



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

**(11) PI 1010685-5 B1**



**(22) Data do Depósito: 19/03/2010**

**(45) Data de Concessão: 15/10/2019**

---

**(54) Título:** SISTEMA SUBMARINO DE CIMENTAÇÃO E MÉTODO DE CIMENTAR UMA COLUNA DE REVESTIMENTO SUBMARINA

**(51) Int.Cl.:** E21B 33/05; E21B 33/16.

**(30) Prioridade Unionista:** 20/05/2009 US 12/469,370.

**(73) Titular(es):** BAKER HUGHES INCORPORATED.

**(72) Inventor(es):** DAVID FERNANDO LAUREL; KURT RANDALL KOENIG.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2010027926 de 19/03/2010

**(87) Publicação PCT:** WO 2010/135019 de 25/11/2010

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 21/11/2011

**(57) Resumo:** SISTEMA SUBMARINO DE CIMENTAÇÃO E MÉTODO DE CIMENTAR UMA COLUNA DE REVESTIMENTO SUBMARINA A presente invenção refere-se a um sistema submarino de cimentação que inclui um primeiro tampão limpador tendo um furo central conectado liberavelmente a um mandril de lançamento, e um segundo tampão limpador tendo um furo central conectado liberavelmente ao primeiro tampão limpador. O sistema inclui um primeiro dardo que é adaptado para vedar o furo central do segundo tampão limpador. Um primeiro aumento na pressão libera o segundo tampão limpador do primeiro tampão limpador e um segundo aumento na pressão rompe um disco de ruptura do primeiro dardo permitindo o cimento a fluir passando o segundo tampão limpador. Um segundo dardo limpador é adaptado para vedar o furo central do primeiro tampão limpador. Um terceiro aumento na pressão libera o tampão limpador do primeiro mandril de lançamento. Um quarto aumento na pressão libera um membro de vedação do segundo dardo, que é adaptado para vedar o furo central do segundo tampão limpador.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMA SUBMARINO DE CIMENTAÇÃO E MÉTODO DE CIMENTAR UMA COLUNA DE REVESTIMENTO SUBMARINA**".

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Campo da Invenção

[001] A presente invenção refere-se geralmente a um sistema aperfeiçoado de tampão de cimentação com uma ferramenta de lançamento de tampão submarino para poços offshore de petróleo e gás. Mais particularmente, a presente divulgação é direcionada a um sistema aperfeiçoado de tampão de cimentação submarino bem adequado para cimentação submarina de colunas de revestimento em águas profundas.

Descrição da Técnica Relacionada

[002] A atividade de perfuração Offshore continua a se mover em águas mais profundas, sendo agora experimentada com profundidades de até 3048 m (10.000 pés). A tecnologia de lançamento submarino de tampão de cimentação foi desenvolvida para abordar profundidades de lâmina d'água rasa de 152,4 (500 pés) ou menos. Desafios operacionais, tais como a não observância das pressões de lançamento de tampão, a taxa de queda livre da bola ponderada, e incapacidade para limpar o tubo de perfuração dentro de diâmetro antes da cimentação foram experimentados mudando para águas mais profundas. Devido a operações em águas profundas, pode demorar muito tempo para um operador obter uma indicação de pressão que a bola liberou o tampão de cimento inferior potencialmente causando ao operador a começar a bombear fluidos de deslocamento e cimento prematuramente. Neste caso não há nenhuma indicação de pressão quando o tampão inferior foi lançado porque a bola está sendo bombeada para baixo.

[003] Sistemas de cimentação anteriores utilizaram pinos de cisa-

lhamento para seletivamente prender os tampões de cimento à ferramenta de lançamento. No entanto, o uso de pinos de cisalhamento potencialmente permite que os tampões de cimento sejam lançados por qualquer pressão diferencial que exerce uma força através dos pinos de cisalhamento potencialmente causando o lançamento inadvertido do tampão de cimento. O uso de pinos de cisalhamento também permite potencialmente que tampão errado seja lançado devido a um diferencial de pressão. Seria benéfico prover um sistema que impeça o lançamento acidental de um tampão de cimento.

[004] Em face do exposto, seria desejável prever um sistema de tampão de cimento submarino que usa um tampão de topo e um tampão inferior que veda na parte inferior do tampão inferior depois que o cimento foi deslocado para o anel de revestimento e o tampão de topo foi batido. Também seria desejável prover um sistema de cimento submarino que conecta o tampão de topo a um tampão inferior com uma pinça para evitar a separação prematura dos tampões. Seria ainda desejável prover um sistema de cimento submarino que usou tampões de cimento de furo pleno que permitem que um dispositivo, tal como uma bola, seja descido através dos tampões que podem ser usados para acionar uma ferramenta localizada abaixo dos tampões de cimento, tal como um colar flutuante de enchimento automático.

[005] A descrição atual é direcionada para superar, ou pelo menos reduzir os efeitos de uma ou mais das questões expostas acima.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[006] Uma modalidade da presente descrição provê um sistema submarino de cimentação que inclui um mandril de lançamento posicionado dentro de uma coluna de revestimento. Uma coluna de operação (por exemplo, uma coluna de tubos de perfuração) se estende de um piso de plataforma de uma embarcação de perfuração até o mandril de lançamento. Um tampão de cimento superior tendo pelo menos

um limpador e um furo central é liberavelmente conectado ao mandril de lançamento. Um tampão de cimento inferior tendo pelo menos um limpador e um furo central é liberavelmente conectado ao tampão de cimento superior. Os limpadores dos tampões de cimento podem ser um elastômero espumado para permitir o uso dos tampões de cimento em vários tamanhos de colunas de revestimento. O sistema inclui um dardo inferior que tem um furo central através do dardo e uma ou mais aletas do limpador. Um membro ruptura fecha o furo central do dardo em seu estado inicial. O membro de ruptura pode ser qualquer dispositivo que pode ser rompido seletivamente, tal como um disco ou membrana de ruptura como seria apreciado por um versado na técnica tendo o benefício desta descrição. O membro de ruptura pode ser feito de um material frangível, tal como cerâmica, vidro, plástico termossensível, tecido, ou até mesmo metal. O dardo inferior prove uma barreira de fluido entre o fluido na coluna de operação (p. e., lama de perfuração) e o fluido utilizado para deslocar o dardo (por exemplo, um fluido espaçador ou pasta de cimento). O dardo inferior também é adaptado para engatar e vedar o furo central do tampão de cimento inferior. O dardo é lançado de um aparelho de lançamento de superfície, é deslocada para baixo na coluna de operação e encaixa no tampão de cimento inferior. Subsequentemente, um primeiro aumento na pressão dentro da coluna de operação libera o tampão de cimento inferior do tampão de cimento superior. O tampão inferior percorre a coluna de revestimento para baixo e engata um perfil em um dispositivo de pouso na coluna de revestimento. O perfil pode ser adaptado para prevenir a rotação do tampão inferior em relação ao dispositivo de pouso. Um aumento na pressão dentro da coluna de revestimento é usado para romper o membro de ruptura do dardo inferior. Uma vez que o membro de ruptura é rompido, o cimento pode ser bombeado passando o tampão inferior, através do dispositivo de pouso, e para dentro do

anel entre o revestimento e o furo de poço. O dispositivo de pouso pode ser um colar flutuante, uma sapata flutuante, colar de pouso, ou estrutura equivalente, como seria reconhecido por um versado na técnica.

[007] Depois que todo o cimento foi misturado e bombeado, um dardo superior pode então ser lançado do aparelho de lançamento de superfície para dentro do sistema. Como o dardo inferior, o dardo superior inclui uma ou mais aletas dimensionadas para limpar o diâmetro interno da coluna de operação. O dardo superior age como uma barreira de fluido entre a pasta de cimento e o fluido se deslocando (por exemplo, lama de perfuração, espaçador, ou uma salmoura). O dardo superior também inclui um furo central e um membro de vedação interna seletivamente retido dentro do furo central. O dardo superior é adaptado para engatar e vedar o furo central do tampão de cimento superior. Depois de engatar o tampão de cimento superior, um aumento pré-selecionado na pressão dentro da coluna de operação libera o tampão de cimento superior e o dardo superior do mandril de lançamento. O tampão de topo com o dardo superior percorre a coluna de revestimento abaixo e engata um perfil no tampão inferior. O perfil pode ser adaptado para impedir a rotação do tampão de topo em relação ao tampão inferior. Um aumento na pressão dentro da coluna de revestimento libera o membro de vedação interna do furo central do dardo superior. O membro de vedação interna é adaptado para vedar o furo central do tampão de cimento inferior ou o furo do dispositivo de pouso.

