



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

(11) PI 0718787-4 B1



(22) Data do Depósito: 23/10/2007

(45) Data de Concessão: 29/01/2019

(54) Título: SISTEMA DE CONDUTOR SUBMARINO DE CATENÁRIA E MÉTODO PARA INSTALAÇÃO DE UMA COLUNA DE TUBO

(51) Int.Cl.: F16L 1/12.

(30) Prioridade Unionista: 10/11/2006 US 11/595,707.

(73) Titular(es): SINGLE BUOY MOORINGS INC..

(72) Inventor(es): JACK POLLACK; DAVID C. RIGGS.

(86) Pedido PCT: PCT US2007022512 de 23/10/2007

(87) Publicação PCT: WO 2008/063345 de 29/05/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 11/05/2009

(57) Resumo: COLUNA DE TUBO DE ALTO-MAR COM JUNTAS DE TUBO DIFERENTES Uma coluna de tubo (44) é retirada por um barco rebocador (30) a partir de uma estrutura flutuante (12), tal como uma embarcação de produção, conforme as seções de tubo (54, 56) são conectadas em série na embarcação, para eventualmente ficarem com a coluna de tubo em uma curva de catenária a partir da embarcação até o fundo do mar e, então, ao longo do fundo do mar até uma cabeça de poço submarina distante (86). Para se poupar tempo e custo no acoplamento das seções de tubo, acoplamentos de tubo de resistência à fadiga mais baixa, tais como acoplamentos não de soldar (120) que incluem uma luva roscada (134) são usados para a conexão de seções de tubo que ficarão em uma zona quiescente, tal como no fundo do mar (zona Az) e em uma zona (Cz) que fica ao longo da metade da curva de catenária. Acoplamentos de tubo de resistência à fadiga mais alta, tais como acoplamentos de soldar (150) são usados ao longo de zonas ativas, tais como zonas de topo e de fundo (Dz, Bz) da curva de catenária.

**SISTEMA DE CONDUTOR SUBMARINO DE CATENÁRIA E MÉTODO PARA
INSTALAÇÃO DE UMA COLUNA DE TUBO**

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[001] Um sistema de condutor submarino de produção em alto-mar usualmente inclui múltiplos condutos através dos quais vários fluidos produzidos (por exemplo, óleo, gás, água, etc.) são transportados entre o leito do mar e a superfície do corpo de água. Os condutos também podem ser usados para linhas de descarregamento, linhas de injeção de fluido e linhas de serviço, elétricas e de controle hidráulico.

[002] É conhecido depositar uma tubulação rígida ou de aço de modo que se estenda a partir de um poço submarino ou de outra fonte de fluido no fundo do mar usando-se técnicas de deposição de tubo submerso convencionais e curvar uma extremidade da tubulação para cima em uma trajetória de catenária suave, ou curva em J, através da zona de turbulência e conectá-la diretamente a uma bóia submersa ou a uma embarcação flutuando na superfície. Estes condutores submarinos rígidos são comumente referidos como Condutores Submarinos de Catenária de Aço ou "SCRs".

[003] Um cenário de campo grande pode levar anos até um desenvolvimento pleno, durante os quais condutores submarinos adicionais ocasionalmente são depositados para conexão aos poços. É vantajoso minimizar ou eliminar a necessidade de embarcações de deposição de tubo especiais de custo alto pela auto-instalação das tubulações e dos condutores submarinos a partir da Unidade de Produção Flutuante (FPU). Neste conceito, uma sonda de deposição em

J ou intervenção é montada no convés de uma FPU, para emprego da tubulação em ângulos controlados quase verticais. Conforme a coluna de tubo é empregada, ela é puxada por um rebocador de tração direta (DP). Ao invés de mover a sonda e a embarcação em relação à tubulação, a FPU permanece estacionária, conforme a tubulação é arrastada para fora em direção a um poço submarino ou uma localização de amarração.

[004] Alternativamente, um tubo de condutor submarino de aço pode ser montado em uma sonda de perfuração, arrastado para longe dali por um barco rebocador e pode ser conectada a uma FPU amarrada ou a um poço submarino. Estas tubulações são montadas na embarcação e podem ser usadas, por exemplo, como uma tubulação suportada no leito do mar, um condutor submarino vertical, um Condutor Submarino de Catenária de Aço (SCR), ou como um arranjo de tubo de profundidade média de água de aço, o qual é suportado por dois flutuadores.

[005] Um método de deposição de tubo é a deposição em J, usada especialmente em águas de pelo menos 600 metros de profundidade, onde seções de tubo que ficam em uma posição quase vertical são conectadas e movidas para baixo para o mar. Tem sido comum soldar em conjunto as extremidades adjacentes de cada par de tubos. Pode levar uma meia hora para se fazerem conexões soldadas e inspecioná-las, e isto se adiciona consideravelmente aos custos. O requerente faz conexões de tubo pela rotação de uma parte roscada para a feitura de uma conexão roscada. Leva-se em torno de 15 minutos para a feitura de uma conexão roscada e para se mover a coluna de tubo para

aprontá-la para uma outra conexão.

[006] Há dois tipos principais de acoplamentos de tubo roscado adequados, e cada um tem seções de tubo com extremidades roscadas. Um tipo é um acoplamento de resistência à fadiga mais alta com pelo menos a extremidade de tubo roscada internamente sendo de um diâmetro externo aumentado. Um exemplo disto é um tipo de soldar em que luvas roscadas macho e fêmea são usinadas a partir de forjados espessos e soldadas às extremidades das duas seções de tubo. Um segundo tipo é um acoplamento de resistência à fadiga mais baixo com extremidades de tubo roscado sem um diâmetro externo não maior do que o restante de cada seção de tubo. Um exemplo é um tipo não de soldar em que roscas macho são usinadas nas extremidades de duas seções de tubo e uma luva forjada de parede pesada roscada intermediária enrosca as extremidades de tubo em conjunto. O requerente nota que em algumas conexões roscadas do tipo de resistência à fadiga mais alta, um forjado de reforço é usado para a criação de uma extremidade de tubo interna de parede pesada com uma conexão roscada usinada diretamente na extremidade de reforço do tubo. Os acoplamentos de tubo de soldar requerem forjados personalizados, soldas, usinagens de soldas e inspeção de soldas, tal como por raio X e/ou técnicas ultra-sônicas. O requerente estima que o custo para um acoplamento de soldar de tubo de 10 polegadas (25,4 cm) feito pronto para ser transportado para o navio para um acoplamento roscado ali seja de em torno de 3000 a 5000 dólares. O custo de um acoplamento do tipo de luva roscada não de soldar para um tubo de 10 polegadas (25,4 cm) é de em torno de 800 dólares por conjunto de

acoplamento. A diferença entre os dois tipos é de em torno de 3000 dólares por conjunto de acoplamento.

