



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

(11) PI 0519128-9 B1

(22) Data do Depósito: 16/12/2005

(45) Data de Concessão: 26/09/2017



(54) Título: SISTEMA E MÉTODO PARA MANTER ESCOAMENTO DE PRODUÇÃO EM UMA TUBULAÇÃO SUBMARINA

(51) Int.Cl.: E21B 23/08; E21B 37/00

(30) Prioridade Unionista: 20/12/2004 US 60/637,485

(73) Titular(es): SHELL INTERNATIONALE RESEARCH MAATSCHAPPIJ B. V.

(72) Inventor(es): SZABOLCS ROLAND BALKANYI; JAMES GEORGE BROZE; JOSEPH OSCAR ESPARZA; GREGORY JOHN HATTON; AJAY PRAFUL MEHTA; KUEI CHIEN TSAI; GEORGE JOHN ZOBARAS; MOYE WICKS III

“SISTEMA E MÉTODO PARA MANTER ESCOAMENTO DE PRODUÇÃO EM UMA TUBULAÇÃO SUBMARINA”

Campo da invenção

[0001] A presente invenção é orientada para um método e aparelho submarinos para tratar uma corrente de produção submarina.

Fundamento da invenção

[0002] Produção de hidrocarbonetos em um ambiente submarino é um processo intensivo em capital, consumidor de tempo, e desafiador. O custo de estruturas costa afora em águas profundas próximas ou hospedeiros para suportar exploração e produção tornou-se crescentemente proibitivo, particularmente em águas profundas (acima de 3.000 pés – 912 m). Produtores foram forçados a investigar a viabilidade econômica e técnica de sistemas de produção submarinos que são amarrados a estruturas costa afora existentes que podem estar afastados diversas milhas. Embora a corrente de produção possa deixar a cabeça de poço uma temperatura elevada, ela é rapidamente resfriada quando viaja diversas milhas em um ambiente de água profunda onde temperaturas podem ser da ordem de 5°C.

[0003] Uma corrente de produção submarina pode ser constituída de água ou salmoura, gás e petróleo, juntamente com sólidos dissolvidos, tais como graxas, asfaltenos, sais orgânicos e inorgânicos. Em altas temperaturas e pressões os sólidos dissolvidos permanecem em solução. Contudo, uma vez que a corrente de produção deixa a cabeça de poço, ela começa a esfriar e a pressão é reduzida quando comparada à pressão na cabeça de poço. Estas mudanças em temperatura e pressão resultam em os sólidos dissolvidos se precipitarem e na criação de novos sólidos. Sais inorgânicos podem precipitar como escamas na tubulação; os asfaltenos dissolvidos irão formar sólidos que podem aderir às paredes internas da tubulação. Além disto, o gás e a água podem reagir para formar sólidos que podem aderir da mesma maneira às paredes da tubulação. Quando os sólidos precipitam e se formam hidratos

sólidos, com o tempo eles podem reduzir a vazão da tubulação e a produção do poço. Estes mecanismos de precipitação de sólidos e criação de hidratos sólidos são bem conhecidos na técnica e foram o tema de estudo. O campo de tecnologia de produção submarina, que lida com manter escoamento de produção desejado é genericamente referido como garantia de escoamento.

[0004] Alguns esforços foram orientados para determinar se a “lisura” interna da linha de escoamento ou tubulação pode ser melhorada para impedir aderência de cera a paredes da tubulação. De maneira similar, revestimentos, sejam aplicados internamente ou aplicados ao escoamento, foram estudados para determinar se eles podem impedir que sólidos adiram às paredes da tubulação. Ver as Patentes US 5.254.366 e 5.020.561 que são aqui com isto incorporadas para referência em sua totalidade. Até agora não há sucesso em implementações de campo destas técnicas.

[0005] Outro meio de garantia de escoamento foi orientado para modificar o próprio ambiente da tubulação. Tubo isolado tal como a Patente US 6.079.452 ou sistema de tubo em tubo tal como a Patente US 6.145.547 se tornaram comuns. Contudo, estes sistemas somente tentam melhorar os efeitos de frio submarino ou pressão operacional. Sobre grandes distâncias, mesmo tubo isolado pode não ser efetivo em impedir deposição e entupimento de tubulação. Uma variação do tema de tentar controlar o ambiente da tubulação é a utilização de tubo aquecido eletricamente ou tubo em tubo aquecido eletricamente. Ver as Patentes US 6.278.095 e 6.292.627. Estes sistemas podem ser efetivos, porém requerem significativamente mais tubulação cara e sistemas de suporte e de aquecimento. Para distâncias de transporte extremamente longas os custos associados com estes tipos de sistemas podem ser proibitivos.

[0006] Um outro meio de garantia de escoamento é a injeção de substâncias que impedem bloqueio da corrente de produção. Comuns entre estes estão inibidores termodinâmicos tais como metanol e glicol. Neste tipo

de sistema, inibidor é bombeado através de linhas de escoamento umbilicais a partir da estrutura costa afora para a qual a corrente de produção está escoando até um ponto junto à cabeça de poço de produção submarina e injetado na corrente de produção cedo em seu transporte. Estes tipos de sistemas requerem a deposição e controle de sistemas umbilicais de comprimento longo, bem como meios de bombeamento para bombear o inibidor para fora até os pontos de injeção. Se o inibidor é separado do escoamento de produção no hospedeiro, ele deve ou ser descartado ou reciclado para uso continuado de garantia de escoamento. O equipamento para suportar separação e reciclagem ou descarte toma espaço da plataforma da estrutura costa afora que poderia ser de resto forma usado para outras atividades relacionadas à produção. Assim, garantia de escoamento química, embora efetiva, permanece uma maneira cara de lidar com o problema.

[0007] Um outro método mecânico de lidar com alguns problemas de garantia de escoamento é a utilização de dispositivos de limpeza de tubulação conhecidos comumente como pistões raspadores (“pigs”). Existem inúmeras configurações de pistão raspador que foram utilizadas, todas tendo a mesma idéia básica em que o diâmetro do pistão raspador corresponde de forma próxima ao diâmetro interno da linha de escoamento ou tubulação. Um pistão raspador é introduzido na corrente de escoamento e raspa depósitos de cera e escamas da parede interna da tubulação. Um manipulador de pistão raspador é projetado para lançar um pistão raspador através de uma linha de escoamento e receber o pistão raspador ao final da corrida e relançar o pistão raspador como requerido para manter limpa uma linha de escoamento. Houveram numerosos sistemas de manipulação de pistão raspador utilizados em diversas indústrias durante os anos, como divulgado nas Patentes US 2801824, 4079782, 4124065, 4283807, 4350202, 4420038, 4556102, 4566533, 5284581, 5286376, 5427680, 5676848, 5888407, 6070417, 6336238, 6409843, 6412135 e 6569255. Especificamente, o documento US6569255

descreve um método de limpeza de tubulação um aquecedor operacional, no qual a tubulação tem uma entrada e uma saída. Enquanto o aquecedor está em operação, um pistão raspador oco, metálico e/ou de malha tubular passa através da tubulação da entrada para a saída. A limpeza deve ser feita antes que o contaminante tenha endurecido. Um pistão raspador de tubulação melhorado, preferencialmente oco, metálico e/ou feito de malha tubular, tem arestas de raspagem feitas de bordos longitudinais de um fio. A malha tubular pode ser uma feita em malha, tecida ou pode ser atada. O pistão raspador é, preferencialmente, radialmente expansível em até duas vezes o seu raio quando totalmente comprimido, e pode ter um expansor para forçá-lo radialmente para fora. O pistão raspador é, preferencialmente, feito de um fio resiliente tendo uma seção transversal poligonal.

[0008] No contexto das tubulações costa afora e linhas de escoamento, sistemas de lançamento/recebimento de pistão raspador podem ter base submarina como ilustrado na Patente US 6.336.238 ou eles podem ser suportados em uma estrutura costa afora como ilustrado na Patente US 5.842.816.

[0009] A utilização de pistões raspadores baseados em hospedeiros de sistemas de pistão raspador foi efetiva em algum grau em sistemas submarinos de águas profundas. Contudo, eles também têm algumas desvantagens. Ao ser depositado em longos trechos submarinos o material raspado do interior da parede da tubulação tende tipicamente a formar uma batelada aglomerada que requer aumentar a pressão para empurrar o pistão raspador através da linha de escoamento, diminuindo ainda mais a produção.

[00010] Uma técnica recente e que está sendo explorada é a idéia de garantia de escoamento frio. Esta técnica utiliza o ambiente submarino frio para precipitar sólidos de forma intencional a partir da corrente de produção, utilizando um trocador de calor dedicado, ou malha de resfriamento. A corrente de produção deixar a cabeça de poço e penetra na malha de

resfriamento. A geometria e comprimento da malha de resfriamento é uma função da temperatura da água profunda do mar, a temperatura, pressão e composição da produção e as temperaturas e pressões nas quais se formam os sólidos. Em seguida à precipitação, a corrente de produção penetra na linha de escoamento ou tubulação. Reconhecendo que os sólidos irão se acumular na malha de resfriamento, a malha de resfriamento é equipada com seu próprio sistema de pistão raspador. O pistão raspador é liberado periodicamente para limpar a malha de resfriamento. Exemplos deste tipo de sistema estão mostrados nas Patentes US 6.656.366 e 6.070.417. Especificamente, o documento US 6.656.366 descreve um método para reduzir a acumulação de sólidos em correntes de hidrocarbonetos produzidas a partir de poços, em que um ciclo de tratamento rapidamente resfria, mistura ou muda a pressão de uma corrente de fluido de entrada enquanto um dispositivo de pressão acionado proporciona uma limpeza contínua e produção de pasta.

Sumário da presente invenção

[00011] Em um aspecto, a presente invenção fornece um método e aparelho para um sistema de garantia de escoamento frio submarino. Conceitualmente o processo de escoamento frio pode ser dividido em diversas etapas. A primeira etapa enfrenta o aspecto de resfriamento do sistema. Este inclui identificar a composição dos hidrocarbonetos produzidos, bem como a temperatura da cabeça de poço e pressões da cabeça de poço. Esta informação é utilizada para determinar a dimensão e geometria da malha de resfriamento com modelos termodinâmicos que predizem a resposta de corrente de hidrocarbonetos produzida para condições de resfriamento. De maneira ideal, a malha de resfriamento é modelada e projetada para fazer com que a temperatura da corrente de produção se aproxime daquela temperatura ambiente da água do mar. A corrente de produção então penetra na linha de escoamento de produção ou tubulação de produção. Embora a linha de escoamento ou tubulação principal possa também incluir alguma maneira de

garantia de escoamento, seus requisitos seriam enormemente reduzidos.

[00012] A segunda etapa é direcionada ao gerenciamento dos sólidos que depositam ou decantam na malha de resfriamento e preparar os retornos de pistão raspador para transporte para a estrutura costa afora. Como observado acima, isto inclui um sistema manipulador de pistão raspador submarino para raspar os sólidos depositados ou decantados para fora da malha de resfriamento. O objetivo de passar o pistão raspador pela malha de resfriamento é criar uma lama não aglomerada de materiais depositados, a qual é combinada com o escoamento de produção. A lama é então carregada através da tubulação, com deposição mínima na linha de escoamento ou paredes da tubulação. O segundo módulo pode ainda incluir dispositivos de condicionamento mecânico na malha de resfriamento, para acondicionar ainda mais a lama para transporte na linha de escoamento. Além disto, ela pode incluir sistemas de tratamento projetados para limpar e recondicionar os pistões raspadores para utilização continuada na malha de resfriamento.

[00013] A terceira etapa lida com a modelagem da lama, para assegurar que os sólidos produzidos não entopem a linha de escoamento. Isto poderia incluir dispositivo para monitorar o desempenho da linha de escoamento e poderia incluir dispositivo de monitoramento submarino para determinar se o sistema de gerenciamento de sólidos está operando de maneira adequada para criar uma lama, em oposição a criar uma batelada que poderia impedir a vazão da linha de escoamento.

Breve descrição dos desenhos

[00014] Um melhor entendimento da presente invenção pode ser obtido com referência à descrição detalhada da configuração preferencial em conjunto com os desenhos, nos quais

[00015] A figura 1 é um delineamento de um trocador de calor de escoamento em contracorrente de tubo em tubo;

As figuras 2 a 4 são plotagens de comprimentos de trocador de

calor e transferência de calor global para um tubo nu e trocadores de calor tubo em tubo em escoamento em contracorrente sob condições variáveis de corrente submarina;

A figura 5 é um delineamento de uma instalação submarina na qual diversos poços alimentam um coletor conectado a um sistema de troca de calor de malha única de tubo nu;

A figura 6 é uma vista externa de uma configuração de um manipulador de pistão raspador;

A figura 7 é uma vista invisível do manipulador de pistão raspador na figura 6;

A figura 8 é um desenho de trajeto de escoamento de uma configuração alternativa do manipulador de pistão raspador da figura 6;

A figura 9 é uma vista simplificada de um sistema armazenador de pistão raspador como utilizado na presente invenção;

A figura 10 é uma vista externa de um manipulador de pistão raspador do tipo esfera rotativa;

A figura 11 é um desenho de trajeto de escoamento do manipulador de pistão raspador do tipo esfera da figura 10;

A figura 12 é uma vista invisível de um manipulador de pistão raspador do tipo revólver;

A figura 13 é um desenho de escoamento de trajeto de escoamento de um manipulador de pistão raspador revólver duplo;

A figura 14 é uma vista externa de um manipulador de pistão raspador de bloco deslizante; e

A figura 15 é um desenho de trajeto de escoamento de um manipulador de pistão raspador de bloco deslizante.

Descrição detalhada da configuração preferencial

[00016] Em uma configuração é divulgado um sistema para manter escoamento de produção em uma tubulação submarina que tem uma

extremidade proximal e uma extremidade distal, a tubulação estando em comunicação direta com um hospedeiro em uma extremidade distal, o sistema compreendendo um manipulador de pistão raspador que tem um sistema de entrada em comunicação direta com pelo menos um poço submarino para receber o escoamento da produção de hidrocarbonetos e um sistema de saída em comunicação direta com a extremidade proximal da tubulação; um trocador de calor submarino, o trocador de calor tendo uma entrada em comunicação direta com o sistema de entrada do manipulador de pistão raspador e uma saída em comunicação direta com o sistema de saída do manipulador de pistão raspador, no qual a temperatura do escoamento de produção de hidrocarbonetos é reduzida de maneira suficiente para fazer com que se formem sólidos; um sistema de lançamento de pistão raspador por meio do qual um pistão raspador pode ser colocado de maneira seletiva no escoamento de produção de hidrocarbonetos através do sistema de entrada do manipulador de pistão raspador, lançar o pistão raspador para o interior do trocador de calor para remover sólidos depositados a partir do trocador de calor, um sistema de recepção de pistão raspador por meio do qual o pistão raspador pode ser removido do escoamento de produção de hidrocarbonetos através do sistema de saída do manipulador de pistão raspador antes da introdução do escoamento de produção e na tubulação submarina, e um dispositivo indexador do manipulador de pistão raspador no qual um pistão raspador que penetrou no sistema de recebimento de pistão raspador pode ser posicionado no sistema de lançamento de pistão raspador para reutilização. Em algumas configurações o sistema também inclui um coletor submarino em comunicação direta com diversos poços submarinos e o manipulador de pistão raspador. Em algumas configurações o sistema de manipulação de pistão raspador é constituído de uma carcaça externa vedada à prova de água, um corpo interno que tem pelo menos duas passagens através dele, que pode ser girado para fornecer um trajeto de fluido em comunicação direta vedada com

o sistema de entrada no manipulador de pistão raspador e a entrada do trocador de calor, um trajeto de fluido em comunicação direta vedada com a saída do trocador de calor e o sistema de saída do manipulador de pistão raspador; uma posição de armazenagem do pistão raspador conectada à carcaça, dispositivo para carregar um pistão raspador para uma passagem a partir da posição de armazenagem do pistão raspador e para descarregar um pistão raspador a partir de uma passagem para a posição de armazenagem do pistão raspador, e dispositivo para girar o corpo interno dentro da carcaça externa para lançar um pistão raspador armazenado em uma passagem trazendo-o em comunicação direta com o escoamento da produção de hidrocarbonetos ou girando o corpo interno para trazer uma passagem para comunicações diretas com a posição de armazenagem do pistão raspador. Em algumas configurações o sistema de lançamento do pistão raspador e o sistema de recebimento do pistão raspador são isolados termicamente. Em algumas configurações o sistema também inclui um armazenador de suprimento de pistão raspador para armazenagem de pistões raspadores e um armazenador de descarga de pistão raspador para armazenagem de pistões raspadores usados, dispositivo para avançar de maneira seletiva um pistão raspador a partir do armazenador de suprimento para uma passagem no corpo interno; e dispositivo para avançar de maneira seletiva um pistão raspador usado para o interior do armazenador de descarga a partir de uma passagem no corpo interno. Em algumas configurações dito manipulador de pistão raspador, sistema de lançamento de pistão raspador, sistema de recebimento de pistão raspador e dispositivo de giro do manipulador de pistão raspador são recuperáveis. Em algumas configurações o dispositivo para avançar os pistões raspadores de maneira seletiva é constituído de um sistema hidráulico mecânico. Em algumas configurações o sistema também inclui um conduto de fluido de contorno entre o poço submarino e a entrada do trocador de calor. Em algumas configurações o sistema também inclui um conduto de fluido de

contorno entre a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação. Em algumas configurações o escoamento de produção através dos contornos pode ser controlado de maneira seletiva. Em algumas configurações o trocador de calor é um tubo no ambiente submarino. Em algumas configurações o trocador de calor é um sistema de tubo em tubo de refrigerante forçado que tem tubos interno e externo, no qual a produção escoar através do tubo interno e refrigerante escoar através do anel formado entre os tubos interno e externo, em uma direção contrária à direção do escoamento de produção. Em algumas configurações o refrigerante é água do mar. Em algumas configurações o sistema também inclui dispositivo bomba para forçar o refrigerante através no anel.