[008] Como discutido acima, o tampão de cimento superior e o tampão de cimento inferior são conectados liberavelmente na posição de operação. A pinça é usada preferencialmente para conectar liberavelmente os tampões. O primeiro aumento na pressão aplicada ao o dardo inferior move uma luva deslocável liberando a pinça de um dos

tampões. Da mesma forma, uma pinça pode ser usada para conectar o tampão de cimento superior ao mandril submarino de lançamento. Um aumento subsequente da pressão aplicada ao dardo superior desloca uma luva de liberação de modo cortante conectada para liberar a pinça conectando o tampão de topo ao mandril submarino de lançamento.

[009] Uma modalidade é direcionada a um método de cimentar uma coluna submarina de revestimento, que inclui posicionar um mandril de lançamento dentro da coluna de revestimento, em que um tampão de topo com furo central e pelo menos um limpador é liberavelmente conectado ao mandril de lançamento. Um tampão inferior com um furo central e pelo menos um limpador é conectado liberavelmente ao tampão de topo. O método inclui lançar um primeiro dardo em uma coluna de operação que se estende desde um piso de plataforma até o mandril submarino de lançamento. O primeiro dardo é adaptado para engatar vedadamente o furo central do tampão inferior. O método inclui ainda mais bombear cimento dentro da coluna de operação, pousar o dardo inferior no tampão inferior, e aumentar a pressão dentro da coluna de operação para uma primeira pressão selecionada, em que o tampão inferior é liberado do tampão de topo. O dardo inferior e tampão inferior combinados formam uma barreira de fluido móvel na coluna de revestimento entre o cimento atrás do tampão e o fluido de furo de poço à frente do tampão.

[0010] O método preferido inclui ainda mais pousar o tampão inferior dentro de um perfil em um dispositivo de pouso na coluna de revestimento e aumentar a pressão dentro da coluna de revestimento para uma segunda pressão selecionada, em que a segunda pressão selecionada rompe um membro de ruptura dentro de um furo central do primeiro dardo permitindo ao cimento fluir passando o tampão inferior pousado dentro de um anel em torno do revestimento. Um segun-

do dardo pode então ser lançado dentro da coluna de operação e um segundo fluido é então bombeado para a coluna de operação atrás do dardo para deslocar o dardo e lama de cimento para o tampão de topo. O segundo dardo é adaptado para engatar vedadamente o furo central do tampão de topo.

[0011] Um aumento na pressão dentro da coluna de operação libera o tampão de topo do mandril de lançamento. O dardo superior e tampão de topo coletivamente, formando uma barreira de fluido móvel para deslocar o cimento na coluna de revestimento. O método preferido inclui pousar o tampão de topo dentro de um perfil no tampão inferior e aumentando a pressão dentro da coluna de revestimento para uma pressão selecionada para lançar um membro de vedação interna do dardo superior. O membro de vedação interna é adaptado para vedar o furo central do tampão inferior ou o dispositivo de pouso.

[0012] Em uma modalidade preferida, a primeira pressão selecionada aplicada à coluna de operação pode causar a primeiro dardo a mover uma luva dentro do tampão inferior liberando uma pinça que segura o tampão inferior ao tampão de topo. A segunda pressão selecionada aplicada à coluna de operação pode romper o membro de ruptura dentro de um furo central do primeiro dardo. A terceira pressão selecionada aplicado à coluna de operação pode causar o segundo dardo a mover uma luva dentro do tampão de topo liberando uma pinça que segura o tampão de topo ao mandril de lançamento. A quarta pressão selecionada aplicado à coluna de revestimento pode cortar um dispositivo passível de cisalhamento sobre o dardo de topo para liberar o membro de vedação interna.

[0013] Outra modalidade é direcionada a um sistema para cimentar uma coluna submarina de revestimento, que inclui um primeiro tampão limpador tendo um furo central, o primeiro tampão limpador sendo liberavelmente conectado a um mandril de lançamento e um

segundo tampão limpador tendo um furo central, sendo o segundo tampão limpador conectado liberavelmente abaixo do primeiro tampão limpador. Os furos centrais dos limpadores permitem um dispositivo, tal como uma bola, a ser abaixada através dos tampões limpadores para acionar uma ferramenta localizada abaixo de ambos os tampões limpadores.

[0014] O sistema inclui ainda um primeiro dardo tendo um membro de ruptura, em que o primeiro dardo é adaptado para vedar o furo central do tampão limpador inferior. Depois que o primeiro dardo pousa no tampão inferior, um aumento na pressão dentro da coluna de operação libera o tampão limpador inferior do tampão limpador superior e um consequente aumento na pressão na coluna de revestimento rompe o membro de ruptura do primeiro dardo permitindo ao fluido fluir passando o tampão limpador inferior. Um segundo dardo é adaptado para vedar o furo central do tampão limpador superior. Um aumento na pressão dentro da coluna de operação, aplicada depois que o segundo dardo pousa no tampão de topo, libera o tampão limpador superior do mandril de lançamento. O sistema inclui um elemento de vedação conectado liberavelmente ao segundo dardo, sendo o elemento de vedação adaptado para vedar o furo central do tampão limpador inferior ou o dispositivo de pouso. O elemento de vedação é liberado do segundo dardo em um pré-selecionado aumento na pressão dentro da coluna de revestimento e veda o furo central do tampão limpador inferior.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0015] A figura 1 mostra uma vista transversal parcial do layout para uma modalidade de um sistema de cimento submarino.

[0016] A figura 2 mostra uma vista transversal parcial dos componentes de uma modalidade de um sistema de cimento submarino antes de lançar o primeiro dardo.

[0017] A figura 3 mostra uma vista transversal parcial do primeiro

dardo vedando o furo central do tampão inferior do sistema submarino de cimentação antes da liberação do tampão inferior do tampão de topo.

[0018] A figura 4 mostra uma vista aumentada do primeiro dardo deslocando uma luva de liberação para liberar o tampão inferior do tampão de topo.

[0019] A figura 5 mostra uma vista em corte transversal parcial do tampão inferior pousado no colar flutuante.

[0020] A figura 6 mostra uma vista aumentada de um disco de ruptura quebrado no primeiro dardo permitindo ao cimento fluir passando o tampão inferior.

[0021] A figura 7 mostra uma vista em corte transversal parcial do segundo dardo vedando o furo central do tampão de topo antes da liberação do tampão de topo do mandril de lançamento.

[0022] A figura 8 mostra uma vista aumentada do segundo deslocando uma luva de liberação para liberar o tampão de topo do mandril de lançamento.

[0023] A figura 9 mostra uma vista em corte transversal parcial do tampão de topo pousado no tampão inferior na coluna de revestimento.

[0024] A figura 10 mostra uma vista aumentada do segundo dardo sendo forçado contra a pinça do tampão inferior.

[0025] A figura 11 mostra uma vista transversal parcial do furo central do tampão inferior vedado por um membro de vedação interna liberado do segundo dardo.

[0026] A figura 12 mostra uma vista aumentada do segundo dardo depois que o anel de retenção foi cortado pela pinça do tampão inferior.

[0027] A figura 13 mostra uma vista aumentada do membro de vedação interna vedando o furo central do tampão inferior.

[0028] A figura 14 mostra uma vista em corte transversal de uma modalidade de um dardo de topo que inclui um mandril de vedação interna.

[0029] A figura 15 mostra uma vista em corte transversal de uma modalidade de um dardo inferior com uma parte superior configurada para liberar o mandril vedação interna do dardo superior da figura 14.

[0030] A figura 16 mostra uma vista em corte transversal de um tampão de topo pousado em um tampão inferior com o dardo de topo e dardo inferior das figuras 14 e 15.

[0031] Embora a descrição seja suscetível a várias modificações e formas alternativas, modalidades específicas foram mostradas a título de exemplo nos desenhos e serão descritas em detalhes aqui. No entanto, deve-se entender que a descrição não se destina a ser limitada às formas particulares divulgadas. Pelo contrário, a intenção é abranger todas as modificações, equivalentes e alternativas caindo dentro do espírito e âmbito da invenção, tal como definido pelas reivindicações anexas.