[007] Geralmente, os acoplamentos de tubo do tipo de soldar são úteis em colunas de tubo de deposição em J por sua alta resistência à fadiga. A região superior da porção de catenária da coluna de tubo é submetida a uma flexão repetida, conforme o corpo flutuante experimenta caturro, rolamento para sotavento, arfagem, deriva, etc., como resultado de ondas, ventos e correntes. A região inferior da porção de catenária da coluna de tubo também é submetida a uma flexão repetida, conforme a coluna de tubo é repetidamente puxada para cima e depositada para baixo no fundo do mar, devido aos movimentos da embarcação. Os acoplamentos de tubo de soldar podem evitar melhor uma falha por fadiga nestas regiões. Se a coluna de tubo ficar danificada, uma seção maior da tubulação submersa terá que ser substituída, o que é dispendioso, especialmente em águas profundas em que mergulhadores não podem ser usados. Uma coluna de tubo que pudesse evitar danos de forma confiável, mas a qual reduzisse grandemente o custo, seria de valor.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[008] De acordo com uma modalidade da invenção, o requerente usa tipos diferentes de acoplamentos de tubo ao longo de porções diferentes da coluna de tubo depositada. Para acoplamentos de tubo que fiquem ao longo de uma zona ativa, tal como uma TDZ (zona de aterrissagem) da curva de catenária, e ao longo de uma zona superior da curva de catenária, acoplamentos de resistência à fadiga alta são usados. Isto geralmente significa que acoplamentos de tubo

de soldar roscados são usados ali.

[0009] Para acoplamentos de tubo que fiquem passivamente no fundo do mar (mas não na TDZ), e para acoplamentos de tubo que ficam entre a TDZ e a zona superior da curva de catenária, acoplamentos de resistência à fadiga mais baixa são usados. Isto geralmente significa que acoplamentos roscados não de soldar são usados ali, com extremidades de seção de tubo que são, cada uma, de diâmetro não maior do que o restante da seção de tubo.

[0010] Os novos recursos da invenção são estabelecidos com particularidade nas reivindicações em apenso. A invenção será mais bem entendida a partir da descrição a seguir, quando lida em conjunto com os desenhos associados.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0011] A Fig. 1 é uma vista isométrica de um sistema de produção da invenção, que mostra uma FPU (unidade de produção flutuante) e a extremidade próxima de uma coluna de tubo, e que mostra um barco rebocador.

[0012] A Fig. 2 é uma vista plana do sistema de produção da Fig. 1.

[0013] A Fig. 3 é uma vista em elevação lateral do sistema de produção da Fig. 1, que mostra o barco rebocador e a coluna de tubo em quatro posições diferentes durante a instalação da coluna de tubo.

[0014] A Fig. 4 é uma vista em elevação lateral do sistema de produção da Fig. 3, mostrado em quatro posições posteriores durante a instalação de uma coluna de tubo.

[0015] A Fig. 5 é uma vista em elevação lateral da FPU da Fig. 3 durante os estágios finais na instalação da

coluna de tubo.

[0016] A Fig. 6 é uma vista em corte de um acoplamento de tubo não de soldar que inclui uma luva conectada de forma roscada a extremidades adjacentes de um par de seções de tubo.

[0017] A Fig. 7 é uma vista em corte de um acoplamento de tubo de soldar mostrado conectando extremidades adjacentes de um par de seções de tubo.

[0018] A Fig. 8 é uma vista em corte parcial de um outro projeto de acoplamento de tubo de soldar.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES PREFERIDAS

[0019] A Fig. 1 ilustra um sistema de produção de hidrocarboneto 10, o qual inclui uma FPU (unidade de produção flutuante) 12 que tem um casco de embarcação 14 que é ancorada ao fundo do mar, tal como por uma amarração através de múltiplas linhas de amarração 16. Uma torre de deposição em J 22 é montada no casco em um lado 24 com a torre de deposição em J se estendendo além do lado de casco. A torre de deposição em J inclui um guincho 25 que é projetado para manter uma longa seção de tubo 21, com o eixo geométrico 23 de cada seção de tubo sendo primariamente vertical, conforme sua extremidade inferior é conectada à extremidade superior da última seção de tubo a ser empregada. A descrição a seguir da instalação de uma coluna de tubo assume o uso de tubos de aço de 10 polegadas (25,4 cm) de diâmetro que vêm em comprimentos de 24 ou 37 metros. Uma coluna de seções de tubo usualmente tem um comprimento total de mais de 1000 metros, de modo que um grande número de seções de tubo seja conectado em série para a criação de uma coluna de tubo 44 que é comumente

referida como um condutor submarino após estar instalada.

[0020] A Fig. 1 mostra um barco rebocador 30, o qual o requerente usa para puxar a coluna de tubo para instalação. O barco rebocador ou rebocador é um barco posicionado dinamicamente com uma unidade de GPS (sistema de posicionamento global), de modo que possa manter a si mesmo em uma posição desejada e possa ser movido em qualquer direção na superfície do mar. O barco rebocador tem um guincho acionado a motor 32 que permite que ele soleque e recolha uma linha de rebocador 34, tal como um cabo de aço. A PDU tem instalações de processamento de hidrocarboneto 40, de modo a remover areia e água de hidrocarbonetos, com as janelas 42 para o recebimento de chamadas a partir de colunas de tubo instaladas ou condutores submarinos. A Fig. 2 mostra que a FPU pode ser conectada a um grande número de colunas de tubo ou condutores submarinos que se estendem, cada um, para uma cabeça de poço diferente 46, que se conecta a um poço em um reservatório submarino 50.

[0021] A Fig. 3 mostra quatro estágios diferentes na instalação de um condutor submarino. Em um primeiro estágio, a traseira do rebocador está na posição A, e uma primeira seção de tubo 52 foi abaixada a partir da torre de deposição em J 22, enquanto uma conexão está sendo feita com a próxima seção de tubo 54. A extremidade superior da primeira seção de tubo é considerada como sendo a extremidade próxima 56 da coluna de tubo (que agora consiste em um único tubo). A linha de rebocador 34 que se estende para trás a partir do rebocador se estende em uma curva de catenária dupla 60 (a porção 62 se estende em uma

inclinação para frente - para trás e a porção 64 se estende em uma inclinação para frente - para cima) até a extremidade inferior da primeira seção de tubo 52. A extremidade traseira da linha de rebocador é afixada a um conector 65 para a extremidade dianteira ou distante da coluna de tubo. Conforme seções de tubo adicionais são afixadas em tandem à primeira, o rebocador opera seu guincho 32 para recolher a linha de rebocador, de modo que a coluna de tubo se estenda progressivamente ao longo de percentagens maiores da combinação 66 de coluna de tubo e comprimento empregado de linha de puxar, até a porção de coluna de tubo em 68B se estender em uma curva de catenária dupla como na posição de rebocador B. Cada porção da coluna de tubo pode ser referida como uma coluna de tubo, porque inclui uma coluna de tubos, ou como uma porção de coluna de tubo, porque é uma porção da coluna de tubo mais longa final ou condutor submarino.

[0022] Quando a linha de puxar de rebocador 34 tiver sido suficientemente encurtada na posição de rebocador B e as seções de tubo forem adicionadas, o rebocador será movido para frente em etapas e mantido em uma posição estacionária entre aquelas etapas. Por agora, na posição de rebocador B, a conexão 65 que fica na traseira da linha de puxar de rebocador, fica ao longo de uma inclinação para frente - para cima. Quando seções de tubo tiverem sido adicionadas para que o ângulo de extremidade próxima tenha diminuído para extremidade inferior da faixa de ângulos, tal como de 3° a 6°, o rebocador será movido para frente F até o ângulo de extremidade próxima ter aumentado para de 10° a 12°. O

rebocador então é mantido em posição enquanto seções de tubo adicionais são adicionadas e o ângulo diminui para 6°, quando o rebocador é avançado de novo. A Fig. 3 mostra o rebocador nas posições B e C com a linha de rebocador 34 em um comprimento constante, e com a porção de seção de tubo em 68B e 68C sendo de comprimentos progressivamente maiores conforme seções de tubo adicionais tiverem sido adicionadas. Se o condutor submarino final for longo o bastante, se comparado com a profundidade do mar, o que é o caso usual, então, o rebocador atingirá a posição D na qual a porção de seção de tubo 68D tem uma parte 74 que se apóia sobre o fundo do mar 76. O rebocador continua a se mover para frente em etapas, enquanto as seções de tubo são adicionadas, com a parte de coluna de tubo média 74 ficando ao longo do fundo do mar. O fundo do mar foi pesquisado, para se garantir que a parte de coluna de tubo sobre o fundo do mar não seja danificada.