[00017] Em uma configuração é divulgado um sistema para manter escoamento de produção de hidrocarbonetos multifásico em uma tubulação submarina que tem uma extremidade proximal e uma extremidade distal, a tubulação está em comunicação direta com pelo menos um poço submarino na extremidade proximal e um hospedeiro em uma extremidade distal, o sistema compreendendo um trocador de calor submarino, o trocador de calor tendo uma entrada e uma saída, no qual a temperatura do escoamento de produção de hidrocarbonetos é reduzida de maneira suficiente para fazer com que se formem sólidos; um manipulador de pistão raspador, o manipulador de pistão raspador tendo um sistema de entrada em comunicação direta com o pelo menos um poço submarino e o sistema de saída em comunicação direta com a extremidade proximal da tubulação, o manipulador de pistão raspador ainda estando em comunicação com a entrada e a saída do trocador de calor, o manipulador de pistão raspador ainda incluindo um sistema de lançamento de pistão raspador por meio do qual um pistão raspador pode ser lançado de maneira seletiva na entrada do trocador de calor para remover sólidos depositados dentro do trocador de calor, e um sistema de recebimento de pistão raspador por meio do qual o pistão raspador pode ser removido do

escoamento de produção de hidrocarbonetos através do sistema de saída do manipulador de pistão raspador antes da introdução do escoamento de produção na tubulação submarina; e um conduto de fluido de contorno do sistema de entrada entre o poço submarino e a entrada no trocador de calor. Em algumas configurações o sistema também inclui um conduto de fluido de contorno entre a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação. Em algumas configurações o escoamento de produção de hidrocarbonetos através de pelo menos um contorno pode ser controlado de maneira seletiva. Em algumas configurações o sistema também inclui uma carcaça externa vedada que tem entradas em comunicação direta com o poço submarino e a saída do trocador de calor e saídas em comunicação direta com a entrada do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação; um corpo interno de vedação vedando dentro da carcaça externa, o corpo interno tendo pelo menos uma passagem através de todo ele, tendo um dispositivo batente em uma extremidade da passagem, a passagem adaptada para receber um pistão raspador, no qual o corpo interno é girado para colocar o dispositivo batente próximo à entrada no corpo externo em comunicação direta com o poço submarino, a passagem que suporta um pistão raspador estando em comunicações diretas com o poço submarino e a entrada do trocador de calor, o escoamento de produção de hidrocarboneto lançando o pistão raspador na passagem para o interior do trocador de calor, e o corpo interno é girado para colocar o dispositivo batente próximo à saída do manipulador de pistão raspador até a extremidade proximal da tubulação, a passagem estando em comunicação direta com a saída do trocador de calor e a tubulação, com isto o dispositivo batente capturando o pistão raspador. Em algumas configurações o sistema também inclui uma localização de armazenagem de pistão raspador conectada à carcaça externa, na qual o corpo interno pode ser girado para permitir comunicações diretas entre a localização de armazenagem de pistão raspador e uma passagem interna do corpo. Em

algumas configurações o sistema também inclui um armazenador de pistão raspador e um armazenador de descarga de pistão raspador; e dispositivo para carregar um pistão raspador a partir de dito armazenador de suprimento de pistão raspador para uma passagem, e descarregar um pistão raspador a partir de uma passagem para o armazenador de descarga de pistão raspador. Em algumas configurações o dispositivo para carregar e descarregar pistões raspadores é constituído de dispositivo hidráulico ou mecânico. Em algumas configurações o trocador de calor é um tubo no ambiente submarino. Em algumas configurações o trocador de calor é um sistema de tubo em tubo de refrigerante forçado que tem tubos interno e externo, no qual a produção escoia através do tubo interno e o refrigerante escoia através do anel formado entre os tubos interno e externo em uma direção contrária à direção do escoamento da produção. Em algumas configurações o refrigerante é água do mar. Em algumas configurações o sistema também inclui dispositivo bomba para forçar o refrigerante através do anel. Em algumas configurações o sistema também inclui um coletor submarino em comunicação direta com diversos poços submarinos e o manipulador de pistão raspador.

[00018] Em uma configuração é divulgado um sistema para manter escoamento da produção em uma tubulação submarina que tem uma extremidade proximal e uma extremidade distal, a tubulação sendo conectada a pelo menos um poço submarino na extremidade proximal e a um hospedeiro na extremidade distal, o sistema compreendendo um trocador de calor submarino, o trocador de calor tendo uma entrada e uma saída, no qual a temperatura do escoamento da produção de hidrocarbonetos é reduzida o suficiente para fazer com que se formem sólidos, a entrada do trocador de calor estando em comunicação direta com pelo menos um poço submarino; um manipulador de pistão raspador que compreende uma carcaça externa vedada; um corpo interno que tem pelo menos uma passagem através dele; uma localização de armazenagem de pistão raspador; dispositivo para colocar

de maneira seletiva a passagem em comunicações diretas com a entrada no trocador de calor na localização de armazenagem de pistão raspador ou a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação; um conduto de contorno de fluido entre o poço submarino e a entrada do trocador de calor; dispositivo para avançar um pistão raspador para dentro ou para fora de uma passagem interna do corpo a partir de, ou para a localização de armazenagem de pistões raspadores; e dispositivo para avançar o pistão raspador para o interior da entrada do trocador de calor. Em algumas configurações o sistema também inclui o dispositivo utilizado que compreende um sistema hidráulico ou mecânico. Em algumas configurações o trocador de calor é um tubo no ambiente submarino. Em algumas configurações o trocador de calor é um sistema de tubo em tubo de refrigerante forçado que tem tubos interno e externo, no qual a produção escoo através do tubo interno e refrigerante escoo através do anel formado entre os tubos interno e externo em uma direção contrária à direção de escoamento da produção. Em algumas configurações o refrigerante é água do mar. Em algumas configurações o sistema também inclui dispositivo bomba para forçar o refrigerante através do anel. Em algumas configurações o sistema também inclui um coletor submarino em comunicação direta com diversos poços submarinos e a entrada do trocador de calor.

[00019] Em uma configuração é divulgado um sistema para manter escoamento de produção em uma tubulação submarina que tem uma extremidade proximal e uma extremidade distal, a tubulação sendo conectada a pelo menos um poço submarino na extremidade proximal e a um hospedeiro na extremidade distal, o sistema compreendendo um trocador de calor submarino, o trocador de calor tendo uma entrada e uma saída, no qual a temperatura do escoamento de produção é reduzida o suficiente para fazer com que se formem sólidos, a entrada do trocador de calor estando em comunicação direta com pelo menos um poço submarino; um manipulador de

pistão raspador que compreende uma carcaça vedada externa, a carcaça externa fornecendo um trajeto a partir de pelo menos um poço submarino para a entrada do trocador de calor e um trajeto a partir da saída do trocador de calor até a extremidade proximal da tubulação; um corpo interno giratório dentro da carcaça externa, o interno tendo pelo menos duas passagens através dele, e uma localização de armazenagem de pistão raspador; dispositivo para girar de maneira seletiva as passagens no corpo interno para fornecer trajetos de fluido entre (i) o poço submarino e a entrada do trocador de calor em comunicações diretas, (ii) a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação, ou (iii) a localização de armazenagem de pistão raspador; dispositivo para avançar o pistão raspador para dentro para fora de uma passagem no corpo interno a partir da ou para a localização de armazenagem de pistão raspador; e dispositivo para avançar o pistão raspador para a entrada do trocador de calor. Em algumas configurações o dispositivo utilizado compreende um sistema ativado mecanicamente ou mecânico. Em algumas configurações o trocador de calor é um tubo no ambiente submarino. Em algumas configurações o trocador de calor é um sistema de tubo em tubo de refrigerante forçado, que tem tubos interno e externo, no qual a produção escoar através do tubo interno e o refrigerante escoar através do anel formado entre os tubos interno e externo em uma direção contrária à direção do escoamento da produção. Em algumas configurações o refrigerante é água do mar. Em algumas configurações o sistema também inclui dispositivo bomba para forçar o refrigerante através do anel. Em algumas configurações o sistema também inclui um coletor submarino em comunicação direta com diversos poços submarinos e a entrada do trocador de calor.

[00020] Em uma configuração é divulgado um sistema para manter escoamento da produção em uma tubulação submarina que tem uma extremidade proximal e uma extremidade distal, a tubulação sendo conectada a pelo menos um poço submarino na extremidade proximal e a um hospedeiro

na extremidade distal, o sistema compreendendo um trocador de calor submarino, o trocador de calor tendo uma entrada e uma saída, no qual a temperatura do escoamento da produção de hidrocarbonetos é reduzida o suficiente para fazer para que sólidos se formem; um manipulador de pistão raspador que compreende uma carcaça externa vedada, a carcaça tendo uma entrada em comunicação direta com pelo menos um poço submarino, a entrada ainda incluindo uma válvula controlada de maneira seletiva que tem uma posição aberta e uma posição fechada, a carcaça tendo uma saída em comunicação direta com a entrada do trocador de calor, a saída ainda incluindo uma válvula controlada de maneira seletiva que tem uma posição aberta e uma posição fechada; a carcaça ainda tendo uma entrada em comunicação direta com a saída do trocador de calor e ainda incluindo uma válvula controlada de maneira seletiva que tem uma posição aberta e uma posição fechada, a carcaça ainda tendo uma saída em comunicação direta com a tubulação, ainda incluindo uma válvula controlada de maneira seletiva que tem uma posição aberta e uma posição fechada, um corpo interno dentro da carcaça, o corpo tendo pelo menos uma passagem através de todo ele adaptada para receber um pistão raspador; as válvulas da carcaça em comunicação direta com pelo menos um poço submarino e a entrada do trocador de calor em uma posição aberta lançando um pistão raspador a partir de uma passagem que suporta o pistão raspador para o interior do trocador de calor quando dita passagem está em comunicação direta com o poço submarino e a entrada do trocador de calor, e as válvulas da carcaça em comunicação direta com a tubulação e a saída do trocador de calor em uma posição aberta, que recebe o pistão raspador a partir da saída do trocador de calor quando dita passagem está em comunicação direta com a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação; e um conduto de contorno entre o pelo menos um poço submarino e a entrada do trocador de calor, através da qual o escoamento é restringido ou pode ser restringido com

uma válvula controlada de maneira seletiva. Em algumas configurações a carcaça externa é ainda conectada a uma localização de armazenagem de pistão raspador, na qual o corpo interno do manipulador de pistão raspador pode ser girado para permitir movimento de um pistão raspador entre uma passagem interna do corpo e a localização de armazenagem. Em algumas configurações a localização de armazenagem do pistão raspador é constituída de um armazenador de suprimento de pistão raspador, um armazenador de descarga de pistão raspador; e dispositivo para mover um pistão raspador do armazenador de suprimento de pistão raspador para uma passagem, ou ejetar de uma passagem para o armazenador de descarga de pistão raspador. Em algumas configurações os pistões raspadores são carregados ou ejetados utilizando sistemas hidráulicos ou mecânicos.

[00021] Em uma configuração é divulgado um sistema para manter escoamento de produção em uma tubulação submarina que tem uma extremidade proximal e uma extremidade distal, a tubulação sendo conectada a pelo menos um poço submarino na extremidade proximal e a um hospedeiro em uma extremidade distal, o sistema compreendendo um trocador de calor submarino, o trocador de calor tendo uma entrada e uma saída, no qual a temperatura do escoamento da produção de hidrocarbonetos é reduzida o suficiente para fazer com que se formem sólidos; pelo menos dois corpos giratórios, cada um dentro de uma carcaça externa vedada e que tem pelo menos uma passagem através dela, uma das carcaças sendo conectada a pelo menos um poço submarino e à entrada do trocador de calor, a outra carcaça sendo conectada à saída do trocador de calor e à extremidade proximal da tubulação, no qual um corpo é girado para colocar uma passagem que suporta pistão raspador em comunicação direta com o poço submarino e a entrada no trocador de calor para lançar o pistão raspador para o trocador de calor, para remover sólidos depositados, e o outro corpo tendo passagem girada para estar em comunicação direta com a saída do trocador de calor e extremidade

proximal da tubulação e adaptada para receber o pistão raspador e removê-lo do escoamento para a tubulação, os pelo menos dois corpos sendo conectados por um conduto para transferência de um pistão raspador de um corpo para o outro. Em algumas configurações os corpos têm pelo menos duas passagens através deles. Em algumas configurações o sistema também inclui um conduto de contorno entre o poço submarino e a entrada do trocador de calor e/ou um conduto de contorno entre a saída do trocador de calor e a tubulação, cada contorno com escoamento restringido ou uma válvula controlada de maneira seletiva para restringir o escoamento, no qual o primeiro conduto de contorno fornece trajeto de fluido entre o poço submarino e a entrada do trocador de calor quando nenhuma passagem do corpo interno está girada para fornecer um trajeto de fluido entre o poço submarino e a entrada do trocador de calor, restringe escoamento para lançar um pistão raspador, e o segundo conduto de contorno fornece trajeto de fluido entre a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação enquanto nenhuma passagem interna no corpo é girada para fornecer um trajeto de fluido entre a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação, restringe escoamento para assentar de maneira adequada um pistão raspador recebido. Em algumas configurações pelo menos dois corpos giratórias são contidos dentro de uma única carcaça, a única carcaça tendo uma entrada em comunicação direta com o pelo menos um poço submarino e uma saída em comunicação direta com a entrada do trocador de calor, e tendo ainda uma entrada em comunicações diretas com a saída do trocador de calor e uma saída em comunicação direta com a extremidade proximal da tubulação. Em algumas configurações o sistema também inclui pelo menos uma das carcaças conectada a uma localização de armazenagem de pistão raspador na qual o corpo interno dentro da carcaça pode ser girado para receber ou descarregar um pistão raspador a partir de, ou para o interior da localização de armazenagem de pistão raspador. Em algumas configurações o sistema

também inclui um armazenador de suprimento de pistão raspador e um armazenador de descarga de pistão raspador; e dispositivo para avançar um pistão raspador a partir do armazenador de suprimento de pistão raspador para a passagem do corpo interno e descarregar um pistão raspador da passagem no corpo interno para o armazenador de descarga de pistão raspador. Em algumas configurações os pistões raspadores são carregados ou ejetados utilizando sistemas hidráulicos ou mecânicos. Em algumas configurações o sistema também inclui um coletor submarino em comunicação direta com diversos poços submarinos e o manipulador de pistão raspador. Em algumas configurações o trocador de calor é um tubo no ambiente submarino. Em algumas configurações o trocador de calor é um sistema de tubo em tubo de refrigerante forçado que tem tubos interno e externo, no qual o escoamento da produção é através do tubo interno e o escoamento de refrigerante é através de um anel formado entre os tubos interno e externo em uma direção contrária à direção do escoamento da produção. Em algumas configurações o refrigerante é água do mar. Em algumas configurações o sistema também inclui dispositivo bomba para forçar o refrigerante através do anel.

[00022] Em uma configuração é divulgado um sistema para manter escoamento da produção em uma tubulação submarina que tem uma extremidade distal e uma extremidade proximal, a tubulação sendo conectada a pelo menos um poço submarino na extremidade proximal e a um hospedeiro em uma extremidade distal, o sistema compreendendo um trocador de calor submarino, o trocador de calor tendo uma entrada e uma saída, no qual a temperatura do escoamento de produção é reduzida o suficiente para fazer com que se formem sólidos, um manipulador de pistão raspador que compreende uma carcaça externa vedada, a carcaça tendo uma entrada em comunicação direta com pelo menos um poço submarino e uma saída em comunicação direta com a entrada do trocador de calor, a carcaça ainda tendo uma entrada em comunicação direta com a saída do trocador de calor e uma

saída em comunicação direta com a extremidade proximal da tubulação; e um corpo móvel dentro da carcaça, o corpo adaptado para receber um pistão raspador e lançar o pistão raspador estabelecendo um trajeto de fluido entre o poço submarino e a entrada do trocador de calor, ou receber o pistão raspador estabelecendo um trajeto de fluido entre a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação. Em algumas configurações o sistema também inclui o corpo móvel tendo pelo menos uma passagem através de todo ele e um conduto de contorno entre e o poço submarino e a entrada do trocador de calor ou a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação. Em algumas configurações o sistema também inclui o corpo móvel que tem pelo menos duas passagens através de todo ele, no qual as passagens podem ser colocadas de maneira seletiva em comunicação direta com a entrada do poço submarino e a entrada do trocador de calor e a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação. Em algumas configurações o escoamento através do conduto de contorno é restringido ou pode ser restringido com uma válvula controlada de maneira seletiva. Em algumas configurações o sistema também inclui um contorno entre o poço submarino e a entrada do trocador de calor e um segundo contorno entre a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação. Em algumas configurações o sistema também inclui a carcaça conectada a uma localização de armazenagem de pistão raspador na qual o corpo pode ser movido para receber um pistão raspador a partir da localização de armazenagem de pistão raspador ou descarregar um pistão raspador para localização de armazenagem de pistão raspador. Em algumas configurações o sistema também inclui um armazenador de suprimento de pistão raspador e um armazenador de descarga de pistão raspador; e dispositivo para avançar um pistão raspador a partir do armazenador de suprimento de pistão raspador para a passagem interna do corpo e descarregar um pistão raspador a partir da passagem interna do corpo para o armazenador de descarga de pistão

raspador. Em algumas configurações o dispositivo para avançar e descarregar um pistão raspador é constituído de um sistema de fluido ou mecânico. Em algumas configurações o sistema também inclui um coletor submarino em comunicação direta com diversos poços submarinos e o manipulador de pistão raspador. Em algumas configurações o trocador de calor é um tubo no ambiente submarino. Em algumas configurações o trocador de calor é um sistema de tubo em tubo de refrigerante forçado, que tem tubos concêntricos interno e externo, no qual o escoamento da produção é através do tubo interno e o escoamento de refrigerante é através do anel formado entre os tubos interno e externo em uma direção contrária à direção do escoamento da produção. Em algumas configurações o refrigerante é água do mar. Em algumas configurações o sistema também inclui dispositivo bomba para forçar o refrigerante através do anel.

[00023] Em uma configuração a presente invenção é orientada para um sistema submarino de produção de escoamento frio. Ao projetar um sistema de produção de escoamento frio um operador deveria determinar primeiro a composição da corrente de produção, bem como pressão e temperatura da corrente de produção. Isto pode ser conseguido realizando testes de formação conhecidos com linha de cabo e amostragem durante a fase de perfuração, ou através de teste de haste de perfuração. Ao mesmo tempo a temperatura submarina e condições de corrente para o local submarino planejado são determinadas utilizando sensores de temperatura e de corrente. Dados os fatores ambientais e a composição, temperatura e pressão da corrente de produção, pode ser criado um modelo para avaliar as mudanças de pressão e temperatura requeridas para precipitar sólidos e formaldeídos.

[00024] Um projeto de um sistema de escoamento frio se concentra nos aspectos de como conseguir o resfriamento rápido requerido e a suspensão de sólidos em uma lama, e como escoar os sólidos suspensos para a plataforma de recebimento na costa. Resfriamento por meio de transferência de calor,

tipicamente através do uso de água do mar fria, pode ser utilizado para conseguir resfriamento rápido. A transferência de calor pode ocorrer por meio de resfriamento por convecção natural da tubulação devido a correntes de água do mar ou por convecção forçada. No caso de convecção natural nenhuma força motriz é requerida, uma vez que ela se apóia em correntes da água do mar para remover calor da superfície quente do tubo. O coeficiente de transferência de calor para a convecção forçada normal em um cilindro é dado aproximadamente pela Equação (1)

$$\frac{hD}{k} = 1.1b \left(\frac{Du_o\rho}{\mu} \right)^n \left(\frac{C_p\mu}{k} \right)^{1/3} \quad (1)$$

na qual as constantes b e n e MS são fornecidas pela Tabela I (W.H. Adams, Heat Transmission, 3rd Ed. P. 260, McGraw-Hill, New York, New York (1954)).

