



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

**(11) BR 112013020983-6 B1**



**(22) Data do Depósito:** 16/02/2012

**(45) Data de Concessão:** 05/01/2021

**(54) Título:** FERRAMENTA DE ESTÁGIO

**(51) Int.Cl.:** E21B 33/12; E21B 43/10.

**(30) Prioridade Unionista:** 16/02/2011 US 13/029,022; 22/11/2011 US 61/563,016.

**(73) Titular(es):** WEATHERFORD TECHNOLOGY HOLDINGS LLC.

**(72) Inventor(es):** ROCKY A. TURLEY; BRENT J. LIRETTE; HUY V. LE; GEORGE GIVENS.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2012025531 de 16/02/2012

**(87) Publicação PCT:** WO 2012/112823 de 23/08/2012

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 16/08/2013

**(57) Resumo:** FERRAMENTA DE ESTÁGIO. A presente invenção refere-se, geralmente, a uma ferramenta de estágio. Em um aspecto, uma ferramenta de fundo de poço para uso em um furo de poço é fornecida. A ferramenta inclui um corpo que tem um furo. A ferramenta ainda inclui uma montagem de vedação fixada ao corpo. A montagem de vedação tem um membro anular expansível, um membro de vedação e uma camisa de expansão, em que o membro de vedação inclui uma ou mais bandas de mola antiextrusão embutidas no membro de vedação. A ferramenta ainda inclui uma montagem de corredeira fixada ao corpo. A montagem de corredeira inclui corredeiras que são configuradas para engatar o furo de poço.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**FERRAMEN-  
TA DE ESTÁGIO**".

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS

O presente pedido reivindica o benefício do pedido de patente  
5 provisório de número de série U.S. 61/563.016, depositado em 22 de no-  
vembro de 2011, e do pedido de patente de número de série U.S.  
13/029.022, depositado em 16 de fevereiro de 2011. Cada um dos pedidos  
de patente relacionados anteriormente é incorporado ao presente documen-  
to a título de referência.

10 ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Campo da Invenção

As modalidades da presente invenção em geral referem-se a  
uma montagem de expansão de fundo de poço. Mais particularmente, as  
modalidades da presente invenção referem-se a vedações para a montagem  
15 de expansão de fundo de poço.

Descrição da Técnica Relacionada

Na indústria do campo petrolífero, ferramentas de fundo de poço  
são empregadas no furo de poço em diferentes estágios de operação do  
poço. Por exemplo, um suspensor de forro expansível pode ser empregado  
20 durante o estágio de formação do poço. Após uma primeira coluna de reves-  
timento no furo de poço, o poço é perfurado a uma profundidade designada  
e uma montagem de forro é colocada no poço a uma profundidade de modo  
que a porção superior da montagem de forro seja sobreposta a uma porção  
inferior da primeira coluna de revestimento. A montagem de forro é fixada no  
25 furo de poço por extensão de um suspensor de forro no revestimento circun-  
dante e então cimentação da montagem de forro no poço. O suspensor de  
forro inclui membros de vedação e uma superfície externa do suspensor de  
forro. Os membros de vedação são configurados para criar uma vedação  
30 com o revestimento circundante mediante a expansão do suspensor de for-  
ro.

Em outro exemplo, um obturador pode ser empregado durante o  
estágio de produção do poço. O obturador tipicamente inclui uma montagem

de obturador com membros de vedação. O obturador pode vedar um espaço anular formado entre a tubulação de produção dentro do revestimento do furo de poço. Alternativamente, alguns obturadores vedam um espaço anular entre o exterior de um furo de sondagem não forrado e tubo. O uso rotineiro de obturadores inclui a proteção do revestimento contra pressão, ambas as pressões de poço e estimulação, e proteção do revestimento de furo de poço contra fluidos corrosivos. Os obturadores podem ser também usados para reter fluidos de supressão ou fluidos de tratamento no espaço anular de revestimento.

10 Tanto o suspensor de forro quanto o obturador incluem membros de vedação que são configurados para criar uma vedação com o revestimento circundante ou um furo de sondagem não forrado. Cada membro de vedação é tipicamente disposto em um sulco (ou bucim) formado em uma montagem tubular expansível do suspensor de forro ou obturador. No entanto, o membro de vedação pode ser retirado do sulco durante a expansão da montagem tubular expansível devido às características do membro de vedação. Ademais, o membro de vedação pode ser retirado do sulco após a expansão da montagem tubular expansível devido aos diferenciais de pressão aplicados ao membro de vedação. Sendo assim, há uma necessidade de vedações resistentes à extrusão para uso com uma montagem tubular expansível.

### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção em geral refere-se a uma vedação de âncora para uma montagem tubular expansível. Em um aspecto, uma montagem de vedação de ancoragem para criar uma porção de vedação e uma porção de âncora entre um primeiro tubo que é disposto dentro de um segundo tubo é fornecida. A montagem de vedação de ancoragem inclui um membro anular expansível fixado ao primeiro tubo. O membro anular tem uma superfície externa e uma superfície interna. A montagem de vedação de ancoragem inclui ainda um membro de vedação disposto em um sulco formado na superfície externa do membro anular expansível. O membro de vedação tem uma ou mais bandas de mola antiextrusão incorporadas dentro do membro

de vedação, em que a superfície externa do membro anular expansível adjacente ao sulco inclui uma superfície áspera. A montagem de vedação de ancoragem também inclui uma camisa de expansão que tem uma superfície externa cônica e um furo interno. A camisa de expansão é móvel entre uma  
5 primeira posição em que a camisa de expansão está disposta fora do membro anular expansível e uma segunda posição em que a camisa de expansão está disposta dentro do membro anular expansível, em que a camisa de expansão é configurada para expandir radialmente o membro anular expansível em contato com uma parede interna do segundo tubo para criar a porção de vedação e a porção de âncora conforme a camisa de expansão se  
10 move da primeira posição para a segunda posição.

Em outro aspecto, um método para criar uma porção de vedação e uma porção de âncora entre um primeiro tubo e um segundo tubo é fornecido. O método inclui a etapa para posicionar o primeiro tubo dentro do se-  
15 gundo tubo. O primeiro tubo tem um membro anular com um sulco e uma superfície externa áspera, em que um membro de vedação com pelo menos uma banda antiextrusão é disposta dentro do sulco e em que um vão é formado entre um lado do membro de vedação e um lado do sulco. O método inclui ainda a etapa de expandir o membro anular radialmente para fora, que  
20 faz com que a pelo menos uma banda antiextrusão se mova em direção a uma área de interface entre o primeiro tubo e o segundo tubo. O método também inclui a etapa de impelir o membro anular em contato com uma parede interna do segundo tubo para criar uma porção de vedação e a porção de âncora entre o primeiro tubo e o segundo tubo.

25 Em outro aspecto, uma montagem de vedação para criar uma vedação entre um primeiro tubo e um segundo tubo é fornecida. A montagem de vedação inclui um membro anular fixado ao primeiro tubo, em que o membro anular tem um sulco formado na superfície externa do membro anular. A montagem de vedação inclui ainda um membro de vedação disposto  
30 no sulco, em que o membro de vedação tem uma ou mais bandas antiextrusão. O membro de vedação é configurável para ser expansível radialmente para fora em contato com uma parede interna do segundo tubo pela aplica-

ção de uma força direcionada para fora suprida a uma superfície interna do membro anular. Adicionalmente, a montagem de vedação inclui um vão definido entre o membro de vedação e um lado do sulco.

Em outro aspecto, um método para criar uma vedação entre um primeiro tubo e um segundo tubo é fornecido. O método inclui a etapa de posicionamento do primeiro tubo dentro do segundo tubo, em que o primeiro tubo tem um membro anular com um sulco, em que um membro de vedação com pelo menos uma banda antiextrusão é disposto dentro do sulco e em que um vão é formado entre um lado do membro de vedação e um lado do sulco. O método inclui ainda a etapa de expansão do membro anular radialmente para fora, o que faz com que a primeira banda antiextrusão e a segunda banda antiextrusão se movam em direção a uma primeira área de interface e uma segunda área de interface entre o membro anular e o segundo tubo. O método também inclui a etapa para impelir o membro de vedação em contato com uma parede interna do segundo tubo para criar a vedação entre o primeiro tubo e o segundo tubo.

Já em outro aspecto, uma montagem de vedação para criar uma vedação entre um primeiro tubo e um segundo tubo é fornecida. A montagem de vedação inclui um membro anular fixado ao primeiro tubo, em que o membro anular tem um sulco formado na superfície externa do mesmo. A montagem de vedação inclui ainda um membro de vedação disposto no sulco do membro anular de modo que um lado do membro de vedação seja espaçado afastado de um lado do sulco, em que o membro de vedação tem uma ou mais bandas antiextrusão, em que a uma ou mais bandas antiextrusão se movem em direção a uma área de interface entre o membro anular e o segundo tubo mediante a expansão do membro anular.

Em um aspecto adicional, uma montagem de suspensor é fornecida. A montagem de suspensor inclui um membro anular expansível que tem uma superfície externa e uma superfície interna. A montagem de suspensor inclui ainda um membro de vedação disposto em um sulco formado na superfície externa do membro anular expansível, em que o membro de vedação tem uma ou mais bandas de mola antiextrusão incorporadas dentro

do membro de vedação. A montagem de suspensor também inclui uma camisa de expansão que tem uma superfície externa cônica e um furo interno. A camisa de expansão é móvel entre uma primeira posição em que a camisa de expansão está disposta fora do membro anular expansível e uma segunda posição em que a camisa de expansão está disposta dentro do membro anular expansível. A camisa de expansão é configurada para expandir radialmente o membro anular expansível conforme a camisa de expansão se move da primeira posição para a segunda posição.

Em um aspecto adicional, uma ferramenta de fundo de poço para uso em um furo de poço é fornecida. A ferramenta inclui um corpo que tem um furo. A ferramenta inclui ainda uma montagem de vedação fixada ao corpo. A montagem de vedação que tem um anular expansível, um membro de vedação e uma camisa de expansão, em que o membro de vedação inclui uma ou mais bandas de mola antiextrusão incorporadas dentro do membro de vedação. A ferramenta inclui ainda uma montagem de corredeira fixada ao corpo. A montagem de corredeira inclui corredeiras que são configuradas para engatar o furo de poço.

Em um aspecto adicional, uma ferramenta de fundo de poço para uso em um furo de poço é fornecida. A ferramenta inclui um tubo que tem uma superfície externa cônica. A ferramenta inclui ainda um membro anular expansível disposto no tubo. O membro expansível tem uma porção de âncora. A ferramenta inclui ainda um membro de vedação disposto em um sulco do membro anular expansível. O membro de vedação tem uma ou mais bandas antiextrusão, em que o membro de vedação e a porção de âncora são configurados para serem extensíveis radialmente para fora em contato com o furo de poço conforme o membro anular expansível se move ao longo da superfície externa cônica do tubo.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

De modo que os recursos citados acima da presente invenção possam ser entendidos em detalhes, uma descrição mais particular da invenção, brevemente sumarizada acima, pode ser feita referência a modalidades, algumas das quais são ilustradas nos desenhos anexos. Deve-se

notar, no entanto, que os desenhos anexos ilustram apenas modalidades típicas desta invenção e não devem ser, portanto, considerados limitantes de seu escopo, para a invenção podem ser admitidas outras modalidades igualmente eficazes. O arquivo de patente ou pedido contém pelo menos um  
5 desenho executado em cor. Cópias desta patente ou publicação de pedido de patente com desenho(s) colorido(s) serão fornecidas pelo Escritório mediante solicitação e pagamento da taxa necessária.

A Figura 1 ilustra uma vista de um suspensor expansível em uma posição inserida (desativada).

10 A Figura 2 ilustra uma vista de uma montagem de vedação do suspensor expansível.

A Figura 3 ilustra uma vista da montagem de vedação durante a expansão do suspensor expansível.

15 A Figura 4A e 4B ilustra uma vista da montagem de vedação após a expansão do suspensor expansível.

A Figura 5 ilustra uma vista ampliada da montagem de vedação antes da expansão.

A Figura 6 ilustra uma vista ampliada da montagem de vedação após a expansão.

20 As Figuras 7 a 10 ilustram vistas de diferentes modalidades da montagem de vedação.

A Figura 11 ilustra uma vista de uma ferramenta de fundo de poço em um poço.

25 A Figura 12 ilustra uma vista da ferramenta de fundo de poço em uma posição inserida.

A Figura 13 ilustra uma vista de um elemento de engaxetamento na ferramenta de fundo de poço.

A Figura 14 ilustra uma vista da ferramenta de fundo de poço em uma posição expandida e de operação.

30 A Figura 15 ilustra uma vista ampliada do elemento de engaxetamento na ferramenta de fundo de poço.

A Figura 16 ilustra uma vista de uma montagem de suspensor

em uma posição desativada.