[0023] Em um método de instalação que o requerente projetou para um tubo de aço de 10 polegadas (25,4 cm), o rebocador inicialmente fica na posição A (Fig. 3), a qual está 300 metros à rente da FPU 12, com um comprimento de 750 metros de linha de rebocador 34 se estendendo até a FPU. A coluna de tubo aumenta de comprimento conforme as seções de tubo são adicionadas, e o rebocador recolhe sua linha de puxar, e então se move para frente em etapas com as seções de tubo adicionadas entre as etapas. Uma linha de puxar de rebocador de uma pluralidade de centenas de metros e, usualmente, uma pluralidade de milhares de metros, será requerida na maioria dos casos.

[0024] A Fig. 4 mostra o rebocador conforme ele se

move progressivamente mais para frente através das posições E, F e G, até atingir uma posição H. Então, o guincho no rebocador é operado para recolher sua linha de puxar de rebocador 34, de modo que o conector 65 fique apenas a uma profundidade pequena. Uma terminação de extremidade de tubulação 80 é afixada à extremidade distante da coluna de tubo, e a coluna de tubo é abaixada para o fundo do mar para conexão a uma conexão 82 de uma plataforma de cabeça de poço 84 de uma cabeça de poço 86 no fundo do mar que foi instalada previamente. Um veículo operado remotamente de modo usual é usado para acompanhar a terminação de extremidade de tubulação para baixo até a cabeça de poço e para ajudar a fazer a conexão.

[0025] Antes de a extremidade distante da coluna de tubo, a qual é mantida pelo rebocador, ser puxada para a posição em G ou H, uma atividade ocorre na extremidade próxima 56 (Fig. 5) da coluna de tubo, na FPU (unidade de produção flutuante) 12. A Fig. 5 mostra que o requerente afixa uma linha 90 a um dispositivo de guinchar, tal como um guincho de uma torre de deposição em J ou um guincho em separado, e à extremidade próxima 56 da coluna de tubo, e opera o dispositivo de guinchar para abaixar a extremidade próxima da coluna de tubo uma pluralidade de metros (por exemplo, uma profundidade de mais de 10 metros) abaixo da FPU até a posição 56A. Após a extremidade distante da coluna de tubo ter sido puxada mais para frente, o requerente opera o dispositivo de guincho para elevação da extremidade próxima de coluna de tubo 56A até o convés da FPU e conecta a extremidade próxima de coluna de tubo à janela de recepção de hidrocarboneto 42 (Fig. 1). A

elevação da extremidade próxima da coluna de tubo de modo que a porção de extremidade próxima fique em 56 aumenta o ângulo de extremidade próxima 70 (Fig. 5) de em torno de 6° para em torno de 20° (15° a 28°). Com a porção de extremidade próxima em 62A da coluna de tubo, a qual agora está servindo como uma porção do condutor submarino, que Se estende em um ângulo grande como esse, uma tração na parte de extremidade próxima de condutor submarino 62A aumenta grandemente. Esta tração mais alta evita um enfeixamento da parte de extremidade próxima 62A do condutor submarino da compressão, no caso de tempestades que produzam ondas grandes.

[0026] A Fig. 1 mostra que a FPU pode ser provida com vários dutos 100 que guiam, cada um, uma coluna de tubo (por exemplo, 44, 44A, 44B na Fig. 2) em sua extensão primariamente para baixo no mar. Um duto em separado é usado para cada coluna de tubo ou condutor submarino, para se evitar que condutores submarinos rocem uns contra os outros.

[0027] Uma coluna de tubo ou condutor submarino tal como 44 na Fig. 5 contém um grande número de seções de tubo conectadas em tandem por um grande número de acoplamentos de tubo. Em um exemplo, uma coluna de tubo fica em uma localização no mar de uma profundidade de 1000 metros e se estende até um poço subterrâneo horizontalmente espaçado a 2000 metros de uma localização diretamente sob a FPU. Se cada uma das seções de tubo tiver um comprimento de 24 metros, então, em torno de 115 seções de tubo e conjuntos de acoplamento de tubo serão usados. Um conjunto de acoplamento de tubo conecta extremidades adjacentes de dois

tubos.

[0028] Conforme mencionado acima, o condutor submarino tal como 44 na Fig. 5 pode ser dividido em quatro zonas rotuladas Az, Bz, Cz e Dz na Fig. 5. As três últimas zonas compreendem uma porção de catenária 77 que se estende em uma curva primariamente de catenária 78 enquanto a primeira zona Az se entende grandemente reta. A primeira zona Az é a região em que o condutor submarino fica sobre o fundo do mar em todos os momentos (após a instalação) e é uma zona quiescente. Os acoplamentos de tubo nesta zona devem ser fortes o bastante para suportarem forças enquanto o tubo for arrastado ao longo do fundo do mar durante uma instalação, mas eles não sofrem mudanças repetidas de tensão, que poderiam levar a uma falha por fadiga.

[0029] A segunda zona Bz é a TDZ ou zona de aterrissagem que se estende a partir do ponto 110 até o ponto 112 e é uma zona ativa, onde mudanças repetidas nas forças de flexão são aplicadas ao condutor submarino. O ponto 110 é onde a coluna de tubo começa a se elevar do fundo do mar, quando a FPU 12 sofre grandes movimentos em caturro, arfagem, rolamento para sotavento e deriva, como em uma grande tempestade. O ponto 112 fica a uma pluralidade de metros acima do fundo do mar e, usualmente, a pelo menos 10 metros acima do fundo do mar, na condição quiescente do sistema. O ponto 110 está em uma localização que é quase elevada do fundo do mar, quando a embarcação deriva para longe do ponto 110 e a embarcação rola para sotavento, etc., elevando a coluna de tubo.

[0030] A terceira zona Cz, a qual é uma zona quiescente, estende-se a partir do ponto 112 até um ponto

114 que está localizado a uma pluralidade de dezenas de metros abaixo da superfície do mar e a dezenas de metros abaixo do fundo do casco da FPU 12. Embora a porção de coluna de tubo nesta zona se mova para cima e para baixo, conforme a PDU se move, esta porção de coluna de tubo não sofre grandes mudanças nas forças de flexão ou mudanças na flexão.

[0031] A quarta zona Dz, a qual é uma zona ativa, estende-se a partir do ponto 114 até a PDU. Esta zona Dz sofre grandes mudanças nas forças de flexão e se flexiona conforme a PDU se move.

[0032] De acordo com a invenção, o requerente reduz o custo para instalação da coluna de tubo ou do condutor submarino pelo uso de juntas ou acoplamentos de tubo de resistência à fadiga alta ou conexões e juntas ou acoplamentos de tubo de resistência à fadiga mais baixa ao longo da coluna de tubo. Os acoplamentos de resistência à fadiga mais alta, tais como aqueles com acoplamentos de soldar roscados, são usados ao longo das zonas ativas Bz e Dz. Os acoplamentos de resistência à fadiga mais baixa, tais como acoplamentos de forjado de parede pesada roscados intermediários, são usados ao longo das zonas quiescentes Az e Cz. Às vezes, o termo "força" quanto à fadiga é usado ao invés de resistência à fadiga.