Tabela I. Constantes para utilização na Equação (1)

$\frac{Du_o\rho}{\mu}$	N	b
1-4	0,330	0,891
4-40	0,385	0,821
40-4.000	0,466	0,615
4.000-40.000	0,618	0,174
40.000-250.000	0,805	0,0239

[00025] A taxa de remoção de calor é melhorada por circulação forçada de escoamento de água do mar fria em uma camisa ao redor do tubo trocador de calor em contracorrente com a corrente da produção. Este esquema requer uma geometria de tubo em tubo, e a utilização de uma bomba de água do mar. Coeficientes de transferência de calor para remoção de calor a partir da linha de escoamento OD são fornecidos pela Equação (2).

$$\frac{hD_{eq}}{k} = 0.023 \left(\frac{D_{eq}u_o\rho}{\mu} \right)^{0.8} \left(\frac{C_p\mu}{k} \right)^{0.4} \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{0.45} \quad (2)$$

na qual D_{eq} é o ID do tubo externo D_2 menos o OD do tubo interno D_1 . A Equação 2 é apenas aplicável a escoamento turbulento, que é a norma para utilizar trocadores de calor em escoamento em contracorrente. A Equação 2 é atribuída a Wiegand, como pode ser visto em Bird, R. Stewart, W. and

Lightfoot, E., Transport Phenomenon na pg. 389, John Wiley and Sons, New York, N.Y. (1960).

[00026] A aplicação da Equação 1 para correntes de água da ordem de 1 ft/s (0,3 m/s) para uma linha de escoamento de 10,75" OD fornece um h igual a 202 Btu/(h.ft².°F) (986 kg.cal/h.m².°C). A aplicação da Equação 2 para uma vazão de refrigerante total de 10.000 BPD (1590 m³/d) em uma camisa com o espaço anelar de 0,5" (12.7 cm) ao redor da linha de escoamento de 10,75" polegadas produz um h igual a 1257 Btu/(h.ft².°F) (6137 kg.cal/h.m².°C), que é aproximadamente 6,2 vezes mais elevada do que o valor conseguido devido à convecção por meio de correntes marítimas. Isto sugere que convecção de calor forçada em escoamento em contracorrente fornece genericamente taxas de transferência de calor mais elevadas do que convecção natural por meio de correntes de água do mar. Contudo, a comparação destas duas opções de trocador de calor não é tão direta, uma vez que depende de outros parâmetros do sistema tais como a espessura da camada de cera que está se depositando na parede interna do tubo, diversos coeficientes de convecção, espessura de parede e valores correspondentes de condutividade térmica da parede, correntes de água do mar, etc.

[00027] Em ambas as opções de trocador de calor, são requeridos dispositivo para raspar a superfície do lado do óleo para remover depósitos de hidrocarbonetos da parede interna. Também, em ambos os casos, uma temperatura final de fluidos produzidos de 45°F (7,2°C) é admitida em oposição a 39°F (3,9°C) da água do mar ambiente. Depois de uma parada prolongada no sistema o resfriamento do conteúdo para a temperatura da água do mar local é inevitável. É admitido que durante escoamento em estado constante somente pequenas quantidades de cera irão depositar na longa linha de escoamento deslocada a jusante do trocador de calor quando os fluidos produzidos irão inevitavelmente resfriar de 45°F (7,2°C) para (3,9°C) em algum ponto na linha de escoamento.

[00028] Para ambos os casos, de convecção natural e forçada, o interior do tubo/trocador de calor deve ser limpo de maneira regular para remover depósitos e manter o escoamento em uma queda de pressão razoável. Contudo, existem limitações de torque no sistema automático de raspagem rotativa de trocadores de calor convencionais, por exemplo, aqueles utilizados na preparação de alimentos. Estas limitações significam que a adaptação de trocador de calor convencionais comerciais, do tipo tubo casco e tubos continuamente raspados para o sistema de escoamento frio é quase impossível. Um fabricante de trocador de calor, WSA Engineered Systems of Milwaukee, Wisconsin, tem extensa experiência com limpeza com água de trocadores com incrustações onde os elementos de limpeza são acionados pelo próprio escoamento ao invés de utilizarem êmbolos mecânicos de movimento linear ou equipamento rotativo para limpar os tubos. Em um aspecto, quanto maior o número de tubos maior é a preocupação com a confiabilidade de limpeza mecânica. Contudo, diversos trajetos paralelos têm a vantagem de escoamento contínuo no caso de um ou mais dos trajetos se tornar(em) entupido(s). Devido às preocupações mecânicas (isto é, limitações de torque para raspadores mecânicos em trocadores convencionais de diversos tubos paralelos) e desejo para simplicidade mecânica e confiabilidade, um tubo único com um tubo camisa foi considerada inicialmente como a configuração de trocador de calor preferencial para o sistema de escoamento frio, embora a opção do trocador de calor/tubo nu diretamente resfriado por correntes de água do mar pode ser a opção a mais economicamente adequada, especialmente para certas características de campo tais como baixas taxas de produção e economia marginal de reservatório. Um pistão raspador será utilizado para remover depósitos.

[00029] A figura 1 apresenta graficamente a opção do trocador de calor de convecção forçada. O coeficiente global de transferência de calor varia ao longo do comprimento do trocador de calor devido à mudança contínua das

temperaturas de fluido, e assim de suas propriedades físicas ao longo do trocador de calor. Admitindo que existe uma camada de depósito uniforme que tem espessura w depositada na parede interna, o coeficiente de transferência de calor global U_1 para o volume dos fluidos produzidos para o volume do refrigerante na camisa é determinado pelos seguintes mecanismos de transferência de calor:

1. Convecção de escoamento multifásico a partir do volume dos fluidos produzidos para a interface depósito/fluido.
2. Condução através de uma camada de depósito de espessura w ;
3. Condução através da parede do tubo; e
4. Convecção a partir da parede externa do tubo para o volume do refrigerante.

Os mecanismos de transferência de calor acima são expressos matematicamente pela seguinte equação:

$$U_1 = \frac{1}{\frac{1}{h_f} + \frac{d_i}{2k_{dep}} \ln\left(\frac{d_i}{2\delta_w}\right) + \frac{d_i}{2k_{pipe}} \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right) + \frac{d_i}{d_o h_w}} \quad (3)$$

que fornece o fator U_1 com referência ao diâmetro interno do tubo como mostrado na Equação 3 (?) abaixo:

[00030] Os parâmetros h_f e h_w são os coeficientes de transferência de calor de convecção a partir do volume da mistura de fluido multifásica produzida para a borda do depósito e a partir do exterior do tubo interno para o volume de água na camisa de água. As quantidades k_{dep} e k_{pipe} são as condutividades térmicas da cera e do material do tubo enquanto d_o e d_i são, respectivamente, os diâmetros externo e interno do tubo interno. O parâmetro h_w pode ser calculado a partir da Equação 2 com base na geometria da camisa e a taxa de injeção e propriedades do refrigerante água do mar. O coeficiente de convecção h_f pode ser derivado das diversas correlações publicadas para transferência de calor em convecção em duas fases em tubos, ou pela

utilização de um modelo homogêneo de duas fases em conjunto com a relação Chilton-Colburn para transferência de calor e momentum, a saber

$$\frac{f}{2} = \frac{h_f}{WC_p} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{2/3} \quad (4)$$

onde W é a taxa mássica total de líquido e gás.

[00031] O parâmetro f é o fator de atrito de Fanning para escoamento de fase única em tubos relacionado à queda de pressão de atrito pela Equação 5. O fator de atrito f é calculado facilmente a partir da correlação explícita de Serghides (T.K. Serghides, Estimate Friction Factor Accurately, Chem. Eng, March 5, 1984, pp 63-64) como uma função do número de Reynolds N_{Re} e a rugosidade adimensional da tubulação ε/D (ver Equações 6 a 9).

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{2f\rho V^2}{D} \quad (5)$$

$$f = \frac{1}{4 \left[A - \frac{(B-A)^2}{C-2B+A} \right]^2} \quad (6)$$

onde

$$A = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{12}{N_{Re}} \right) \quad (7)$$

$$B = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51A}{N_{Re}} \right) \quad (8)$$

$$C = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51B}{N_{Re}} \right) \quad (9)$$

[00032] O coeficiente global de transferência de calor U_1 determina a taxa de calor total q_T perdida pelos fluidos produzidos. Esta taxa de calor q_T é parcialmente adicionada ao refrigerante (q_1) e aumenta a temperatura do refrigerante de $T_{\text{wat-in}}$ até $T_{\text{wat-out}}$ e parcialmente perde para o ambiente (q_2) que através de convecção para a superfície interna do tubo camisa, seguida pela condução através da parede do tubo camisa e, finalmente, através de convecção a partir da superfície externa do tubo camisa para a água do mar. A taxa de calor total q_T é fornecida pela Equação 10

$$q_r = q_1 + q_2 \quad (10)$$

onde q_1 e q_2 são fornecidos pelas Equações 11 e 12

$$q_1 = W_{\text{wat}} C_{\text{pw}} (T_{\text{wat-out}} - T_{\text{wat-in}}) \quad (11)$$

$$q_2 = U_2 A \left(\frac{T_{\text{wat-out}} + T_{\text{wat-in}}}{2} - T_{\text{amb}} \right) \quad (12)$$

onde W_{wat} é a taxa de massa refrigerante, C_{pw} o calor específico da água do mar, e U_2 é o coeficiente global de transferência de calor que determina a taxa de calor q_2 perdida para o ambiente e é calculada a partir da Equação 13

$$U_2 = \frac{1}{\frac{d_i}{d_{i-\text{camisa}} h_{w-\text{camisa}}} + \frac{d_i}{2k_{\text{tubo}}} \ln\left(\frac{d_{o-\text{camisa}}}{d_{i-\text{camisa}}}\right) + \frac{d_i}{d_{o-\text{camisa}} h_{\text{fora}}}} \quad (13)$$

[00033] O coeficiente de convecção hw-camisa pode ser calculado pela relação de Chilton-Colburn (Equação 3) com o diâmetro equivalente ($d_{i-\text{camisa}} - d_o$) substituído pelo diâmetro d como recomendado em C. Bennet e J. Myers, Momentum, Heat and Mass Transfer, p. 389, McGraw Hill Book Co., New York, NY (1982). O coeficiente h_{out} é determinado pela Equação 1 utilizando um número de Reynolds determinado pela velocidade, densidade e viscosidade da corrente da água do mar e o diâmetro externo da camisa.

[00034] A taxa de calor total q_T é conhecida, uma vez que ela pode ser determinada da taxa de massa do óleo e gás e água produzidos, e da temperatura de saída desejada da corrente de produção, de acordo com a Equação 14.

$$q_T = (W_L C_{\text{PL}} + W_G C_{\text{PG}} + W_W C_{\text{PW}}) (T_{\text{out,roda}} - T_{\text{sa,óleo}}) \quad (14)$$

[00035] As Equações 11 e 12 substituídas na equação 10 produzem a equação 15

$$q_T = \left[W_{\text{wat}} C_{\text{pw}} + \frac{U_2 A}{2} \right] (T_{\text{wat-out}} - T_{\text{wat-in}}) \quad (15)$$

[00036] A taxa de calor total q_T pedida pelos fluidos produzidos é também relacionada ao coeficiente de transferência global de calor U_1 por meio da Equação 16

$$q_T = U_1 A \left(\frac{(T_{\text{entr.}} - T_{\text{wat-out}}) - (T_{\text{sa.ó}} - T_{\text{wat.in}})}{\ln\left(\frac{(T_{\text{entr.}} - T_{\text{wat.out}})}{(T_{\text{sa.ó}} - T_{\text{wat.in}})}\right)} \right) \quad (16)$$

[00037] As Equações 15 e 16 representam um sistema de duas equações com duas incógnitas (A e $T_{\text{wat-out}}$) e pode ser solucionado através de um programa de computador com uma série de interações automáticas.

[00038] O coeficiente global de transferência de calor para esta configuração é dado pela Equação 3 na qual o coeficiente de convecção de transferência de calor h_w representa convecção a partir da parede externa do tubo para a água do mar ambiente. A Equação 1 em conjunto com a Tabela I deve ser utilizada para calcular h_w .

[00039] Um programa computadorizado tal como uma folha dispersa de MS Excel pode ser utilizado para calcular a área de troca de calor requerida e assim o comprimento do trocador de calor. Comentários em diversas células de entrada e saída ajudam enormemente a utilização deste programa de cálculo. As etapas de cálculo envolvidas são:

1. Utilizar o programa HYSYS com a composição do reservatório de fluido, desenvolver tabelas das propriedades físicas do fluido produzido cobrindo a faixa de pressões e temperaturas a serem encontradas no trocador de calor. Estas propriedades incluem fração de volume de óleo, densidades de óleo e gás, viscosidades, condutividades térmicas e capacidades térmicas. HYSYS é um programa modelo de processo disponível comercialmente, comercializado por Hyprotec, uma divisão de Aspen Technologies, Inc.

2. Especificar taxa, pressão e temperatura de entrada de óleo
3. Especificar número, ID de tubo, OD e rugosidade de tubos.

4. Especificar ID e rugosidade do tubo camisa.

5. Especificar a temperatura de saída desejada da corrente de produção (isto é, 44°F (6,7°C) 5°F (2,8°C) mais elevada do que a água do mar

ambiente.

6. Especificar a taxa de injeção de água do mar e temperatura de entrada isto é 39°F ($3,9^{\circ}\text{C}$).

7. Calcular coeficientes globais de transferência de calor U_1 , U_2 a partir das Equações 3 e 13 utilizando propriedades físicas na condição de pressão e temperatura de entrada.

8. Calcular a área de troca de transferência de calor requerida A e a temperatura $T_{\text{wat-out}}$ da saída do refrigerante resolvendo simultaneamente as Equações 15 e 16.

9. Iterar repetindo as etapas 7 e 8 utilizando as condições preditas de pressão e temperatura de saída.

10. Repetir as etapas 7, 8 e 9 até que a área de transferência de calor calculado convirja para um limite dentro de uma tolerância de 1%.

[00040] Para as finalidades do projeto de trocador de calor, nas etapas numeradas acima, a condutividade térmica dos depósitos k_{dep} pode ser aproximada pela condutividade térmica de um depósito de cera da tubulação.

TABELA I

Idtube - diâmetro interno do tubo(s) do trocador de calor, in = 2,54 cm

Odtube - diâmetro externo do tubo(s) do trocador de calor, in = 2,54 cm

EpsTube - rugosidade da parede interna do tubo, in = 2,54 cm

IdShell - diâmetro interno do casco, in = 2,54 cm

EpsShell - rugosidade da parede interna do casco, in = 2,54 cm, e

Parâmetros calculados são:

Qo - vazão volumétrica de óleo, ft³/s = 0,038 cm³/s nas condições de P&T

Qg - vazão volumétrica de gás, ft³/s = 0,038 cm³/s nas condições de P&T

wo - vazão mássica de óleo, lb/h = 0,454 kg/h

wg - vazão mássica de gás, lb/h = 0,454 kg/h

wF - vazão mássica total de fluido, lb/h = 0,454 kg/h

q - carga térmica total de fluido produzido Btu/h = 252 cal/h

DT1 - força de acionamento delta t para transferência de calor na entrada de fluido produzido, °F = 5/9(°C-32)

DT2 - força de acionamento delta t para transferência de calor na saída de fluido produzido, °F = 5/9(°C-32)

Lmtd - temperatura média logarítmica da força de acionamento, °F = 5/9(°C-32)

Ao - área de seção transversal de escoamento de tubo, ft² = 9,3 cm²

Vtube - velocidade média de escoamento nos tubos, ft/s = 30,5 cm/s

NreF - número de Reynolds de fluido produzido, adimensional

FmF - fator de atrito de Moody do fluido produzido

NprF - número de Prandtl do fluido produzido (uma relação de difusividade de momentum/difusividade térmica)

NstF - número de Stanton do fluido produzido

hF - coeficiente de transferência de calor do lado do fluido produzido, Btu/(h ft² °F) = 0,49 cal/(h.cm².°C)

DeltaPTb - queda de pressão do fluido de processo no tubo, psi = 6,9 kPa

Pig Time RT - tempo para uma viagem redonda do pistão raspador se

movendo sem deslizamento, min

Max Wax - volume máximo de cera que poderia precipitar no tempo de passeio acima, admitindo que toda a cera no óleo produzido precipitou e depositou, barris

Max Wax Thick - espessura máxima de camada de cera (ver comentários acima), mm

Qw - vazão de água do mar para resfriar os fluidos produzidos, g/m

Vshell - velocidade média de escoamento no anel, f/s = 30,5 cm/s

AvgTW - temperatura média da água do mar, °F = 5/9(°C - 32)

NreW - número de Reynolds da água do mar com base em diâmetro equivalente do anel

FmW - fator de atrito Moody da água do mar

NprW - Número de Prandtl da água do mar

NstW - Número de Stanton da água do mar, a relação do transporte global de calor para a parede para os efeitos convectivos na corrente principal

hW - coeficiente de transferência de calor do lado da água do mar,

Btu/(h ft² °F) = 049 cal/(h.cm².°C)

DeltaP Sh - A perda de pressão para atrito no anel, psi = 6,9kPa

HpW - Potência hidráulica da bomba de água do mar, Hp

Ucalc2_BarePipe - coeficiente de transferência de calor para convecção térmica direta para água do mar ambiente somente para a opção de tubo nu.