#### Descrição de Modalidades Ilustrativas

[0032] São descritas a seguir modalidades ilustrativas da descrição como elas poderiam ser empregadas em um sistema submarino de cimentação. No interesse da clareza, nem todos os recursos de uma implementação real são descritos nesta especificação. Será, naturalmente apreciado que no desenvolvimento de qualquer modalidade real, inúmeras decisões específicas de aplicação devem ser feitas para atingir as metas de desencadeadores específicos, tais como a conformidade com as restrições relacionadas ao sistema e aos negócios, as quais irão variar de uma aplicação para outra. Além disso, será apreciado que tal esforço de desenvolvimento pode ser complexo e demorado, mas que, no entanto, seria uma tarefa de rotina para aqueles de habilidade comum na técnica tendo o benefício desta descrição.

[0033] Outros aspectos e vantagens das várias modalidades da descrição ficarão evidentes da consideração da seguinte descrição e desenhos.

[0034] A figura 1 mostra uma vista transversal parcial de uma modalidade de um sistema submarino de cimentação. Este sistema inclui uma cabeça de cimentação 40, tal como a cabeça de cimentação de acionamento de topo mostrado na figura 1 suspensa do mastro de uma embarcação de perfuração offshore (não mostrado). A cabeça de cimentação 40 abriga dardo de topo 200 e dardo inferior 100. O mecanismo de suspensão 150 permite a liberação selecionada de dardos 100 e 200. A cabeça de cimentação pode ser adaptada para conectar-se ao acionamento de topo da embarcação de perfuração. Fluidos de perfuração e/ou fluidos de terminação podem ser fornecidos ao sistema através da cabeça de cimentação. A conexão 45 prove o acesso da unidade de cimentação da embarcação para cabeça de acionamento de topo.

[0035] A coluna de operação 55 se estende da extremidade inferior da cabeça do acionamento de topo. A coluna de operação, tipicamente compreendida de tubos de perfuração, se estende desde o piso de plataforma 50 até o suporte de revestimento 60 adjacente ao fundo do mar 70. Conforme mostrado na figura 1, a coluna de revestimento 10 se estende desde o suporte 60 para dentro do poço. A extremidade distal da coluna de revestimento 10 inclui um dispositivo de pouso que compreende um colar de flutuação 500 e sapata flutuante 600. O colar flutuante 500 inclui uma válvula de retenção de uma via 510 que permite o fluxo de fluido para baixo através da coluna de revestimento e para fora das passagens de fluido 610 da sapata flutuante 600, mas impede o fluxo de fluido de fluir de volta para a coluna de revestimento do anel 30 entre a coluna de revestimento 10 e o furo de poço 20. Embora não seja mostrado, a sapata flutuante 600 pode também incluir

uma válvula de retenção de uma via. Em uma modalidade alternativa, apenas uma sapata flutuante com uma válvula unidirecional é usada na coluna de revestimento e os tampões de cimento pousam em cima da sapata. Nesta modalidade, a sapata flutuante pode incluir um perfil para receber uma extensão do tampão inferior para prevenir a rotação entre o tampão e a sapata na perfuração subsequente. Dispositivos de pouso, tais como colares flutuantes, sapatas flutuantes, e colares de pouso são bem conhecidos na técnica.

[0036] A parte da coluna de operação 55 se estende passando o suporte 60 dentro da coluna de revestimento 10. A coluna de operação pode incluir uma válvula de liberação de anel 80 e junta rotativa 90, que podem ser utilizados para aliviar a pressão acumulada construído no anel acima do tampão de topo durante a operação para dentro e circulação antes das operações de cimentação. A extremidade inferior da coluna de operação 55 está conectada ao mandril de lançamento 95. Liberavelmente conectado ao mandril de lançamento 95 está o tampão de topo 300. Liberavelmente conectado ao tampão de topo 300 está o tampão inferior 400. Como explicado em mais detalhes a seguir, ambos os tampões de topo 300 e inferior 400 têm furos centrais que estão em comunicação fluídica com a coluna de operação 55.

[0037] A figura 2 ilustra uma vista parcial em corte transversal dos componentes de uma modalidade de um sistema submarino de cimentar antes de lançar o primeiro dardo. O dardo superior 200 inclui o furo central 215 e uma ou mais aletas do limpador de elastômero 205. As aletas do limpador são flexíveis por natureza. As aletas do limpador 205 são dimensionadas para limpar o diâmetro interno da coluna de operação 55, provendo assim uma barreira de fluido móvel para a coluna de operação. O dardo superior 200 inclui um membro de vedação interna 220 que é liberavelmente montado no centro de furo 215. O nariz do dardo superior 200 inclui o anel de retenção 225.

[0038] O dardo inferior 100 inclui o furo central 115 e um membro de ruptura 110, doravante referido aqui como um disco de ruptura. O dardo inferior 100 inclui uma ou mais aletas de elastômero do limpador 105 que são dimensionadas para limpar o diâmetro interno da coluna de operação 55. Como o dardo superior 200, o dardo inferior 100 prove uma barreira de fluido móvel para a coluna de operação 55.

[0039] O tampão de topo 300 é liberavelmente conectado ao mandril de lançamento 95 via a pinça 360 mostrada nas figuras 7 e 8. O tampão de topo 300 inclui uma ou mais aletas do limpador 350 para limpar o diâmetro interno da coluna 10. O tampão de topo 300 inclui a luva interna 310, que é deslizavelmente montada no diâmetro interno do tampão e que suporta a pluralidade de dedos de pinça que se estendem desde a pinça 360. A extremidade inferior da luva 310 inclui o ressalto 305, tendo o ressalto um recesso externo para uma vedação anular para vedar o espaço entre a luva e o orifício interno do tampão de topo 300. A chaveta 340 se estende da extremidade inferior do tampão de topo. A chaveta 340 inclui o ressalto interno 365, como mostrado na figura 5.

[0040] O tampão inferior 400 inclui uma ou mais aletas de limpador 450, que, como as aletas 350, são feitas sob medida para limpar o diâmetro interno da coluna de revestimento 10. A extremidade distal do tampão 400 inclui dispositivo anti-rotação 440. O tampão inferior 400 é conectado liberavelmente ao ressalto 365 (mostrado na figura 5) do tampão de topo 300 via a pinça 460. A pinça 460 inclui uma pluralidade de dedos de pinça que terminam no ressalto 465. A pinça 460 é suportada pela luva interna 410, que é montada deslizavelmente no furo interno do tampão 400. A extremidade superior da luva 410 inclui o ressalto 405 que, como mostrado nas figuras 2 - 4, encosta nos ressaltos 465 sobre os dedos da pinça 460. A luva 410 também inclui anel de trava 430 e vedação anular 420. A vedação 420 veda o espaço

anular entre a luva 410 e o furo interno do tampão inferior 400.

[0041] Uma vez que o revestimento 10 foi deslocado dentro do poço para o local desejado, é prática comum circular e condicionar a lama de perfuração no furo de poço 20. Uma vez que a lama de perfuração foi devidamente condicionada, a mistura de cimento é iniciada. A pasta de cimento é bombeada para a cabeça de acionamento de topo 40 através da conexão 45. O dardo inferior 100 é abaixado e deslocado para baixo na coluna de operação à frente da pasta de cimento. Um fluido espaçador pode ser deslocado à frente do cimento para atuar como um amortecedor entre o cimento e a lama de perfuração. O dardo inferior 100 atua como uma barreira fluídica na coluna de operação 55 entre a pasta de cimento e a lama de perfuração ou espaçador à frente do dardo 100. O dardo inferior 100 é deslocado para baixo na coluna de operação 55 e dentro do mandril de lançamento 95 até que ele pousado sobre a luva de liberação 410, como mostrado nas figuras 3 e 4. As figuras 3 e 4 mostram o dardo inferior 100 vedando o furo central do tampão inferior 400 antes da liberação do tampão inferior do tampão de topo. Uma vez que o dardo inferior pousa na luva de liberação 410, a pressão dentro da coluna de operação é aumentada até que a pressão diferencial atuando em todo o dardo inferior causa à luva 410 deslizar para baixo em relação à pinça 460. Uma vez que a luva de liberação 410 desliza para baixo, os dedos de pinça da pinça 460 não são mais suportados e, portanto, podem defletir radialmente para dentro, liberando assim o ressalto 465 do ressalto 365 (mostrado na figura 5) do tampão de topo 300. Quando isso ocorre, o tampão inferior 400 é liberado e o dardo inferior e tampão inferior combinados são deslocados para baixo na coluna de revestimento. O dardo inferior 100 e tampão inferior 400 combinados se combinam para proporcionar uma barreira de líquido móvel para a coluna de revestimento 10.

