsão ou tração estiver sendo aplicada; os fluidos sendo bombeados em uma direção da força sendo aplicada ao tubo de fio pelo mecanismo de acionamento, desse modo proporcionado o arrasto de fluido no tubo de fio para injetar ou recuperar o tubo de fio a partir da tubulação espiralada. Em outro método exemplar, o tubo de fio inserido no injetor é recebido a partir de um carretel, a força aplicada ao tubo de fio é uma força de impulsão injetando o tubo de fio em uma primeira extremidade da tubulação espiralada e os fluidos sendo bombeados através da tubulação espiralada são bombeados para dentro da primeira extremidade da tubulação espiralada, desse modo resultando no tubo de fio sendo injetado na tubulação espiralada.

Ainda em um método exemplar adicional, o tubo de fio sendo inserido no injetor é recebido a partir do lado interno da tubulação espiralada, a força aplicada ao tubo de fio é uma força de tração recuperando o tubo de fio a partir de uma primeira extremidade da tubulação espiralada e os fluidos sendo bombeados através da tubulação espiralada são bombeados para uma segunda extremidade da tubulação espiralada, desse modo resultando no tubo de fio sendo recuperado a partir da tubulação espiralada. Ainda outro método compreende a etapa de bombear o tubo para a segunda extremidade da tubulação espiralada de tal modo que o tubo de fio se desloca para fora da parede interna da tubulação espiralada antes da força ser aplicada ao tubo de fio. O método pode compreender ainda a etapa de acionar o carretel e o mecanismo de acionamento em velocidades tais

que tensão seja mantida no tubo de fio quando o tubo de fio é alimentado a partir do carretel e através do injetor. Um método exemplar pode compreender ainda a etapa de enrolar o tubo de fio recuperado em um carretel, o carretel e o mecanismo de acionamento sendo acionados em velocidades tais que a tensão é mantida no tubo de fio à medida que o tubo de fio é alimentado a partir do injetor para o carretel.

Ainda outro método exemplar pode compreender a etapa de regular as forças de injeção utilizando um sistema de controle para manter as forças de injeção em níveis que são necessários para a injeção ou recuperação do tubo de fio, as forças de injeção compreendendo ao menos uma de: velocidade do carretel, velocidade do mecanismo de acionamento, força do mecanismo de acionamento, velocidade do fluido ou pressão do fluido. Ainda outro método compreende as etapas de endireitar ou curvar o tubo de fio até um grau selecionado antes de se injetar o tubo de fio na tubulação espiralada, desse modo minimizando uma fricção de deslizamento entre a tubulação espiralada e o tubo de fio durante a injeção. Ainda outro método compreende a etapa de fixar uma protuberância em uma extremidade livre do tubo de fio para auxiliar na injeção ou recuperação do tubo de fio, a protuberância sendo adaptada para aplicar uma força no tubo de fio em uma direção do fluxo de fluido.

Ainda outro método exemplar compreende a etapa de condicionar uma superfície externa do tubo de fio para aumentar as forças de arrasto friccional de fluido sobre o tubo de fio. A injeção do tubo de fio também pode ser realizada enquanto a tubulação espiralada é envolta em um

carretel ou enquanto a tubulação espiralada é esticada ao longo de uma superfície. O fluido utilizado pode compreender ao menos um de um fluido de duas fases ou um fluido de redução de fricção.

Ainda outro método exemplar compreende a etapa de injetar um comprimento extra de tubo de fio do que o comprimento de tubulação espiralada na tubulação espiralada, o comprimento extra de tubo de fio estando localizado em um ponto selecionado ao longo da tubulação espiralada. Ainda outro método compreende a etapa de utilizar um bastão para sustentar o tubo de fio quando o tubo de fio realiza a transição entre a tubulação espiralada e o injetor durante a recuperação ou injeção. Ainda outro método exemplar compreende a etapa de enrolar o tubo de fio em um carretel de tal modo que uma curvatura do tubo de fio ocorre em uma mesma direção que uma curvatura da tubulação espiralada no carretel. Outro método exemplar compreende a etapa de vibrar o tubo de fio ou a tubulação espiralada durante injeção ou recuperação. Em outro método exemplar, um vedador é acoplado entre o injetor e a tubulação espiralada, o método compreendendo ainda a etapa de permitir que fluido goteje através do vedador sobre o tubo de fio quando o tubo de fio está sendo injetado, desse modo proporcionando lubrificação. Ainda em outro método exemplar, o tubo de fio é recebido a partir de um carretel, o tamanho do carretel sendo suficientemente grande em diâmetro de tal modo que o tubo de fio já tem uma curvatura residual substancialmente combinando com uma curvatura da tubulação espiralada.