Ucalc - Coeficiente global de transferência de calor para o trocador de calor de escoamento em contracorrente, Btu/(h ft² °F) = 049 cal/(h.cm².°C)

NreSeaW_bare - número de Reynolds de água do mar ao redor do tubo nu

NreSeaW_jacket - número de Reynolds de água do mar na camisa

NprSeaW - número de Prandtl da água do mar

hWSeaW_bare - coeficiente convectivo de calor a partir do exterior de tubo nu para a água do mar

hwSeaW_jacket - coeficiente convectivo de calor a partir do exterior de tubo

interno para o volume de água do mar no anel, $\text{Btu}/(\text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) = 049$
 $\text{cal}/(\text{h.cm}^2.\text{ } ^\circ\text{C})$

T_{w-out} - Temperatura da saída da água do mar para opção de trocador de calor em contracorrente, $^\circ\text{F} = 5/9(^\circ\text{C} - 32)$

U_2 - Coeficiente de transferência de calor convectivo para volume de água do mar na camisa para o ambiente, $\text{Btu}/(\text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) = 049$ $\text{cal}/(\text{h.cm}^2.\text{ } ^\circ\text{C})$

$H_w|_{\text{tube}}$ - Coeficiente convectivo de transferência de calor a partir do exterior de tubo interno para o volume de água do mar no anel, $\text{Btu}/(\text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) = 049$ $\text{cal}/(\text{h.cm}^2.\text{ } ^\circ\text{C})$

Exemplo

[00041] Cálculos tomados como exemplo foram realizados utilizando condições de caso base típicos para um reservatório conhecido produzindo 60.000 bpd (9540 m^3/d) com corte de água zero, incluindo suas propriedades de pressão, volume, temperatura de óleo (PVT), pressão e temperatura de entrada de 4000 psig (281 kg/cm^2) e 150°F (66°C), um trocadores de ID e OD de 7,001" e 8,625", um tubo camisa de OD de 9,75" e uma combatividade térmica de cera de 0,1 $\text{Btu}/(\text{h ft F})$ (0,149 $\text{kg.cal}/\text{h m C}$) As figuras 2 a 4 mostram os comprimentos de trocador de calor preditos para ambas as opções de trocador, isto é, escoamento em contracorrente de água do mar e convecção direta devido a correntes de água do mar. O trocador de calor em contracorrente tem uma vantagem significativa sobre a opção de tubo nu somente para correntes muito baixas de água do mar, próximo de zero. Para correntes de água da ordem de 2 ft/s (0,6 m/s) costumeiras no golfo do México, não existe muita diferença entre as duas opções de trocador de calor. Para uma espessura de depósito máxima de 0,1 polegadas (2,5 mm) o comprimento requerido de qualquer tipo de trocador de calor é aproximadamente 10.000 ft (3040 m). Devido a auto-enterramento parcial de um tubo e à diminuição resultante no coeficiente global de transferência de calor, é recomendado que um trocador de calor de tubo nu seja levantado do

leito do mar por pelo menos 5 ft (1,5 m). Admitindo que os depósitos na parede interna do tubo trocador de calor podem ser efetivamente raspados até uma espessura de 0,010" (0,025 mm) um comprimento de trocador de tubo nu de aproximadamente 16.400 ft (4986 m) será suficiente para resfriar 60.000 bpd (9540 m³/d) de óleo e gás associado (fluido conhecido do reservatório em produção) desde 150°F (65,6 C) até 44°F (6,7 C) sob a suposição pessimista de corrente de água do mar de somente 1/3 ft/s (0,10 m/s). O comprimento correspondente de um trocador de calor de escoamento em contracorrente foi calculado ser 10.400 ft (3162 m). A contracorrente fornece uma transferência de calor mais confiável, porém com complexidade e custo aumentados. A utilização de inibidores de hidrato de baixa dosagem (LDHIs) é considerada na prática da presente invenção. Certos LDHIs impedem a formação de hidratos. Outros LDHIs permitem a conversão de água em uma dispersão fina de cristais de hidrato que são facilmente suspensos na fase óleo e transportados como uma lama através da linha de escoamento nua.

[00042] Um conceito recente para o sistema de escoamento frio está apresentado na figura 5 abaixo. Ele mostra dois poços, um coletor, um trocador de calor, bóia, tubulação única e plataforma de chegada. Um sistema completo poderia incluir também bombas multifásicas e outros equipamentos submarinos. Ao invés de um único trocador de calor para o sistema de produção, um trocador de calor poderia ser utilizado para cada cabeça de poço e instalado a montante do coletor submarino.

[00043] Um componente principal do escoamento frio previsto é um trocador de calor auto-limpante (isto é, resfriador) localizado no fundo do mar para a finalidade de resfriar rapidamente a corrente de produção de óleo, água e gás e produzir uma lama de hidrato e cristais de cera que podem ser transportados até a instalação de recebimento. O aspecto auto-limpante do trocador de calor deve estar presente para assegurar que depósitos não irão provocar deposição na área de troca de calor. As opções de trocador de calor

correntes são o tubo nu e o tipo de escoamento em contracorrente. A opção de tubo nu parece a mais atraente a partir de um ponto de vista de custo, simplicidade de operação e confiabilidade de submarina.

[00044] Atualmente, é previsto um resfriador submarino com contorno e equipamento pistão raspador. Se deve-se lidar com grandes cortes de água, existe a opção de separar a água produzida e reinjetá-la para a formação. Depois de resfriar os fluidos hidrocarbonetos e passar o pistão raspador no trocador de calor, os depósitos podem ser picados em partículas finas, se necessário, por meio de um dispositivo picador mecânico e re-misturados com os fluidos.

[00045] O trocador de calor é um tubo único configurado na forma de uma malha redonda horizontal de aproximadamente 15.000 pés (5000 m) de comprimento e 7,0" de diâmetro interno elevada 5 pés (1,5 m) acima do leito do mar. Uma configuração de tubo em tubo, com escoamento em contracorrente de refrigerante no anel é uma opção de sistema para casos de corrente de água do mar inadequada (menos do que 0,1 ft/s (0,03 m/s)). O raspador é um pistão raspador cilíndrico que se move juntamente com o fluido. Uma bomba de injeção de água do mar de 60 HP e distribuição e válvulas de energia associadas serão necessárias para a opção de trocador de calor em contracorrente utilizando um tubo camisa com ID de 9,75". Para esta opção um comprimento de trocador de somente 10.000 pés (3040 m) será necessário.

[00046] A figura 5 é um delineamento simplificado do sistema de escoamento frio da malha única, configuração de tubo nu. Na figura 5 uma plataforma costa afora 10 está mostrada como um terminal de uma tubulação submarina 20. Será apreciado que a tubulação 20 pode terminar em uma instalação costa afora ou em uma instalação na costa. Duas árvores submarinas de produção 30 e 32 são delineadas na figura 5. A produção a partir de ambas as árvores submarinas 30 e 32 é alimentada para um coletor

20 através de linhas de escoamento 38 e 34, respectivamente. Além disto, as árvores submarinas 30 e 32 são interconectadas pela linha de escoamento 36. Será apreciado que o sistema de produção simplificado da figura 5 não é projetado para mostrar todos os elementos normalmente incluídos em um sistema de produção submarino, tal como malhas de linha de escoamento, e esquis de tubulação e outros equipamentos necessários. A figura 5 tem simplesmente a intenção de fornecer um contexto para a presente invenção. O escoamento de produção combinado a partir dos poços 30 e 32 é transportado do coletor 40 para o módulo de escoamento frio 42 através da linha de escoamento 41. O módulo de escoamento frio 42 é conectado a uma malha de resfriamento/trocador de calor 44 que retorna para o módulo de escoamento frio 42. O trocador de calor 44 está delineado como uma malha aberta única na figura 5. Contudo, será apreciado que a geometria, dimensão e configuração do trocador de calor 44 podem assumir diversas formas com base na modelagem feita. Na figura 5 uma bóia amarrada 46 que tem energia, sistemas de controle, armazenagem de produtos químicos e capacidade de comunicações, é conectada através de umbilicais de controle 48 a poços 30, 32, coletor 40 e módulo de escoamento frio 42. A bóia amarrada 46 pode ser utilizada para monitorar os elementos submarinos, enviar energia e sinais de controle que ativam os sistemas submarinos, bem como se comunicar com a plataforma costa afora 10 ou outra facilidade de suporte. Umbilicais 48 são tipicamente sistemas de diversos condutores capazes de fornecer energia, comunicações e produtos químicos para os diversos sistemas submarinos. A bóia amarrada 46 é ainda conectada através do umbilical 48 a uma tubulação 20 do módulo de garantia de escoamento 50. O módulo 50 poderia incluir tipicamente sistemas de monitoramento e comunicações. Ele também pode ser utilizado para abrigar sistemas de garantia de escoamento adicionais, tais como sistemas de injeção química ou sistemas adicionais de passagem de pistão raspador. Embora seja considerado que os umbilicais 48 irão fornecer

energia e controle para o sistema de escoamento frio, o sistema e seus componentes incluirão tipicamente interfaces ROV para permitir diversos aspectos de operação das árvores, coletor e manipulador de pistão raspador serem controlados por um ROV. Além disto, o sistema ainda irá incluir interfaces estabilizadoras quentes para ROV para permitir ao ROV injetar fluido hidráulico para o sistema, para finalidades de controle.

[00047] Os sistemas de manipulação de pistão raspador da presente invenção são projetados para serem conectados ao trocador de calor 44, de modo a varrer sólidos e hidratos dos lados do tubo e colocá-los em uma lama. Um número de diferentes sistemas de projeto de lançador de pistão raspador foram consideradas para utilização na presente invenção. É considerado que cada um dos sistemas de lançamento de pistão raspador pode ser utilizado com o trocador de calor 44.

[00048] As figuras 6 e 7 são ilustrativas de um manipulador de pistão raspador do tipo esfera 42. Na figura 6 o corpo manipulador de pistão raspador 100 está mostrado como sendo genericamente esférico em forma, tendo portas de entrada 110 e 112 em comunicações diretas com a linha de escoamento 41 a partir do coletor 40 e com a saída do trocador de calor 44, respectivamente. A direção do escoamento da produção está indicada através da utilização de setas na figura 7. O corpo 100 ainda tem um conjunto de portas de saída 124, 126 em comunicações diretas com a entrada do trocador 44 e a extremidade proximal da tubulação 20. Dentro do corpo 100 está a esfera cilíndrica que gira 102 (figura 7) capaz de ser girada de maneira seletiva ao redor do eixo 104. A esfera 102 é um cilindro ou esfera segmentada que tem uma barreira térmica 106 projetada para isolar termicamente os dois lados da esfera 102. A esfera 102 inclui diversas passagens 108 que podem ser giradas para colocar as passagens 108 em comunicação direta com um conjunto de portas de entrada/saída, isto é, 110 a 124 (a partir da linha de escoamento 41 até a entrada do trocador de calor 44)

ou 112 e 126 a partir da saída do trocador de calor 44 até a extremidade proximal da tubulação. O corpo 102 também pode ser girado para colocar uma passagem selecionada 108 em comunicação direta com o armazenador de suprimento de pistão raspador 120 que contém diversos pistões raspadores 130. De maneira similar, o corpo pode ser girado para colocar uma passagem em comunicação direta com o armazenador de descarga de pistão raspador 122 ou outra posição de estacionamento (não mostrado) para armazenagem de pistões raspadores usados. O suprimento de pistão raspador 120 e os armazenadores de descarga 122 são projetados de tal modo que eles podem ser substituídos, por exemplo, por ROV quando os pistões raspadores se tornam gastos e sua efetividade diminui. O pistão raspador mostrado na figura 6 é um pistão raspador varredor múltiplo, que tem um diâmetro de corpo reduzido. Será apreciado que diferentes projetos de pistão raspador podem ser selecionados para efetividade no lidar com produção variável e os sólidos depositados e hidratos formados no trocador de calor. A decisão para lançar um pistão raspador 130 pode ser baseada em um intervalo estabelecido em resposta a características de escoamento da tubulação monitoradas no módulo de garantia de escoamento 50 (figura 5) ou na plataforma costa afora 10. Em operação, um pistão raspador 130 é avançado para o interior da passagem 108 mecanicamente, utilizando sistema de ajuda de fluido ou passagem de escoamento de produção 108 até que ele tope contra uma barra batente 116 (figura 7). Com referência à figura 7, a esfera 102 é então girada colocando a passagem que sustenta pistão raspador 108 em comunicação direta com a porta de entrada que penetra o escoamento de produção 110 a partir da linha de escoamento 41 que existe no corpo 100 através da porta de saída 24 que penetra na entrada do trocador de calor 44. O escoamento de produção lança o pistão raspador 130 no interior do trocador de calor 44. A esfera 102 pode ser girada por meio de energia hidráulica ou energia elétrica fornecida através de um umbilical 48 (não mostrado). O pistão raspador 130 corre através do

trocador de calor 44 raspando depósitos de hidratos das paredes do trocador de calor 44 criando uma lama. Será apreciado que tratamentos químicos podem ser adicionados através de portas de injeção (não mostrado) enquanto o pistão raspador 130 está correndo através do trocador de calor 44 para melhorar a capacidade dos sólidos raspados permanecer em uma lama e não depositar mais. Ao sair do trocador de calor 44, o pistão raspador 130 será capturado por uma barra batente 116 em uma passagem 108 que está em comunicação direta com a entrada 112 a partir da saída do trocador de calor 44 e saída 126 em comunicação direta com a extremidade proximal. Quando da captura do pistão raspador 130, o corpo é girado removendo a passagem de 108 que suporta pistão raspador 130 do escoamento de produção de hidrocarbonetos. Será apreciado que a utilização do lançador de pistão raspador do projeto nas figuras 6 e 7 pode utilizar o pistão raspador diversas vezes. Um pistão raspador 130 pode ser armazenado e limpo em uma passagem 108 não no escoamento de produção por meio do calor gerado pelo escoamento de produção que se propaga através do corpo 102. Alternativamente, quando um pistão raspador 130 não é mais efetivo, ele pode ser avançado para o interior do armazenador de descarga 122 por meio de fluido ou dispositivo mecânico.

[00049] Embora a esfera 102 esteja mostrada nas figuras 6 e 7 como tendo mais do que duas passagens 108 através dela, será apreciado que a esfera 102 pode ter tantas como duas passagens 108. Um pistão raspador 130 pode ser carregado a partir de um armazenador único ou área de armazenagem para o interior de uma passagem. Durante este tempo curto, nenhuma passagem 108 estará em comunicação direta com o escoamento de hidrocarbonetos a partir do poço submarino 40 até o trocador de calor 44 ou a partir do trocador de calor 44 até a tubulação 20. Contudo, devido à natureza compressível de hidrocarbonetos a integridade do sistema pode ser mantida. A passagem 108 que sustenta pistão raspador 130 é girada para o escoamento

de hidrocarbonetos a partir do poço submarino através da porta de entrada 110 e lançado através da porta de saída 124 para o interior do trocador de calor 44. Ao ser recebido na passagem 108 que está em comunicação direta com a porta de entrada 112 a partir da saída do trocador de calor 44, o pistão raspador 130 é parado pela barra batente da passagem de descarga 116, quando a produção continua a escoar para o interior da tubulação 20. A esfera 102 é novamente girada para interromper o escoamento de hidrocarbonetos. O pistão raspador 130 é então descarregado para o armazenador de descarga 122 ou malha de armazenagem. Daí em diante a esfera 102 é novamente girada para colocar a passagem 108 em comunicação direta com os conjuntos de porta de entrada/saída, permitindo que a produção de hidrocarbonetos escoe através do sistema.

[00050] É reconhecido que ao girar o corpo 102 irá ocorrer ruptura do escoamento de fluido resultando em picos de pressão e quedas vistas na linha de escoamento 41, tubulação 20 e trocador de calor 44. Para enfrentar isto, o manipulador de pistão raspador 42 das figuras 6 e 7 pode ser ainda modificado como mostrado na figura 8. Na figura 8 um contorno de produção 136 está em comunicação direta com a linha de escoamento 41 e trocador de calor 44. Durante a rotação do corpo 102 uma válvula 132 é aberta para permitir que o escoamento de produção contorne o manipulador de pistão raspador 42, enquanto o corpo 108 está girando. Embora o corpo 102 esteja delineado na figura 8 como sendo cilíndrico em natureza, ele também pode assumir o fator de forma esférico mostrado nas figuras 6 e 7. A válvula 132 é então fechada enviando toda a produção através do manipulador de pistão raspador. Alternativamente, o contorno 136 pode ser projetado para fornecer um escoamento restringido resultante de, por exemplo, um diâmetro reduzido, tal que a maior parte do escoamento de hidrocarbonetos é direcionado para a entrada. Quando as passagens do corpo 102 não estão em comunicação direta com o escoamento de hidrocarbonetos, o contorno 136 continua a fornecer

escoamento para o interior do trocador de calor 44. Um contorno similar 138 a partir do lado frio do trocador de calor 44 para a tubulação 20 é controlado por válvula 134. A válvula 134 é aberta durante rotação do corpo 102 e fechada uma vez que a passagem apropriada esteja alinhada com o trocador de calor 44 e tubulação 102. Será apreciado que um único contorno de entrada é tudo o que é atualmente requerido em tais situações, devido à natureza compressível do fluido no trocador de calor em 44. O corpo 102 pode ter portas adicionais para limpeza ou recebimento de pistões raspadores usados. Além disto, ele tem a vantagem de ser capaz de usar um pistão raspador, limpá-lo e reutilizá-lo diversas vezes.

[00051] A figura 9 é um delineamento simplificado da interface entre o armazenador de suprimento de pistão raspador 120, armazenador de descarga de pistão raspador 122 e um manipulador de pistão raspador dentro da presente invenção. Para as finalidades de discussão ele é mostrado em combinação com o manipulador de pistão raspador das figuras 6 e 7. O sistema de manipulação de pistão raspador deveria provavelmente ser depositado submarino com o armazenador de suprimento de pistão raspador 120 e o armazenador de descarga de pistão raspador 122 já instalados. Contudo, durante a vida do projeto pode ser necessário depositar pistões raspadores adicionais. A figura 9 delinea o armazenador de suprimento de pistão raspador 120 estando em comunicação com a passagem 108 do sistema tipo esfera da figura 6 e 7. O armazenador é conectado na conexão estanque a água 560 pelo conector de coleta ou outro dispositivo adequado que permite conectar e desconectar de maneira submarina. Será apreciado que posicionamento e, de maneira concebível conexão, podem ser auxiliados por ROV. Durante o processo de conexão deve ser tomado cuidado para não introduzir água do mar no sistema de manipulação de pistão raspador. Conseqüentemente, o armazenador de suprimento 120 e a passagem 108 são protegidas por meio de válvulas de fechamento 500 e 502, respectivamente.

Isto veda o armazenador 120 e a passagem 108 de contaminação com água do mar. Uma vez que a conexão está feita, o espaço intermediário entre as válvulas 500 e 502 deveria mais provavelmente conter a água do mar e poderia precisar ser purgado do sistema. Conseqüentemente, quando os armazenadores de suprimento e de descarga de pistão raspador 120 e 122 são depositados, uma fonte de nitrogênio pressurizado 550 ou outro gás inerte também é depositada. A fonte de nitrogênio 550 é conectada à interface entre o armazenador 120 e a passagem 108. O gás é introduzido na interface e água é deslocado através da descarga da válvula 552. A válvula 500 é aberta e a válvula 502 é gradualmente aberta para permitir equalização de pressão dentro do sistema. Uma vez que a pressão tenha sido equalizada, as válvulas 500 e 502 permanecem abertas durante operações normais. Será apreciado que as válvulas 500 e 502 são também ajustadas para fechar caso haja uma perda de controle ou de energia hidráulica para o sistema de manipulação de pistão raspador. O sistema armazenador de pistão raspador mostrado na figura 9 utiliza um sistema hidráulico “disparador de fluido” (kicker fluid) para avançar o pistão raspador 130 do armazenador 120 para a passagem 108 e da passagem de recepção 112 para o armazenador de descarga de pistão raspador 122.