A Figura 17 ilustra uma vista da montagem de suspensor em uma posição ativada.

5 A Figura 18 ilustra uma vista de uma ferramenta de instalação usada durante uma operação de estiramento de vedação seca.

A Figura 19 ilustra uma vista de uma ferramenta de carregamento com o anel de vedação.

A Figura 20 ilustra uma vista de uma ferramenta de carregamento do suspensor expansível.

10 A Figura 21 ilustra uma vista de uma placa de pressão que impele o anel de vedação em um bucim do suspensor expansível.

As Figuras 22 e 22A ilustram vistas de uma ferramenta de estágio entupimento.

15 As Figuras 23, 23A e 23B ilustram a ativação de corredeiras na ferramenta de estágio.

As Figuras 24, 24A e 24B ilustram a ativação de elementos de engaxetamento na ferramenta de estágio.

As Figuras 25, 25A e 25B ilustram o movimento de uma camisa externa na ferramenta de estágio.

20 As Figuras 26 e 26A ilustram o fechamento das portas na ferramenta de estágio após a operação de cementação ser concluída.

As Figuras 27 e 27A ilustram vistas de uma ferramenta de fundo de poço em uma posição inserida (desativada).

25 As Figuras 28 e 28A ilustram as definições de corredeiras na ferramenta de fundo de poço.

As Figuras 29 e 29A ilustram as definições de um elemento de engaxetamento na ferramenta de fundo de poço.

As Figuras 30 e 30A ilustram vistas de uma ferramenta de fundo de poço em uma posição inserida (desativada).

30 As Figuras 31 e 31A ilustram uma ferramenta de fundo de poço em uma posição inserida (desativada).

As Figuras 32 e 32A ilustram a ferramenta de fundo de poço em



uma posição ativada.

### DESCRIÇÃO DETALHADA

A presente invenção em geral refere-se a vedações resistentes à extrusão para uma ferramenta de fundo de poço. As vedações resistentes à extrusão serão descritas no presente documento em relação a um suspen-  
5 sor de forro nas Figuras 1 a 10, um obturador nas Figuras 11 a 15 e uma montagem de suspensor nas Figuras 16 a 17. Deve-se entender, no entanto, que as vedações resistentes à extrusão podem ser também usadas com outras ferramentas de fundo de poço sem afastamento dos princípios da presente invenção. Além disso, as vedações resistentes à extrusão podem ser  
10 usadas em uma ferramenta de fundo de poço que é disposta dentro de um furo de poço revestido ou dentro de um furo de poço de furo aberto. Para entender melhor a inovação das vedações resistentes à extrusão da presente invenção e os métodos de uso das mesmas, é feita referência doravante  
15 aos desenhos anexos.

A Figura 1 ilustra uma vista de um suspensor expansível 100 em uma posição inserida (desativada). No estágio de completção mostrado na Figura 1, um furo de poço 65 foi forrado com uma coluna de revestimento 60. Sendo assim, uma montagem de forro 110 subsequente é posicionada  
20 próxima à extremidade inferior do revestimento 60. Tipicamente, a montagem de forro 110 é abaixada no furo de poço 65 por uma ferramenta de assentamento disposta na extremidade inferior da coluna de trabalho 70.

A montagem de forro 110 inclui um tubo 165 e o suspensor expansível 100 desta presente invenção. O suspensor 100 é um membro anular que é usado para fixar ou suspender o tubo 165 de uma parede interna  
25 do revestimento 60. O suspensor expansível 100 inclui uma pluralidade de montagens de vedação 150 dispostas na superfície externa do suspensor 100. A pluralidade de montagens de vedação 150 é espaçada de modo circunferencial ao redor do suspensor 100 para criar uma vedação entre a  
30 montagem de forro 110 e o revestimento 60 mediante a expansão do suspensor 100. Embora o suspensor 100 na Figura 1 mostre quatro montagens de vedação 150, qualquer número de montagens de vedação 150 pode ser

fixado à montagem de forro 110 sem afastamento dos princípios da presente invenção.

A Figura 2 ilustra uma vista ampliada das montagens de vedação 150 na posição inserida. Para clareza, o furo de poço 65 não é mostrado nas Figuras 2 a 6. Cada montagem de vedação 150 inclui um anel de vedação 135 disposto em um bucim 140. O bucim 140 inclui um primeiro lado 140A, um segundo lado 140B e um terceiro 140C. Na modalidade mostrada na Figura 2, um material de ligação, tal como cola (ou outro meio de fixação), pode ser usado nos lados 140B, 140C durante o estágio de fabricação da montagem de vedação 150 para fixar o anel de vedação 135 no bucim 140. Ligar o anel de vedação 135 no bucim 140 é útil para impedir que o anel de vedação 135 se torne instável e seja removido por pistoneio quando o suspensor 100 está posicionado no revestimento 60 e antes da expansão do suspensor 100. Em uma modalidade, o lado 140A tem um ângulo  $\alpha$  (consulte a Figura 5) de aproximadamente 100 graus antes da expansão e o lado 140A tem um ângulo  $\beta$  (consulte a Figura 6) entre cerca de 94 graus e cerca de 98 graus após a expansão da montagem de vedação 150.

Conforme mostrado na Figura 5, um vão de volume 145 é criado entre o anel de vedação 135 e o lado 140A do bucim 140. Em geral, o vão de volume 145 é usado para impedir substancialmente a distorção do anel de vedação 135 mediante a expansão do suspensor 100. O vão de volume 145 é um espaço livre (espaço vazio, folga ou vazio) entre uma porção do anel de vedação 135 e uma porção do bucim 140 antes da expansão do suspensor 100. Em outras palavras, durante o processo de fabricação do suspensor, o vão de volume 145 é criado por posicionamento do anel de vedação 135 dentro do bucim 140 de modo que o anel de vedação 135 seja espaçado afastado do pelo menos um lado do bucim 140. Embora o vão de volume 145 na Figura 5 seja criado tendo-se um lado do bucim 140 em um ângulo, o vão de volume 145 pode ser criado em qualquer configuração (consulte as Figuras 7 a 10, por exemplo) sem afastamento dos princípios da presente invenção. Adicionalmente, o tamanho do vão de volume 145 pode variar dependendo da configuração do bucim 140. Em uma modalidade, o

bucim 140 tem 3 a 5% mais volume devido ao vão de volume 145 que um bucim padrão sem um vão de volume.

Referindo-se novamente à Figura 2, o anel de vedação 135 inclui uma ou mais bandas antiextrusão, tal como uma primeira banda de vedação 155 (primeira banda antiextrusão) e uma segunda banda de vedação 160 (segunda banda antiextrusão). Conforme mostrado, as bandas de vedação 155, 160 são incorporadas no anel de vedação 135 em um canto superior de cada lado do anel de vedação 135. Em uma modalidade, as bandas de vedação 155, 160 são dispostas em uma circunferência externa do anel de vedação 135. Em outra modalidade, as bandas de vedação 155, 160 são molas. As bandas de vedação 155, 160 podem ser usadas para limitar a extrusão do anel de vedação 135 durante a expansão da montagem de vedação 150. As bandas de vedação 155, 160 podem ser também usadas para limitar a extrusão da pressão diferencial aplicada após a expansão da montagem de vedação 150.

A Figura 3 ilustra uma vista das montagens de vedação 150 durante a expansão e as Figuras 4A e 4B ilustram as montagens de vedação 150 após a expansão. Conforme mostrado, uma ferramenta de expansão axialmente móvel 175 entra em contato com uma superfície interna 180 da montagem de forro 110. As ferramentas de expansão são bem conhecidas na técnica e são em geral usadas para ampliar radialmente um tubo expansível impelindo-se a ferramenta de expansão 175 axialmente através do tubo, assim causando pistoneio da parede tubular radialmente para fora conforme a ferramenta de diâmetro maior é forçada através do membro tubular de diâmetro menor. A ferramenta de expansão 175 pode ser fixada a um mandril rosqueado que é girado para mover a ferramenta de expansão 175 axialmente através do suspensor 100 e expandir o suspensor 100 para fora em contato com o revestimento 60. Deve-se entender, no entanto, que outro meio pode ser empregado para impelir a ferramenta de expansão 175 através do suspensor 100 tal como hidráulica ou qualquer outro meio conhecido na técnica. Além disso, a ferramenta de expansão 175 pode ser disposta no suspensor 100 em qualquer orientação, tal como em uma orientação para

baixo conforme mostrado para uma expansão de cima para baixo ou em uma orientação para cima para uma expansão de baixo para cima. Adicionalmente, uma ferramenta expansível giratória (não mostrada) pode ser empregada. A ferramenta expansível giratória se move entre um primeiro diâmetro menor e um segundo diâmetro maior, assim permitindo tanto uma expansão de cima para baixo quanto uma expansão de baixo para cima dependendo do movimento axial direcional da ferramenta expansível giratória.

Conforme mostrado na Figura 3, a ferramenta de expansão 175 expandiu uma porção do suspensor 100 em direção ao revestimento 60. Durante a expansão do suspensor 100, o anel de vedação 135 se move em contato com o revestimento 60 para criar uma vedação entre o suspensor 100 e o revestimento 60. Conforme o anel de vedação 135 entra em contato com o revestimento 60, o anel de vedação 135 muda a configuração e ocupa uma porção do vão de volume 145. Na modalidade mostrada, o vão de volume 145 está localizado no lado da montagem de vedação 150 que é a primeira porção a ser expandida pela ferramenta de expansão 175. A localização do vão de volume 145 na montagem de vedação 150 permite que o anel de vedação 135 mude a posição (ou reconfigure) dentro do bucim 140 durante a operação de expansão. Adicionalmente, o volume do vão de volume 145 pode mudar durante a operação de expansão. Conforme mostrado na Figura 4B, a ferramenta de expansão 175 é removida do suspensor 100 após o suspensor 100 ser expandido em contato com o revestimento 60.

O anel de vedação 135 muda a configuração durante a operação de expansão. Conforme mostrado na Figura 5, o anel de vedação 135 tem um volume que é representado pelo número de referência 190. Antes da expansão, uma porção do volume 190 do anel de vedação 135 é posicionada dentro do bucim 140 e outra porção do volume 190 do anel de vedação 135 se estende fora do bucim 140 (além da linha 195). Após a expansão, o volume 190 do anel de vedação 135 é reposicionado de modo que o anel de vedação 135 se mova para o vão de volume 145 conforme mostrado na Figura 6. Em outras palavras, o volume 190 do anel de vedação 135 é substancialmente o mesmo antes da expansão e após a expansão. No entanto, o

volume do anel de vedação 135 dentro do bucim 140 aumenta após a operação de expansão devido ao fato de que a porção do volume 190 do anel de vedação 135 que estava fora do bucim 140 (além da linha 195) se moveu dentro do bucim 140 (compare as Figuras 5 e 6). Assim, o volume 190 do anel de vedação 135 está substancialmente dentro do bucim 140 após a operação de expansão. Em uma modalidade alternativa, o anel de vedação 135 não se estende fora do bucim 140 (além da linha 195) antes da expansão. O volume 190 do anel de vedação 135 é reposicionado durante a operação de expansão de modo que o anel de vedação 135 se mova para o vão de volume 145. O volume 190 do anel de vedação 135 é substancialmente o mesmo antes da expansão e após a expansão. Dessa maneira, o anel de vedação 135 muda a configuração durante a operação de expansão e ocupa (ou fecha) o vão de volume 145.

O volume do bucim 140 e/ou o vão de volume 145 pode diminuir conforme a montagem de vedação 150 é expandida radialmente para fora durante a operação de expansão. Conforme apresentado no presente documento, o ângulo  $\alpha$  (Figura 5) diminui ao ângulo  $\beta$  (Figura 6), que faz com que o tamanho do vão de volume 145 diminua. A altura do bucim 140 pode também se tornar menor, que faz com que o volume do bucim 140 diminua. Como tal, a combinação da mudança na configuração do anel de vedação 135 e a mudança de configuração do volume do bucim 140 (e/ou o vão de volume 145) permite que o anel de vedação 135 crie uma vedação com o revestimento 60. Em uma modalidade, o volume do bucim 140 (incluindo o vão de volume 145) após a operação de expansão pode ser substancialmente o mesmo que o volume 190 do anel de vedação 135. Em outra modalidade, o volume do bucim 140 (incluindo o vão de volume 145) após a operação de expansão pode ser igual ao volume 190 do anel de vedação 135 ou pode ser maior que o volume 190 do anel de vedação 135.