Ainda outro método exemplar da presente invenção provê

um método para injetar tubo de fio na tubulação espiralada, o método compreendendo as etapas de: inserir o tubo de fio em um injetor tendo um mecanismo de acionamento, o tubo de fio sendo recebido a partir de um carretel; alimentar uma porção do tubo de fio dentro de uma primeira extremidade da tubulação espiralada utilizando o mecanismo de acionamento, o injetor sendo acoplado à primeira extremidade da tubulação espiralada; e injetar o tubo de fio na tubulação espiralada, a injeção sendo realizada mediante bombeamento de fluido para dentro da primeira extremidade da tubulação espiralada enquanto utilizando o mecanismo de acionamento para aplicar uma força de impulsão no mecanismo de tubulação espiralada, o bombeamento proporcionando arrasto de fluido sobre o tubo de fio na direção da força de impulsão para injetar o tubo de fio dentro da tubulação espiralada.

Ainda outro método compreende a etapa de alimentar o tubo de fio através de um vedador localizado entre o injetor e a primeira extremidade da tubulação espiralada, o vedador sendo adaptado para vedar seletivamente em torno do tubo de fio de tal modo que o fluido pode lubrificar o tubo de fio quando o tubo de fio se desloca através do vedador. Outro método exemplar pode compreender ainda a etapa de utilizar um bastão flexível para sustentar o tubo de fio quando ele muda para a tubulação espiralada durante a injeção.

Ainda outro método exemplar da presente invenção provê um método para recuperar o tubo de fio fora da tubulação espiralada, o método compreendendo as etapas de: inserir o tubo de fio em um injetor tendo um mecanismo de

acionamento, o injetor sendo fixado na primeira extremidade da tubulação espiralada; bombear o fluido para dentro de uma segunda extremidade da tubulação espiralada enquanto aplicando uma força de tração ao tubo de fio utilizando o mecanismo de acionamento, desse modo proporcionando arrasto de fluido no tubo de fio na direção da força de tração para recuperar o tubo de fio a partir da tubulação espiralada. Após inserir o tubo de fio e antes de bombear o fluido, o método compreende ainda a etapa de bombear o fluido para dentro da segunda extremidade da tubulação espiralada de tal modo que o tubo de fio se desloca para fora de uma parede interna da tubulação espiralada, desse modo produzindo folga no tubo de fio. Ainda outro método exemplar compreende as etapas de: enrolar o tubo de fio em um carretel quando o tubo de fio está sendo puxado a partir da tubulação espiralada; e acionar o carretel e o mecanismo de acionamento em velocidades tais que a tensão seja mantida no tubo de fio.

Embora várias modalidades tenham sido mostradas e descritas, a invenção não é assim limitada e será entendida como incluindo todas as tais modificações e variações conforme evidentes para aqueles versados na técnica. Por exemplo, outras coisas podem ser injetadas/recuperadas tais como, por exemplo, fios sólidos, feixes de cabos de fibra ótica ou cabos singulares, fios revestidos com plástico ou fio de memória, revestido. Além disso, por exemplo, a presente invenção também pode ser empregada mediante acoplamento do injetor à extremidade de núcleo da tubulação espiralada em vez de à extremidade de guia. Como tal, aqueles de conhecimento comum na técnica tendo o benefício

dessa revelação perceberão que o processo de injeção/recuperação aqui descrito pode ser empregado de diversas formas. Consequentemente, a invenção não deve ser restrita exceto à luz das reivindicações anexas e de seus equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para injetar ou recuperar tubo de fio para dentro ou para fora de tubulação espiralada, o sistema **caracterizado** pelo fato de compreender:

um injetor não pressurizado tendo um mecanismo de acionamento adaptado para aplicar uma força de impulsão ao tubo de fio para injetar o tubo de fio, o mecanismo de acionamento sendo adaptado adicionalmente para aplicar uma força de tração no tubo de fio para recuperar o tubo de fio;

tubulação espiralada acoplada ao injetor não pressurizado; e

um mecanismo de bombeamento adaptado para bombear fluidos através da tubulação espiralada enquanto a força está sendo aplicada, os fluidos sendo bombeados em uma direção da força sendo aplicada ao tubo de fio pelo mecanismo de acionamento, desse modo proporcionando arrasto de fluido sobre o tubo de fio para injetar ou recuperar o tubo de fio a partir da tubulação espiralada.