[0042] A figura 5 ilustra o tampão inferior 400 liberado do tampão

de topo 300 e pousado no colar flutuante 500. O dardo inferior 100 e a luva 410 pousaram no assento inferior 412 do tampão inferior 400 como mostrado nas figuras 5 e 6. Em uma modalidade preferida, o dispositivo anti-rotação 440 (mostrado na figura 3) pousa em um perfil combinando no colar flutuante 500 para evitar a rotação relativa entre o tampão inferior 400 e o colar flutuante 500 durante a perfuração. Uma vez que o tampão inferior 400 pousou no colar flutuante 500, um aumento pré-selecionado na pressão dentro da coluna de revestimento 10 irá romper o disco de ruptura frangível 110 proporcionando assim a passagem fluídica para a pasta de cimento através do furo 115 do dardo inferior 100. As figuras 5 e 6 ilustram o disco de ruptura frangível 110 como sendo rompido. A pasta de cimento vai continuar através do tampão inferior 400, através do colar flutuante 500, através da sapata flutuante 600 e para fora no anel 30.

[0043] Depois que o volume desejado de cimento foi misturado e bombeado para a cabeça de acionamento de topo, o mecanismo de suspender 150 é acionado para fazer descer o dardo de topo 200 na coluna de operação 55. O dardo de topo 200 é deslocado através da coluna de operação 55 por um fluido de deslocamento que pode ser um espaçador, lama de perfuração, salmoura ou outro fluido ou uma combinação destes. O dardo de topo 200 atua como uma barreira de fluido móvel dentro da coluna de operação 55. O dardo de topo 200 é deslocado para baixo na coluna de operação 55 até ele pousar sobre a luva de liberação do tampão de topo 310, como mostrado nas figuras 7 e 8. O dardo de topo 200 vai pousar sobre o ressalto interno 305 da luva de liberação 310. A pressão dentro da coluna de trabalho 55 será aumentada até que a pressão diferencial através do dardo de topo 200 cisalhe um ou mais dispositivos de cisalhamento que mantêm a luva de liberação 310 no lugar. A título de exemplo, o dispositivo de cisalhamento pode ser um ou mais pinos de cisalhamento 307 estenden-

do-se através da pinça 360. Quando a luva de liberação 310 é deslocada para baixo em relação à pinça 360, o ressalto de suporte 305 se movimenta passando a extremidade dos dedos de pinça 362 (mostrado na figura 9) estendendo-se desde a pinça 360. Os dedos de pinça 362 podem então colapsar radialmente liberando assim o tampão de topo 300 do mandril de lançamento 95.

[0044] O tampão de topo 300 e dardo de topo 200 são deslocados juntos para baixo na coluna de revestimento 10 deslocando a extremidade traseira da pasta de cimento para baixo no revestimento 10. O tampão de topo 300 e o dardo superior 200 se combinam para proporcionar uma barreira de fluido móvel para o revestimento 10. Conforme mostrado na figura 9, o tampão de topo 300 pousa no tampão inferior 400, com o nariz do dardo superior 200 pousando no ressalto 465 da pinça de tampão inferior 460 como mostrado nas figuras 9 e 10. Um aumento na pressão será evidente na superfície que irá fornecer uma indicação de que o tampão de topo 300 chegou no tampão inferior 400/colar flutuante 500 (ou seja, o tampão de topo 300 foi batido). A figura 10 mostra o dardo superior 200 forçado contra o ressalto 465 da pinça 460. A figura 10 também ilustra o membro de vedação interna 220 e anel de retenção 225.

[0045] A pressão no interior da coluna de revestimento 10 é aumentada até que a pressão em todo o membro de vedação interna 220 cizalhe o anel de retenção 225 permitindo ao membro de vedação 220 a ser deslocado para fora do dardo superior 200 e para baixo até o tampão inferior 400, conforme ilustrado nas figuras 11-13. A figura 12 ilustra o anel de retenção 225 depois de ter sido cortado. O membro de vedação 220 pousa sobre assento interno do dardo inferior como mostrado nas figuras 11 e 13. O pouso do membro de vedação interna 220 e tampão inferior 400 proporciona uma vedação melhorada e resistência ao colapso aumentada sobre tampões submarinos de cimen-

tação da técnica anterior. O membro de vedação interna 220 fornece uma vedação tão próxima quanto possível do colar flutuante ou sobre o colar flutuante no final das operações de cimentação, o que pode prover muito maior capacidade de pressão do revestimento. A localização do membro de vedação interna 220 ajuda a evitar sujeitar os tampões de cimento e componentes a pressão diferencial, o que poderia induzir tensões de arco e cargas de compressão. Membros de vedação anteriores localizados no topo do tampão de topo podem entrar em colapso ou tornarem-se esmagados quando submetidos a altas pressões nas operações de cimentação em águas profundas. Quando o tampão de topo 300 pousa no tampão inferior 400, a chaveta 340 (mostrada na figura 5) engata o perfil anti-rotação superior 470 (mostrado na figura 5) sobre o tampão inferior 400. O engate da chaveta 340 com o perfil anti-rotação 470 impede a rotação do tampão de topo 300 em relação ao tampão inferior 400 durante a perfuração subsequente dos tampões e equipamentos de flutuação.

[0046] A figura 14 ilustra uma vista em corte transversal de uma modalidade de um dardo superior 200 que pode ser usado em um sistema submarino de cimentação. O dardo superior 200 inclui furo central 215 (mostrado na figura 16) e uma ou mais aletas do limpador de elastômero 205. As aletas do limpador são flexíveis por natureza. Aletas do limpador 205 são dimensionadas para limpar o diâmetro interno da coluna de operação 55, provendo assim uma barreira de fluido móvel para a coluna de operação. O dardo superior 200 inclui um mandril de vedação interna 230 que é montado liberavelmente no furo central 215 do dardo superior 200. O mandril de vedação interna 230 inclui um elemento de vedação 260 que fornece uma vedação quando o mandril de vedação 230 engata o furo central 115 do dardo inferior 100, como discutido em maiores detalhes abaixo. O mandril de vedação interna 230 pode incluir um mecanismo de bloqueio 270 para reter o mandril

de vedação interna 230 em posição depois que ele engatou o furo central 115 do dardo inferior 100. A localização, número e configuração do elemento de vedação 260 e meios de bloqueio é somente para fins ilustrativos, podendo variar dentro do espírito da descrição como seria apreciado por alguém com conhecimento comum na técnica tendo o benefício desta descrição. A pinça 240 é usada para reter seletivamente o mandril de vedação interna 230 dentro do furo central 215 do dardo superior. Uma luva de liberação 250 pode ser movida para causar à pinça 240 a liberar o mandril de vedação interna 230 no engate com o dardo inferior 100.

[0047] A figura 15 ilustra uma vista em corte transversal de uma modalidade de um dardo inferior 100 que pode ser usado em conexão com o dardo superior 200 da figura 14. O dardo inferior 100 inclui o furo central 115 e um membro de ruptura 110. O dardo inferior 100 também inclui uma ou mais aletas de elastômero de limpador 105 que são dimensionadas para limpar o diâmetro interno da coluna de operação 55. Como o dardo superior 200, o dardo inferior 100 prove uma barreira de fluido móvel para a coluna de operação 55. O dardo inferior 100 inclui uma parte superior 120 que é configurada para acionar a luva de liberação 250 quando o dardo superior 200 engata o dardo inferior 100. A atuação da luva de liberação 250 provê a liberação do mandril de vedação interna 230 da pinça 240 do dardo superior 200.

[0048] A figura 16 mostra uma vista transversal do mandril de vedação interna 230, pousado dentro do furo central 115 do dardo inferior 100. O tampão de topo 300 pousou sobre o tampão inferior 400, como discutido acima, engatando a parte superior 120 do dardo inferior 100 com o dardo superior 200 causando a atuação da luva de liberação 250 e liberando o mandril de vedação interna 230 da pinça 240. O mecanismo de bloqueio 270 do mandril de vedação interna 230 engata uma parte do dardo inferior 100, a qual pode impedir o movimento

furo acima indesejável do mecanismo de vedação interna 230 devido a uma condição de poço subequilibrada. O mecanismo de bloqueio 270 pode ser um cão de bloqueio carregado por mola ou vários mecanismos de bloqueio como seria apreciado por alguém com entendimento comum na técnica. O elemento de vedação 260 engata uma parte do dardo inferior 100 no furo central 115 proporcionando uma vedação que impede o fluxo através dos tampões superior e inferior 300 e 400. O elemento de vedação 260 do mandril de vedação interna 230 prove uma vedação tão próxima quanto possível ao colar flutuante ou sobre o colar flutuante ao final das operações de cimentação, que pode proporcionar muito maior capacidade de pressão de revestimento. A localização do membro de vedação 260 ajuda a evitar sujeitar os tampões de cimento e componentes para a pressão diferencial, o que poderia induzir tensões de arco e cargas de compressão. Membros de vedação anteriores localizados no topo do tampão de topo podem entrar em colapso ou tornarem-se esmagados quando submetidos a altas pressões nas operações de cimentação em águas profundas.