[00052] Uma bomba hidráulica e reservatório de fluido, genericamente referidos como fonte hidráulica 530 estão em comunicações diretas com o armazenador de suprimento através da linha 520, válvula de três vias 522 e a linha 524, que alimenta uma série de linhas individuais 528 através das válvulas 526. Para avançar um pistão raspador 130 a partir do armazenador de suprimento 120 para a passagem 108, a válvula 522 é posicionada para colocar a fonte hidráulica 530 em comunicação com o armazenador de pistão raspador 120. Pressão hidráulica é aplicada às linhas 524 e 528. A primeira válvula 526 é aberta e pressão se acumula atrás do primeiro pistão raspador 130 avançando-o para a passagem 108. Uma linha de retorno 532 é fornecida

para retorno de fluido hidráulico a partir da passagem 108 de volta para a fonte hidráulica 530. A primeira válvula 526 é então fechada. pistões raspadores subseqüentes 130 podem ser avançados para a passagem 108 abrindo válvulas subseqüentes 528.

[00053] De maneira similar o sistema de manipulação de pistão raspador da presente invenção proporciona movimentar pistões raspadores usados para o armazenador de descarga de pistão raspador 122. O sistema de conexão para o armazenador de descarga de pistão raspador 122 é similar àquele do armazenador de suprimento 120. Para mover um pistão raspador usado 130 da passagem de recepção 112 para o armazenador de descarga, a válvula 522 é posicionada para colocar a fonte hidráulica 530 em comunicação direta com a linha 540. Pressão hidráulica é suprida através da linha 540 e através da válvula 542 para deslocar o pistão raspador 130 para o armazenador de descarga 122. Uma linha de retorno hidráulico 544 é fornecida a partir do armazenador de descarga de pistão raspador 122 através da válvula 546 e de volta para a fonte hidráulica 530. O sistema de suprimento e descarga de pistão raspador mostrado na figura 9 é tomado como exemplo do tipo de sistema de suprimento e descarga de pistão raspador que deve ser utilizado. Será apreciado que sistemas alternados controlados por fluido ou mecânicos podem ser utilizados dentro do sistema de manipulação de pistão raspador da presente invenção.

[00054] A figura 10 é um delineamento simplificado de um manipulador de pistão raspador 42 que pode ser utilizado dentro do contexto da presente invenção. O manipulador de pistão raspador 42 é constituído de um corpo cilíndrico plano 148 conectado à linha de escoamento 41 a partir do coletor 40 e uma saída para a linha de escoamento 20. Também conectado ao corpo 48 existe um armazenador de suprimento de pistão raspador 120, no qual um suprimento de pistão raspador 130 é realizado. Também conectado ao corpo 148 existe um portador de descarga de pistão raspador 122. Como

com o projeto da figura 6, o armazenador de suprimento de pistão raspador 120 e o portador de descarga de pistão raspador 122 podem ser mantidos por ROVs, permitindo com isto um suprimento de pistões raspadores limpos 130. O corpo de válvula esfera 150 tem uma passagem 152 através dele. Ele ainda inclui uma única barra batente (não mostrado) na passagem 152. Um pistão raspador (não mostrado) é situado com a barra batente a jusante do pistão raspador impedindo com isto que ele penetre no trocador de calor 44. Ao lançar o pistão raspador, o corpo de válvula esfera é girado 180° de tal modo que a barra batente está agora a montante do pistão raspador, permitindo com isto que ele penetre no trocador de calor 44. Embora o pistão raspador esteja no trocador de calor 44, o corpo de válvula 150 está novamente girado 180°, assim, quando o pistão raspador penetra novamente no corpo de válvula 150 a barra batente está em uma posição para receber e reter o pistão raspador.

[00055] O manipulador de pistão raspador 42 da figura 10 está ainda desenhado na figura 11 como incluindo linhas de contorno opcionais 60 e 62, com válvulas de escoamento controláveis 64 e 66, respectivamente. Isto permite o contorno do sistema manipulador de pistão raspador 42 e/ou regulação de pressão. Como observado acima, um único conduto de contorno é tudo o que realmente é requerido devido à natureza compressível do hidrocarboneto no trocador de calor 44. Um método alternativo de controlar escoamento seria simplesmente instalar um contorno de diâmetro reduzido para direcionar a maior parte do escoamento do corpo 148. Embora a figura 10 mostre uma única passagem 152, será apreciado que portas radiais adicionais que não conectam com o trajeto de escoamento podem ser instaladas no corpo para receber pistões raspadores limpos a partir do armazenador de suprimento de pistão raspador 120, e para descarregar pistões raspadores usados no portador de descarga de pistão raspador 122 por meio de ajuda mecânica ou de fluido.

[00056] Ainda uma outra configuração do manipulador de pistão

raspador utilizada dentro da presente invenção está mostrada na figura 12, que é um projeto de revólver que tem isolamento de pressão adicional. Um corpo revólver 300 é abrigado dentro de um corpo externo vedado (não mostrado). O corpo revólver 300 tem diversas passagens 302, cada passagem 302 tendo uma barra batente 304. Um trajeto de fluido 312 a partir da linha de escoamento 41 até uma passagem 302 é fornecido com a capacidade de isolar a passagem por meio da válvula de controle 314. O corpo revólver 300 é ainda isolado do trocador de calor 44 por meio de uma segunda válvula de isolamento 316 na linha 322. Uma linha de retorno 324 é fornecida a partir do lado frio do trocador de calor 44 e está em comunicação direta com a tubulação 20 através da passagem 302 e linha de retorno 308. Válvulas de isolamento de pressão 318 na linha 324 e 310 na linha 308 podem ser fechadas para isolar efetivamente o corpo revólver 300 do escoamento de produção. Este projeto permite recuperação e reparo ou substituição do sistema revólver. Uma linha de contorno 60 que inclui a válvula de controle 62 é fornecida entre a linha de escoamento 42 e o lado quente do trocador de calor 44. Um arranjo de contorno similar 64, e válvula 66, são fornecidos dentro lado frio do trocador de calor 44 e a tubulação. Será apreciado que corpos revólver 342 e 344 podem ser abrigados em corpos externos separados. Além disto, o sistema pode ser minimizado de tal modo que corpos 342 e 344 sejam, cada um, dotados de uma única passagem.

[00057] Em operação, um pistão raspador (não mostrado) é carregado em uma passagem vazia 302 não no trajeto de escoamento com o trocador de calor 44 a partir de um armazenador de suprimento de pistão raspador 44 (não mostrado) utilizando uma ajuda mecânica ou de fluido. O pistão raspador topa contra a barra batente 304. O corpo revólver 300 gira ao redor do eixo 320 para trazer o pistão raspador para o trajeto de escoamento. Uma vantagem para o manipulador de pistão raspador 42 da figura 12 é que não é necessário manter uma vedação de pressão rotativa entre o tubo de entrada 312, o corpo

revólver 300 e o tubo de saída 322, quando a passagem 302 que contém o pistão raspador é trazida para a posição de lançamento, isto é, em comunicações diretas entre a linha de escoamento 41, entrada 312, passagem 302, saída 322 e trocador de calor 44. O projeto permite o fechamento das válvulas 314 e 316 ao abrir a válvula 62. Uma vez que o pistão raspador está na posição de lançamento, as válvulas 314 e 316 são abertas novamente e a válvula 62 é fechada. A recuperação do pistão raspador é similar com o pistão raspador sendo recebido em uma passagem 302 que é alinhada no trajeto de escoamento a partir do lado frio do trocador de calor 44 através da entrada 324, através da passagem 302, através da saída 308 e para a tubulação 20. A válvula 66 é aberta e as válvulas 318 e 310 são fechadas quando o corpo revólver 300 é girado para descarregar o pistão raspador em um armazenador de recebimento de pistão raspador (não mostrado). Alternativamente, o trajeto de escoamento primário pode ser através de contornos 60 e 64, com o corpo revólver 300 sendo colocado em comunicações diretas com o trocador de calor 44 somente durante operações de passagem de pistão raspador.

[00058] Será apreciado que o manipulador de pistão raspador da figura 12 pode ser ainda reduzido para o corpo revólver 300 que tem um mínimo de duas passagens 302 e que tem comunicação com um único armazenador de armazenagem de pistão raspador (não mostrado). O pistão raspador 130 é carregado em uma das passagens 302 e ambas as passagens 302 não estão em comunicação direta com a corrente de hidrocarbonetos. Um único contorno de entrada 60 que tem um escoamento restringido ou uma válvula controlada de maneira seletiva, é fornecido para assegurar escoamento continuado para o trocador de calor enquanto um pistão raspador 130 está sendo carregado ou descarregado. A natureza compressível do escoamento de hidrocarbonetos proporciona operação continuada. O corpo revólver 300 então é girado para colocar a passagem 302 que sustenta pistão raspador 130 em comunicação direta com o escoamento de produção de hidrocarbonetos a partir do poço

submarino 40, lançando o pistão raspador para o trocador de calor 44. O pistão raspador 130 é recebido e parado na passagem 302 e parado pela barra batente em comunicações diretas com a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação. O corpo revólver 300 é então girado para a posição de estacionamento e o pistão raspador 131 injetado para o armazenador de armazenagem. O corpo revólver 300 é novamente girado para colocar ambas as passagens em comunicação com o escoamento de hidrocarbonetos.

[00059] O lançador de pistão raspador 42 da figura 12 também pode ser simplificado por um grau eliminando a entrada 312 e válvula 314. A força motriz para colocar o pistão raspador na corrente de escoamento (através da saída 322 e válvula 316) poderia ser fornecida por dispositivo fluido ou dispositivo mecânico atuando sobre a uma passagem 302 alinhada no trajeto de escoamento.

[00060] Um outro sistema do tipo revólver está delineado na figura 13. Aqui corpos revólver duplos 342, 344 são montados em um corpo 340. Corpos revólver 342 e 344 podem ser opcionalmente dotados de armazenadores de suprimento de pistão raspador e armazenadores de descarga de pistão raspador, respectivamente. Diferentemente do lançador de pistão raspador 42 da figura 12, o presente lançador de pistão raspador 42 requer um mecanismo de vedação entre a entrada 312, corpo revólver 342 e saída 322 para vedar escoamento de fluido quando o corpo revólver 342 está girando. Um mecanismo de vedação similar seria provavelmente fornecido para o trajeto de escoamento entre a entrada 324, corpo revólver 340 e saída 308. Como com outros sistemas lançadores de pistão raspador, o lançador de pistão raspador 42 da figura 13 inclui contorno de lançamento 60 com válvula de controle 62 e contorno de recebimento 64 com válvula de controle 66. Um tubo de interconexão 346 é fornecido entre os revólveres 342 e 344 com válvulas de isolamento 348 e 350 no trajeto de escoamento. Assim, um pistão

raspador 130 pode ser transportado desde o revólver de recebimento 344 até o revólver de lançamento 342 por fluido ou dispositivo mecânico através da válvula 348, tubo de interconexão 346 e válvula 350 por meio de fluido ou dispositivo mecânico. Posicionar o pistão raspador 130 no corpo revólver 342 irá limpar cera e outros sólidos do pistão raspador 130 por meio de calor transferido a partir da corrente de produção através do corpo revólver 342.

[00061] Uma versão reduzida do sistema revólver duplo da figura 13 também pode ser empregada, na qual corpos revólver 342 e 344 são, cada um, dotados com pelo menos uma passagem 302, um contorno de lançamento 60 e um ou mais armazenadores de armazenagem de pistão raspador 130 (não mostrado) em comunicação com qualquer ou ambos os corpos revólver 342 e 344. Um pistão raspador 130 pode ser carregado no corpo revólver 344 por meio de qualquer fluido ou outro dispositivo mecânico. Durante este período a passagem 302 não está em comunicação direta com o escoamento de produção de hidrocarbonetos. O escoamento de produção de hidrocarbonetos continua para penetrar no trocador de calor 44 através do contorno 60, onde ele é comprimido quando escoamento de produção de hidrocarbonetos para a tubulação 20 é interrompido. O corpo revólver 342 é girado de tal modo que ambos os corpos revólver 342 e 344 estão em comunicação direta com o tubo de interconexão 346. As válvulas 348 e 350 são abertas e o pistão raspador transferido para o corpo revólver 342 e passagem 302. Durante esta operação o escoamento de hidrocarbonetos penetra no trocador de calor 44 através do conduto de contorno 60. O conduto 60 pode ser ainda simplificado removendo a válvula 62 e fornecendo um escoamento restrito por meio de diâmetro reduzido ou outro dispositivo adequado. Os corpos revólver 342 e 344 são então girados para colocar suas respectivas passagens 302 em comunicações diretas com o escoamento de hidrocarbonetos, pistão raspador de lançamento 130 para o trocador de calor 44. Quando da conclusão de seu trânsito de trocador de calor 44, o pistão raspador 130 é capturado no

corpo revólver 344, passagem 302. O corpo revólver 344 é então girado para estar em comunicação com o armazenador de armazenagem de pistão raspador onde ele é descarregado por dispositivo descrito em referência à figura 9. O corpo revólver 344 é então girado para colocar sua passagem 302 em comunicação direta com o escoamento de hidrocarbonetos. Deveria ser observado que um processo similar é seguido se o armazenador de armazenagem de pistão raspador está em comunicação com o corpo revólver 342.

[00062] Uma alternativa ao tipo revólver de lançador de pistão raspador está delineada nas figuras 14 e 15. O que está delineado é um manipulador de pistão raspador de bloco deslizador 42. A figura 14 é uma vista externa simplificada de um bloco deslizador que tem pelo menos uma passagem. Ele é constituído de corpo 400 que tem um bloco válvula deslizante e interno 402 (figura 15). O bloco válvula deslizante 402 é vedado internamente dentro do corpo 400, de tal modo que quando o bloco 402 muda de posição dentro do corpo 400, o escoamento de fluido a partir da entrada 312 é interrompido. O bloco válvula deslizante 402 pode ser movido dentro do corpo 400 por meio de dispositivo adequado hidráulico, elétrico ou mecânico (não mostrado). O corpo 400 da figura 14 é delineado como circular em seção transversal. Contudo, o corpo 400 e válvula bloco deslizante 402 correspondente podem ter outras formas de seção transversal. A figura 14 delinea o corpo tendo um armazenador de suprimento de pistão raspador substituível 120 e tubo de descarga de pistão raspador 122 para suprir pistões raspadores novos e armazenar pistões raspadores usados 130. O corpo é ainda conectado ao trocador de calor 44. O lançador de pistão raspador 42 da figura 14 está mostrado em maior detalhe na figura 15. O corpo 400 tem dentro um bloco de válvula deslizante 402 que tem pelo menos nele uma passagem 404. Cada uma das passagens 404 tem uma barra batente (não mostrada aqui). Como delineado na figura 15, o escoamento de produção a partir de 41 é

projetado para escoar para a entrada 312, através da passagem 404, e para o lado quente do trocador de calor 44. Também existe aí um contorno de lançamento 40 com uma válvula de controle de escoamento 44 nele. De maneira similar, a produção a partir do lado frio do trocador de calor 44 penetra no bloco válvula 402, passa através da passagem 404, através da saída 308 e para a tubulação 20. O bloco 402 da figura 15 delinea duas câmaras de lançamento adjacentes uma à outra, e duas câmaras de recebimento adjacentes uma à outra. O processo começa com a passagem de lançamento superior 404 sendo posicionada de tal modo que ela está em comunicação com o armazenador de suprimento de pistão raspador 120. Um pistão raspador 130 é avançado para a passagem 404 por meio de dispositivo mecânico ou hidráulico até que ele entre em contato com a barra batente na passagem 404. Durante este período a porção superior da passagem de recebimento 404 está em comunicação direta com o lado frio do trocador de calor 44 e saída 308. O bloco válvula deslizante 402 é movido até que a passagem 404 que suporta pistão raspador 130 esteja em comunicação direta com a entrada 312 e o lado quente do trocador de calor 44, com isto lançando o pistão raspador 130. Como observado anteriormente, os contornos 60 e 64 podem ser abertos abrindo as válvulas 62 e 66, respectivamente, para impedir picos de pressão dentro do sistema, quando o bloco válvula 402 está sendo movido da posição aberta para a posição fechada. O bloco válvula 402 é então movido até que a mais baixa das passagens de recebimento 404 esteja em comunicação direta com o lado frio do trocador de calor 44 e saída 308. O pistão raspador 130 completa sua travessia através do trocador de calor 44 e é recebido na inferior das passagens de recebimento 404, onde ele entra em contato com a barra batente 404 da passagem. O bloco deslizante 402 é então movido até que a passagem de recebimento inferior 404 esteja alinhada com o tubo de descarte de pistão raspador 122. Fazendo assim, a passagem de lançamento superior vazia e a passagem de fluido de recebimento superior 44 estão em

comunicação direta com o trocador de calor 44. O pistão raspador sujo 130 pode então ser rejeitado para o tubo de descarte de pistão raspador 122 por meio de dispositivo mecânico ou fluido. Assim, o manipulador de pistão raspador 42 das figuras 14 e 15 fornece um dispositivo simples de carregamento, lançamento, recebimento e descarte de pistões raspadores 130 utilizados dentro da presente invenção.

[00063] O lançador de pistões raspadores das figuras 14 e 15 pode ser simplificado fornecendo uma única passagem 404 no bloco 402, um único contorno de entrada 60 e pelo menos um armazenador de armazenagem de pistão raspador 120 ou 122. Durante operações normais a passagem 404 está em comunicações diretas com a saída do trocador de calor 44 e extremidade proximal da tubulação 20 e o escoamento da produção de hidrocarbonetos penetra no trocador de calor 44 através do contorno 60. Durante operações de passagem de pistão raspador o bloco 402 é movido para o armazenador 120 ou 122 e um pistão raspador 130 é carregado para a passagem 404. Durante este período o fluido comprime no trocador de calor 44. O bloco 402 então move para entrar em comunicação direta com o escoamento de hidrocarbonetos através da entrada 312 de lançamento de pistão raspador 130 para o interior do trocador de calor. O bloco 402 é então movido para colocar a passagem 404 em comunicação direta com a saída do trocador de calor 44. O pistão raspador 130 é capturado na passagem 404 e o bloco 402 é movido para o armazenador 120 ou 122 para descarregar o pistão raspador. O bloco 402 é então movido de volta para colocar a passagem 404 em comunicação direta com a saída do trocador de calor 44.