2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o mecanismo de acionamento é adaptado para acionar o tubo de fio em velocidade selecionada, o sistema compreendendo ainda um carretel de tubo de fio também adaptado para acionar em uma velocidade selecionada, desse modo permitindo que o sistema mantenha tensão no tubo de fio durante a injeção ou recuperação do tubo de fio;

em que o sistema compreende ainda um sistema de controle para regular as forças de injeção para manter as forças de injeção em níveis que são necessários para

injeção ou recuperação do tubo de fio, as forças de injeção compreendendo ao menos uma de velocidade do carretel, velocidade do mecanismo de acionamento, força do mecanismo de acionamento, velocidade do fluido ou pressão do fluido;

em que o sistema compreende ainda um aparelho para endireitar ou curvar o tubo de fio até um grau selecionado;

em que o fluido é um fluido de duas fases;

em que o fluido compreende um agente de redução de fricção;

em que o sistema compreende ainda uma protuberância fixada em uma extremidade livre do tubo de fio, a protuberância sendo adaptada para aplicar uma força no tubo de fio em uma direção de fluxo de fluido através da tubulação espiralada;

em que a tubulação espiralada é enrolada em um carretel;

em que o sistema compreende ainda um vedador entre o injetor não pressurizado e a tubulação espiralada, o vedador sendo adaptado para vedar seletivamente em torno do tubo de fio enquanto permitindo fluido para lubrificar o tubo de fio quando o tubo de fio se desloca através do vedador;

em que o mecanismo de acionamento compreende:

uma pluralidade de rodas adaptadas para permitir que tubo de fio passe entre a pluralidade de rodas; e

uma ranhura estando localizada em torno de uma borda da pluralidade de rodas, as ranhuras sendo adaptadas para casar com o tubo de fio de tal modo que fricção de contato é aplicada ao tubo de fio, desse modo permitindo que o mecanismo de acionamento aplique a força de impulsão ou de

tração para injetar ou recuperar o tubo de fio; ou

em que o sistema compreende ainda um bastão para auxiliar o tubo de fio quando o tubo de fio realiza a transição entre o injetor não pressurizado e a tubulação espiralada durante injeção ou recuperação.

3. Método para injetar ou recuperar tubo de fio para dentro ou para fora de tubulação espiralada, o método **caracterizado** pelo fato de compreender as etapas de:

(a) inserir o tubo de fio em um injetor não pressurizado tendo um mecanismo de acionamento adaptado para aplicar uma força de impulsão ou de tração ao tubo de fio, o injetor não pressurizado sendo acoplado à tubulação espiralada;

(b) aplicar a força de impulsão ou tração ao tubo de fio utilizando o mecanismo de acionamento; e

(c) bombear os fluidos através da tubulação espiralada enquanto a força de impulsão ou tração está sendo aplicada, os fluidos sendo bombeados em uma direção da força sendo aplicada ao tubo de fio pelo mecanismo de acionamento, desse modo proporcionando arrasto de fluido sobre o tubo de fio para injetar ou recuperar o tubo de fio a partir da tubulação espiralada.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que o tubo de fio sendo inserido no injetor não pressurizado na etapa (a) é recebido a partir de um carretel, a força aplicada ao tubo de fio na etapa (b) é uma força de impulsão injetando o tubo de fio para dentro de uma primeira extremidade da tubulação espiralada e os fluidos sendo bombeados através da tubulação espiralada na etapa (c) é bombeado para dentro da

primeira extremidade da tubulação espiralada, desse modo resultando no tubo de fio sendo injetado dentro da tubulação espiralada;

em que o tubo de fio sendo inserido no injetor não pressurizado na etapa (a) é recebido a partir de dentro da tubulação espiralada, a força aplicada ao tubo de fio na etapa (b) é uma força de tração recuperando o tubo de fio para fora de uma primeira extremidade da tubulação espiralada e os fluidos sendo bombeados através da tubulação espiralada na etapa (c) são bombeados para dentro de uma segunda extremidade da tubulação espiralada, desse modo resultando no tubo de fio sendo recuperado a partir da tubulação espiralada;

em que o método compreende ainda a etapa de acionar o carretel e o mecanismo de acionamento em velocidades tais que tensão seja mantida no tubo de fio quando o tubo de fio é alimentado a partir do carretel e através do injetor não pressurizado; ou

o método compreende ainda a etapa de regular as forças de injeção utilizando um sistema de controle para manter as forças de injeção em níveis que são necessários para a injeção ou recuperação do tubo de fio, as forças de injeção compreendendo ao menos uma de: velocidade do carretel, velocidade do mecanismo de acionamento, força do mecanismo de acionamento, velocidade do fluido ou pressão do fluido;

o método compreende ainda a etapa de fixar uma protuberância em uma extremidade livre do tubo de fio para auxiliar na injeção ou recuperação do tubo de fio, a protuberância sendo adaptada para aplicar uma força no tubo de fio em uma direção do fluxo de fluido;

o método compreende ainda a etapa de condicionar uma superfície externa do tubo de fio para aumentar as forças de arrasto friccional de fluido sobre o tubo de fio;

em que a injeção do tubo de fio é realizada enquanto a tubulação espiralada é envolta em um carretel;

em que a injeção do tubo de fio é realizada enquanto a tubulação espiralada é esticada ao longo de uma superfície; ou

em que o tubo de fio é recebido a partir de um carretel, o tamanho do carretel sendo suficientemente grande em diâmetro de tal modo que o tubo de fio já tem uma curvatura residual substancialmente combinando com uma curvatura da tubulação espiralada.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda a etapa de bombear o fluido para dentro da segunda extremidade da tubulação espiralada de tal modo que o tubo de fio se desloca para fora de uma parede interna da tubulação espiralada antes de a força ser aplicada ao tubo de fio;