[0049] Embora tenham sido mostradas e descritas várias modalidades, a invenção não é assim limitada e será entendido incluir todas aquelas modificações e variações que seriam evidentes a um versado na técnica.

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema submarino de cimentação, o sistema compreendendo:

um mandril de lançamento (95) posicionado dentro de uma coluna de revestimento (10);

um tampão de topo (300) tendo pelo menos um limpador (350) e um furo central, sendo o tampão de topo (300) conectado livremente ao mandril de lançamento (95);

um tampão inferior (400) tendo pelo menos um limpador (450) e um furo central, sendo o tampão inferior (400) conectado livremente ao tampão de topo (300), o sistema caracterizado por:

um dardo inferior (100) incluindo um furo central (115) que é seletivamente fechado por um membro de ruptura (110),

em que o dardo (100) é adaptado para engatar e vedar o furo central do tampão inferior (400), disposto de modo que um primeiro aumento na pressão libera o tampão inferior (400) e dardo inferior (100) do tampão de topo (300), o tampão inferior (400) e dardo inferior (100) formando coletivamente uma barreira de fluido móvel na coluna de revestimento (10), em que o tampão inferior (400) é adaptado para pousar em um dispositivo de pouso (500, 600) na coluna de revestimento (10) e disposto de modo que um segundo aumento na pressão rompe o membro de ruptura (110);

um dardo superior (200), incluindo um furo central (215) e um membro de vedação interna (220) seletivamente retido dentro do furo central (215) do dardo superior (200), em que o dardo superior (200) é adaptado para engatar e vedar o furo central, do tampão de topo (300), e disposto de modo que um terceiro aumento de pressão libera o tampão de topo (300) e dardo superior (200) do mandril de lançamento (95), o tampão de topo (300) e dardo superior (200) formando coletivamente uma barreira de fluido móvel na coluna de reves-

timento (10), em que o tampão de topo (300) é adaptado para pousar sobre o tampão inferior (400) e disposto de modo que um quarto aumento na pressão libera o membro de vedação interna (220) do furo central (215) do dardo superior (200), e

em que o membro de vedação interna liberado (220) é adaptado para vedar o furo central do tampão inferior (400).

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma pinça inferior (460) conecta liberavelmente o tampão inferior (400) ao tampão de topo (300).

3. Sistema de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que uma pinça superior (360) conecta liberavelmente o tampão de topo (300) ao mandril de lançamento (95).

4. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que um perfil sobre o dispositivo de pouso (500, 600) combina com um primeiro perfil (440) sobre o tampão inferior (400) para impedir a rotação do tampão inferior (400) no que diz respeito ao dispositivo de pouso (500, 600).

5. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que um segundo perfil (470) sobre o tampão inferior (400) combina com um perfil (340) sobre o tampão de topo (300) para impedir a rotação do tampão de topo (300) no que diz respeito ao tampão inferior (400).

6. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o membro de ruptura (110) compreende cerâmica, vidro, plásticos termossensíveis, tecido, ou metal frangível.

7. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um limpador (450) do tampão inferior (400) é um elastômero espumado.

8. Método de cimentar uma coluna de revestimento subma-

rina (10), o método compreendendo:

posicionar um mandril de lançamento (95) na coluna de revestimento (10), um tampão de topo (300) tendo um furo central e pelo menos um limpador (350), o tampão de topo (300) sendo liberavelmente conectado ao mandril de lançamento (95), e um tampão inferior (400) tendo um furo central e pelo menos um limpador (450), sendo o tampão inferior (400) liberavelmente conectado ao tampão de topo (300);

lançar um primeiro dardo (100) e deslocar o primeiro dardo (100) para o mandril de lançamento (95), em que

o primeiro dardo (100) é adaptado para engatar vedadamente o furo central do tampão inferior (400),

aumentar a pressão para uma primeira pressão selecionada, em que o tampão inferior (400) é liberado do tampão de topo (300);

deslocar o tampão inferior (400) e o primeiro dardo (100) combinados para baixo da coluna de revestimento (10);

pousar o tampão inferior (400) e o primeiro dardo (100) sobre um dispositivo de pouso (500, 600) na coluna de revestimento (10), o método caracterizado pelo fato de:

aumentar a pressão dentro da coluna de revestimento (10) para uma segunda pressão selecionada, em que

um membro de ruptura (110) dentro de um furo central (115) do primeiro dardo (100) rompe, permitindo ao cimento fluir através do tampão inferior (400);

lançar um segundo dardo (200) e deslocar o segundo dardo (200) para o mandril de lançamento (95),

em que o segundo dardo (200) é adaptado para engatar vedadamente o furo central do tampão de topo (300),

aumentar a pressão para uma terceira pressão selecionada, em que o tampão de topo (300) é liberado a partir do mandril de

lançamento (95);

deslocar o tampão de topo (300) e o segundo dardo (200) combinados para baixo na coluna de revestimento (10);

pousar o tampão de topo (300) sobre o tampão inferior (400),

aumentar a pressão dentro da coluna de revestimento (10) para a uma quarta pressão selecionada para liberar um membro de vedação interna (220) do segundo dardo (200), o membro de vedação interna (220) pousando no e vedando o furo central do tampão inferior (400).

9. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que compreende ainda mais prover um perfil no dispositivo de pouso (500, 600), o perfil adaptado para combinar com um primeiro perfil (440) sobre o tampão inferior (400), impedindo assim a rotação do tampão inferior (400) com respeito ao dispositivo de pouso (500, 600).

10. Método de acordo com a reivindicação 8 ou 10, caracterizado pelo fato de que compreende fornecer um segundo perfil (470) da parte inferior do tampão (400) para combinar com um perfil (340) no tampão de topo (300), impedindo assim a rotação do tampão de topo (300) no que diz respeito ao tampão inferior (400).

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizado pelo fato de que compreende ainda conectar liberavelmente o tampão inferior (400) ao tampão de topo (300) com uma pinça inferior (460).

12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a primeira pressão selecionada sobre o primeiro dardo (100) move uma luva (410) permitindo a pinça inferior (460) liberar o tampão inferior (400) do tampão de topo (300).

13. Método de acordo com qualquer uma das reivindica-

ções 8 a 12, caracterizado pelo fato de que uma pinça de topo (360) conecta o tampão de topo (300) ao mandril de lançamento (95).

14. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a terceira pressão selecionada sobre o segundo dardo (200) move uma luva (310) permitindo a pinça superior (360) a liberar o tampão de topo (300) do mandril de lançamento (95).

15. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 14, caracterizado pelo fato de que a quarta pressão selecionada corta um dispositivo passível de cisalhamento (225) sobre o segundo dardo (200) para liberar o membro de vedação interna (220).