[00064] Uma variação que pode ser utilizado dentro do contexto da presente invenção é para o manipulador de pistão raspador lançar o pistão raspador através do trocador de calor e recuperá-lo no terminal, seja se este está em uma plataforma costa a fora ou na costa. Isto deveria eliminar a necessidade por uma seção de recebimento ou uma capacidade de contorno de

recebimento. Ainda uma outra variação poderia fornecer uma passagem adicional de recebimento não tendo nela barra batente e uma câmara avançada. Será apreciado que tais câmaras adicionais podem ser projetadas nos manipuladores de pistão raspador divulgados acima. Isto deveria permitir a um operador lançar um pistão raspador e girar ou mover a seção de recebimento de tal modo que a passagem através da passagem esteja em comunicações diretas com o lado frio do trocador de calor 44 e saída 38. O pistão raspador deveria então viajar a tubulação somente quando o operador permitiu que ele fizesse isso. Além disto, será apreciado que embora as configurações acima tenham sido no contexto de um trocador de calor de malha aberta tubo nu,, as configurações acima podem tão facilmente tornadas práticas utilizando um sistema de camisa de resfriamento em contracorrente para a troca de calor ou uma configuração diferente de uma malha aberta.

[00065] Embora a presente invenção tenha sido descrita em termos de diversas configurações, modificações no aparelho e técnicas aqui descritas podem ser feitas sem se afastar do conceito da presente invenção. Deveria ser entendido que as configurações e técnicas descritas no que precede são ilustrativas e não têm intenção de limitar o escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para manter escoamento de produção em uma tubulação submarina (20) que tem uma extremidade proximal e uma extremidade distal, a tubulação (20) estando em comunicação direta com um hospedeiro em uma extremidade distal, o sistema caracterizado pelo fato de que compreende

um manipulador de pistão raspador (42), que tem um sistema de entrada (110, 112) em comunicação direta com pelo menos um poço submarino (30, 32), adaptado para receber um escoamento de produção de hidrocarbonetos e um sistema de saída (124, 126) em comunicação direta com a extremidade proximal da tubulação (20);

um trocador de calor submarino (44), o trocador de calor (44) tendo uma entrada em comunicação direta com o sistema de entrada do manipulador de pistão raspador (110, 112) e uma saída em comunicação direta com o sistema de saída do manipulador de pistão raspador (124, 126), adaptado de modo que a temperatura do escoamento da produção de hidrocarbonetos pode ser reduzida o suficiente para fazer com que sólidos se formem;

um sistema de lançamento de pistão raspador, adaptado de modo que um pistão raspador (130) pode ser colocado de maneira seletiva no escoamento da produção de hidrocarbonetos através do sistema de entrada de manipulador de pistão raspador (110, 112), lançar o pistão raspador (130) para o trocador de calor (44) para remover sólidos depositados a partir do trocador de calor (44); e

um sistema de recebimento de pistão raspador, adaptado de modo que um pistão raspador (130) pode ser removido do escoamento de produção de hidrocarbonetos através do sistema de saída do manipulador de pistão raspador (124, 126) antes que o escoamento de produção penetre na tubulação submarina (20),

em que o trocador de calor (44) é um sistema de tubo em tubo de refrigerante forçado, tendo tubos internos e externos, adaptado de modo que a produção escoar através do tubo interno e o refrigerante escoar através do anel formado entre os tubos interno e externo em uma direção contrária à direção do escoamento de produção.

2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ainda compreende um aparelho para girar o manipulador de pistão raspador, adaptado de modo que um pistão raspador (130) que penetrou no sistema de recebimento de pistão raspador possa ser posicionado no sistema de lançamento de pistão raspador para reutilização.

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o manipulador de pistão raspador (42) compreende

uma carcaça externa vedada à prova de água;

um corpo interno que tem pelo menos duas passagens (108) através dele, que podem ser giradas para fornecer um trajeto de fluido em comunicação direta vedada com o sistema de entrada do manipulador de pistão raspador (110, 112) e a entrada do trocador de calor, um trajeto de fluido em comunicação direta vedada com a saída do trocador de calor e o sistema de saída de manipulador de pistão raspador (124, 126);

uma posição de armazenagem de pistão raspador conectada à carcaça;

aparelho para carregar um pistão raspador (130) em uma passagem (108) a partir da posição de armazenagem de pistão raspador e para descarregar um pistão raspador (130) de uma passagem (108) para a posição de armazenagem de pistão raspador; e

aparelho para girar o corpo interno dentro da carcaça externa para lançar um pistão raspador (130) armazenado em uma passagem (108) trazendo-o para comunicação direta com o escoamento da produção de

hidrocarbonetos ou girando o corpo interno para trazer uma passagem (108) para comunicações diretas com a posição de armazenagem de pistão raspador.

4. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o sistema de lançamento de pistão raspador e o sistema de recebimento de pistão raspador serem isolados termicamente.

5. Sistema, de acordo com a reivindicação 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que a posição de armazenagem de pistão raspador ainda compreende

um armazenador de suprimento de pistão raspador (120) para armazenagem de pistões raspadores (130) e um armazenador de descarga de pistão raspador (122) para armazenagem de pistões raspadores (130) usados;

aparelho para avançar de maneira seletiva um pistão raspador (130) a partir do armazenador de suprimento (120) para uma passagem do corpo interno (108); e

aparelho para avançar de maneira seletiva um pistão raspador (130) usado para o armazenador de descarga (122) a partir de uma passagem interna do corpo (108).

6. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que pelo menos um do dito manipulador de pistão raspador (42), sistema de lançamento de pistão raspador, sistema de recebimento de pistão raspador, e aparelho de giro de manipulador de pistão raspador é recuperável.

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que o aparelho para avançar de maneira seletiva os pistões raspadores (130) é constituído de um sistema hidráulico ou mecânico.

8. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que ainda inclui um conduto de fluido de contorno entre o poço submarino (30, 32) e a entrada do trocador de calor.

9. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1

a 8, caracterizado pelo fato de que ainda inclui um conduto de fluido de contorno entre a saída do trocador de calor (44) e a extremidade proximal da tubulação (20).

10. Sistema, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que o escoamento de produção através dos contornos pode ser controlado de maneira seletiva.

11. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que o trocador de calor (44) é um tubo no ambiente submarino.

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o refrigerante é água do mar.

13. Sistema, de acordo com a reivindicação 11 ou 12, caracterizado pelo fato de que ainda inclui uma bomba para forçar o refrigerante através do anel.

14. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado pelo fato de que ainda compreende um coletor submarino em comunicação direta com diversos poços submarinos (30, 32) e o manipulador de pistão raspador (42).

15. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que o manipulador de pistão raspador (42) ainda compreende

uma carcaça externa vedada que tem entradas em comunicação direta com o poço submarino (30, 32) e a saída do trocador de calor, e saídas em comunicação direta com a entrada do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação (20);

um corpo interno de vedação dentro da carcaça externa, o corpo interno tendo pelo menos uma passagem (108) através dele e tendo um batente em uma extremidade da passagem (108), a passagem (108) adaptada para receber um pistão raspador (130), no qual

o corpo interno é adaptado para ser girado para colocar o batente próximo à entrada do corpo externo em comunicação direta com o poço submarino (30, 32), a passagem (108) suportando um pistão raspador (130) que está em comunicações diretas com o poço submarino (30, 32) e a entrada do trocador de calor, o escoamento da produção de hidrocarbonetos lançando o pistão raspador (130) na passagem (108) para o trocador de calor (44); e

o corpo interno adaptado para ser girado para colocar o batente próximo à saída do manipulador de pistão raspador para a extremidade proximal da tubulação (20), a passagem (108) estando em comunicações diretas com a saída do trocador de calor e a tubulação (20), o batente com isto capturando o pistão raspador (130).

16. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizado pelo fato de que o manipulador de pistão raspador (42) ainda compreende:

(a) um armazenador de pistão raspador e um armazenador de descarga de pistão raspador (122); e

(b) aparelho para carregar um pistão raspador (130) a partir do dito armazenador de suprimento de pistão raspador (120) para uma passagem (108) e descarregar um pistão raspador (130) de uma passagem (108) para o armazenador de descarga de pistão raspador (122).

17. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 16, caracterizado pelo fato de que ainda compreende:

pelo menos dois corpos que giram, cada um dentro de uma carcaça externa vedada e que tem pelo menos uma passagem (108) através dele, uma das carcaças sendo conectada pelo menos a um poço submarino (30, 32) e à entrada do trocador de calor, a outra carcaça sendo conectada à saída do trocador de calor e à extremidade proximal da tubulação.

18. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado

pelo fato de que os corpos têm pelo menos duas passagens (108) através deles.

19. Sistema, de acordo com a reivindicação 17 ou 18, caracterizado pelo fato de que ditos pelo menos dois corpos que giram estão contidos dentro de uma única carcaça, a única carcaça tendo uma entrada em comunicação direta com pelo menos um poço submarino (30, 32) e uma saída em comunicação direta com a entrada do trocador de calor, e tendo ainda uma entrada em comunicações diretas com a saída do trocador de calor e uma saída em comunicação direta com a extremidade proximal da tubulação.

20. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 18, caracterizado pelo fato de que o manipulador de pistão raspador (42) ainda compreende

uma carcaça; e

um corpo móvel dentro da carcaça, o corpo adaptado para receber um pistão raspador (130) e lançar o pistão raspador (130) estabelecendo um trajeto de fluido entre o poço submarino (30, 32) e a entrada do trocador de calor ou receber o pistão raspador (130) estabelecendo um trajeto de fluido entre a saída do trocador de calor e a extremidade proximal da tubulação.

21. Método de manter escoamento de produção em uma tubulação submarina (20), caracterizado pelo fato de que compreende:

produzir um hidrocarboneto a partir de pelo menos um poço submarino (30, 32);

transportar os hidrocarbonetos a partir de pelo menos um poço submarino (30, 32) até um trocador de calor (44);

passar os hidrocarbonetos através do trocador de calor (44) para resfriar os hidrocarbonetos e precipitar pelo menos um sólido selecionado dentre ceras, parafinas, asfaltenos e/ou hidratos;

passar os hidrocarbonetos através de uma tubulação (20) a

partir do trocador de calor (44) até um hospedeiro; e

passar o pistão raspador pelo trocador de calor (44) com um pistão raspador (130) para produzir uma lama dos sólidos nos hidrocarbonetos,

em que passar o hidrocarboneto pelo trocador de calor (44) compreende passar o hidrocarboneto através de um tubo interno em uma primeira direção e passar água do mar refrigerante através de um anel que circunda o tubo interno em uma segunda direção, a segunda direção oposta à primeira direção.

22. Método, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que a temperatura dos hidrocarbonetos é abaixada de pelo menos 20°C desde uma entrada até uma saída do trocador de calor (44).

23. Método, de acordo com a reivindicação 21 ou 22, caracterizado pelo fato de que o pistão raspador (130) é recuperado de uma saída do trocador de calor (44) e reciclado até uma entrada do trocador de calor.