em que o método compreende ainda a etapa de acionar o carretel e o mecanismo de acionamento em velocidades tais que tensão é mantida no tubo de fio quando o tubo de fio é alimentado a partir do carretel e através do injetor não pressurizado;

em que o método compreende ainda a etapa de enrolar o tubo de fio recuperado em um carretel, o carretel e o mecanismo de acionamento sendo acionados em velocidades tais que tensão é mantida no tubo de fio quando o tubo de fio é alimentado a partir do injetor não pressurizado para o carretel;

em que o método compreende ainda a etapa de endireitar ou curvar o tubo de fio em um grau selecionado antes de injetar o tubo de fio na tubulação espiralada, minimizando assim uma fricção de deslizamento entre a tubulação espiralada e o tubo de fio durante a injeção;

em que a etapa (c) compreende ao menos um de um fluido de duas fases ou um fluido de redução de fricção;

em que o método compreende ainda a etapa de injetar comprimento de tubo de fio extra em relação ao comprimento de tubulação espiralada na tubulação espiralada, o comprimento extra de tubo de fio estando localizado em um ponto selecionado ao longo da tubulação espiralada;

em que o método compreende ainda a etapa de utilizar um bastão para sustentar o tubo de fio quando o tubo de fio realiza a transição entre a tubulação espiralada e o injetor não pressurizado durante recuperação ou injeção; ou

em que o método compreende ainda a etapa de vibrar o tubo de fio ou a tubulação espiralada durante injeção ou recuperação.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda a etapa de enrolar o tubo de fio em um carretel de tal modo que uma curvatura do tubo de fio está em uma mesma direção que a curvatura da tubulação espiralada no carretel; ou

em que um vedador é acoplado entre o injetor não pressurizado e a tubulação espiralada, o método compreendendo ainda a etapa de permitir que fluido goteje através do vedador sobre o tubo de fio quando o tubo de fio está sendo injetado, desse modo proporcionado lubrificação.

7. Método para injetar tubo de fio dentro de tubulação

espiralada, o método **caracterizado** pelo fato de compreender as etapas de:

(a) inserir o tubo de fio em um injetor não pressurizado tendo o mecanismo de acionamento, o tubo de fio sendo recebido a partir de um carretel;

(b) alimentar uma porção do tubo de fio dentro de uma primeira extremidade da tubulação espiralada utilizando o mecanismo de acionamento, o injetor não pressurizado sendo acoplado à primeira extremidade da tubulação espiralada; e

(c) injetar o tubo de fio na tubulação espiralada, a injeção sendo realizada mediante bombeamento do fluido para dentro da primeira extremidade da tubulação espiralada enquanto utilizando o mecanismo de acionamento para aplicar uma força de impulsão no mecanismo de tubulação espiralada, o bombeamento proporcionando arrasto de fluido no tubo de fio na direção da força de impulsão para injetar o tubo de fio para dentro da tubulação espiralada.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que a etapa (b) compreende a etapa de alimentar o tubo de fio através de um vedador localizado entre o injetor não pressurizado e a primeira extremidade da tubulação espiralada, o vedador sendo adaptado para vedar seletivamente em torno do tubo de fio de tal modo que o fluido pode lubrificar o tubo de fio quando o tubo de fio se desloca através do vedador;

em que a etapa (a) compreende ainda a etapa de endireitar ou curvar o tubo de fio até um grau selecionado antes de injetar o tubo de fio na tubulação espiralada, desse modo minimizando uma fricção de deslizamento entre a tubulação espiralada e o tubo de fio durante a injeção;

em que a etapa (a) compreende ainda a etapa de fixar uma protuberância em uma extremidade livre do tubo de fio para auxiliar na injeção do tubo de fio, a protuberância sendo adaptada para aplicar uma força no tubo de fio em uma direção do fluxo de fluido;

em que a injeção do tubo de fio é realizada enquanto a tubulação espiralada é enrolada em um carretel.

em que a etapa de bombear fluido compreende ao menos um de bombeamento de um fluido de duas fases ou de um fluido de redução de fricção;

em que o método compreende ainda a etapa de injetar mais comprimento do tubo de fio do que a tubulação espiralada para dentro da tubulação espiralada;

em que o método compreende ainda a etapa de utilizar um bastão flexível para sustentar o tubo de fio quando ele muda para dentro da tubulação espiralada durante injeção.