Conforme mostrado na Figura 6, as bandas de vedação 155, 160 no anel de vedação 135 são impelidas em direção a uma interface 185 entre a montagem de vedação 150 e o revestimento 60 durante a operação de expansão. O vão de volume 145 permite que o anel de vedação 135 se

move dentro do buçim 140 e posiciona as bandas de vedação 155, 160 em uma localização próxima à interface 185. Nessa posição, as bandas de vedação 155, 160 substancialmente impedem que a extrusão do anel de vedação 135 passe a interface 185. Em outras palavras, as bandas de vedação 5 155, 160 se expandem radialmente para fora com o suspensor 100 e bloqueiam o material elastomérico do anel de vedação 135 que flui através da interface 185 entre a montagem de vedação 150 e o revestimento 60. Em uma modalidade, as bandas de vedação 155, 160 são molas, tais como molas espirais toroidais, que se expandem radialmente para fora devido à ex- 10 pansão do suspensor 100. Conforme a mola se expande radialmente para fora, os espirais da mola atuam como um abarreira para o fluxo do material elastomérico do anel de vedação 135. Dessa maneira, as bandas de vedação 155, 160 no anel de vedação 135 atuam como um dispositivo antiextrusão ou uma barreira de extrusão.

15 Há diversos benefícios da barreira de extrusão criada pelas bandas de vedação 155, 160. Um benefício da barreira de extrusão poderia ser que a superfície externa do anel de vedação 135 em contato com o revestimento 60 é limitada a uma região entre as bandas de vedação 155, 160, que permite que uma vedação de alta pressão seja criada entre a montagem de 20 vedação 150 e o revestimento 60. Em uma modalidade, a montagem de vedação 150 pode criar uma vedação de alta pressão na faixa de 82,74 a 96,53 MPa (12.000 a 14.000 psi). Um benefício adicional da barreira de extrusão poderia ser que a montagem de vedação 150 é capaz de criar uma vedação com um revestimento circundante que pode ter uma faixa de diâ- 25 metros internos devido a tolerâncias a API. Outro benefício poderia ser que a barreira de extrusão criada pelas bandas de vedação 155, 160 pode impedir a erosão do anel de vedação 135 após o suspensor 100 ter sido expandido. A erosão do anel de vedação 135 poderia levar eventualmente a um mau funcionamento da montagem de vedação 150. Um benefício adicional é que 30 as bandas de vedação 155, 160 atuam como uma barreira de extrusão após a expansão do suspensor expansível 100. Mais especificamente, a barreira de extrusão criada pelas bandas de vedação 155, 160 pode impedir a extru-

são do anel de vedação 135 quando o vão entre o suspensor expansível 100 e o revestimento 60 é aumentado devido à pressão de fundo de poço. Em outras palavras, as bandas de vedação 155, 160 transpõem o vão e o vão de extrusão líquido entre espirais das bandas de vedação 155, 160 cresce consideravelmente menos em comparação a um vão anular que é formado quando um anel de vedação não inclui as bandas de vedação. Por exemplo, o vão anular (sem as bandas de vedação) pode ser da ordem de 0,762 milímetro (0,030 polegada) radial em comparação ao vão de extrusão líquido entre os espirais das bandas de vedação 155, 160 que pode ser da ordem de 0,0254/0,0762 milímetro (0,001/0,003 polegada).

As Figuras 7 a 10 ilustram vistas de diferentes modalidades da montagem de vedação. Para conveniência, os componentes na montagem de vedação nas Figuras 7 a 10 que são similares aos componentes na montagem de vedação 150 serão identificados com o mesmo indicador numérico. A Figura 7 ilustra uma vista de uma montagem de vedação 205 que inclui o vão de volume 145 em uma porção inferior da montagem de vedação 205. Conforme mostrado, o vão de volume 145 está entre o lado 140C e o anel de vedação 135. Nessa modalidade, um material de ligação, tal como cola, pode ser aplicado aos lados 140A, 140B durante o estágio de fabricação da montagem de vedação 205 para fixar o anel de vedação 135 no bucim 140. Similarmente a outras modalidades, o anel de vedação 135 será reconfigurado e ocupará pelo menos uma porção do vão de volume 145 mediante a expansão da montagem de vedação 205.

A Figura 8 ilustra uma vista de uma montagem de vedação 220 que inclui o vão de volume 145 em uma porção inferior e uma porção superior da montagem de vedação 220. Conforme mostrado, um primeiro vão de volume 145A está entre o lado 140A e o anel de vedação 135 e um segundo vão de volume 145B está entre o lado 140C e o anel de vedação 135. O primeiro vão de volume 145A e o segundo vão de volume 145B podem ser iguais ou podem ser diferentes. Nessa modalidade, o material de ligação pode ser aplicado ao lado 140B durante o estágio de fabricação da montagem de vedação 220 para fixar o anel de vedação 135 no bucim 140. Simi-

larmente as outras modalidades, o anel de vedação 135 será reconfigurado e ocupará pelo menos uma porção do primeiro vão de volume 145A e pelo menos uma porção do segundo vão de volume 145B mediante a expansão da montagem de vedação 220.

5                   A Figura 9 ilustra uma vista de uma montagem de vedação 240 que inclui o vão de volume 145 com um membro de indução 245. Conforme mostrado, o lado 140A do bucim 140 é perpendicular ao lado 140B. O membro de indução 245, tal como uma arruela de mola ou um anel de colisão, é disposto no vão de volume 145 entre o lado 140A e o anel de vedação 135.

10 O membro de indução 245 pode ser usado para manter a posição do anel de vedação 135 no bucim 140. Adicionalmente à banda de vedação 160, o membro de indução 245 pode também atuar como uma barreira de extrusão mediante a expansão da montagem de vedação 240. Durante a operação de expansão, o anel de vedação 135 será reconfigurado no bucim 140 e com-

15 primirá o membro de indução 245. Adicionalmente, nessa modalidade, o material de ligação pode ser usado nos lados 140B, 140C durante o estágio de fabricação da montagem de vedação 240 para fixar o anel de vedação 135 no bucim 140.

                  A Figura 10 ilustra uma vista de uma montagem de vedação 260

20 que inclui um vão de volume 270 em uma porção de um anel de vedação 265. Nessa modalidade, o material de ligação pode ser usado nos lados 140A, 140B, 140C durante o estágio de fabricação da montagem de vedação 260 para fixar o anel de vedação 265 no bucim 140. Similarmente a outras modalidades, o anel de vedação 265 será reconfigurado mediante a ex-

25 pansão da montagem de vedação 260. No entanto, nessa modalidade, o vão de volume 270 na porção do anel de vedação 265 será fechado ou diminuirá em tamanho quando o anel de vedação 265 é impelido ao contato com o revestimento circundante. Em outra modalidade, o anel de vedação 265 pode incluir bandas de vedação (não mostradas) incorporadas no anel de ve-

30 dação 265 similares às bandas de vedação 155, 160. Em uma modalidade adicional, um respiradouro de equalização (não mostrado) pode ser formado no anel de vedação 265 para fornecer comunicação entre o vão de volume



270 e uma porção externa do anel de vedação 265. O respiradouro de equalização pode ser usado para impedir o colapso do anel de vedação 265 devido á exposição de pressão hidrostática.

A Figura 11 ilustra uma vista de um poço de hidrocarboneto subterrâneo típico 90 que define um furo de poço vertical 25. O poço 90 tem múltiplas formações que produzem hidrocarboneto, tal como formação que produz óleo 45 e/ou formações que produzem gás (não mostradas). Após o furo de poço 25 ser formado e forrado com o revestimento 10, uma coluna de tubulação 50 é conduzida em uma abertura 15 formada pelo revestimento 10 para fornecer uma trajetória para hidrocarbonetos até a superfície do poço 90. Os hidrocarbonetos podem ser recuperados por formação de perfurações 30 nas formações 45 para permitir que os hidrocarbonetos entrem na abertura de revestimento 15. Na modalidade ilustrativa, as perfurações 30 são formadas por operação de uma pistola de perfuração 40, que é um componente da coluna de tubulação 50. A pistola de perfuração 40 é usada para perfurar o revestimento 10 para permitir que os hidrocarbonetos capturados nas formações 45 fluam para a superfície do poço 90.

A coluna de tubulação 50 também transporta uma ferramenta de fundo de poço 300, tal como um obturador, um tampão de ponte ou qualquer outra ferramenta de fundo de poço usada para vedar uma localização desejada em um furo de poço. Embora genericamente mostrado como um elemento singular, a ferramenta de fundo de poço 300 pode ser uma montagem de componentes. Em geral, a ferramenta de fundo de poço 300 pode ser operada por meios hidráulicos ou mecânicos e é usada para formar uma vedação em uma localização desejada no furo de poço 25. A ferramenta de fundo de poço 300 pode vedar, por exemplo, um espaço anular 20 formado entre uma tubulação de produção 50 e o revestimento de furo de poço 106. Alternativamente, a ferramenta de fundo de poço 300 pode vedar um espaço anular entre o exterior de um tubo e um furo de poço não forrado. Os usos comuns da ferramenta de fundo de poço 300 incluem a proteção do revestimento 10 contra pressão e fluidos corrosivos; isolamento de vazamento de revestimento, perfurações comprimidas ou múltiplos intervalos de produção;

e retenção de fluidos de tratamento, fluidos pesados ou fluidos de supres-  
são. No entanto, esses usos para a ferramenta de fundo de poço 300 são  
meramente ilustrativos e a aplicação da ferramenta de fundo de poço 300  
não é limitada a apenas esses usos. A ferramenta de fundo de poço 300 po-  
5 de ser também usada com um suspensor de forro convencional (não mos-  
trado) em uma montagem de forro. Tipicamente, a ferramenta de fundo de  
poço 300 poderia ser posicionada na montagem de forro próxima ao sus-  
pensor de forro convencional. Em uma modalidade, a montagem de ferra-  
menta de fundo de poço é posicionada acima do suspensor de forro conven-  
10 cional. Após o suspensor de forro convencional ser colocado dentro do re-  
vestimento de furo de poço, uma operação de cementação pode ser feita  
para prender o forro dentro do furo de poço. Seno assim, a ferramenta de  
fundo de poço 300 pode ser ativada para vedar um espaço anular formado  
entre montagem de forro e o revestimento de furo de poço.

15 A Figura 12 ilustra uma ferramenta de fundo de poço 300 em  
uma posição inserida (desativada). Conforme mostrado na Figura 12, a co-  
luna de tubulação 50 inclui um mandril 305 que define um diâmetro interno  
da porção representada da coluna de tubulação 50. Uma camisa de atuação  
335 é disposta de modo deslizável sobre pelo menos uma porção do mandril  
20 305. O mandril 305 e a camisa de atuação 335 definem uma interface veda-  
da pela provisão de um anel em O (não mostrado) transportado em um diâ-  
metro externo do mandril 305. Uma extremidade terminal da camisa de atu-  
ação 335 é ombreada contra um membro de cunha 325. O membro de cu-  
nha 325 é em geral cilíndrico e disposto de modo deslizável sobre o mandril  
25 305. Uma vedação de anel em O 310 é disposta entre o mandril 305 e o  
membro de cunha 325 para formar uma interface vedada entre os mesmos.  
A vedação 310 é transportada na superfície interna do membro de cunha  
325; no entanto, a vedação 310 pode ser também transportada na superfície  
externa do mandril 305. Em uma modalidade, a vedação 310 inclui bandas  
30 de vedação (isto é, bandas antiextrusão) de uma maneira similar como o  
elemento de vedação 450A e B. Além disso, um vão de volume pode ser  
definido entre a vedação 310 e uma porção do membro de cunha 325 de

uma maneira similar ao vão de volume 470A e B.

A ferramenta de fundo de poço 300 inclui um mecanismo de travamento que permite que o membro de cunha 325 percorra em uma direção e impede o percurso na direção oposta. Em uma modalidade, o mecanismo de travamento é implantado como um anel de catraca 380 disposto em uma superfície de catraca 385 do mandril 305. O anel de catraca 380 é embutido e transportado pelo membro de cunha 325. Nesse caso, a interface do anel de catraca 380 e a superfície de catraca 385 permite que o membro de cunha 325 percorra apenas na direção da seta 315.

Uma porção do membro de cunha 325 forma uma superfície cônica externa 375. Em operação, a superfície cônica 375 forma uma superfície de planeio inclinada para um elemento de engaxetamento 400. Dessa forma, o membro de cunha 325 é mostrado disposto entre o mandril 305 e o elemento de engaxetamento 400, em que o elemento de engaxetamento 400 é disposto na superfície cônica 375. Na posição inserida representada, o elemento de engaxetamento 400 está localizado em uma ponta do membro de cunha 325, em que a ponta define um diâmetro externo relativamente menor em relação à outra extremidade da superfície cônica 375.