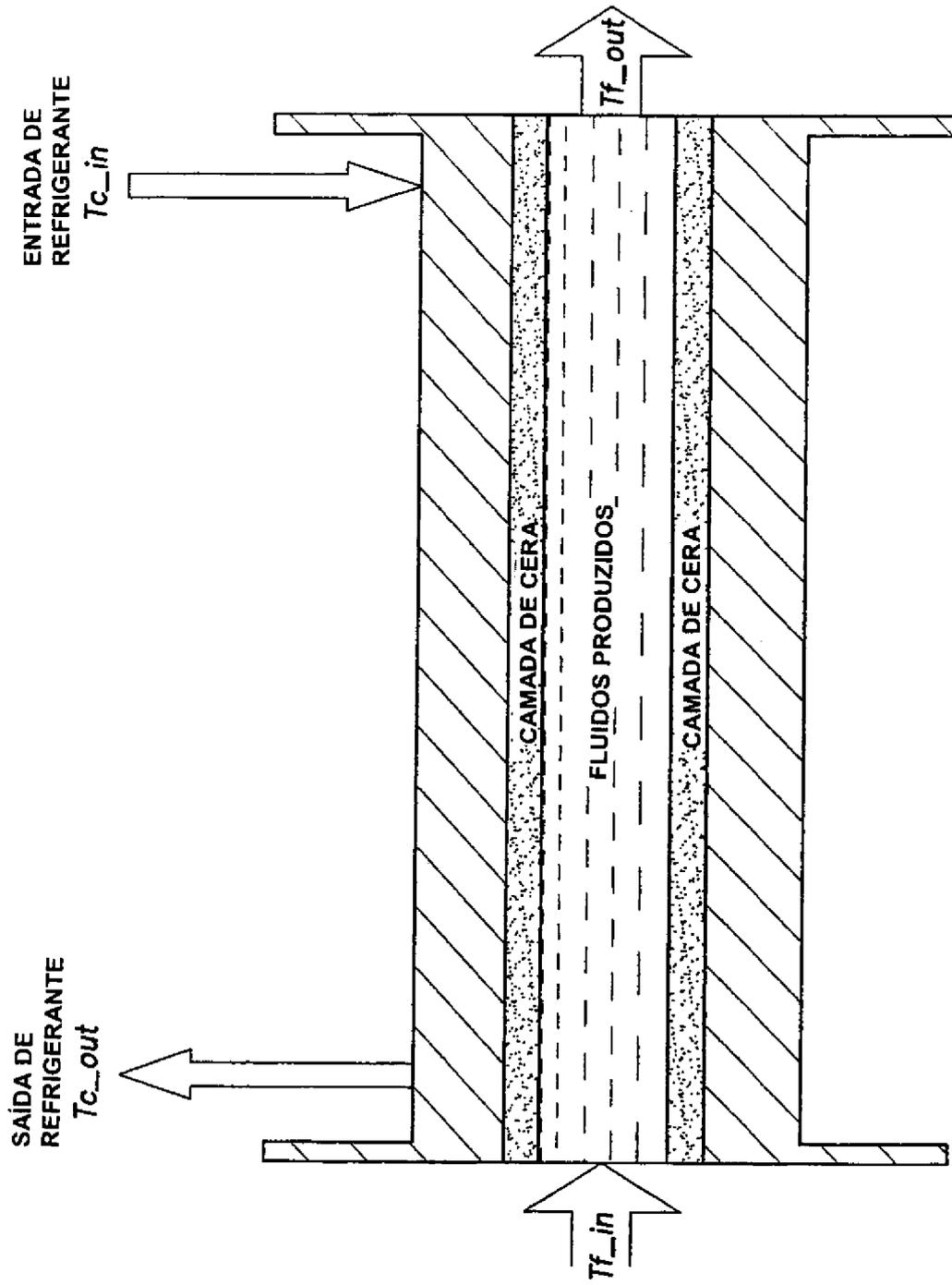


FIG.1

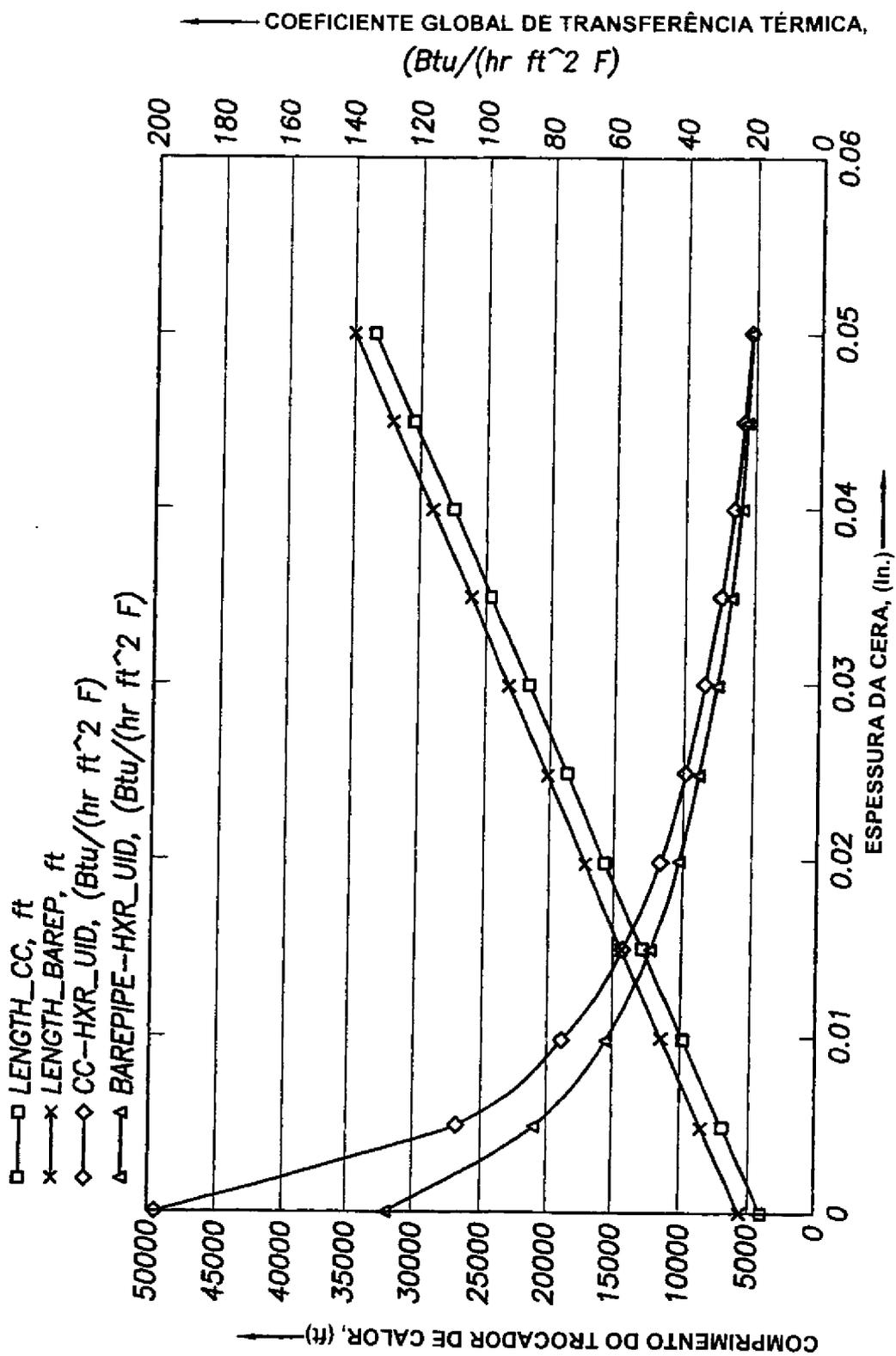


FIG.2

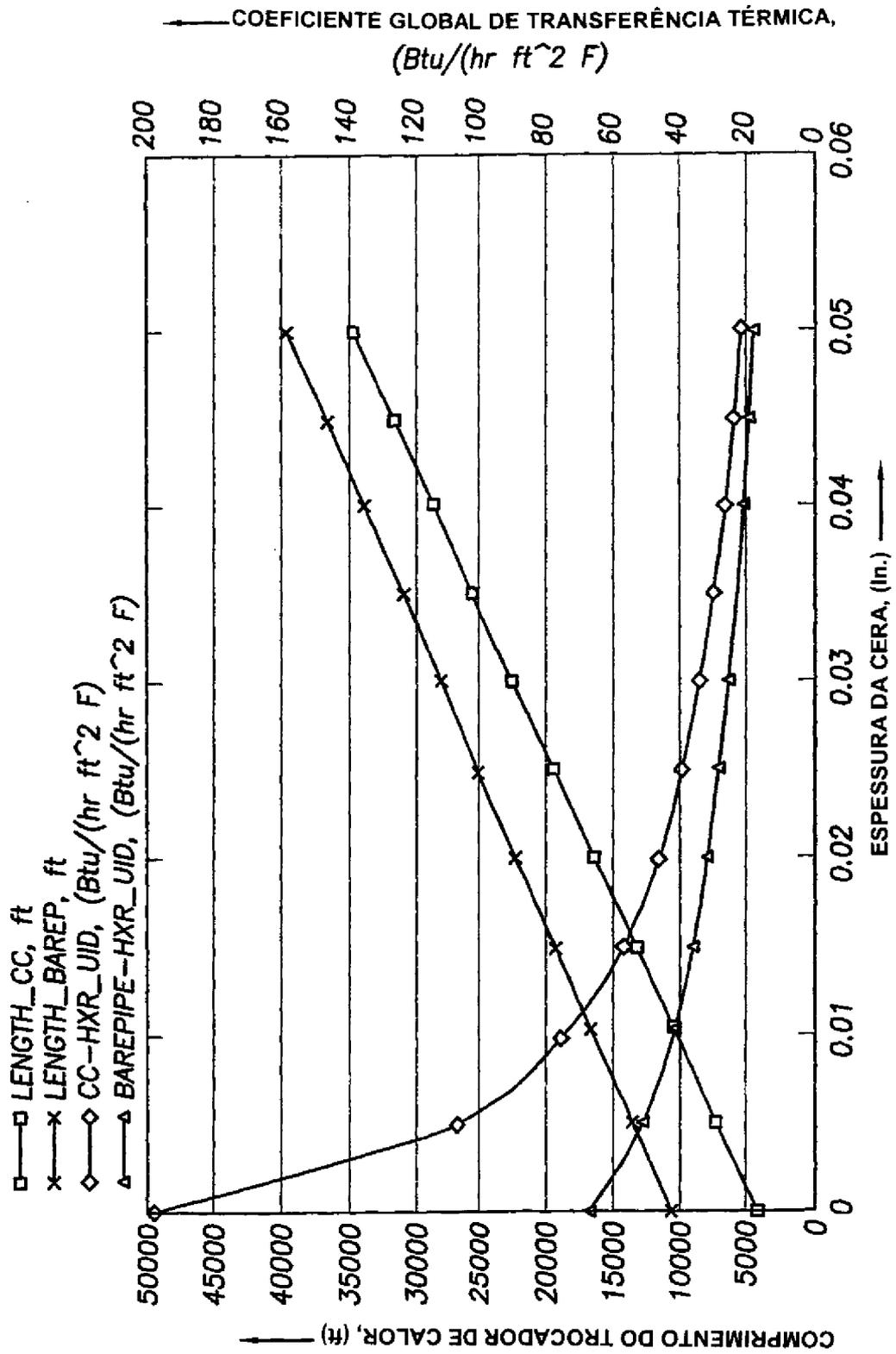


FIG.3

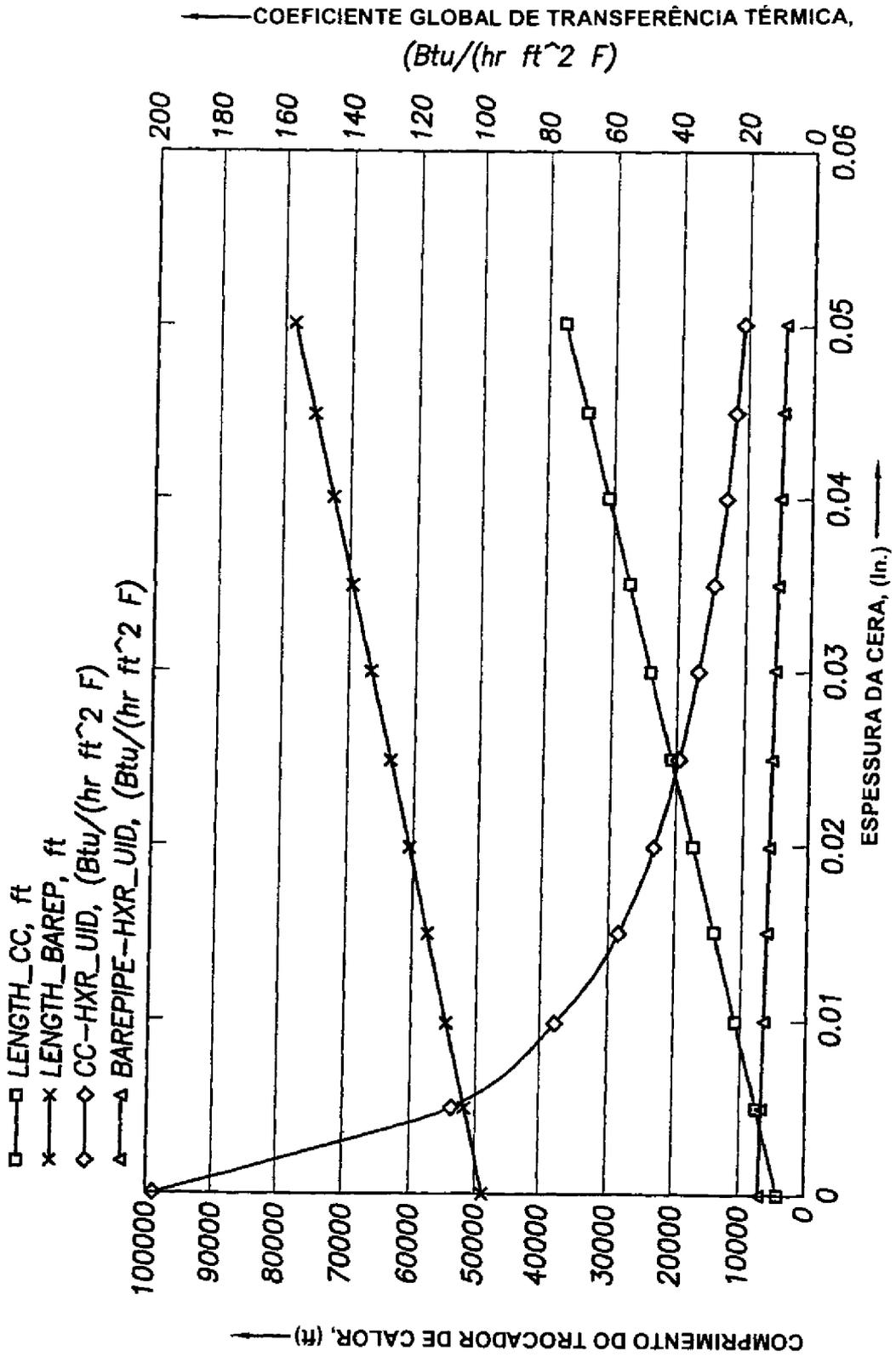


FIG.4

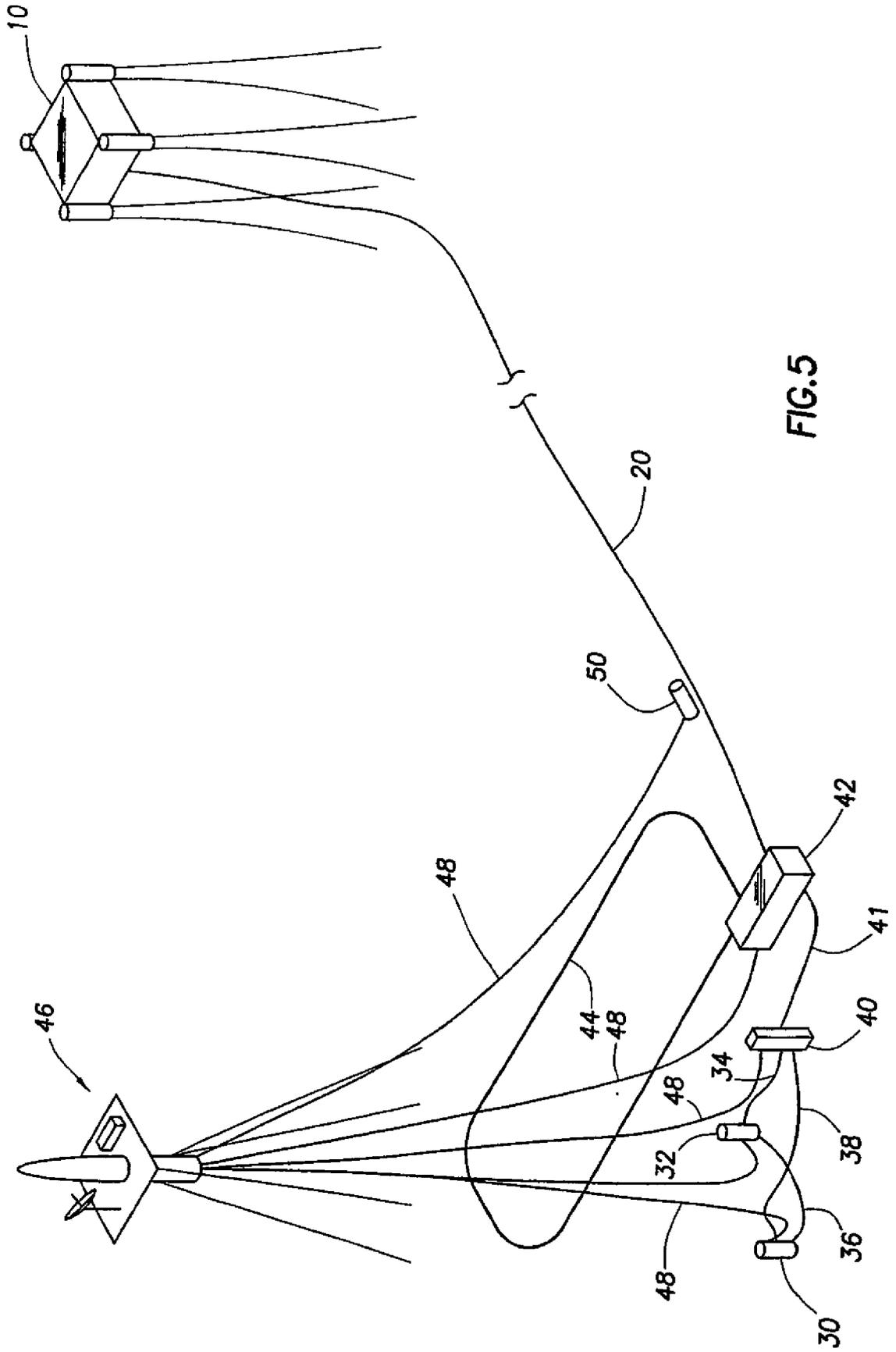


FIG.5

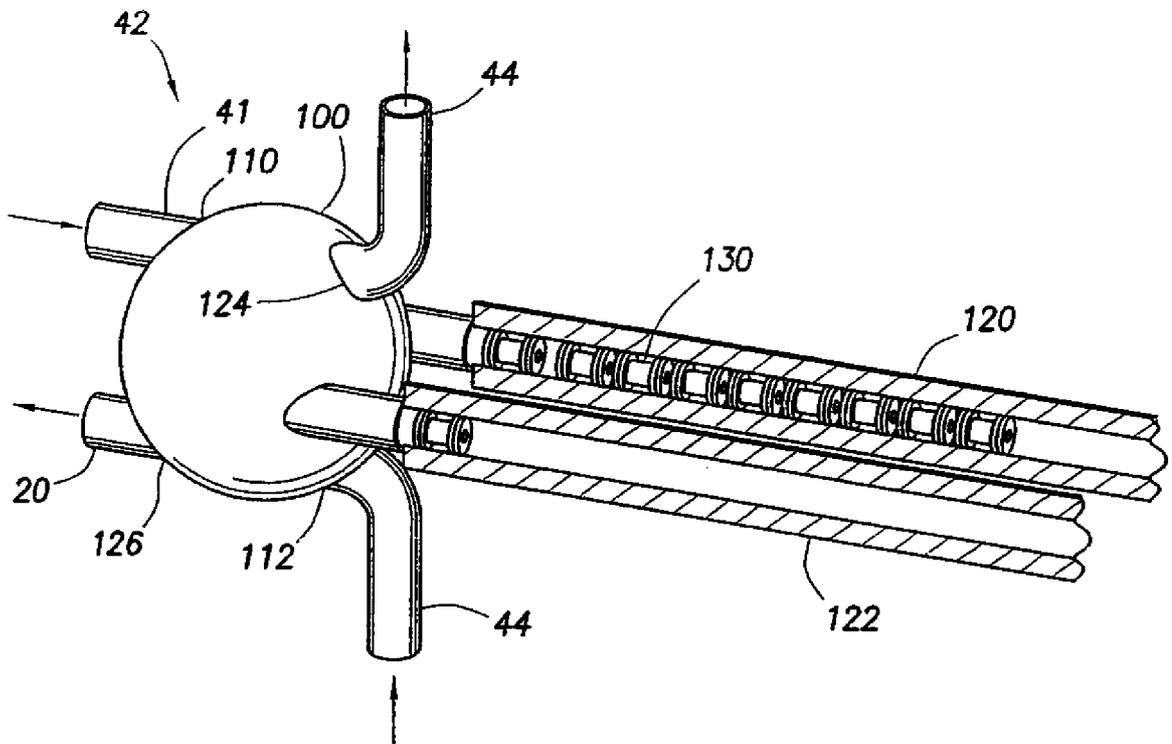


FIG. 6

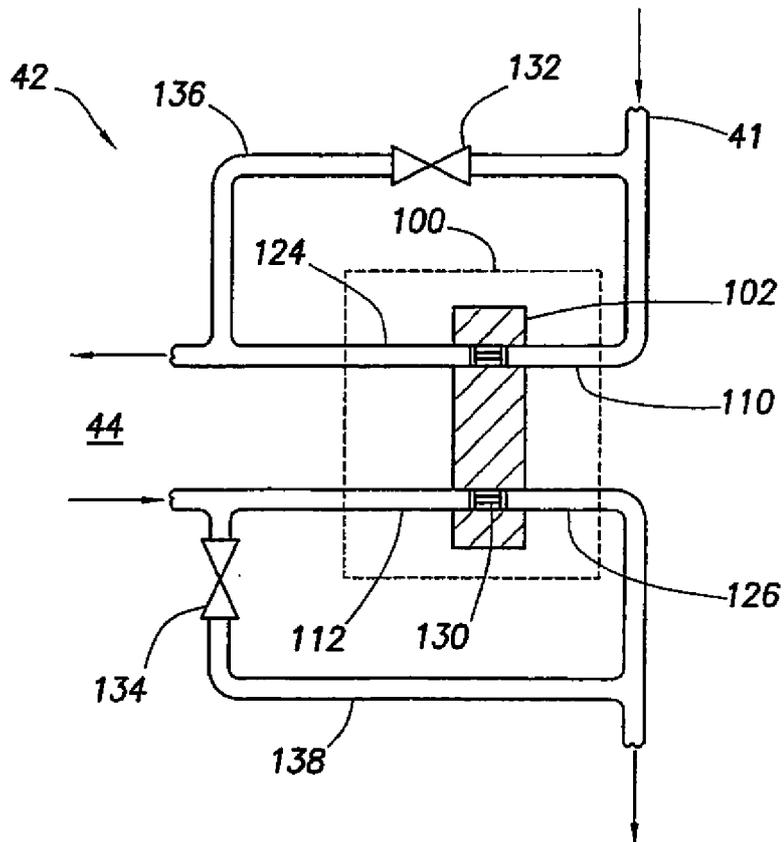


FIG. 8

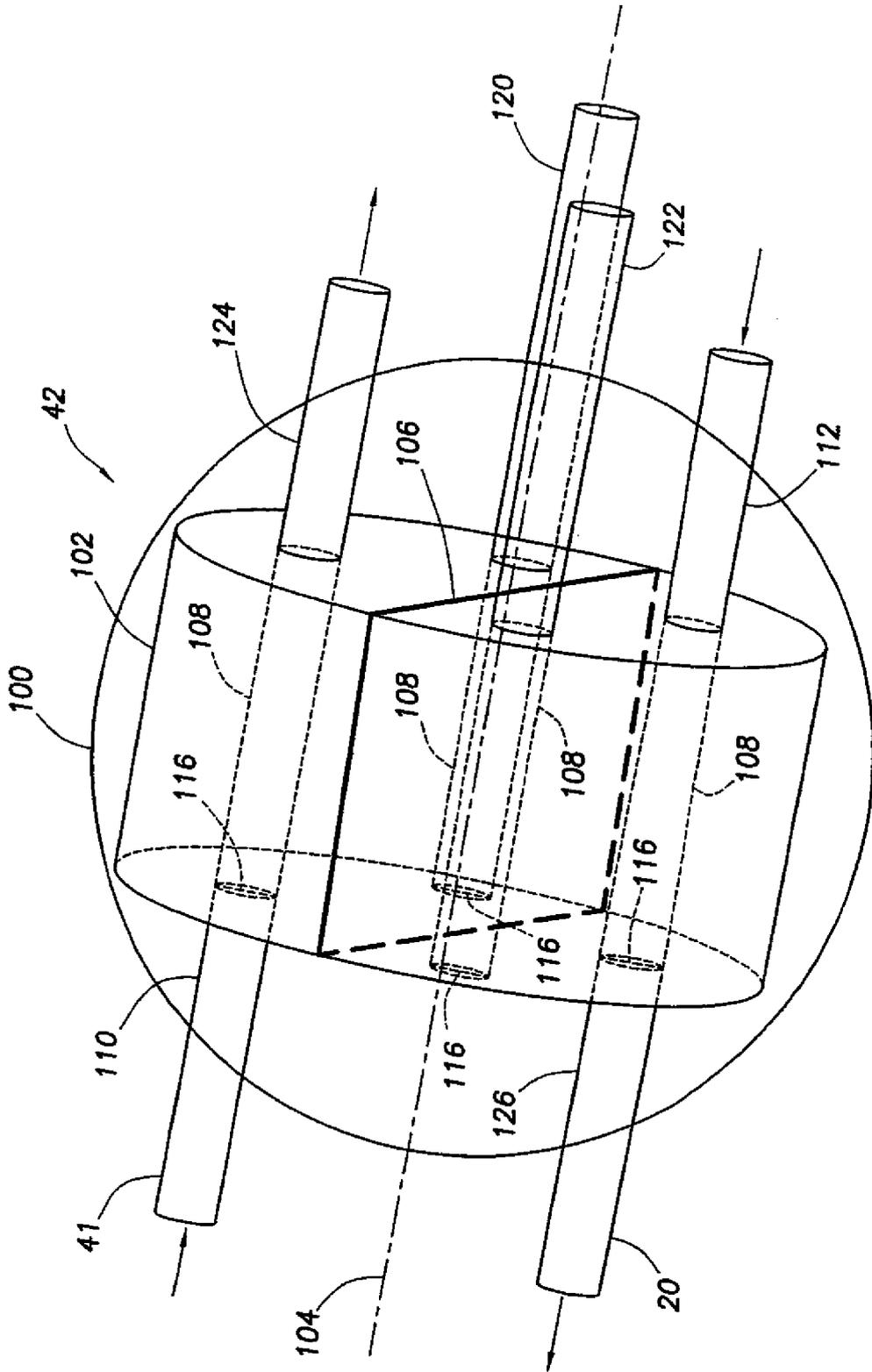