9. Método para recuperar tubo de fio para fora de tubulação espiralada, o método **caracterizado** pelo fato de compreender as etapas de:

(a) inserir o tubo de fio dentro de um injetor não pressurizado tendo um mecanismo de acionamento, o injetor não pressurizado sendo fixado à primeira extremidade da tubulação espiralada;

(b) bombear o fluido para dentro de uma segunda extremidade da tubulação espiralada enquanto aplicando uma força de tração no tubo de fio utilizando o mecanismo de acionamento, desse modo proporcionando arrasto de fluido no tubo de fio na direção da força de tração para recuperar o tubo de fio a partir da tubulação espiralada.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9,

caracterizado pelo fato de que após a etapa (a) e antes da etapa (b), o método compreende ainda a etapa de bombear fluido para dentro da segunda extremidade da tubulação espiralada de tal modo que o tubo de fio se desloca para fora de uma parede interna da tubulação espiralada, desse modo produzindo folga no tubo de fio;

em que o método compreende ainda as etapas de:

enrolar o tubo de fio em um carretel quando o tubo de fio está sendo puxado a partir da tubulação espiralada; e

acionar o carretel e o mecanismo de acionamento em velocidades tais que tensão seja mantida no tubo de fio;

em que a etapa (a) compreende ainda a etapa de fixar uma protuberância em uma extremidade livre do tubo de fio para auxiliar na recuperação do tubo de fio, a protuberância sendo adaptada para aplicar uma força ao tubo de fio em uma direção do fluxo de fluido;

em que a recuperação do tubo de fio é realizada enquanto a tubulação espiralada é enrolada em um carretel;

em que as etapas de bombear fluido compreendem bombear ao menos um de fluido de duas fases ou um fluido de redução de fricção; ou

em que o método compreende ainda a etapa de utilizar um bastão flexível para sustentar o tubo de fio quando ele muda para fora da tubulação espiralada durante a recuperação.

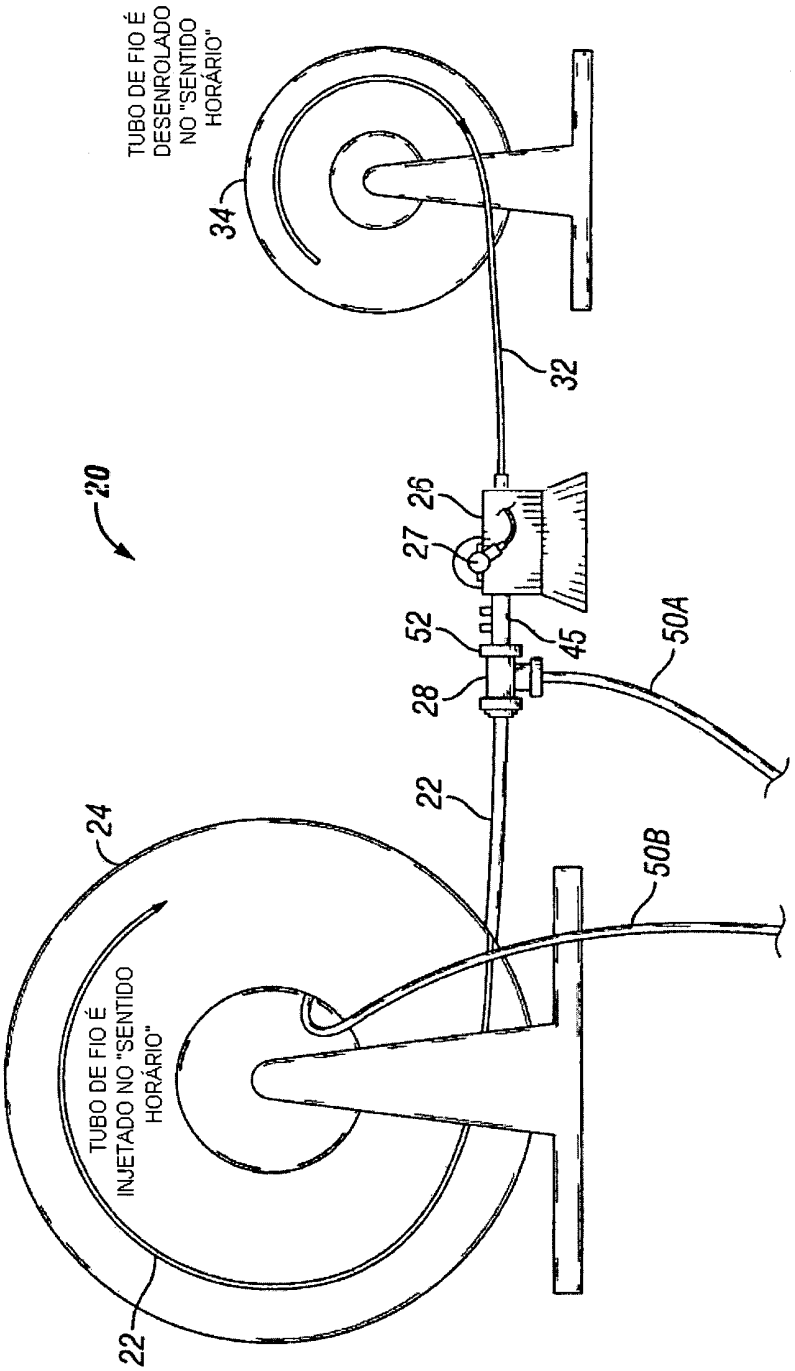

TUBO DE FIO É DESENROLADO NO "SENTIDO HORÁRIO"
34
32
20
26
27
52
45
50A
28
22
24
50B
TUBO DE FIO É INJETADO NO "SENTIDO HORÁRIO"
22