[0033] A Fig. 6 mostra um exemplo de um acoplamento de tubo não de soldar 120 que pode ser usado ao longo das zonas quiescentes Az e Cz. Este acoplamento consiste em uma luva de acoplamento de tubo roscada afunilada interna 134 formada a partir de um forjado, a qual une roscas macho 135, 137 em extremidades adjacentes 122, 124 de duas seções

de tubo roscadas afuniladas 130, 132 em uma conexão roscada 133. A luva 134 tem roscas (de tubo) afuniladas internas 136 em ambas as extremidades e é girada ou enroscada primeiramente sobre uma parte de extremidade roscada 140 de uma seção de tubo roscada e, então, sobre a parte de extremidade roscada 142 da outra seção de tubo roscada. O acoplamento de tubo roscado afunilado 120 pode ser provido com selos 144, 146 em ambas as extremidades, para se evitar o ingresso de água do mar. Este acoplamento permite um acoplamento rápido e seguro de extremidades de tubo em uma situação em alto-mar.

[0034] Não são mostrados os acoplamentos de tubo roscado em que as extremidades de tubo são providas com uma parte macho e uma fêmea e as extremidades de tubo são acopladas diretamente uma à outra com um dispositivo conector externo. Neste projeto, a rosca também é diretamente cortada em uma extremidade de seção de tubo e uma extremidade de seção de tubo foi reforçada normalmente antes das roscas (fêmeas) serem cortadas. No projeto mencionado acima, bem como naquele mostrado na figura 6, a rosca é cortada diretamente na extremidade de seção de tubo, o que a torna um acoplamento de resistência à fadiga mais baixa. As seções de tubo são construídas por extrusão de aço sem forjamento. Os forjados de aço têm uma resistência e uma resistência à fadiga mais altas do que as partes de aço não forjadas.

[0035] A Fig. 7 mostra um exemplo de um acoplamento de resistência à fadiga mais alta, tal como um acoplamento de soldar roscado, o qual pode ser usado ao longo das zonas ativas Bz e Dz. Nesta figura, um acoplamento de tubo

roscado 150 é mostrado, que une extremidades adjacentes de duas seções de tubo 160, 162 em uma conexão roscada 163. Este tipo de conector roscado é denominado um conector soldado ou integral, onde uma parte de conector fêmea roscada 152 é soldada em 170 a uma extremidade de um tubo 160, e uma parte de conector macho roscada 154 é soldada em 172 a uma extremidade do outro tubo 162. Uma rosca macho 164 é usinada em uma parte de conector a qual é soldada a uma extremidade de seção de tubo e uma rosca fêmea 166 é usinada na outra parte de conector. Embora não mostrado na figura 7, a espessura de parede das partes de conexão 152, 154 freqüentemente é muito maior (pelo menos 1,5 vezes) do que a espessura de parede do tubo. A soldagem e a inspeção das soldas interna e externamente é feita na costa, antes de os tubos serem levados para uma embarcação de instalação. Durante um acoplamento das extremidades de tubo em uma situação em alto-mar, os tubos são sujeitados e um é virado para se enroscar no outro. A figura também mostra camadas de retração térmica 180 que podem ser aplicadas sobre a coluna de tubo em uma situação em alto-mar, mas, para este processo, nenhuma máquina de inspeção é requerida.

[0036] Embora o acoplamento de tubo de soldar 150 da Fig. 7 tenha uma resistência à fadiga mais alta do que o acoplamento de tubo não soldado 120 da Fig. 6, o acoplamento de tubo de soldar tem um custo muito mais alto. O acoplamento de soldar 150 requer pedir forjados de aço, os quais são usinados e, então, soldados nas extremidades de tubo em 170, 172. As soldas devem ser inspecionadas. Algum tempo adicional é requerido para se colocar um

invólucro de tração de plástico 180 sobre a junta para se manter a água do lado de fora. O requerente estima um custo de em torno de 3000 a 5000 dólares por conjunto de acoplamento de soldar ou conexão de tubo. Isto se compara com um custo de em torno de 800 dólares para cada acoplamento de tubo não de soldar 120 da Fig. 6, para uma economia de em torno de 3200 dólares por acoplamento.

[0037] A Fig. 8 mostra um outro acoplamento de tubo de soldar 190 que conecta extremidades adjacentes de dois tubos ou duas seções de tubo 200, 202. As partes de conector forjadas 204, 206 são soldadas nas soldas 210, 212 às extremidades de tubo. As partes de conector têm roscas que são conectadas de forma rotativa em uma junta ou conexão roscada 214. As extremidades de tubo podem ter roscas paralelas 215, 216 que são levadas para encaixe pela aplicação de um fluido à alta pressão entre as partes 204 e 206.

[0038] A Fig. 9 mostra um acoplamento de resistência à fadiga mais alta ou junta de tubo 220 que une as extremidades adjacentes 222, 224 de duas seções de tubo 230, 232 em uma conexão roscada 233. A extremidade fêmea 222 de seção de tubo 230 foi aquecida e forjada para se expandir seu diâmetro externo e aumentar sua espessura de parede (o tubo é encurtado ligeiramente), e foi formado com uma rosca 234. A extremidade macho 224 usualmente também foi aquecida e forjada para se aumentar sua espessura de parede e é roscada em 236. Este tipo de acoplamento não tem sido usado amplamente por causa do alto custo de forjar as extremidades, mas se o custo pudesse ser reduzido, o acoplamento 220 poderia ser prontamente usado.

[0039] Uma característica presente nos acoplamentos de resistência à fadiga mais alta 150, 190 e 220 das Fig. 7, 8 e 9, a qual não está presente no acoplamento de resistência à fadiga mais baixa da Fig. 6, concerne ao diâmetro de extremidade de tubo. Uma extremidade roscada, tal como 222 (Fig. 9) do acoplamento para fadiga mais alta tem um diâmetro externo maior, tal como B, do que o diâmetro externo A da maioria do comprimento da seção de tubo. No acoplamento de resistência à fadiga mais baixa, pelo menos uma extremidade de tubo (por exemplo, 122, 124 da Fig. 6) tem um diâmetro externo C não maior do que aquele diâmetro externo D da maioria do comprimento do tubo.

[0040] Nós podemos considerar o exemplo dado acima para a Fig. 5 para uma coluna de tubo de deposição em J instalada em um mar de uma profundidade de 1000 metros e se conectando a um poço submarino a 2000 metros de uma localização sob a extremidade superior da coluna de tubo, com seções de tubo cada uma de 24 metros de comprimento. A zona Az tem um comprimento de 792 metros e inclui 33 acoplamentos de tubo. A zona Cz tem um comprimento de 744 metros e tem 31 juntas de tubo. A zona Dz tem um comprimento de 432 metros e tem 18 juntas de tubo. O uso de 64 acoplamentos não de soldar ao invés de apenas um acoplamento de soldar resulta em uma economia de 200.000 dólares para a coluna de tubo. As colunas de tubo podem ter comprimentos muito mais longos se apoiando sobre o fundo do mar, e várias colunas de tubo podem ser instaladas durante o desenvolvimento de um campo, de modo que economias consideráveis podem ser realizadas pelos sistemas do

requerente.