O elemento de engaxetamento 400 é retido no lugar por uma camisa de retenção 320. O elemento de engaxetamento 400 pode ser acoplado à camisa de retenção 320 por uma variedade de interfaces de travamento. Em uma modalidade, a camisa de retenção 320 inclui uma pluralidade de dedos de pinça 355. As extremidades terminais dos dedos de pinça 355 são intertravadas com uma aba anular 405 do elemento de engaxetamento 400. Os dedos de pinça 355 podem ser induzidos em uma direção radial. Por exemplo, contempla-se que os dedos de pinça 355 têm indução radial para fora que impele os dedos de pinça 355 em uma posição alargada ou reta. No entanto, nesse caso, os dedos de pinça 355 não fornecem uma força suficiente para provocar a expansão do elemento de engaxetamento 400.

A ferramenta de fundo de poço 300 inclui um mecanismo de travamento de autoajuste que permite que a camisa de retenção 320 percorra

em uma direção e impede o percurso na direção oposta. O mecanismo de travamento é implantado como um anel de catraca 390 disposto em uma superfície de catraca 395 do mandril 305. O anel de catraca 390 é embutido e transportado pela camisa de retenção 320. Nesse caso, a interface do anel de catraca 390 e a superfície de catraca 395 permite que a camisa de retenção 320 percorra apenas na direção da seta 330, em relação ao mandril 305. Conforme será descrito em mais detalhes abaixo, esse mecanismo de travamento de autoajuste garante que uma vedação suficiente seja mantida pelo elemento de engaxetamento 400 a despeito das forças contrárias que atual para subvertera integridade da vedação.

Em operação, a ferramenta de fundo de poço 300 é colocada em um furo de poço na posição inserida mostrada na Figura 12. Para colocar a ferramenta de fundo de poço 300, a camisa de atuação 335 é acionada axialmente na direção da seta 315. O movimento axial da camisa de atuação 335 pode ser provocado por, por exemplo, força mecânica aplicada a partir do peso de uma coluna de tubulação ou pressão hidráulica que atua em um pistão. A camisa de atuação 335, por sua vez, engata o membro de cunha 325 e aciona o membro de cunha 325 axialmente ao longo da superfície externa do mandril 305. O anel de catraca 380 e a superfície de catraca 385 garantem que o membro de cunha 325 percorra apenas na direção da seta 315. Com a continuação do percurso sobre o mandril 305, o membro de cunha 325 é acionado por baixo do elemento de engaxetamento 400. O elemento de engaxetamento 400 é impedido de se mover em relação ao membro de cunha 325 pela provisão do anel de catraca 390 e da superfície de catraca 395. Como resultado, o elemento de engaxetamento 400 é forçado a deslizar sobre a superfície cônica 375. A inclinação positiva da superfície cônica 375 impele o elemento de engaxetamento 400 para uma posição diametralmente expandida. A posição ativada da ferramenta de fundo de poço 300 é mostrada na Figura 14. Na posição ativada, o elemento de engaxetamento 400 repousa em uma extremidade superior da superfície cônica 375 e é impelido em contato com o revestimento 10 para formar uma vedação estanque a fluido que é formada em parte por uma vedação de metal a elastô-

mero e um contato de metal a metal. De modo mais geral, o metal pode ser qualquer não elastômero.

Na posição ativada, os dedos de pinça 355 são dilatados radialmente para fora, mas permanecem intertravados com a aba 405 formada no elemento de engaxetamento 400. Esse acoplamento fixa a posição da camisa de retenção 320 e anel de catraca 390 na posição axial do elemento de engaxetamento 400. Isso permite que o elemento de engaxetamento 400 se mova até o membro de cunha 325 em resposta à pressão aumentada a partir de baixo, mantendo sua interface firme com o diâmetro interno do revestimento, mas impede o movimento relativo do elemento de engaxetamento 400 na direção oposta (mostrada pela seta 315). A pressão de baixo da ferramenta de fundo de poço 300 pode atuar para diminuir a integridade da vedação formada pelo elemento de engaxetamento 400 já que a interface do elemento de engaxetamento 400 com o revestimento 10 e o membro de cunha 325 se afrouxará devido à pressão que dilata o revestimento 10 e similarmente atuando para causar colapso do membro de cunha 325 de baixo do elemento de engaxetamento 400. Uma modalidade da ferramenta de fundo de poço 300 atua contra tal efeito indesejável pela provisão do mecanismo de travamento de autoajuste implantado pelo anel de catraca 390 e superfície de catraca 395. Particularmente, a camisa de retenção 320 é permitida percorrer até o mandril 305 na direção da seta 330 em resposta a uma força de estimulação que atua no elemento de engaxetamento 400, conforme mostrado na Figura 15. No entanto, o mecanismo de travamento impede que a camisa de retenção 320 percorra na direção oposta (isto é, na direção da seta 315), assim garantindo que a vedação não se mova em relação ao revestimento 10 quando a pressão está atuando de cima, assim reduzindo o desgaste no elemento de engaxetamento 400.

A Figura 13 ilustra uma vista ampliada do elemento de engaxetamento 400 na posição desativada. Como tal, o elemento de engaxetamento 400 repousa na extremidade diametralmente menor da superfície cônica 375. O elemento de engaxetamento 400 inclui um corpo tubular 440 que é um membro anular. O corpo tubular 440 inclui uma superfície externa subs-

tancialmente lisa em seu diâmetro externo e que define um diâmetro interno moldado. Nesse contexto, uma pessoa versada na técnica reconhecerá que uma lisura desejada da superfície externa é determinada de acordo com o ambiente particular e circunstâncias em que o elemento de engaxetamento 400 é ativado. Por exemplo, as pressões que se espera que sejam resistidas pela vedação resultante formada pelo elemento de engaxetamento 400 afetarão a lisura da superfície externa. Em uma modalidade, o corpo tubular 440 pode incluir uma porção da superfície externa que inclui serrilhamento ou uma área de superfície áspera que pode ser usada como uma porção de âncora quando o elemento de engaxetamento 400 está posicionado.

Para formar uma vedação em relação ao revestimento 10, o elemento de engaxetamento 400 inclui um ou mais elementos de vedação 450A e B. Os elementos de vedação 450A e B podem ser bandas de elastômero. Em outra modalidade, os elementos de vedação 450A e B são elastômeros de dilatação. Os elementos de vedação 450A e B são preferencialmente presos em sulcos 455A e B formados no corpo tubular 440. Por exemplo, os elementos de vedação 450A e B podem ser ligados aos sulcos 455A e B por um material de ligação durante o estágio de fabricação do elemento de engaxetamento 400. Cada sulco 455A e B inclui um vão de volume 470A e B. Conforme mostrado na Figura 13, o vão de volume 470A e B está localizado em uma porção inferior do sulco 455A e B. Em outras modalidades, o vão de volume 470A e B pode estar localizado em posições diferentes e em configurações diferentes no sulco 455A e B (consulte o vão de volume nas Figuras 5 a 10, por exemplo). Em geral, o vão de volume 470A-B é usado para impedir substancialmente a distorção do elemento de vedação 450A e B mediante a expansão do elemento de engaxetamento 400. O tamanho do vão de volume 470A e B pode variar dependendo da configuração do sulco 455A e B. Em uma modalidade, o sulco 455A e B tem 3 a 5% mais volume devido ao vão de volume 470A e B que um sulco sem um vão de volume.

Cada elemento de vedação 450A e B inclui uma primeira banda de vedação 460 e uma segunda banda de vedação 465. As bandas de ve-

dação 460, 465 são incorporadas no elemento de vedação 450A e B. Em uma modalidade, as bandas de vedação 460, 465 são molas. As bandas de vedação 460, 465 são usadas para limitar a extrusão do elemento de vedação 450A e B mediante a expansão do elemento de engaxetamento 400.

5                   As porções da superfície externa entre os elementos de vedação 450A e B formam superfícies de vedação de não elastômero 430A e C. As superfícies de vedação de não elastômero 430A-C podem incluir membros de prensão, tais como insertos de carboneto, serrilhamento ou uma superfície áspera que permite que as superfícies de vedação de não elastômero  
10 430A a C vedem e atuem como uma âncora mediante a expansão do elemento de engaxetamento 400. Por exemplo, a porção de âncora (isto é, superfície áspera nas superfícies 430A a C) poderia contatar e se engatar ao revestimento circundante 10 quando o elemento de engaxetamento 400 é ativado, conforme mostrado na Figura 15. A porção de âncora pode ser usa-  
15 da para reter os elementos de vedação de engaxetamento 450A e B no lugar impedindo o movimento do elemento de engaxetamento 400. Em outras palavras, a porção de âncora garante que os elementos de vedação de engaxetamento 450A e B não se movam em relação ao revestimento 10 quando submetidos à alta pressão diferencial, assim permitindo que os elementos de  
20 vedação de engaxetamento 450A e B mantenham a relação de vedação com o revestimento 10 enquanto ao mesmo tempo reduzem o desgaste no elemento de engaxetamento 400. Em uma modalidade, as superfícies 430A a C são endurecidas por indução ou meios similares de modo que as superfícies 430A a C penetrem em uma superfície interna do revestimento 10 para  
25 fornecer um meio de ancoragem robusto quando o elemento de engaxetamento 400 é ativado. Dessa maneira, a porção de âncora pode ser usada para auxiliar o movimento axial dos elementos de vedação de engaxetamento 450A e B em relação ao revestimento 10 quando os elementos de vedação de engaxetamento 450A e B são submetidos a alta pressão diferencial.

30                   A porção de âncora (isto é, a superfície áspera nas superfícies 430A a C) pode ser usada em lugar de um membro de prensão (não mostrado) na ferramenta de fundo de poço 300. Ao invés de ter um membro de

preensão separado, tal como corredeiras, na ferramenta de fundo de poço 300, a porção de âncora pode ser configurada para reter a ferramenta de fundo de poço 300 dentro do revestimento 10, assim reduzindo o número de componentes na ferramenta de fundo de poço 300 e reduzindo o comprimento geral da ferramenta de fundo de poço 300. Outros benefícios de usar a porção de âncora (ao invés de corredeiras separadas) poderiam ser que o comprimento de curso geral da ferramenta de fundo de poço 300 poderia ser reduzido; eliminação de trajetos de vazamento potencial e custos de manutenção poderiam ser reduzidos sem comprometer o desempenho. O comprimento e/ou o tamanho das superfícies 430A a C podem ser dispostos de tal modo que quando o elemento de engaxetamento 400 é ativado, uma força de preensão suficiente é criada entre a porção de âncora e o revestimento circundante 10 para sustentar a ferramenta de fundo de poço 300 dentro do furo de poço. As superfícies 430A a C podem ser também endurecidas por indução de modo que as superfícies 430A a C penetram na superfície do revestimento 10 para fornecer um meio de ancoragem robusto mediante a ativação do elemento de engaxetamento 400. Conforme discutido no presente documento em relação às Figuras 13 a 15, o membro de cunha 325 desliza em relação ao mandril 305 até uma posição sob o corpo tubular 440 para expandir o elemento de engaxetamento 400 radialmente para fora em contato com o revestimento 10. Em outra modalidade, o membro de cunha 325 e o mandril 305 são formados como um membro único (não mostrado) com uma superfície cônica, assim eliminando a necessidade da vedação 310 e criando uma porção mais espessa da ferramenta de fundo de poço 300 próxima ao elemento de engaxetamento 400. Além disso, o corpo tubular 440 poderia ser configurado para se mover ao longo da superfície cônica do membro único para expandir o elemento de engaxetamento 400 radialmente para fora em contato com o revestimento 10.

O número e tamanho dos elementos de vedação 450A e B definem a área de superfície das superfícies de vedação de não elastômero 430A a C. Deve-se perceber que qualquer número de elementos de vedação 450A e B e superfícies de vedação de não elastômero 430A a C pode ser



fornecido. O elemento de engaxetamento 400 mostrado inclui dois elementos de vedação 450A e B e definindo três superfícies de vedação de não elastômero 430A a C. Em geral, uma largura relativamente estreita de cada superfície de vedação de não elastômero 430A a C é preferencial a fim de  
5 atingir uma força de contato de superfície entre as superfícies e o revestimento 10.

O diâmetro interno moldado do corpo tubular 440 é definido por uma pluralidade de nervuras 475 separadas por uma pluralidade de cortes 480 (por exemplo, vazios). Os cortes 480 permitem um grau de deformação  
10 do corpo tubular 440 quando o elemento de engaxetamento 400 é colocado em uma posição vedada. Além disso, os cortes 480 auxiliam na redução da quantidade de força de ativação necessária para expandir o elemento de engaxetamento 400 para a posição vedada. Em outras palavras, removendo-se o material (por exemplo, cortes 480) do corpo tubular 440, a força ne-  
15 cessária para expandir o elemento de engaxetamento 400 é reduzida. Em uma modalidade, o volume dos cortes 480 (vazios) está entre 25 a 40% do volume do corpo tubular 440. Essas nervuras 475 são membros anulares integralmente formados como parte do corpo tubular 440. Cada nervura 475 forma uma superfície de contato de atuador 485 no diâmetro interno do cor-  
20 po tubular 340, em que a nervura 475 é disposta na superfície cônica 375. Em uma modalidade ilustrativa, a superfície cônica 375 tem um ângulo  $\gamma$  entre cerca de 2 graus e cerca de 6 graus. Dessa forma, o diâmetro interno moldado definido pelas superfícies de contato de atuador 485 pode ter um ângulo cônico substancialmente similar.