FIG. 1A

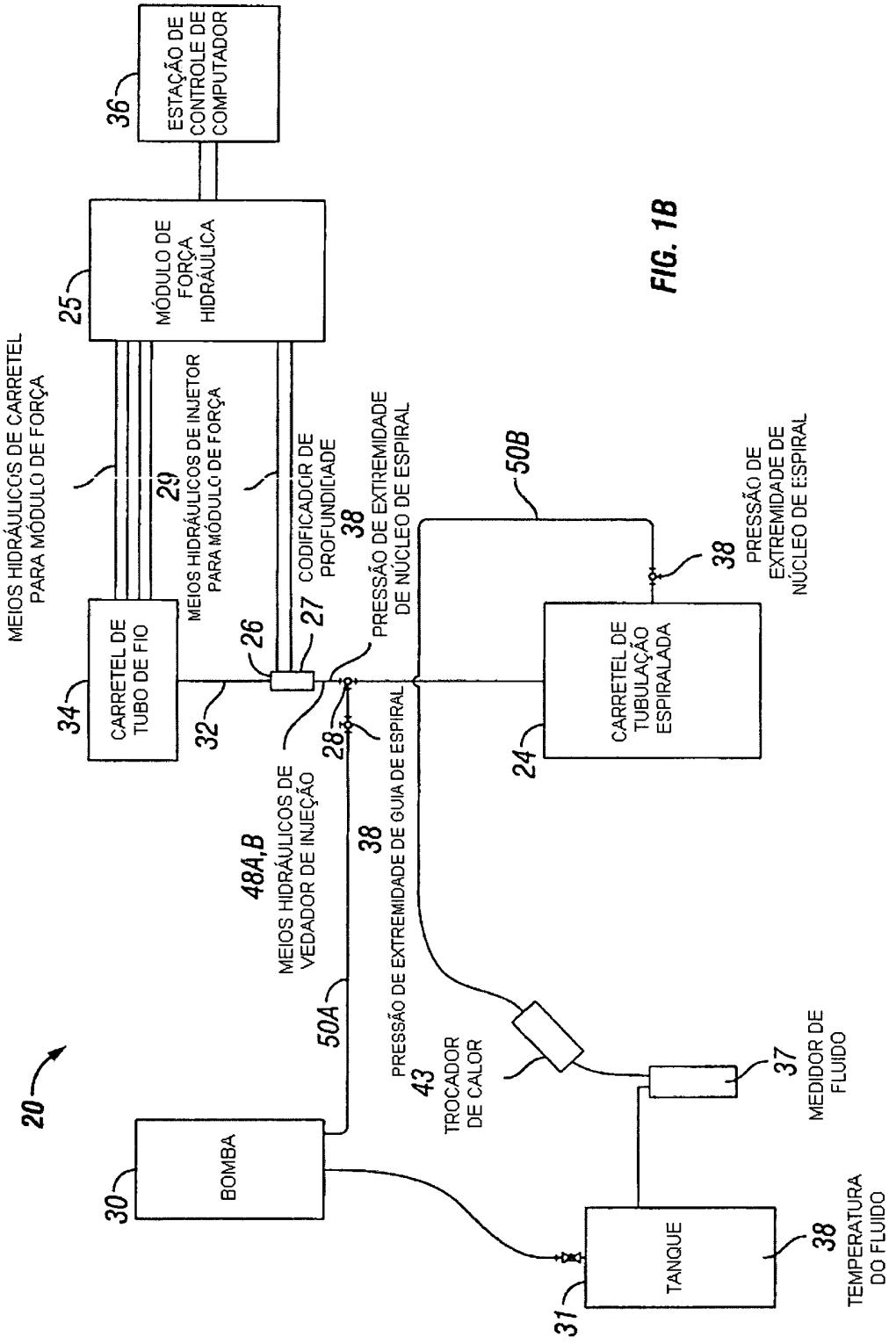

20
ESTAÇÃO DE CONTROLE DE COMPUTADOR
36
MÓDULO DE FORÇA HIDRÁULICA
25
MEIOS HIDRÁULICOS DE CARRETEL PARA MÓDULO DE FORÇA
29
MEIOS HIDRÁULICOS DE INJETOR PARA MÓDULO DE FORÇA
29
CODIFICADOR DE PROFUNDIDADE
27
PRESSÃO DE EXTREMIDADE DE NÚCLEO DE ESPIRAL
38
CARRETEL DE TUBO DE FIO
34
26
32
28
MEIOS HIDRÁULICOS DE VEDADOR DE INJEÇÃO
48A,B
PRESSÃO DE EXTREMIDADE DE GUIA DE ESPIRAL
38
50A
50B
CARRETEL DE TUBULAÇÃO ESPIRALADA
24
PRESSÃO DE EXTREMIDADE DE NÚCLEO DE ESPIRAL
38
TROCADOR DE CALOR
43
MEDIDOR DE FLUIDO
37
BOMBA
30
TANQUE
31
TEMPERATURA DO FLUIDO
38