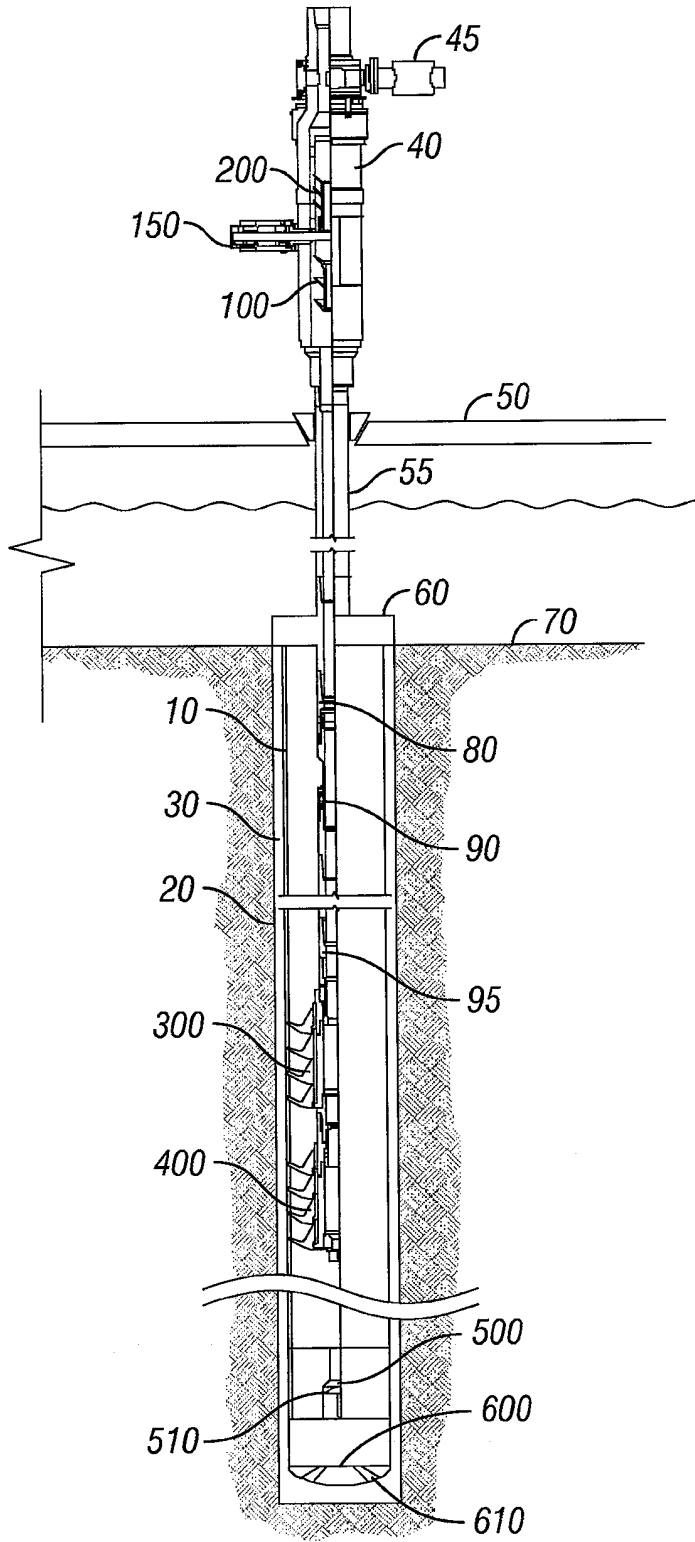
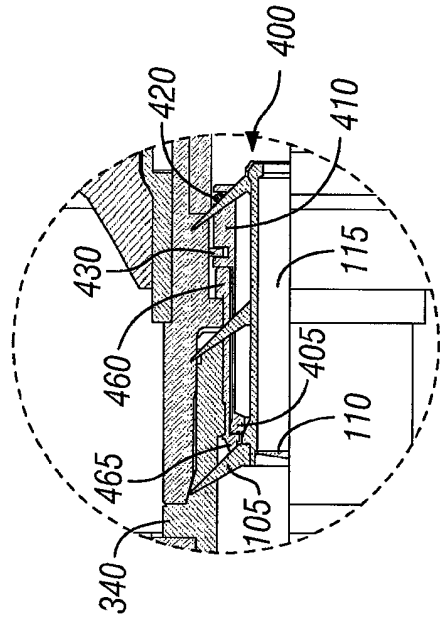
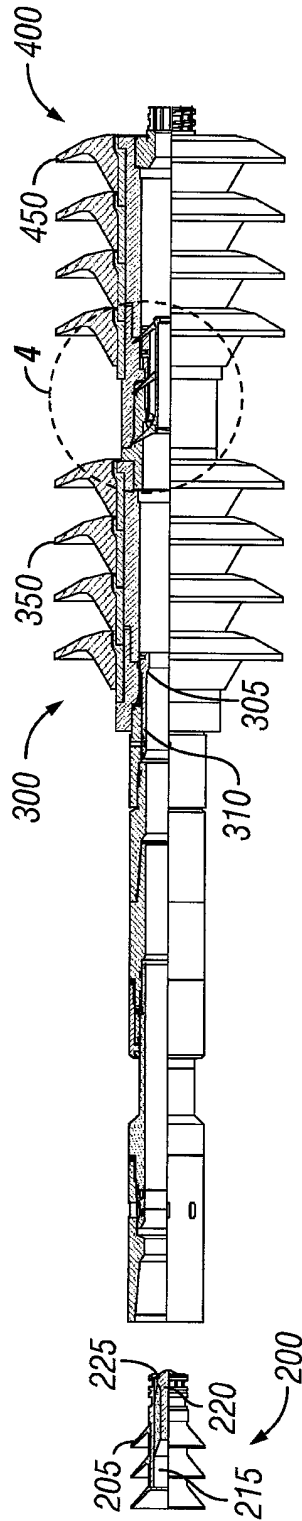
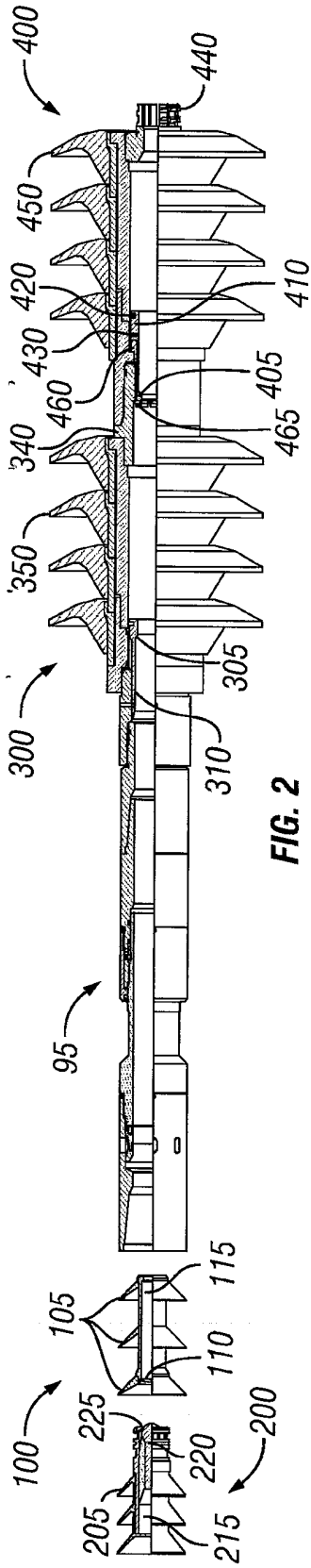