[0041] Assim, a invenção provê um sistema de condutor submarino de catenária que se estende a partir de uma estrutura flutuante para baixo ao longo de uma curva primariamente de catenária até o fundo do mar, e ao longo do fundo do mar até uma localização que está distante (usualmente a pelo menos 600 metros) de uma posição sob a estrutura flutuante. O sistema usualmente é usado em uma região de mar que tem uma profundidade de mais de 600 metros. O requerente identifica zonas ao longo da coluna de tubo em que há uma probabilidade (por exemplo, de mais de 5%) de a coluna de tubo ser submetida a um torque de flexão repetido (pelo menos 1000 vezes) (por exemplo, da ordem de pelo menos 100 libras - pés (135,58 N-m) durante seu ciclo de vida de uso, e o requerente usa acoplamentos de resistência à fadiga mais alta, tais como os acoplamentos de soldar roscados da figura 7, ao longo daquelas zonas. O requerente também identifica zonas em que é quase certo (por exemplo, mais de 99% de certeza) que a coluna de tubo seja submetida a um torque de flexão repetido mínimo (por exemplo, menor do que metade do torque de 100 libras - pés (135,58 N-m) por 1000 vezes) e usa acoplamentos roscados não de soldar menos dispendiosos de resistência à fadiga mais baixa (usualmente menos da metade da resistência à fadiga alta) ao longo daquelas zonas, tais como os acoplamentos roscados em que uma rosca é cortada nas extremidades de tubo, conforme é mostrado na figura 6, e as extremidades de tubo roscado são conectadas por uma luva roscada internamente. O requerente usa juntas de tubo de resistência à fadiga mais alta por mais de 75% e,

preferencialmente, todas as juntas de tubo ao longo das zonas ativas, e usa juntas de tubo de resistência à fadiga mais baixa ao longo da maioria, preferencialmente, de pelo menos de 75% das juntas de tubo ao longo das zonas quiescentes. Em acoplamentos de resistência à fadiga mais alta, pelo menos uma extremidade de tubo geralmente tem um diâmetro externo maior do que aquele da maioria do comprimento de tubo, enquanto nos acoplamentos de resistência à fadiga mais baixa ambas as extremidades de tubo têm diâmetros externos não maiores do que aqueles do restante das seções de tubo.

[0042] Embora as modalidades em particular da invenção tenham sido descritas e ilustradas aqui, é reconhecido que modificações e variações podem ocorrer prontamente àqueles versados na técnica e, conseqüentemente, pretende-se que as reivindicações sejam interpretadas como cobrindo essas modificações e equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de condutor submarino de catenária incluindo uma coluna de tubo (44) formada por múltiplas seções de tubo (54, 56, 130, 132, 160, 162, 200, 202, 230, 232) conectadas em série em conexões de tubo (133, 163, 214, 233) com a coluna de tubo se estendendo a partir de uma estrutura flutuante (12) que flutua em um mar de uma profundidade de mar de uma pluralidade de centenas de metros até pelo menos uma localização predeterminada no leito do mar, em que a coluna de tubo tem uma porção de catenária (77) que fica na água e se estende em uma curva geralmente de catenária (78) a partir da estrutura flutuante até o fundo do mar e a coluna de tubo tem uma zona quiescente de fundo do mar (Az) que se apoia sobre o fundo do mar, a porção de catenária incluindo uma zona ativa de aterrissagem (Bz) que se estende a partir do fundo do mar até uma altura de uma pluralidade de metros acima do fundo do mar e uma zona ativa superior (Dz) que se estende uma pluralidade de metros abaixo da estrutura flutuante, com a coluna de tubo sendo submetida a flexão repetida na zona de aterrissagem (Bz) e na zona superior (Dz), conforme a estrutura flutuante se move, a porção de catenária também incluindo uma zona quiescente intermediária (Cz) que fica entre a zona ativa superior e a zona ativa de aterrissagem, o sistema **caracterizado** pelo fato de que as seções de tubo na zona superior (Dz), na zona intermediária (Cz), na zona de aterrissagem (Bz) e na zona de fundo do mar (Az) são formadas de aço, todas das conexões de tubo incluindo conexões roscadas (133, 163, 214, 233) entre extremidades de seções de tubo conectadas, em que as seções de tubo

conectadas em conexões de tubo (133) na zona de fundo do mar (Az) e na zona intermediária (Cz) possuem extremidades de tubo de diâmetro externo (C) não superior ao diâmetro de uma maioria de comprimentos de seções de tubo ao longo das referidas zonas (Az, Cz) e forma conexões de uma resistência à fadiga relativamente baixa, com seções de tubo conectadas em conexões de tubo (163, 214, 233) na zona superior (Dz) e na zona de aterrissagem (Bz) tendo pelo menos uma extremidade de tubo (222) de diâmetro externo superior (B) ao da maioria do comprimento da seção de tubo (230) formando conexões de resistência à fadiga mais alta.

2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de:

as referidas conexões de resistência à fadiga mais baixa (133) serem juntas não de soldar em que extremidades unidas de duas seções de tubo compreendem roscas (135, 137) formadas diretamente nas seções de tubo ao invés de em partes que são soldadas às seções de tubo, e as referidas conexões de tubo de resistência à fadiga mais alta (163, 214) são juntas de soldar que incluem partes roscadas (152, 204, 206) que são soldadas às extremidades das seções de tubo.

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de:

cada uma das referidas conexões de resistência à fadiga mais baixa (133) incluir roscas machos (135, 137) cortadas em cada uma de duas extremidades de seção de tubo, e também cada uma incluir uma luva (134) com uma rosca interna fêmea (136) que é encaixada de forma roscada com

ambas as extremidades de seção de tubo.

4. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de:

as referidas juntas de tubo de resistência à fadiga mais baixa serem usadas ao longo de ambas as referidas zonas quiescentes (Az e Cz) e as referidas juntas de tubo de resistência à fadiga mais alta serem usadas ao longo de ambas as referidas zonas ativas (Bz e Dz).

5. Método para instalação de uma coluna de tubo, de modo a se estender a partir de uma estrutura flutuante até uma localização predeterminada no fundo do mar através da conexão de forma repetida de seções de tubo de aço em série pelo uso de juntas de tubo para se estender uma coluna de tubo, e abaixando-se a extensão resultante da coluna de tubo para o mar para a criação de uma coluna de tubo com uma extremidade próxima na estrutura flutuante e uma extremidade distante oposta, e enquanto se opera um barco rebocador acoplado à extremidade distante da coluna de tubo, para se puxar a extremidade distante para longe da estrutura flutuante, conforme a coluna de tubo tem o comprimento aumentado, até uma configuração de coluna de tubo plenamente instalada ser atingida, em que uma porção próxima da coluna de tubo se estende em uma curva primariamente de catenária até o fundo do mar e uma porção do fundo do mar da coluna de tubo se estende a partir da porção próxima ao longo do fundo do mar até a referida localização predeterminada no fundo do mar, incluindo:

a conexão de cada par de extremidades adjacentes de um par de seções de tubo de um primeiro grupo de seções de tubo que são pretendidas para ficarem em uma zona (Az)

que se estende ao longo da referida porção de fundo do mar da coluna de tubo, em conexões de tubo de resistência à fadiga baixa;