25 O corpo tubular 440 inclui ainda uma vedação de anel em O 495 no corte 490. A vedação 495 é configurada para formar uma vedação estanque a fluido em relação à superfície cônica externa 375 do membro de cunha 325. Em uma modalidade, a vedação 495 inclui bandas de vedação (isto é, bandas antiextrusão) de uma maneira similar ao elemento de vedação  
30 450A e B. Além disso, um vão de volume pode ser definido entre a vedação 495 e uma porção do corte 490 de uma maneira similar ao vão de volume 470A e B. Percebe-se que em outra modalidade, os cortes 480 podem tam-

bém, ou alternativamente, transportar vedações em seus respectivos diâmetros internos.

Na Figura 15, o elemento de engaxetamento 400 é mostrado na posição vedada (ativada), correspondendo à Figura 14. Durante a expansão do elemento de engaxetamento 400, o elemento de vedação 450A e B se move em contato com o revestimento 10 para criar uma vedação entre o elemento de engaxetamento 400 e o revestimento 10. Conforme o elemento de vedação 450A e B entra em contato com o revestimento 10, o elemento de vedação 450A e B muda a configuração e ocupa uma porção do vão de volume 470A e B. Na modalidade mostrada, o vão de volume 470A e B está localizado no lado do elemento de engaxetamento 400, que é a última porção a ser expandida pelo membro de cunha 325. A localização do vão de volume 470A e B no elemento de engaxetamento 400 permite que o elemento de vedação 450A e B mude a posição (ou reconfigure) dentro do sulco 455A e B durante a operação de expansão. Adicionalmente, o volume do vão de volume 470A e B pode mudar durante a operação de expansão. Em uma modalidade, o volume do vão de volume 470A e B pode ser reduzido em 5 a 15% durante a operação de expansão.

Durante a operação de expansão, as bandas de vedação 460, 465 no elemento de vedação 450A e B são impelidas em direção a uma interface 415 entre o elemento de engaxetamento 400 e o revestimento 10, conforme mostrado na Figura 6. O vão de volume 470A e B permite que o elemento de vedação 450A e B se mova dentro do sulco 455A e B e posiciona as bandas de vedação 460, 465 em uma localização próxima à interface 415. Em comparação ao vão de volume 470A e B antes da expansão (Figura 13) e após a expansão (Figura 15), um vão de volume pequeno permanece após a operação de expansão. Deve-se perceber que o vão de volume pequeno é opcional. Em outras palavras, pode não haver um vão de volume pequeno (consulte o vão de volume 470A e B na Figura 15) após a operação de expansão.

As bandas de vedação 460, 465 são configuradas para impedir substancialmente a extrusão do elemento de vedação 450A e B após a inter-

face 415. Em outras palavras, as bandas de vedação 460, 465 se expandem radialmente para fora com o elemento de engaxetamento 400 e bloqueiam o material elastomérico do elemento de vedação 450A e B que flui através da interface 415 entre o elemento de engaxetamento 400 e o revestimento 10.

5 Em uma modalidade, as bandas de vedação 460, 465 são molas, tais como molas em espiral toroidais, que se expandem radialmente para fora devido à expansão do elemento de engaxetamento 400. Conforme a mola se expande radialmente para fora durante a operação de expansão, os espirais da mola atuam como uma barreira para o fluxo do material elastomérico do elemento de vedação 450A e B. Após a operação de expansão, as bandas de vedação 460, 465 podem impedir a extrusão do elemento de vedação 450A e B quando um vão entre o elemento de engaxetamento 400 e o revestimento 10 é aumentado devido à pressão de fundo de poço. Em outras palavras, as bandas de vedação 460, 465 transpõem o vão entre o elemento de engaxetamento 400 e o revestimento 10 e impedem a extrusão do elemento de vedação 450A e B. Dessa maneira, as bandas de vedação 460, 465 no elemento de vedação 450A e B atuam como um dispositivo antiextrusão ou uma barreira de extrusão durante a operação de expansão e após a operação de expansão.

20 Há diversos benefícios da barreira de extrusão criada pelas bandas de vedação 460, 465. Um benefício da barreira de extrusão poderia ser que a superfície externa do elemento de vedação 450A e B em contato com o revestimento 10 é limitada a uma região entre as bandas de vedação 460, 465, que permite que uma vedação de alta pressão seja criada entre o elemento de engaxetamento 400 e o revestimento 10. Em uma modalidade, o elemento de engaxetamento 400 pode criar uma vedação de alta pressão na faixa de 82,74 a 103,42 MPa (12.000 a 15.000 psi). Um benefício adicional da barreira de extrusão poderia ser que o elemento de engaxetamento 400 é capaz de criar uma vedação com um revestimento circundante que pode ter uma faixa de diâmetros internos devido a tolerâncias a API. Outro benefício poderia ser que a barreira de extrusão criada pelas bandas de vedação 460, 465 pode impedir a erosão do elemento de vedação 450A e B após o ele-

mento de engaxetamento 400 ter sido expandido. A erosão do elemento de vedação 450A e B poderia eventualmente levar a um mau funcionamento do elemento de engaxetamento 400.

O elemento de engaxetamento 400 repousa na extremidade di-  
5 ametralmente ampliada da superfície cônica 375 e é ensanduichado entre o membro de cunha 325 e o revestimento 10. As dimensões da ferramenta de fundo de poço 300 são preferencialmente de modo que o elemento de engaxetamento 400 seja completamente engatado ao revestimento 10, antes de o corpo tubular 440 alcançar a extremidade da superfície cônica 375. Nota-  
10 se que na posição vedada, os elementos de vedação 450A e B e as superfícies de vedação de não elastômero 430A a C foram expandidas em contato com o revestimento 10.

Como tal, é claro que o corpo tubular 440 sofreu um grau de de-  
formação. O processo de deformação pode ocorrer, pelo menos em parte,  
15 conforme o elemento de engaxetamento 400 desliza até a superfície cônica 375, antes de fazer contato com o diâmetro interno do revestimento 10. Adicional ou alternativamente, a deformação pode ocorrer como um resultado do contato com o diâmetro interno do revestimento 106. Em qualquer caso, o processo de deformação faz com que os elementos de vedação 450A e B e  
20 as superfícies de vedação de não elastômero 430A a C entrem em contato com o diâmetro interno do revestimento 10 na posição vedada. Adicionalmente, as vedações de apoio não elastoméricas impedem a extrusão dos elementos de vedação 450A e B.

A Figura 16 ilustra uma montagem de suspensor 500 em uma  
25 posição desativada. No estágio de conclusão mostrado na Figura 16, um furo de poço foi forrado com uma coluna de revestimento 80. Portanto, a montagem de suspensor 500 é posicionada dentro do revestimento 80. A montagem de suspensor 500 inclui um suspensor 530, que é um membro anular. A montagem de suspensor inclui ainda uma camisa de expansão  
30 510. Tipicamente, a montagem de suspensor 500 é abaixada no furo de poço por uma ferramenta de assentamento disposta na extremidade inferior de uma coluna de trabalho (não mostrada).

A montagem de suspensor 500 inclui o suspensor 530 desta presente invenção. O suspensor 530 pode ser usado para fixar e suspender forros a partir de uma parede interna do revestimento 80. O suspensor 530 pode ser também usado como um remendo para vedar um espaço anular formado entre montagem de suspensor 500 e o revestimento de furo de poço 80 ou um espaço anular entre montagem de suspensor 500 e um furo de poço não forrado. O suspensor 530 opcionalmente inclui membros de preensão, tais como insertos e corrediças de carboneto de tungstênio. Os membros de preensão podem ser dispostos em uma superfície externa do suspensor 530. Os membros de preensão podem ser usados para prender uma superfície interna do revestimento 80 mediante a expansão do suspensor 530.

Conforme mostrado na Figura 16, o suspensor 530 inclui uma pluralidade de montagens de vedação 550 disposta na superfície externa de um corpo tubular do suspensor 530. A pluralidade de montagens de vedação 550 é espaçada de modo circunferencial ao redor do suspensor 530 para criar uma vedação entre a montagem de suspensor 500 e o revestimento 80. Cada montagem de vedação 550 inclui um anel de vedação 535 disposto em um bucim 540. Um material de ligação, tal como cola (ou outro meio de fixação), pode ser usado em lados seletivos do bucim 540 para fixar o anel de vedação 535 no bucim 540. A ligação do anel de vedação 535 no bucim 540 é útil para impedir que o anel de vedação 535 se torne instável e seja removido por pistoneio quando o suspensor 530 é posicionado no revestimento 80 e antes da expansão do suspensor 530. A ligação do anel de vedação 535 no bucim 540 é também útil para resistir à remoção por pistoneio de fluxo de circulação já que a instalação de forros tipicamente requer deslocamento de fluido antes da vedação e ancoragem da montagem de suspensor 500.

O lado do bucim 540 cria um vão de volume 545 entre o anel de vedação 535 e o bucim 540. Conforme apresentado no presente documento, o vão de volume 545 é em geral usado para minimizar a distorção do anel de vedação 535 mediante a expansão do suspensor 530. O vão de volume 545

pode ser criado em qualquer configuração (consulte as Figuras 7 a 10, por exemplo) sem afastamento dos princípios da presente invenção. Adicionalmente, o tamanho do vão de volume 545 pode variar dependendo da configuração do buçim 540. O anel de vedação 535 inclui uma primeira banda de vedação 555 e uma segunda banda de vedação 560. As bandas de vedação 555, 560 são incorporadas em lados opostos do anel de vedação 535. As bandas de vedação 555, 560 são usadas para limitar a extrusão do anel de vedação 535 durante e após a expansão da montagem de vedação 550.

A montagem de suspensor 500 inclui a camisa de expansão 510 que é usada para expandir o suspensor 530. Em uma modalidade, a camisa de expansão 510 é fixada ao suspensor 530 por um membro de conexão liberável opcional 520, tal como um pino de cisalhamento. A camisa de expansão 510 inclui uma superfície externa cônica 515 e um furo 525. A camisa de expansão 510 inclui ainda uma porção de extremidade 505 que é configurada para interagir com um membro atuador (não mostrado). A camisa de expansão 510 inclui opcionalmente um mecanismo de travamento de autoajuste (não mostrado) que permite que a camisa de retenção 510 percorra em uma direção e impede o percurso na direção oposta.

Para ativar a montagem de suspensor 500, o membro atuador é acionado axialmente em uma direção para o suspensor 530. O movimento axial do membro atuador pode ser induzido por, por exemplo, força mecânica aplicada a partir do peso de uma coluna de tubulação ou pressão hidráulica que atua em um pistão. O membro atuador, por sua vez, engata a porção de extremidade 505 da camisa de expansão 510 a fim de mover a camisa de expansão 510 axialmente em direção ao suspensor 530. A uma força predeterminada, o membro de conexão liberável opcional 520 é desengatado, que permite que a camisa de expansão 510 se mova em relação ao suspensor 530. O suspensor 530 é impedido de se mover em relação à camisa de expansão de cunha 510. Conforme a superfície externa cônica 515 da camisa de expansão 510 engata a superfície interna do suspensor 530, o suspensor 530 é movido para uma posição diametralmente expandida.

A posição ativada da montagem de suspensor 500 é mostrada

na Figura 17. Na posição ativada, a camisa de expansão 510 é posicionada dentro do suspensor 530. Em outras palavras, a camisa de expansão 510 não é removida do suspensor 530. Essa disposição pode permitir que a camisa de expansão 510 aplique uma força no suspensor 530 após a operação de expansão. O furo 525 da camisa de expansão 510 permite que outras ferramentas de furo de poço passem através da montagem de suspensor 500 antes da expansão do suspensor 530 e após a expansão do suspensor 530. Na comparação entre a montagem de suspensor 500 na posição desativada (Figura 16) e a montagem de suspensor 500 na posição ativada (Figura 17), deve-se notar que a camisa de expansão 510 é disposta substancialmente fora do suspensor 530 na posição desativada e a camisa de expansão 510 é disposta dentro do suspensor 530 na posição ativada. A camisa de expansão 510 permanece dentro do suspensor 530 após a operação de expansão ser concluída. Como tal, a camisa de expansão 510 é configurada para sustentar o suspensor 530 após a operação de expansão.