FIG. 1



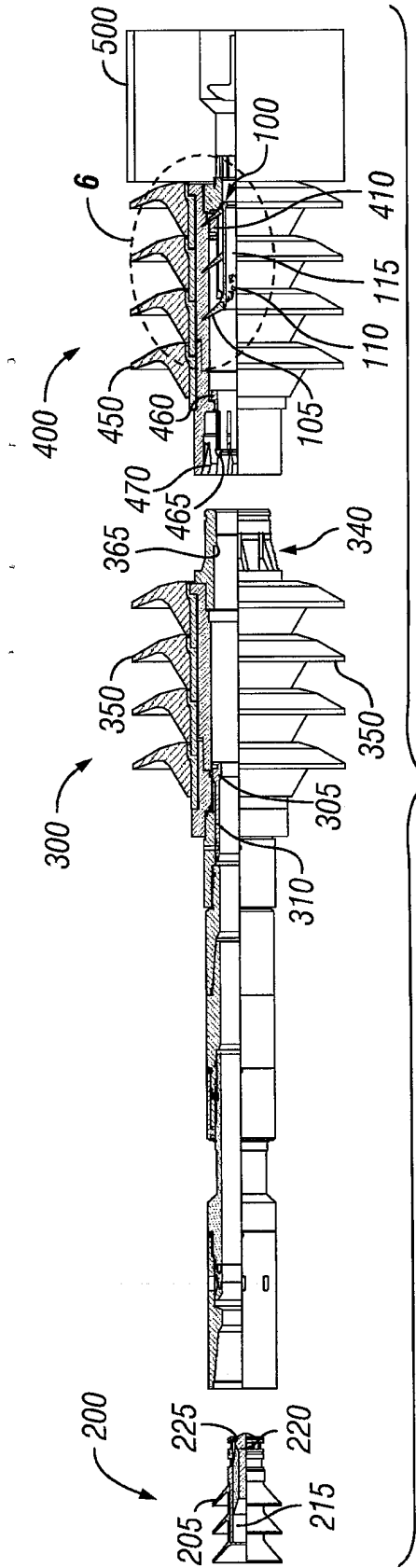


FIG. 5

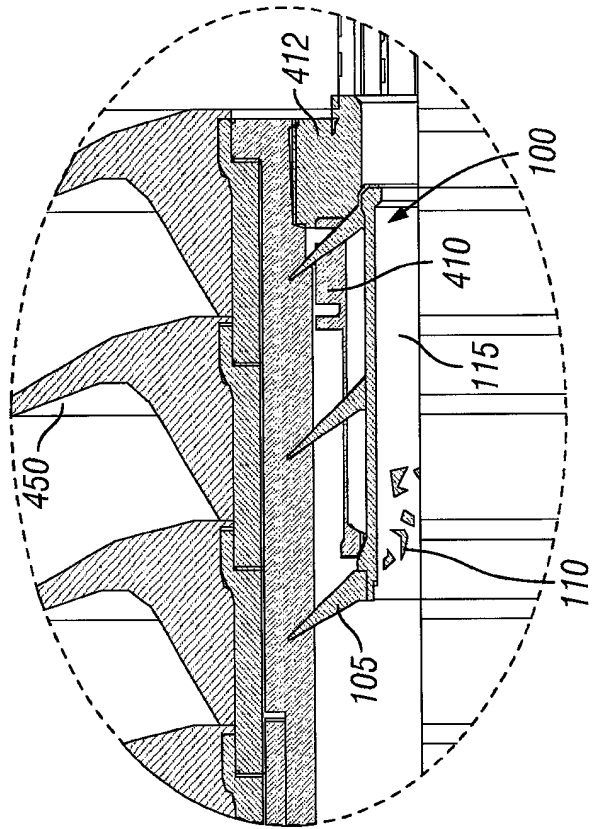


FIG. 6

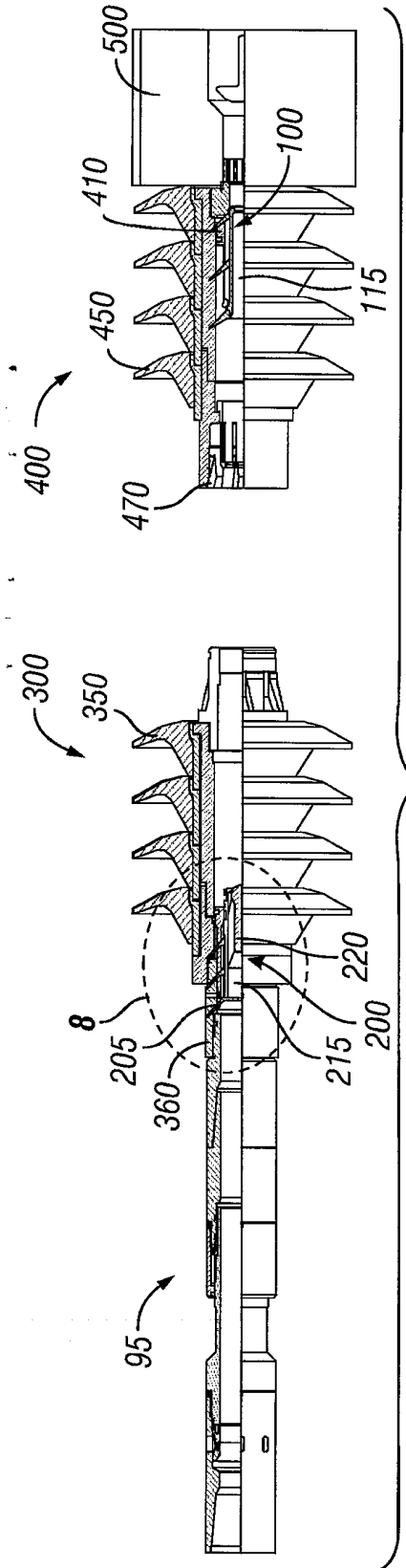


FIG. 7

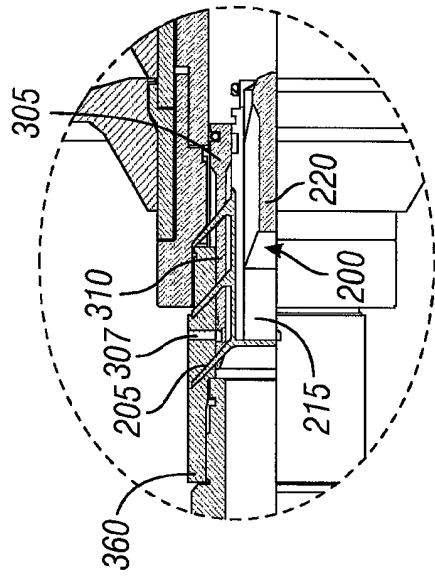


FIG. 8

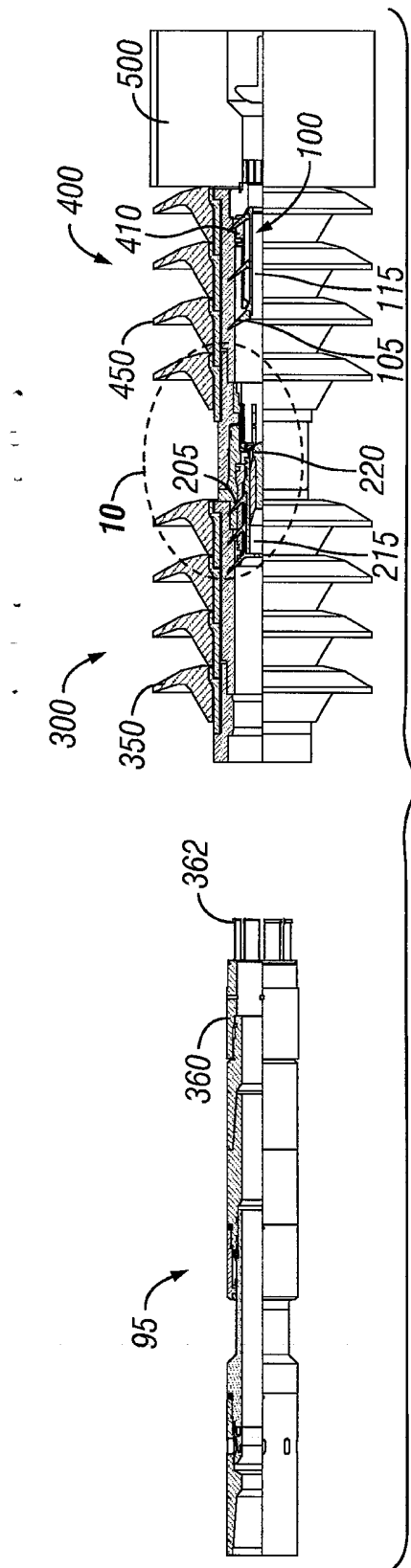


FIG. 9

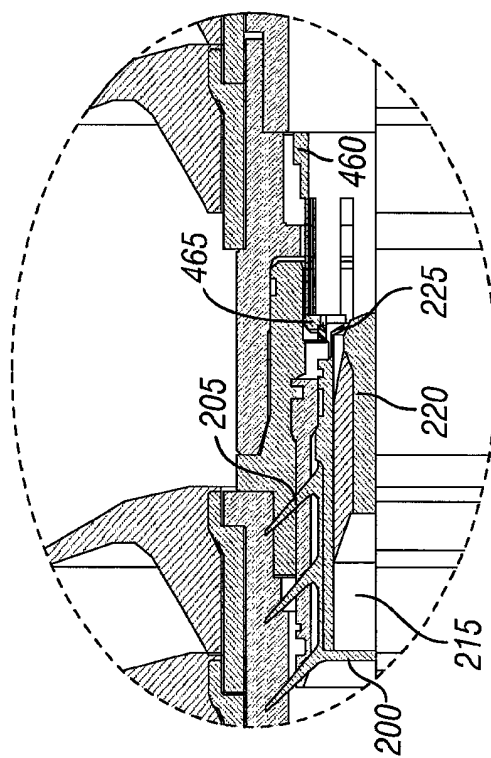


FIG. 10