a conexão de cada uma de um par de extremidades adjacentes de um par de seções de tubo de um segundo grupo de seções de tubo que são pretendidas para ficarem em uma zona de transição de aterrissagem (Bz) que se estende entre a referida porção de fundo do mar e uma altura acima do fundo do mar de mais de dez metros, com juntas de tubo de resistência à fadiga alta, cada uma tendo uma resistência à fadiga mais alta do que as referidas juntas de tubo de resistência à fadiga baixa, o método **caracterizado** pelo fato de formar conexões roscadas (133, 163, 214, 233) entre as extremidades das seções de tubo conectadas, em que a etapa de conexão de cada par de seções de tubo com uma conexão de tubo de fadiga baixa inclui estabelecer roscas (135, 137) em extremidades de seção de tubo que são integrais com, e de diâmetro externo não superior ao resto da seção de tubo correspondente e conectando junto as extremidades de seção de tubo em uma conexão roscada (133); e a referida etapa de conexão de um par de seções de tubo em uma conexão de resistência à fadiga alta inclui estabelecer uma extremidade de seção de tubo com uma rosca interna fêmea (166, 216, 234) e com um diâmetro externo superior ao de uma maioria do comprimento da seção de tubo, em conexão roscada com uma extremidade de seção de tubo macho.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de:

a referida etapa de conexão de cada par de seções

de tubo com uma conexão de tubo de resistência à fadiga baixa incluir o estabelecimento de roscas em extremidades de seções de tubo que são integrais com o restante da seção de tubo correspondente e conectando as extremidades de seção de tubo em uma conexão roscada; e

a referida etapa de conexão de um par de seções de tubo com uma junta de resistência à fadiga alta incluir a criação de uma junta soldada (170, 172, 210, 212) entre cada extremidade de seção de tubo e uma parte de conexão roscada, antes da transferência das seções de tubo para referida estrutura flutuante, e, mais tarde, a conexão de forma roscada em conjunto das partes de conexão roscada que são soldadas a um par de extremidades de seção de tubo.

FIG. 1

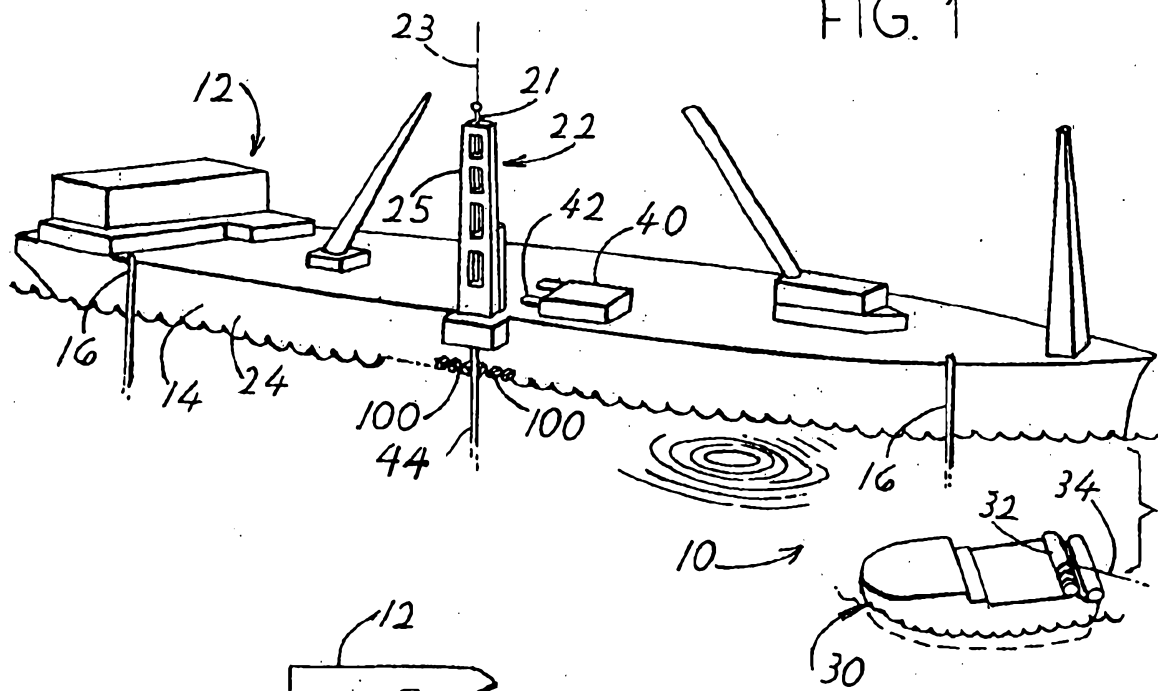


FIG. 2

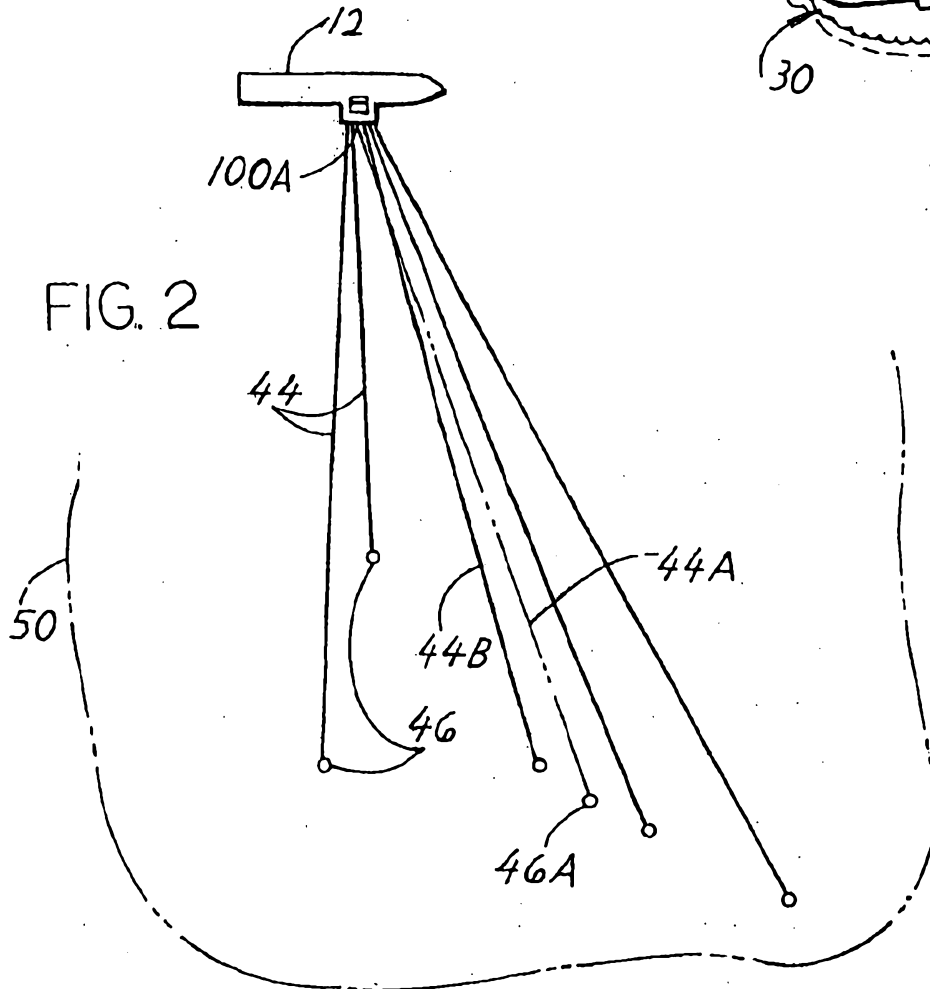
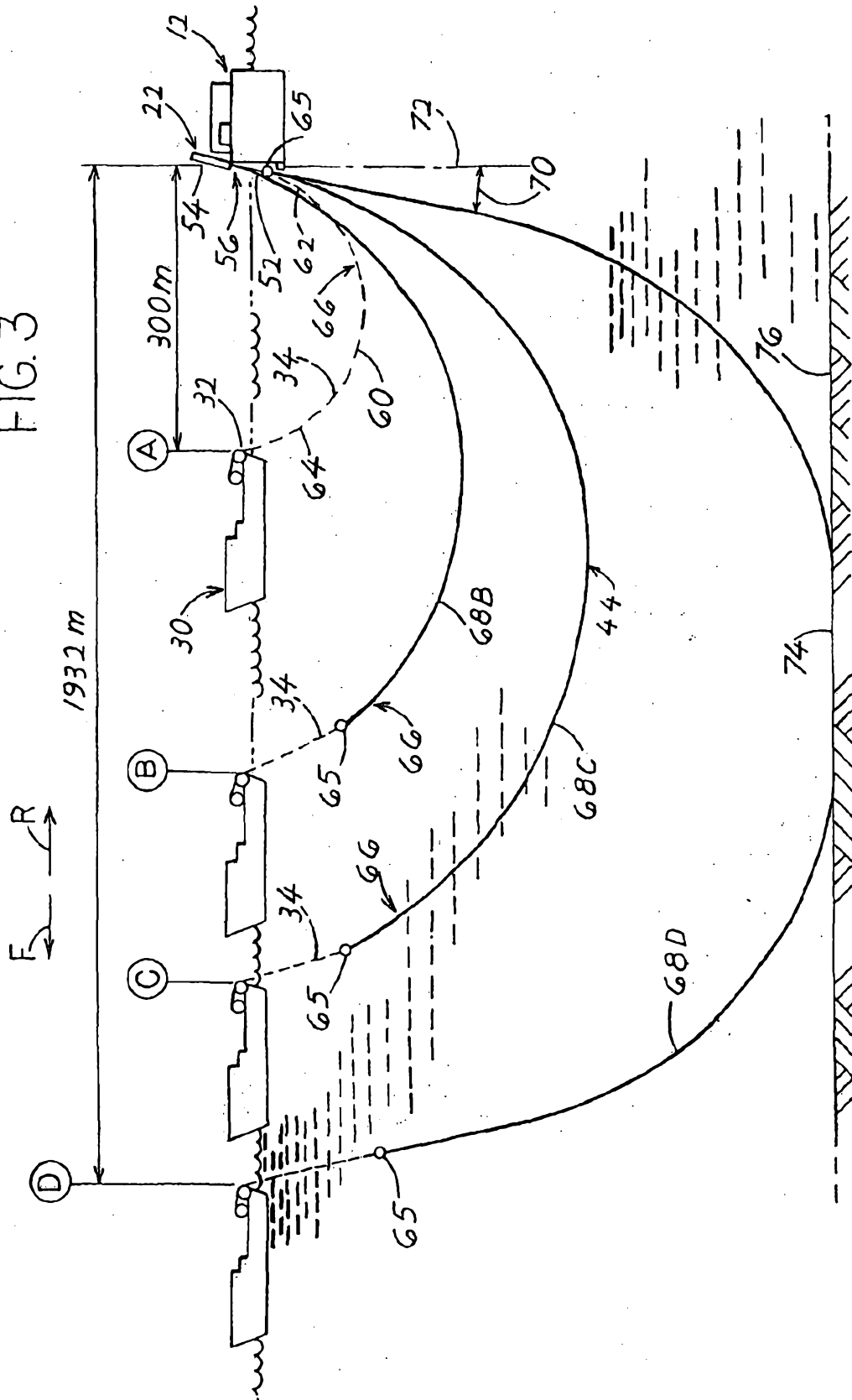