FIG. 7

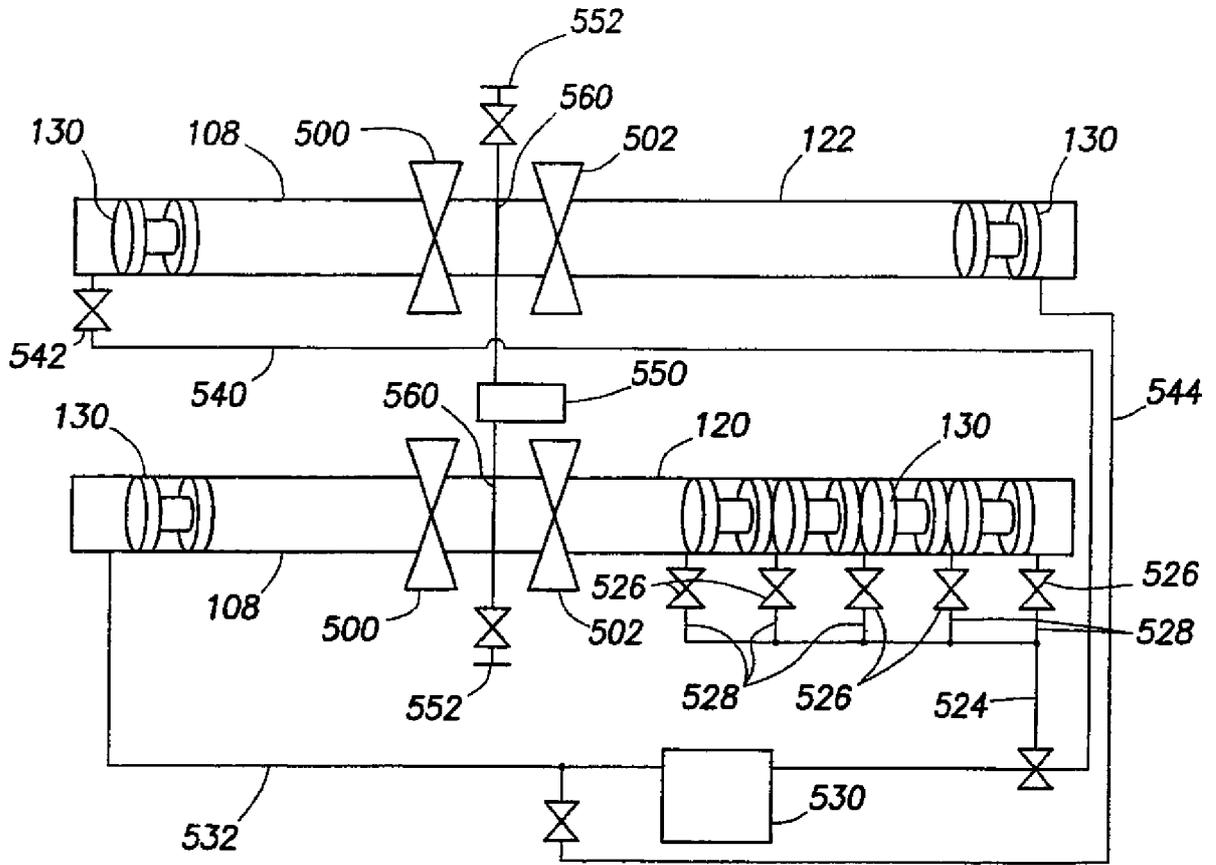


FIG. 9

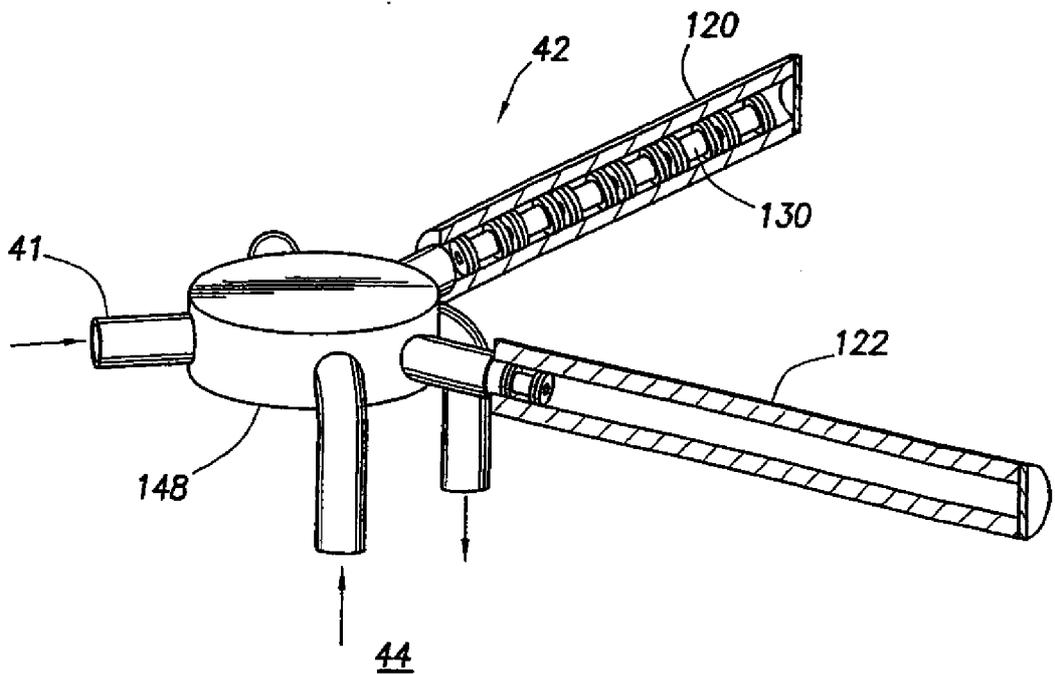


FIG. 10

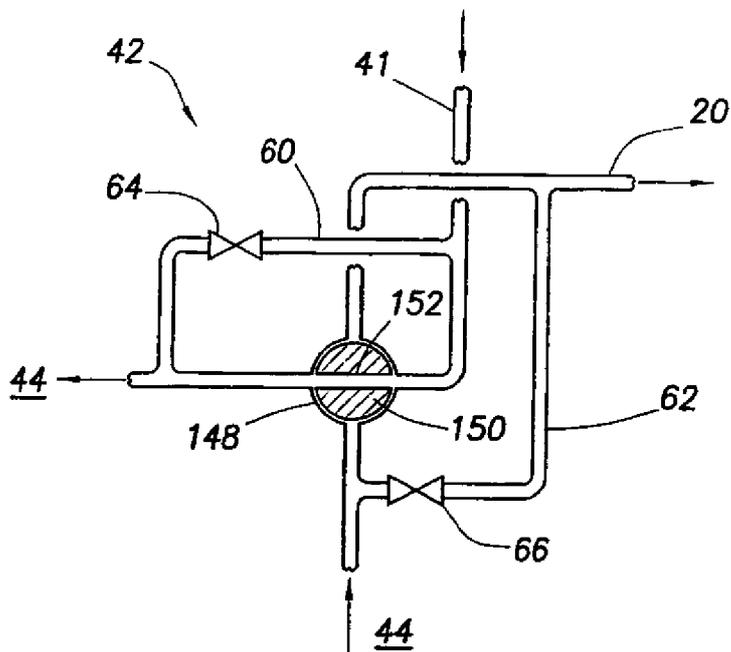


FIG. 11

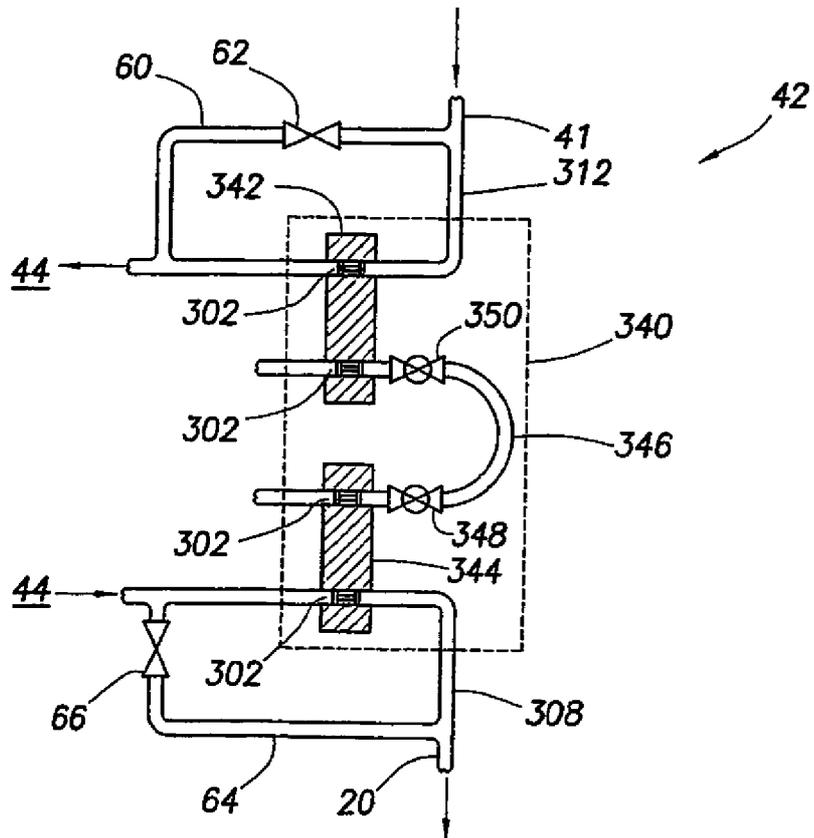


FIG. 13

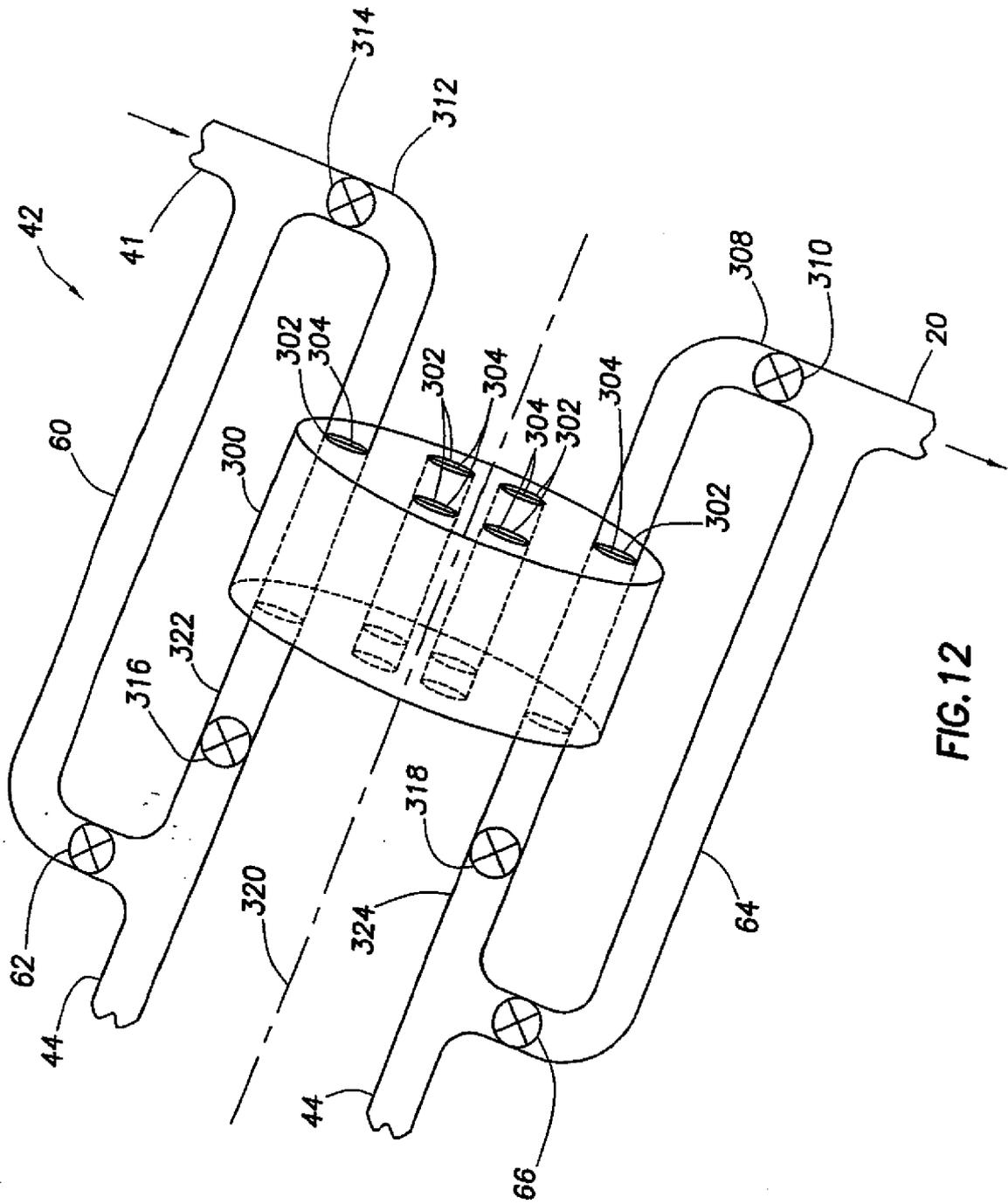


FIG.12

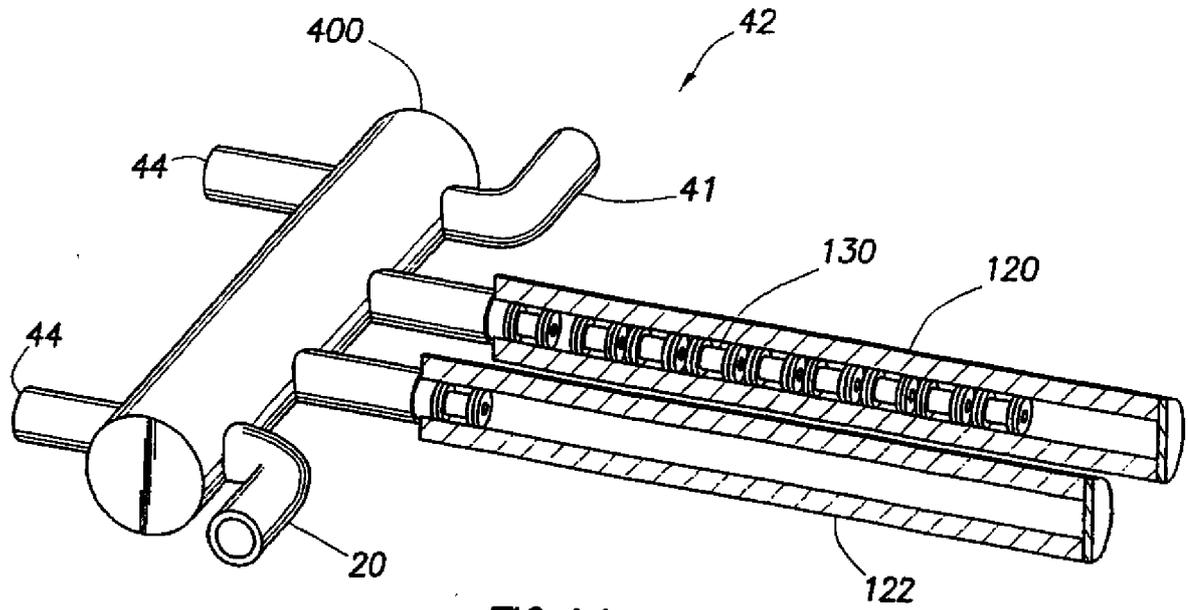


FIG. 14

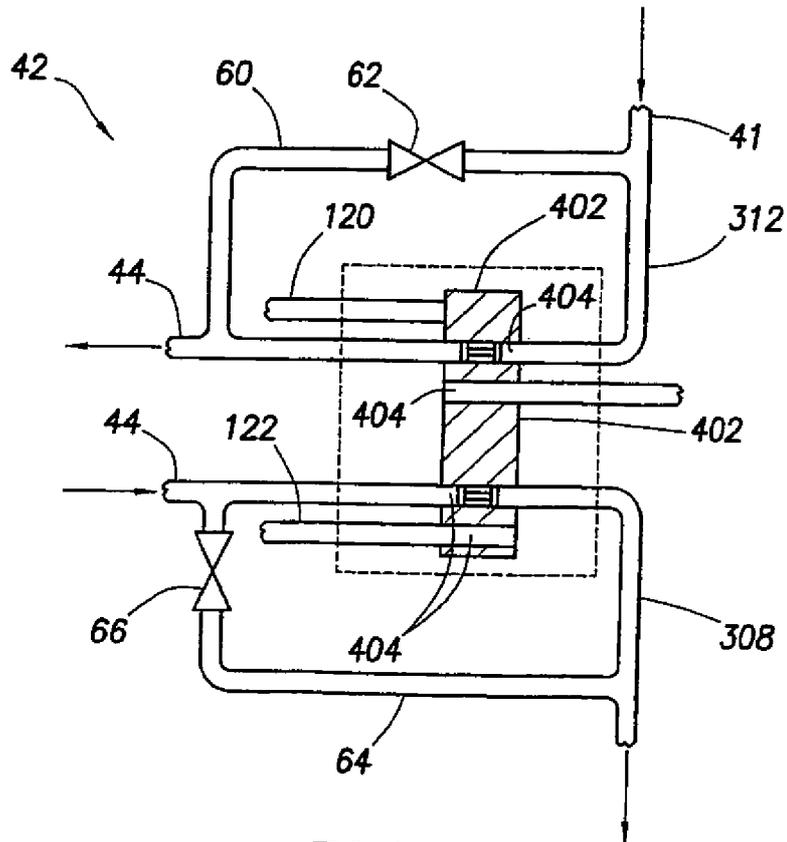


FIG. 15