Conforme mostrado na Figura 17, o suspensor 530 é impelido em contato com o revestimento 80 para formar uma vedação estanque a fluido que é formada em parte por uma vedação de metal a elastômero e um contato de metal com metal. Mais especificamente, o anel de vedação 535 se move em contato com o revestimento 80 para criar uma vedação entre o suspensor 530 e o revestimento 80. Conforme o anel de vedação 535 entra em contato com o revestimento 80, o anel de vedação 535 muda a configuração e ocupa uma porção do vão de volume 545. Na modalidade mostrada, o vão de volume 545 está localizada no lado da montagem de vedação 550 que é a primeira porção a ser expandida pela camisa de expansão 510. A localização do vão de volume 545 na montagem de vedação 550 permite que o anel de vedação 535 mude a posição (ou reconfigure) dentro do bucim 540 durante a operação de expansão. Adicionalmente, as bandas de vedação 555, 560 no anel de vedação 535 são impelidas em direção a uma interface entre a montagem de vedação 550 e o revestimento 80 para bloquear o material elastomérico do anel de vedação 535 que flui através da interface 585 entre a montagem de vedação 550 e o revestimento 80. Em uma moda-

lidade, as bandas de vedação 555, 560 são molas, tais como molas em espiral toroidais, que se expandem radialmente para fora devido à expansão do suspensor 530. Conforme a mola se expande radialmente para fora durante a operação de expansão, os espirais da mola atuam como uma barreira ao  
5 fluxo do material elastomérico do anel de vedação 535. Adicionalmente, após a expansão do suspensor 530, as bandas de vedação 555, 560 podem impedir a extrusão do anel de vedação 535 quando o vão entre a montagem de suspensor 500 e o revestimento 80 é aumentado devido à pressão. Em outras palavras, as bandas de vedação 155, 160 transpõem o vão e o vão  
10 de extrusão líquido entre espirais das bandas de vedação 155, 160 cresce consideravelmente menos em comparação a um vão anular que é formado quando um anel de vedação não inclui as bandas de vedação. Dessa maneira, as bandas de vedação 555, 560 no anel de vedação 535 atuam como um dispositivo antiextrusão ou uma barreira de extrusão durante a operação de  
15 expansão e após a operação de expansão.

A Figura 18 ilustra uma vista de uma ferramenta de instalação 600 para uso em uma operação de estiramento de vedação seca. O anel de vedação 135 é instalado no bucim 140 durante o processo de fabricação do suspensor 100 pela operação de estiramento de vedação seca. A ferramenta  
20 de instalação 600 em geral inclui uma ferramenta cônica 675, uma ferramenta de carregamento 625 e uma placa de pressão 650. Uma cobertura de baixo atrito pode ser usada na operação de estiramento de vedação seca para reduzir o atrito entre o anel de vedação 135 e os componentes da ferramenta de instalação 600. Em uma modalidade, a cobertura de baixo atrito pode  
25 ser aplicada a uma porção de um cone 610 da ferramenta cônica 675 e uma porção de uma aba 630 na ferramenta de carregamento 625. Em outra modalidade, a cobertura de baixo atrito pode ser aplicada a uma porção do anel de vedação 135. A cobertura de baixo atrito pode ser um lubrificante seco, tal como Impregion ou Teflon®.

30 Conforme mostrado na Figura 18, o anel de vedação 135 é movido até o cone 610 da ferramenta cônica 675 na direção indicada pela seta 620. A ferramenta cônica 675 é configurada para mudar o anel de vedação



135 de uma primeira configuração que tem um primeiro diâmetro interno a uma segunda configuração que tem um segundo diâmetro interno maior (por exemplo, estiramento do anel de vedação). Conforme ilustrado, a ferramenta de carregamento 625 é posicionada em uma porção de diâmetro reduzido 640 da ferramenta cônica 675 de modo que a aba 630 possa receber o anel de vedação 135. A ferramenta de carregamento 625 é presa à ferramenta cônica 675 por uma pluralidade de membros de conexão 615, tal como parafusos. Após o anel de vedação estar na segunda configuração, o anel de vedação 135 é movido para a aba 630 da ferramenta de carregamento 625.

10 A Figura 19 ilustra uma vista da ferramenta de carregamento 625 com o anel de vedação 135. A ferramenta de carregamento 625 e a placa de pressão 650 são removidas da extremidade 615 da ferramenta cônica 600 na direção indicada pela seta 645. Em geral, a ferramenta de carregamento 625 é uma ferramenta anular que é configurada para receber e reter o anel de vedação 135 na segunda configuração (por exemplo, diâmetro interno grande). A Figura 20 ilustra uma vista da ferramenta de carregamento 625 e a placa de pressão 650 no suspensor expansível 100. A ferramenta de carregamento 625 é posicionada no suspensor 100 de modo que a aba 630 da ferramenta de carregamento 625 (e anel de vedação 135) esteja localizada adjacente ao bucim 140. Sendo assim, a ferramenta de carregamento 625 é presa ao suspensor 100 pela pluralidade de membros de conexão 615. Antes de posicionar o anel de vedação 135 no bucim 140, um material de ligação, tal como cola, é aplicado aos lados seletivos do bucim 140.

25 A Figura 21 ilustra uma vista da placa de pressão 650 e da ferramenta de carregamento 625. Durante a operação de estiramento de vedação seca, a placa de pressão 650 engata o membro de vedação 135 conforme a placa de pressão 650 é movida em uma direção indicada pela seta 665. A placa de pressão impele o anel de vedação 135 para fora da aba 630 da ferramenta de carregamento 625 e para o bucim 140 do suspensor 100. Essa sequência de etapas pode ser repetida para cada anel de vedação 135.

Conforme mencionado no presente documento, o elemento de

engaxetamento 400 pode ser usado com diferentes ferramentas de fundo de poço. Por exemplo, o elemento de engaxetamento 400 pode ser usado como um apoio para um elemento inflável ou de compressão, ou em conjunto com uma ferramenta de estágio, ou integrado com uma ferramenta de estágio de entupimento. As Figuras 22 e 22A ilustram um exemplo do elemento de engaxetamento com uma ferramenta de estágio de entupimento 700. Para conveniência, os componentes na de estágio 700 que são similares aos componentes na ferramenta de fundo de poço 300 serão identificados com o mesmo indicador numérico. A ferramenta de estágio 700 é fixada ao revestimento 85 e rebaixado no furo de poço 75. A ferramenta de estágio 700 é usada durante uma operação de cementação para injetar cimento em um espaço anular 795 formado entre o revestimento 85 e o furo de poço 75 em localizações especificadas no furo de poço 75. Conforme mostrado, a ferramenta de estágio 700 inclui o elemento de engaxetamento 400, a expansão cone 325, uma montagem de pistão mecânico 725 e corrediças 705.

Conforme mostrado na Figura 22, a ferramenta de estágio 700 inclui as corrediças 705 e um anel calibrador 755. As corrediças 705 são configuradas para percorrer ao longo do anel calibrador 755 mediante a ativação das corrediças 705. A ferramenta de estágio 700 inclui ainda um mecanismo de travamento de autoajuste que permite que as corrediças 705 percorram em uma direção e impede o percurso na direção oposta. O mecanismo de travamento é implantado como um anel de travamento inferior 760. Mediante ativação, as corrediças 705 são configuradas para prender o furo de poço 75 para sustentar a ferramenta de estágio 700 no furo de poço 75.

Em outra modalidade, uma porção de âncora (isto é, superfície áspera nas superfícies 430A a C no elemento de engaxetamento 400) pode ser usada em lugar das corrediças 705 para sustentar a ferramenta de estágio 700 no furo de poço 75, assim reduzindo o número de componentes na ferramenta de estágio 700 e reduzindo o comprimento geral da ferramenta de estágio 700. Conforme apresentado no presente documento, o comprimento e/ou o tamanho das superfícies 430A a C pode ser disposto de modo que quando o elemento de engaxetamento 400 é ativado, uma força de pre-

ensão suficiente é criada entre a porção de âncora e o furo de poço circun-  
dante 75 para sustentar a ferramenta de fundo de poço 300 dentro do furo  
de poço 75. As superfícies 430A a C podem ser também endurecidas por  
5 indução de modo que as superfícies 430A a C penetrem na superfície do  
furo de poço 75 para fornecer um meio de ancoragem robusto mediante a  
ativação do elemento de engaxetamento 400.

A Figura 22A ilustra uma vista de uma extremidade superior da  
ferramenta de estágio 700. Conforme mostrado, a ferramenta de estágio 700  
inclui uma camisa interna 710 com as portas 745 e um membro de corpo  
10 730 com as portas 750. Conforme será descrito no presente documento, a  
camisa interna 710 é configurada para se mover em relação ao membro de  
corpo 730 para alinhar as portas 745, 750 e assim criar uma trajetória de  
fluido entre uma porção interna e uma porção externa da ferramenta de es-  
tágio 700. A ferramenta de estágio 700 inclui ainda um assento de fecha-  
15 mento 715 e um assento de abertura 720. A ferramenta de estágio 700 tam-  
bém inclui um anel de travamento superior 740 que é fixado a um alojamento  
por meio de parafusos de cisalhamento 735. Adicionalmente, a ferramenta  
de estágio 700 inclui uma camisa externa 790.

Conforme mostrado na Figura 22A, um tampão 775 é disposto  
20 na ferramenta de estágio 700. Após a ferramenta de estágio 700 ser locali-  
zada no furo de poço 75, o tampão 775 é solto na ferramenta de estágio  
700. O tampão 775 se move através de um furo 765 da ferramenta de está-  
gio 700 até entrar em contato com o assento de abertura 720 na camisa in-  
terna 710. O tampão 775 é configurado para bloquear a comunicação de  
25 fluido através do furo 765 da ferramenta de estágio 700.

As Figuras 23, 23A e 23B ilustram a ativação das correções 705  
na ferramenta de estágio 700. Após o tampão 775 bloquear a comunicação  
de fluido através do furo 765 da ferramenta de estágio 700, o fluido bombea-  
do a partir da superfície cria uma pressão de fluido dentro do furo 765 da  
30 ferramenta de estágio 700. A uma pressão predeterminada, a camisa interna  
710 se move em relação ao membro de corpo 730 até as portas 745 na ca-  
misa interna 710 se alinharem com as portas 750 no membro de corpo.

Após as portas 745, 750 serem alinhadas, o fluido no furo 765 pode fluir através das portas 745, 750 para uma passagem de fluido 770 para ativar o elemento de engaxetamento 400 e as corrediças 705. O fluido que se move através da passagem de fluido 770 gera uma pressão de fluido

5 que faz com que a montagem de pistão mecânico 725 aplique uma força no membro de cunha 325 que é subsequentemente aplicada à camisa de retenção 320. A força na camisa de retenção 325 faz com que o pino de cisalhamento 785 quebre e permite que as corrediças 705 se movam ao longo do anel calibrador 755. O movimento das corrediças 705 em uma primeira

10 direção em relação ao anel calibrador 755 faz com que as corrediças 705 se movam radialmente para fora e engatem o furo de poço 75, conforme mostrado na Figura 23B. O mecanismo de travamento de autoajuste (isto é, anel de travamento 760) impede o percurso nas corrediças 705 em uma segunda direção oposta. As corrediças 705 e o elemento de engaxetamento 400 são

15 configuradas de modo que a força quebre o pino de cisalhamento 785 seja menor que a força para mover o elemento de engaxetamento 400 ao longo do cone de expansão 325. Como resultado, o pino de cisalhamento 785 quebra e as corrediças 705 se movem ao longo do anel calibrador 755 antes do movimento do elemento de engaxetamento 400 ao longo do cone de ex-

20 pansão 325. Após as corrediças 705 terem sido ativadas, a camisa de retenção 325 se move sob o elemento de engaxetamento 400, conforme apresentado no presente documento.

O elemento de engaxetamento 400 pode ser configurado de modo que uma força de uma magnitude pré-selecionada seja necessária a

25 fim de expandir radialmente o mesmo durante o processo de ativação de obturador. Essa expansão radial é afetada pelo movimento axial do membro de cunha 325 em relação ao elemento de engaxetamento 400. Sendo assim, devido ao ângulo de inclinação do membro de cunha 325 e atrito entre o membro de cunha 325 e o elemento de engaxetamento 400, a força radial

30 necessária para expandir radialmente o elemento de engaxetamento 400 pode estar correlacionada a uma força axial correspondente que deve ser aplicada ao membro de cunha 325 a fim de atingir movimento relativo entre

o membro de cunha 325 e o elemento de engaxetamento 400. Portanto, há uma força axial limite que deve ser aplicada ao membro de cunha 325 a fim de expandir radialmente o elemento de engaxetamento 400.