FIG. 1B

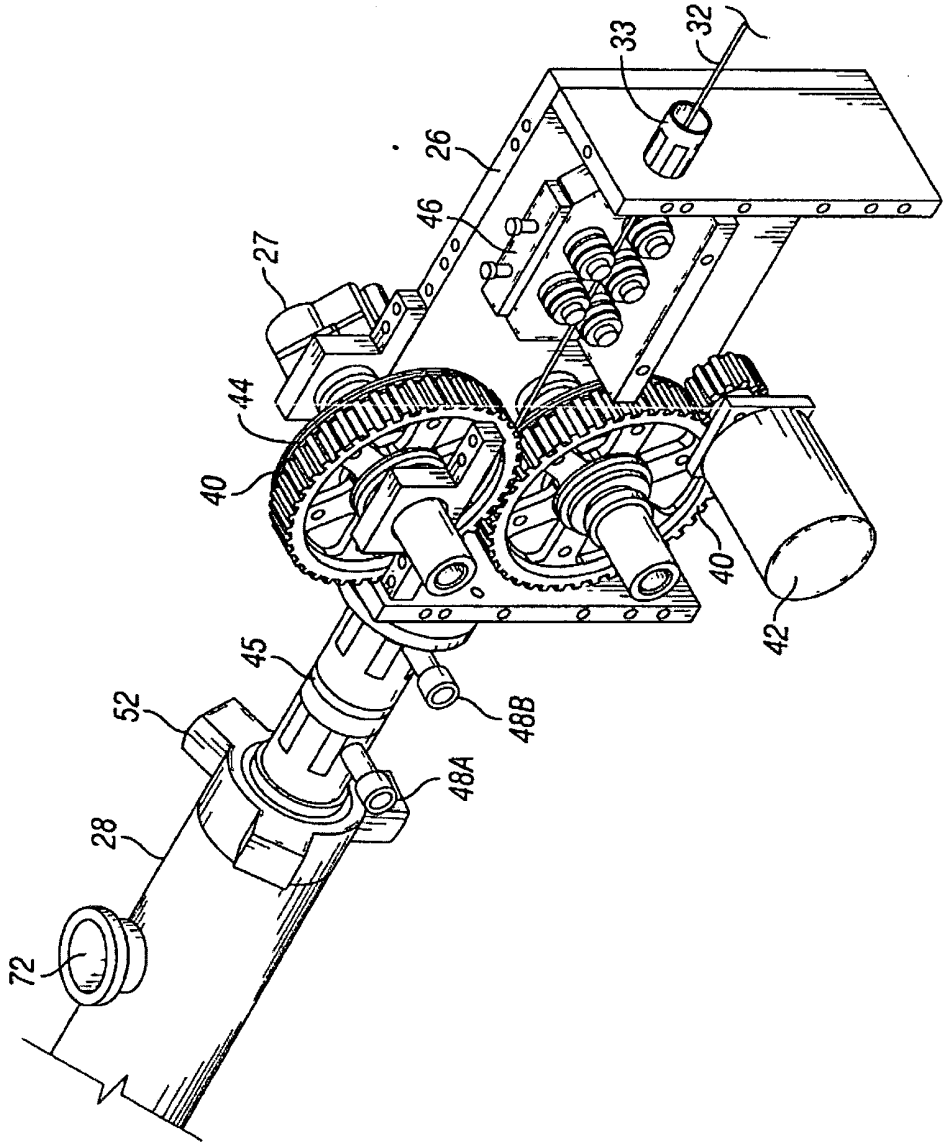


FIG. 2

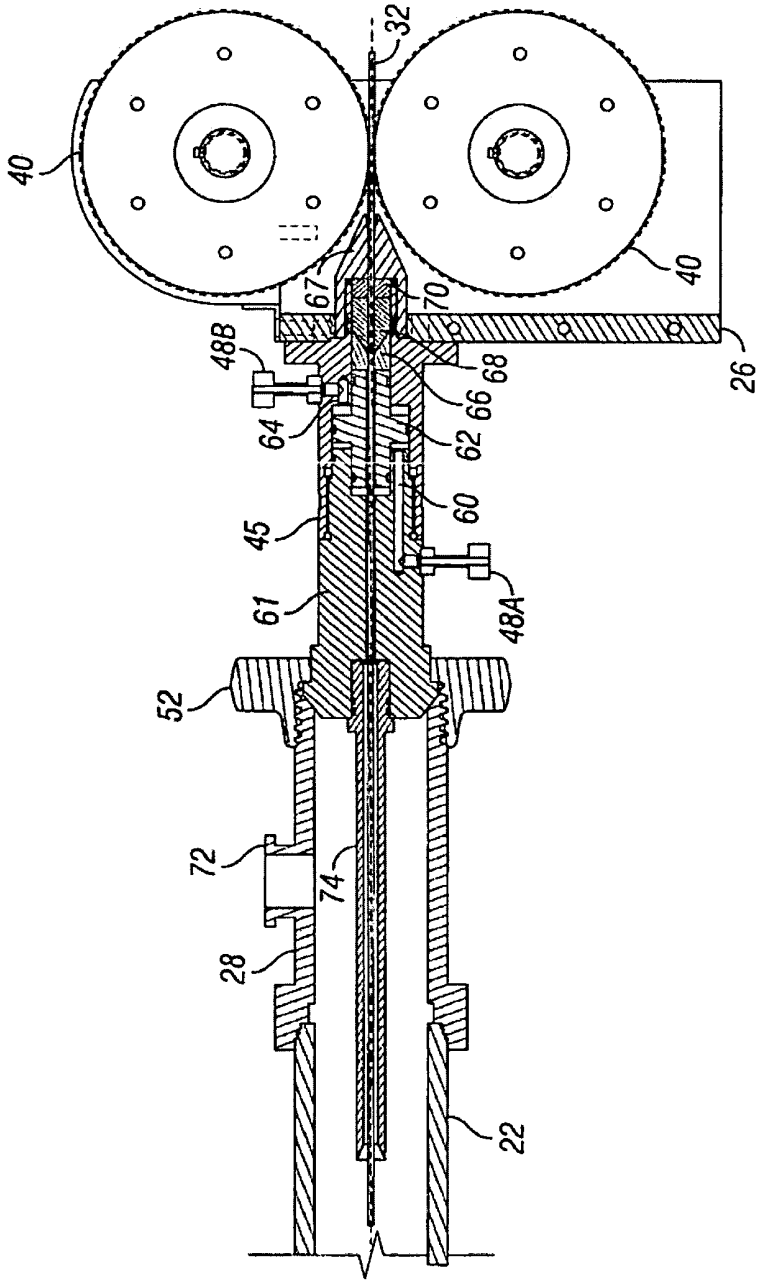


FIG. 3