FIG. 3



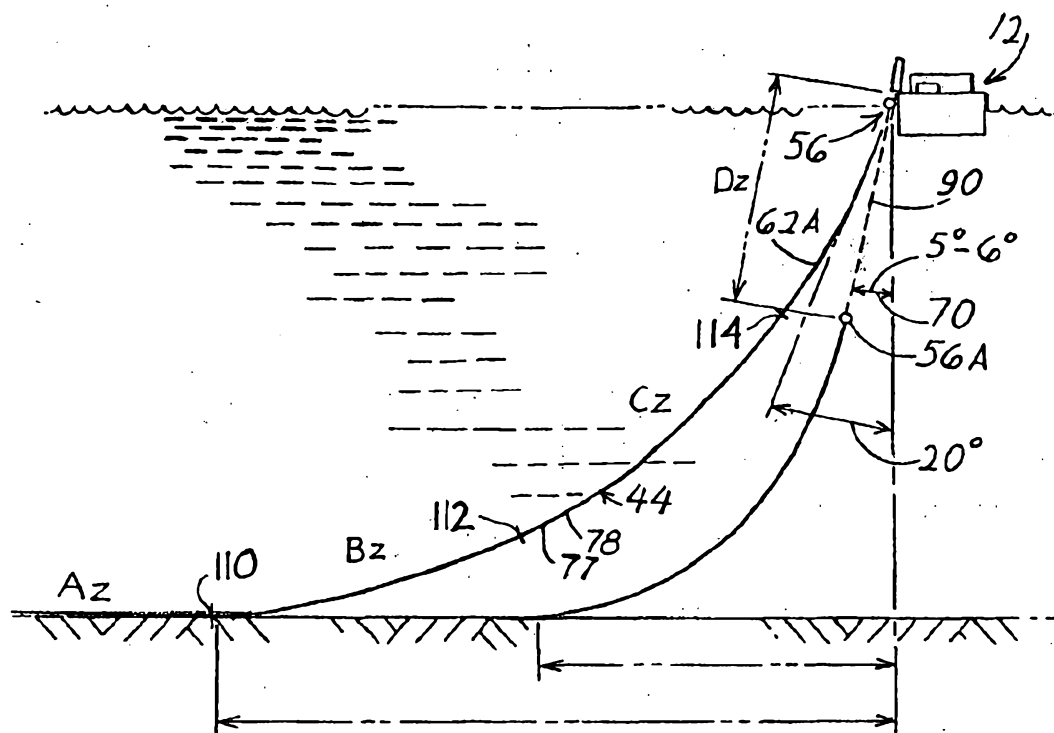


FIG. 5

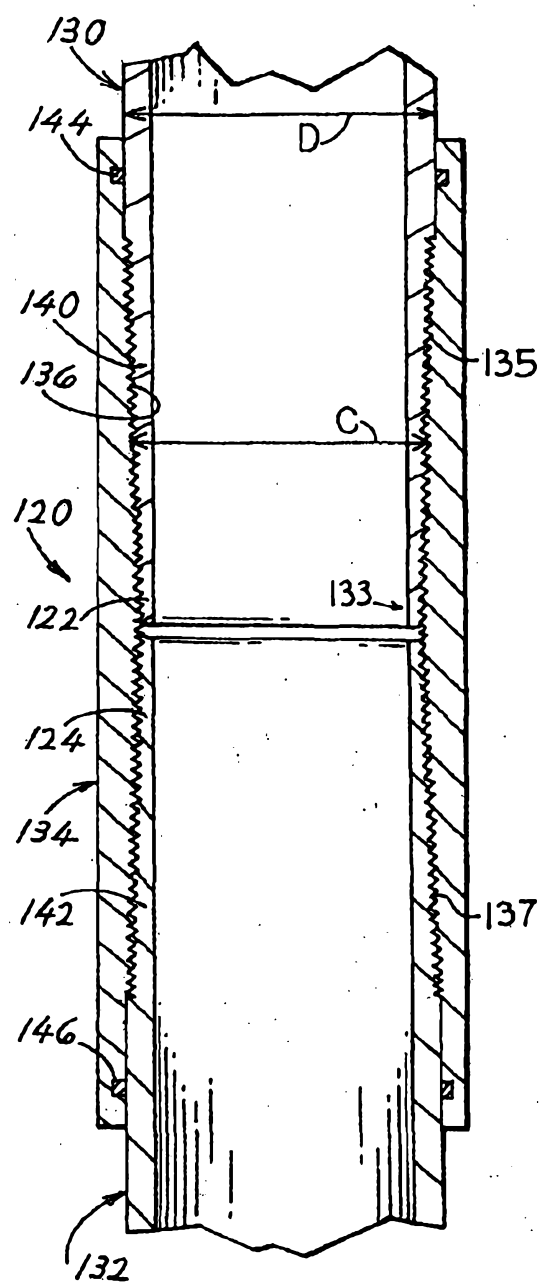


FIG. 6