5 Em operação, uma força axial pode ser aplicada ao membro de cunha 325 (e, sendo assim, no elemento de engaxetamento 400) que é menor que essa força axial limite. Em tais casos, a força axial aplicada é comunicada do membro de cunha 325 ao elemento de engaxetamento 400 e do elemento de engaxetamento 400 aos dedos de pinça 355 e a camisa de retenção 320 sem o elemento de engaxetamento 805 sofrer qualquer expansão radial (ou qualquer expansão radial substancial). Sendo assim, tal força axial aplicada menor que a força axial limite pode ser aplicada através do elemento de engaxetamento 400 a fim de afetar a operação de outra ferramenta e/ou outra parte da mesma ferramenta, tal como corredeiras de ativação 705 conforme descrito no presente documento.

15 Além disso, em operação, uma força axial pode ser aplicada ao membro de cunha 325 (e, sendo assim, no elemento de engaxetamento 400) que é maior que a força axial limite mencionada anteriormente. Em tais casos, se houver pouco ou nenhum espaço disponível para o elemento de engaxetamento 400, os dedos de pinça 355 e a camisa de retenção 320 se movem axialmente, então o membro de cunha 325 pode se mover em relação ao elemento de engaxetamento 400. Dessa forma, o membro de cunha 325 é forçado ainda mais sob o elemento de engaxetamento 400, resultando em expansão radial do elemento de engaxetamento 400, que pode continuar até o elemento de engaxetamento 400 ter sido movido a sua posição ativada no furo de poço.

25 Em outra modalidade, a força axial limite mencionada anteriormente pode ser pré-selecionada incluindo um fecho e/ou um fixação cisalhável entre o membro de cunha 325 e o elemento de engaxetamento 400. Essa força axial limite pode ser pré-selecionada pela configuração e (por exemplo) seleção de materiais de construção do elemento de engaxetamento 400 sozinhos, ou em combinação com a configuração e seleção de um fecho e/ou fixação cisalhável adequado entre o membro de cunha 325 e o elemen-

to de engaxetamento 400.

Na prática, a título de exemplo, a força axial limite mencionada anteriormente pode ser cerca de 4,54 toneladas (10.000 lbs), embora outras magnitudes acima ou abaixo dessa sejam contempladas e podem ser personalizadas para se adequarem às aplicações específicas.

As Figuras 24, 24A e 24B ilustram a ativação do elemento de engaxetamento 400 na ferramenta de estágio 700. Após as corrediças 705 terem engatado o furo de poço 75, a pressão de fluido gerada pelo fluido que se move através da passagem de fluido 770 faz com que a montagem de pistão mecânico 725 ative o elemento de engaxetamento 400. De uma maneira similar conforme descrita no presente documento, o membro de cunha 325 é impelido sob o corpo tubular 440 do elemento de engaxetamento 400. Como resultado, o elemento de engaxetamento 400 se move radialmente para fora em contato com o furo de poço 75 e uma vedação é formada entre a ferramenta de estágio 700 e o furo de poço 75.

As Figuras 25, 25A e 25B ilustram o movimento da camisa externa 790 da ferramenta de estágio 700. Após o elemento de engaxetamento 400 e as corrediças 705 terem engatado o furo de poço 75, a pressão de fluido gerada pelo fluido que se move através da passagem de fluido 770 faz com que a camisa externa 790 se mova em relação ao membro de corpo 730. O movimento da camisa externa 790 expõe as portas 745, 750, conforme mostrado na Figura 25A. A exposição das portas 745, 750 abre a passagem de fluido entre o furo 765 da ferramenta de estágio 700 e o espaço anular 795 formado entre a ferramenta de estágio 700 e o furo de poço 75. O cimento pode ser bombeado através do furo 765, as portas 745, 750 e no espaço anular 795 durante a operação de cementação. Após a operação de cementação ser concluída, o tampão de fechamento 780 é solto na ferramenta de estágio 700.

As Figuras 26 e 26A ilustram o fechamento das portas 745, 750 da ferramenta de estágio 700 após a operação de cementação ser concluída. O tampão de fechamento 780 se move através do furo 765 da ferramenta de estágio 700 até entrar em contato com o assento de fechamento 715

fixado à camisa interna 710, conforme mostrado na Figura 26A. O tampão de fechamento 780 é configurado para bloquear a comunicação de fluido através do furo 765 da ferramenta de estágio 700. O fluido bombeado a partir da superfície cria uma pressão de fluido dentro do furo 765 da ferramenta de estágio 700. A uma pressão predeterminada, a camisa interna 710 se move em relação ao membro de corpo 730 até as portas 745 na camisa interna 710 se desalinharem com as portas 750 no membro de corpo 730. Nesse ponto, o fluido no furo 765 pode não fluir mais através das portas 745, 750; assim a passagem de fluido entre o furo 765 e o espaço anular 795 é fechada.

As Figuras 27 e 27A ilustram uma ferramenta de fundo de poço 800 em uma posição inserida (desativada). A ferramenta de fundo de poço 800 pode ser usada para vedar uma localização desejada em um furo de poço. Para conveniência, os componentes na ferramenta 800 que são similares aos componentes na ferramenta 300 serão identificados com o mesmo indicador numérico. A ferramenta 800 inclui uma montagem de corredeira 850 e um elemento de engaxetamento 805.

A montagem de corredeira 850 inclui as corredeiras 840 e um membro de cunha 845. O membro de cunha 845 é em geral cilíndrico e disposto de modo deslizável sobre o mandril 305. A ferramenta de fundo de poço 800 inclui um mecanismo de travamento que permite que o membro de cunha 845 percorra em uma direção (seta 865) e impede o percurso na direção oposta (seta 870). Em uma modalidade, o mecanismo de travamento é implantado conforme um anel de catraca 390 é disposto em uma superfície de catraca 395 do mandril 305. O anel de catraca 390 é rebaixado e transportado pela camisa 320. Nesse caso, a interface do anel de catraca 390 e da superfície de catraca 395 permite que a camisa 320 e o membro de cunha 845 percorram apenas na direção conforme indicada pela seta 865. Conforme mostrado, a camisa 320 é fixada ao membro de cunha 845 por uma garra 890 e a camisa é fixada ao mandril 305 por um pino de cisalhamento 875.

O elemento de engaxetamento 805 inclui um corpo tubular 440,

que é um membro anular. O corpo tubular 440 inclui um membro de preensão opcional 810 com uma superfície de garra 815. O membro de preensão 810 é configurado para engatar o revestimento 10 mediante a ativação do elemento de engaxetamento 805. Se uma maneira similar conforme descrito

5 no presente documento, o membro de cunha 325 é configurado para mover axialmente ao longo da superfície externa do mandril 305. O elemento de engaxetamento 805 é impedido de mover em relação ao membro de cunha 325. Como resultado, o elemento de engaxetamento 805 é forçado a deslizar sobre a superfície cônica do membro de cunha 325. A inclinação positiva

10 da superfície cônica impele o elemento de engaxetamento 805 para uma posição diametralmente expandida.

O elemento de engaxetamento 805 pode ser configurado de modo que uma força de uma magnitude pré-selecionada seja necessária a fim de expandir radialmente o mesmo durante o processo de ativação de

15 obturador. Essa expansão radial é afetada pelo movimento axial do membro de cunha 325 em relação ao elemento de engaxetamento 805. Sendo assim, devido ao ângulo de inclinação do membro de cunha 325 e atrito entre o membro de cunha 325 e o elemento de engaxetamento 805, a força radial necessária para expandir radialmente o elemento de engaxetamento 805

20 pode estar correlacionada a uma força axial correspondente que deve ser aplicada ao membro de cunha 325 a fim de atingir movimento relativo entre o membro de cunha 325 e o elemento de engaxetamento 805. Portanto, há uma força axial limite que deve ser aplicada ao membro de cunha 325 a fim de expandir radialmente o elemento de engaxetamento 805.

25 Em operação, uma força axial pode ser aplicada ao membro de cunha 325 (e, sendo assim, no elemento de engaxetamento 805) que é menor que essa força axial limite. Em tais casos, a força axial aplicada é comunicada do membro de cunha 325 ao elemento de engaxetamento 805 e do elemento de engaxetamento 805 aos dedos de pinça 355 e a camisa de retenção 320 sem o elemento de engaxetamento 805 sofrer qualquer expansão radial (ou qualquer expansão radial substancial). Sendo assim, tal força

30 axial aplicada menor que a força axial limite pode ser aplicada através do



elemento de engaxetamento 805 a fim de afetar a operação de outra ferramenta e/ou outra parte da mesma ferramenta, tal como corredeiras de ativação 840 conforme descrito doravante.

5 Além disso, em operação, uma força axial pode ser aplicada ao membro de cunha 325 (e, sendo assim, no elemento de engaxetamento 805) que é maior que a força axial limite mencionada anteriormente. Em tais casos, se houver pouco ou nenhum espaço disponível para o elemento de engaxetamento 805, os dedos de pinça 355 e a camisa de retenção 320 se movem axialmente, então o membro de cunha 325 pode se mover em relação ao elemento de engaxetamento 805. Dessa forma, o membro de cunha 325 é forçado ainda mais sob o elemento de engaxetamento 805, resultando em expansão radial do elemento de engaxetamento 805, que pode continuar até o elemento de engaxetamento 805 ter sido movido a sua posição ativada no furo de poço.

15 Em outra modalidade, a força axial limite mencionada anteriormente pode ser pré-selecionada incluindo um fecho e/ou uma fixação cisalhável entre o membro de cunha 325 e o elemento de engaxetamento 805. Essa força axial limite pode ser pré-selecionada pela configuração e (por exemplo) seleção de materiais de construção do elemento de engaxetamento 20 805 sozinhos, ou em combinação com a configuração e seleção de um fecho e/ou fixação cisalhável adequado entre o membro de cunha 325 e o elemento de engaxetamento 805.

Na prática, a título de exemplo, a força axial limite mencionada anteriormente pode ser cerca de 44,48 kN (10.000 lbs), embora outras magnitudes acima ou abaixo dessa sejam contempladas e podem ser personalizadas para se adequarem às aplicações específicas.

As Figuras 28 e 28A ilustra a ativação das corredeiras 840 na ferramenta 800. Na modalidade mostrada, a sequência de ativação para a ferramenta 800 é para ativar a montagem de corredeira 850 (Figura 28A) e então ativar o elemento de engaxetamento 805 (Figura 29A). Em outra modalidade, o elemento de engaxetamento 805 pode ser ativado e então a montagem de corredeira 850 pode ser ativada.

Para ativar a montagem de suspensor 850, a camisa de atuação (não mostrada) é acionada axialmente na direção da seta 865. O movimento da camisa de atuação pode ser induzido por, por exemplo, força mecânica aplicada a partir do peso de uma coluna de tubulação ou pressão hidráulica que atua em um pistão. A camisa de atuação aplica uma força no membro de cunha 325, que aciona o membro de cunha 325 axialmente ao longo da superfície externa do mandril 305. O movimento da camisa 320 ao longo da superfície externa do mandril 305 em direção ao membro de cunha 845 faz com que o pino de cisalhamento 875 quebre. Sendo assim, a camisa 320 se move ao longo do mandril 305, assim permitindo que a garra 890 seja liberada. A camisa 320 se move até uma superfície 880 da camisa 320 entrar em contato com uma superfície de extremidade 885 do membro de cunha 845 (compare as Figuras 27A e 28A). Nesse ponto, a camisa 320 impele o membro de cunha 845 sob as corredeiras 845. Como resultado, as corredeiras 840 se expandem radialmente para fora e engatam o revestimento 10.

As Figuras 29 e 29A ilustram a ativação do elemento de engaxetamento 805 na ferramenta 800. Após a montagem de corredeira 850 ter sido ativada, o elemento de engaxetamento 805 é ativado. Para ativar o elemento de engaxetamento 805, a camisa de atuação aciona o membro de cunha 325 axialmente ao longo da superfície externa do mandril 305 de uma maneira similar conforme descrito no presente documento. Com a continuação do percurso sobre o mandril 305, o membro de cunha 325 é acionado sob o elemento de engaxetamento 805. O elemento de engaxetamento 805 é impedido de se mover em relação ao membro de cunha 325 pela provisão do anel de catraca 390 e da superfície de catraca 395. Como resultado, o elemento de engaxetamento 400 é forçado a deslizar sobre a superfície cônica 375. A inclinação positiva da superfície cônica impele o elemento de engaxetamento 805 para uma posição diametralmente expandida. Conforme o elemento de engaxetamento 805 se expande radialmente para fora, a superfície de prensão 815 do membro de prensão 810 engata o furo de poço. O membro de prensão 810 pode ser usado para reter os elementos de vedação de engaxetamento 450A e B no lugar por impedimento do movimento do

elemento de engaxetamento 805. Em outras palavras, o membro de preensão 810 garante que os elementos de vedação de engaxetamento 450A e B não se movam em relação ao revestimento 10 quando submetido à alta pressão diferencial, assim permitindo que os elementos de vedação de engaxetamento 450A e B mantenham a relação de vedação com o revestimento 10. Em uma modalidade, a superfície de preensão 815 é endurecida por indução ou meio similar de modo que a superfície de preensão 815 penetre em uma superfície interna do revestimento 10 para fornecer um meio de ancoragem robusto quando o elemento de engaxetamento 805 é ativado. Dessa maneira, o membro de preensão 810 pode ser usado para auxiliar o movimento axial resistente dos elementos de vedação de engaxetamento 450A e B em relação ao revestimento 10 quando os elementos de vedação de engaxetamento 450A e B são submetidos a alta pressão diferencial.