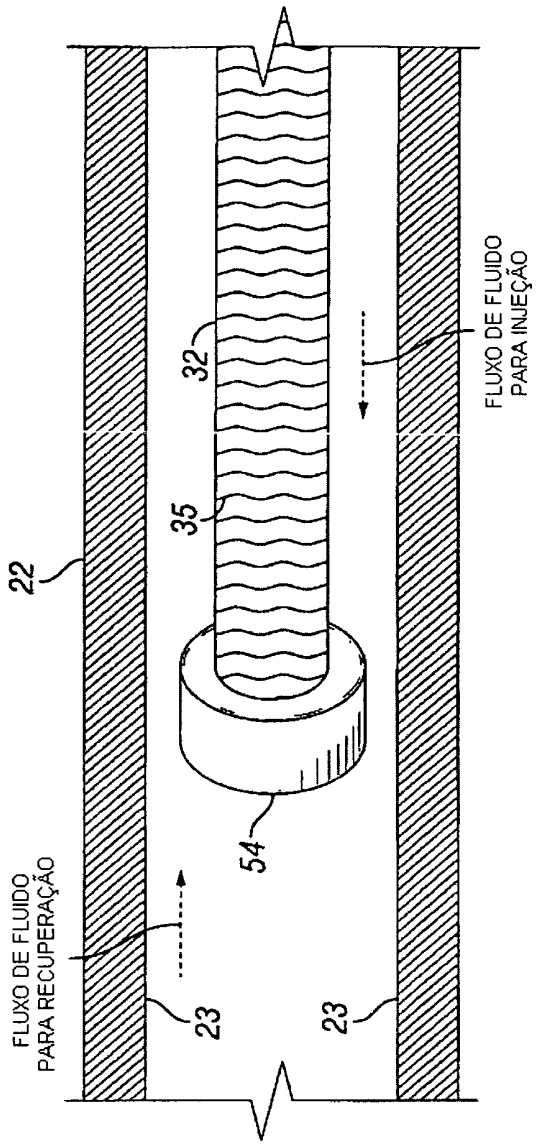

22
32
35
54
23
23
FLUXO DE FLUIDO
PARA RECUPERAÇÃO
FLUXO DE FLUIDO
PARA INJEÇÃO

FIG. 4