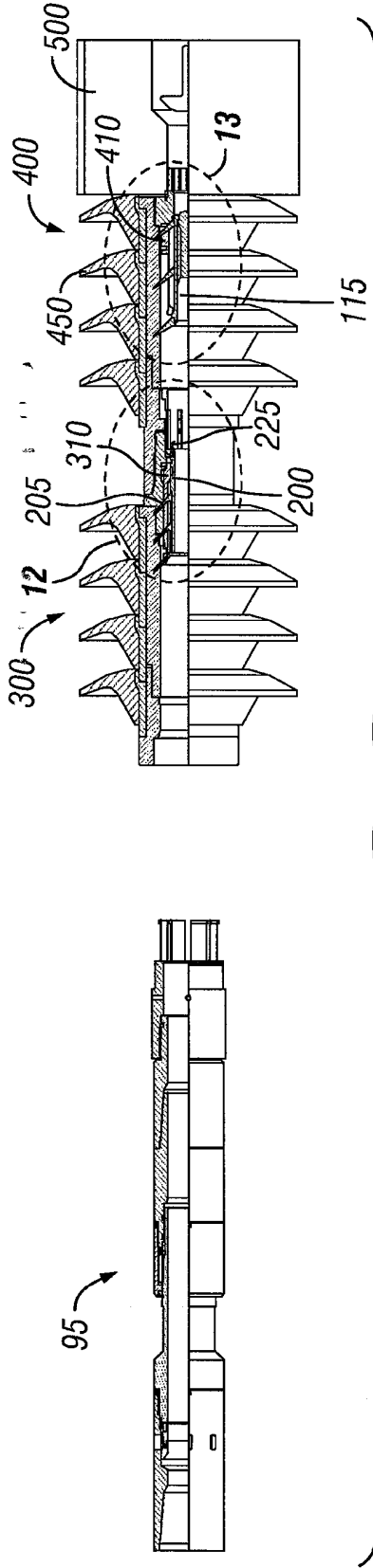


FIG. 11

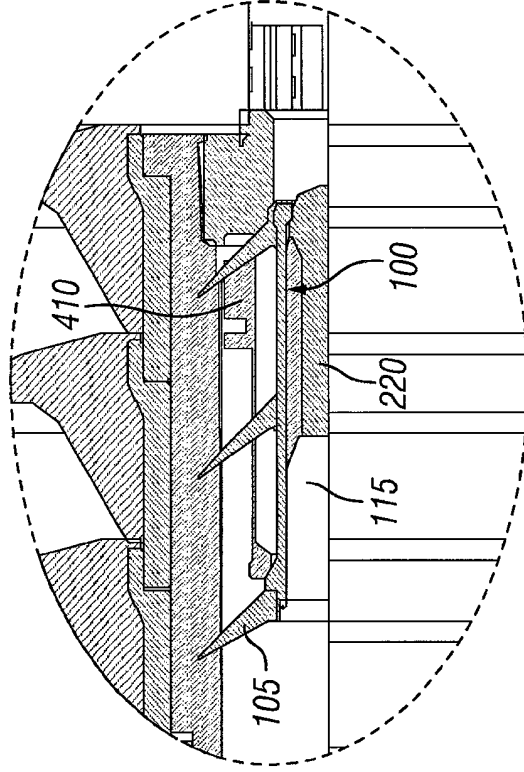


FIG. 13

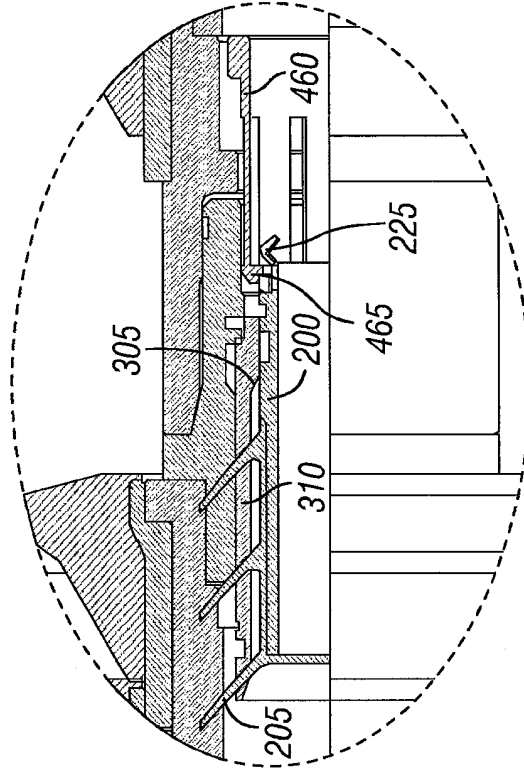


FIG. 12

200

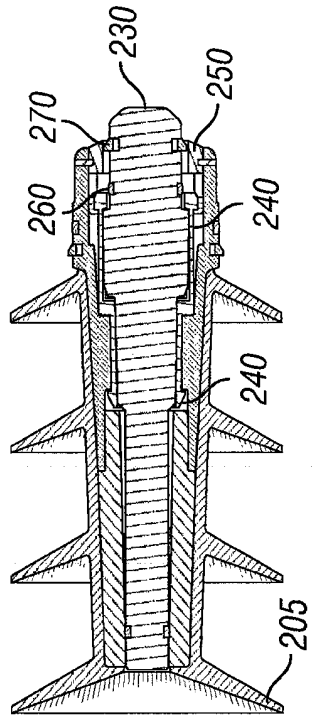


FIG. 14

100

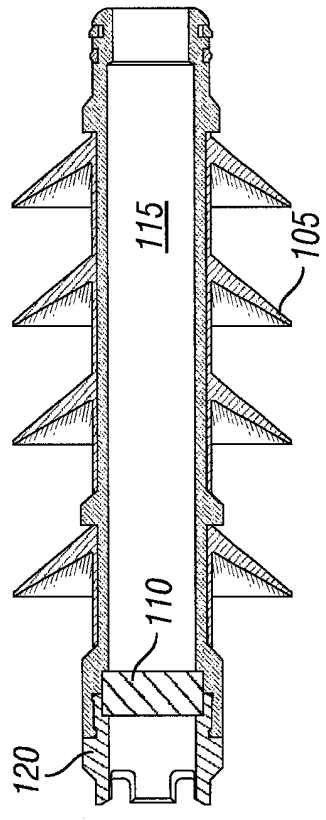


FIG. 15

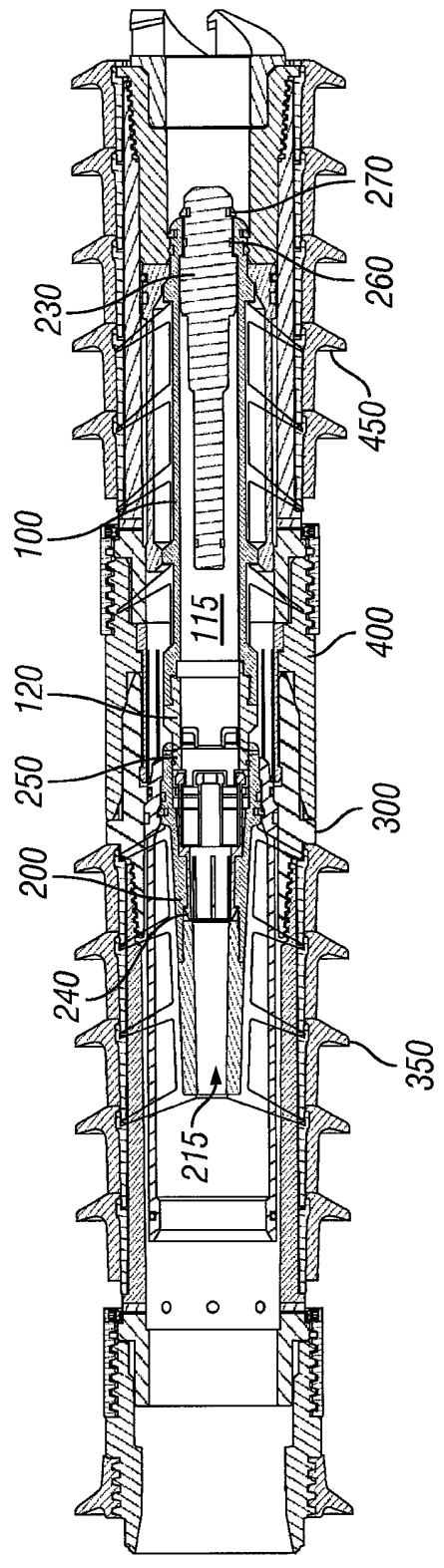


FIG. 16