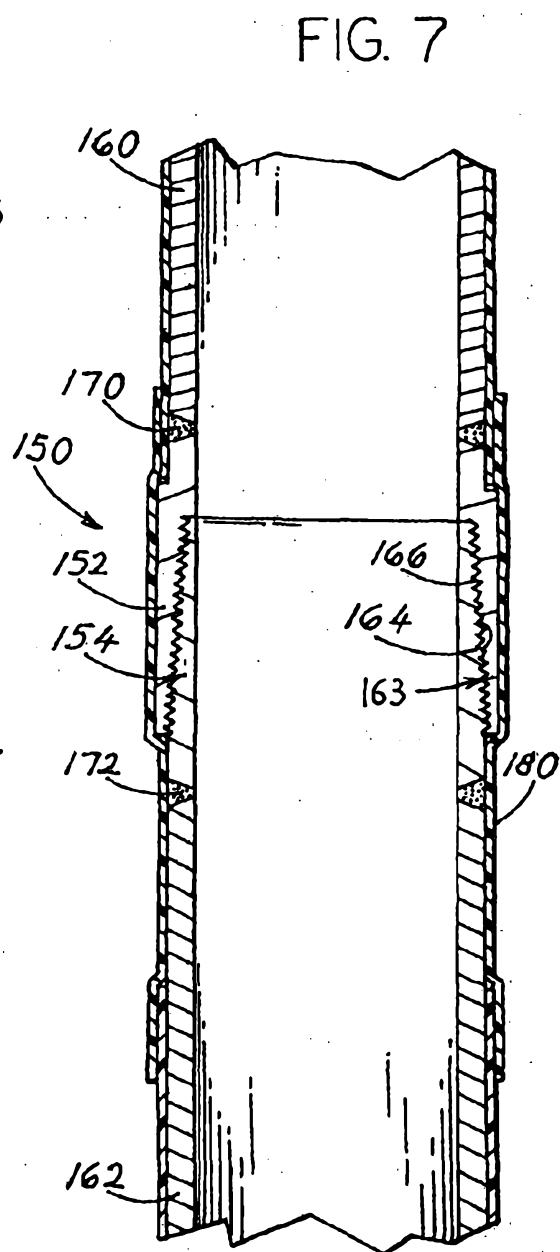


FIG. 7

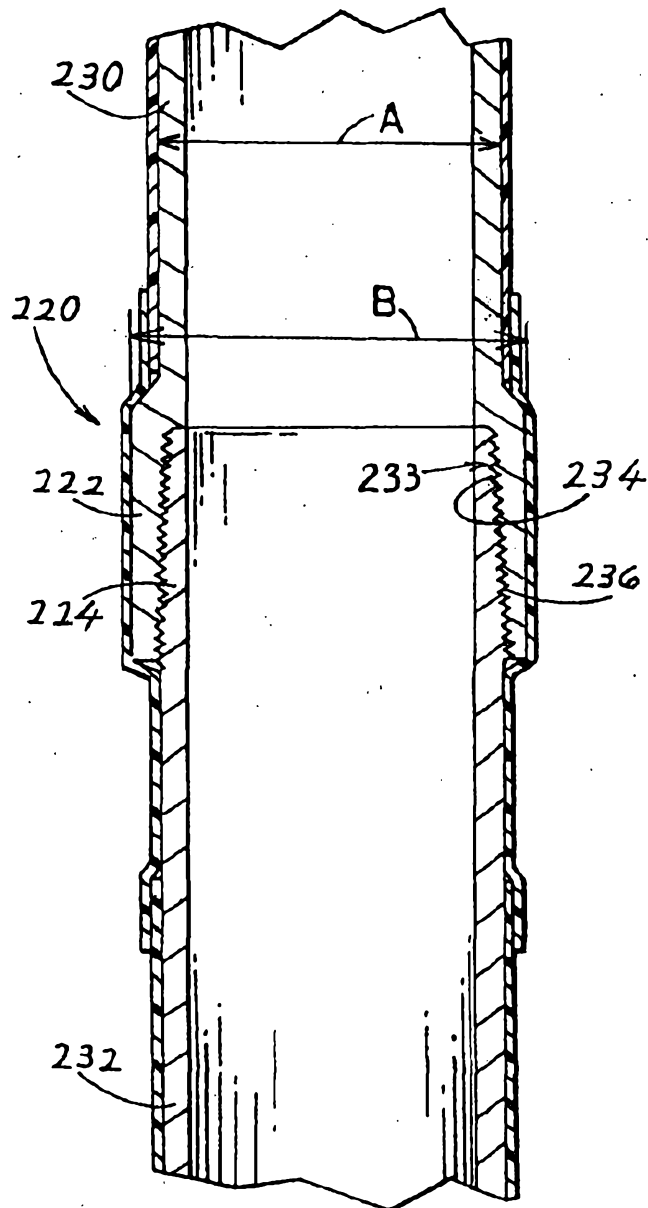
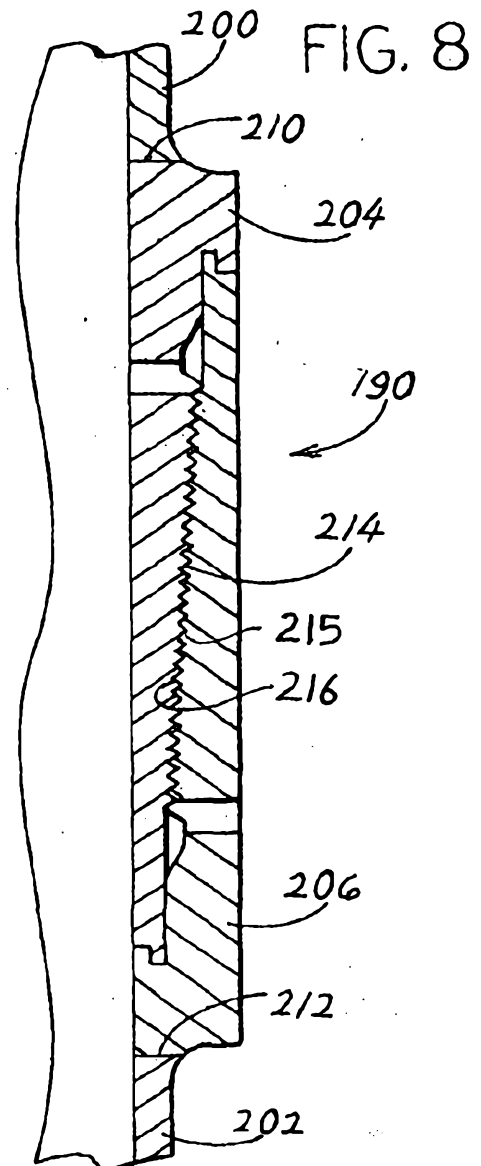


FIG. 9