As Figuras 30 e 30A ilustram vistas de uma ferramenta de fundo de poço 980 em uma posição inserida (desativada). Para conveniência, os componentes na ferramenta 980 que são similares aos componentes na ferramenta 300 e ferramenta 800 serão identificados com o mesmo indicador numérico. A ferramenta 980 inclui um membro de indução 985, tal como uma mola, entre a camisa 320 e a camisa 855. Uma camisa 990 é fixada à camisa 855 por meio de um parafuso de travamento 995. A ferramenta 980 opera de uma maneira similar à ferramenta 800. O membro de indução é configurado para aplicar uma força de indução no membro de cunha 845 após as corrediças 840 serem ativadas (consulte a Figura 28A). Em outras palavras, após o pino de cisalhamento 875 quebrar e as garras 890 serem liberadas, o movimento da camisa 320 ao longo do mandril 305 faz com que o membro de indução 985 seja comprimido entre as camisas 320, 855. A camisa 320 é travada em uma direção e é capaz de se mover na outra direção devido ao mecanismo de travamento 390, 395. Assim, o membro de indução comprimido 985 aplica uma força de indução no membro de cunha 845 (por meio da camisa 855). A força de indução pode ser usada para manter o membro de cunha 845 sob a corrediça 840 após as corrediças 840 terem sido ativadas.

As Figuras 31 e 31A ilustram uma ferramenta de fundo de poço

900 em uma posição inserida (desativada). Para conveniência, os componentes na ferramenta 900 que são similares aos componentes na ferramenta 300 serão identificados com o mesmo indicador numérico. A ferramenta 900 inclui um elemento de engaxetamento 905 que pode ser usado para vedar  
5 uma localização desejada em um furo de poço. O elemento de engaxetamento 905 é retido no lugar por uma camisa de retenção 320. O elemento de engaxetamento 905 pode ser acoplado à camisa de retenção 320 por uma variedade de interfaces de travamento. Em uma modalidade, a camisa de retenção 320 inclui uma pluralidade de dedos de pinça 355. As extremidades  
10 terminais dos dedos de pinça 355 são intertravadas com uma aba anular 405 do elemento de engaxetamento 905.

O elemento de engaxetamento 905 inclui um corpo tubular 440, que é um membro anular. O corpo tubular 440 tem uma âncora 910 com uma superfície de preensão 915. A âncora 910 é configurada para engatar o  
15 revestimento 10 mediante a ativação do elemento de engaxetamento 905. A âncora 910 pode ser usada em lugar de um membro de preensão (não mostrado) na ferramenta de fundo de poço 900. Ao invés de ter um membro de preensão separado, tais corredeiras, na ferramenta de fundo de poço 900, a âncora 910 pode ser configurada para reter a ferramenta de fundo de poço  
20 900 dentro do revestimento 10, assim reduzindo o número de componentes na ferramenta de fundo de poço 900 e reduzindo o comprimento geral da ferramenta de fundo de poço 900. Outros benefícios de usar a âncora 910 (ao invés de corredeiras separadas) poderiam ser que o comprimento de curso geral da ferramenta de fundo de poço 900 poderia ser reduzido; elimina-  
25 ção de trajetos de vazamento potencial e custos de fabricação poderiam ser reduzidos sem comprometer o desempenho. O comprimento e/ou o tamanho das superfícies de preensão 915 podem ser dispostos de tal modo que quando o elemento de engaxetamento 905 é ativado, uma força de preensão suficiente é criada entre a âncora 910 e o revestimento circundante 10 para  
30 sustentar a ferramenta de fundo de poço 900 dentro do furo de poço.

A ferramenta de fundo de poço 900 inclui um mecanismo de travamento de autoajuste que permite que a camisa de retenção 320 percorra

em uma direção e impede o percurso na direção oposta. O mecanismo de travamento é implantado como um anel de catraca 390 disposto em uma superfície de catraca 395 do mandril 305. O anel de catraca 390 é rebaixado em e transportado pela camisa de retenção 320. Nesse caso, a interface do

5 anel de catraca 390 e a superfície de catraca 395 permite que a camisa de retenção 320 percorra apenas na direção da seta 965, em relação ao mandril 950.

Conforme mostrado na Figura 31, o mandril 950 tem uma superfície cônica externa 955. Como tal, o mandril 950 tem uma primeira porção

10 950A com uma primeira espessura e uma segunda porção 950B com uma segunda espessura maior. Conforme será descrito no presente documento, o elemento de engaxetamento 905 é impelido ao longo da superfície cônica 955 do mandril 950 durante o processo de ativação. O uso da superfície cônica 955 do mandril 950 para ativar o elemento de engaxetamento 905, ao

15 invés de ter um membro de cunha separado, reduz o número de componentes na ferramenta de fundo de poço 900 e reduz o comprimento geral da ferramenta de fundo de poço 900. Outros benefícios de usar a superfície cônica 955 do mandril 950 (ao invés de um membro de cunha separado) poderia ser a eliminação de trajetos de vazamento potenciais paths entre o membro

20 de cunha separado e mandril e os custos de fabricação poderiam ser reduzidos sem comprometer o desempenho. Outro benefício de usar a superfície cônica 955 do mandril 950 poderia ser que a espessura adicionada do mandril 950 fornece integridade de corpo de pressão ultra-alta abaixo do elemento de engaxetamento 905.

25 As Figuras 32 e 32A ilustram a ferramenta de fundo de poço 900 em uma posição ativada. Para ativar a ferramenta de fundo de poço 900, a camisa de atuação 935 é acionada axialmente na direção da seta 965. O movimento axial da camisa de atuação 935 pode ser induzido por, por exemplo, força mecânica aplicada a partir do peso de uma coluna de tubulação ou pressão hidráulica que atua em um pistão. A camisa de atuação 935,

30 por sua vez, aciona a camisa de retenção 320 e o elemento de engaxetamento 905 axialmente ao longo da superfície cônica 955 do mandril 950. O

anel de catraca 390 e a superfície de catraca 395 garantem que a camisa de retenção 320 e o elemento de engaxetamento 905 percorram apenas na direção da seta 965. Com a continuação do percurso sobre o mandril 950, o elemento de engaxetamento 905 se move ao longo da superfície cônica 955 para uma posição diametralmente expandida. A posição ativada da ferramenta de fundo de poço 900 é mostrada na Figura 32A.

Na posição ativada, o elemento de engaxetamento 905 é impelido em contato com o revestimento 10 para formar uma vedação estanque a fluido e a superfície de prensão 915 da âncora 910 engata o revestimento 10. A âncora 910 pode ser usada para sustentar a ferramenta 900 no revestimento 10. Adicionalmente, a âncora 910 pode ser usada para reter os elementos de vedação de engaxetamento 450A e B no lugar impedindo o movimento do elemento de engaxetamento 905. Mais especificamente, a âncora 910 garante que os elementos de vedação de engaxetamento 450A e B não se movam em relação ao revestimento 10 quando submetidos a uma alta pressão diferencial, assim permitindo que os elementos de vedação de engaxetamento 450A e B mantenham a relação de vedação com o revestimento 10, enquanto ao mesmo tempo reduz o desgaste no elemento de engaxetamento 905. Em uma modalidade, a superfície de prensão 915 da âncora 910 é endurecida por indução ou meio similar de modo que a superfície de prensão 915 penetre em uma superfície interna do revestimento 10 para fornecer um meio de ancoragem robusto quando o elemento de engaxetamento 905 é ativado. Dessa maneira, a âncora 910 pode ser usada para sustentar a ferramenta 900 dentro do revestimento 10 e também auxiliar o movimento axial resistente dos elementos de vedação de engaxetamento 450A e B em relação ao revestimento 10 quando os elementos de vedação de engaxetamento 450A e B são submetidos a alta pressão diferencial.

Em uma modalidade, uma montagem de vedação de ancoragem para criar uma porção de vedação e uma porção de âncora entre um primeiro tubo que é disposto dentro de um segundo tubo é fornecida. A montagem de vedação de ancoragem inclui um membro anular expansível fixado ao primeiro tubo. O membro anular tem uma superfície externa e uma superfície

interna. A montagem de vedação de ancoragem inclui ainda um membro de vedação disposto em um sulco formado na superfície externa do membro anular expansível. O membro de vedação tem uma ou mais bandas de mola antiextrusão incorporadas dentro do membro de vedação, em que a superfície externa do membro anular expansível adjacente ao sulco inclui uma superfície áspera. A montagem de vedação de ancoragem também inclui uma camisa de expansão que tem uma superfície externa cônica e um furo interno. A camisa de expansão é móvel entre uma primeira posição em que a camisa de expansão está disposta fora do membro anular expansível e uma segunda posição em que a camisa de expansão está disposta dentro do membro anular expansível, em que a camisa de expansão é configurada para expandir radialmente o membro anular expansível em contato com uma parede interna do segundo tubo para criar a porção de vedação e a porção de âncora conforme a camisa de expansão se move da primeira posição para a segunda posição.

Em outra modalidade, um método para criar uma porção de vedação e uma porção de âncora entre um primeiro tubo e um segundo tubo é fornecido. O método inclui a etapa de posicionamento do primeiro tubo dentro do segundo tubo. O primeiro tubo tem um membro anular com um sulco e uma superfície externa áspera, em que um membro de vedação com pelo menos uma banda antiextrusão é disposto dentro do sulco e em que um vão é formado entre um lado do membro de vedação e um lado do sulco. O método inclui ainda a etapa de expansão do membro anular radialmente para fora, que faz com que a pelo menos uma banda antiextrusão se mova em direção a uma área de interface entre o primeiro tubo e o segundo tubo. O método também inclui a etapa para impelir o membro anular em contato com uma parede interna do segundo tubo para criar a vedação e a porção de âncora entre o primeiro tubo e o segundo tubo.

Em uma modalidade, uma montagem de vedação para criar uma vedação entre um primeiro tubo e um segundo tubo é fornecida. A montagem de vedação inclui um membro anular fixado ao primeiro tubo, em que o membro anular tem um sulco formado na superfície externa do membro anu-

lar. A montagem de vedação inclui ainda um membro de vedação disposto no sulco, em que o membro de vedação tem uma ou mais bandas antiextrusão. O membro de vedação é configurado para ser expansível radialmente para fora em contato com uma parede interna do segundo tubo pela aplicação de uma força direcionada para fora suprida a uma superfície interna do membro anular. Adicionalmente, a montagem de vedação inclui um vão definido entre o membro de vedação e um lado do sulco.

Em um aspecto, o vão é configurado para fechar mediante a expansão do membro anular. Em outro aspecto, o vão é configurado para fechar completamente mediante a expansão do membro anular. Em um aspecto adicional, uma porção do membro de vedação é usada para fechar o vão. Em um aspecto adicional, a uma ou mais bandas antiextrusão compreende uma primeira banda antiextrusão e uma segunda banda antiextrusão. Já em um aspecto adicional, o membro antiextrusão é incorporado em um primeiro lado do membro de vedação e a segunda banda antiextrusão é incorporada em um segundo lado do membro de vedação. Em outro aspecto, a primeira banda antiextrusão e a segunda banda antiextrusão são molas. Em um aspecto adicional, a primeira banda antiextrusão e a segunda banda antiextrusão são configuradas para se moverem em direção a uma primeira área de interface e uma segunda área de interface entre o membro anular e o segundo tubo mediante a expansão do membro anular. Em um aspecto adicional, a primeira área de interface é adjacente a um primeiro lado do sulco e a segunda área de interface é adjacente a um segundo lado do sulco.

Em um aspecto, o membro de vedação é configurado para se mover para o vão mediante a expansão do membro de vedação. Em outro aspecto, um segundo vão é definido entre o membro de vedação e outro lado do sulco. Em um aspecto adicional, um membro de indução disposto dentro do vão. Em um aspecto adicional, uma pluralidade de cortes formados em uma superfície interna do membro anular. Em outro aspecto, o membro anular é um suspensor de forro. Já em um aspecto adicional, o membro anular é um obturador.

Em outra modalidade, um método para criar uma vedação entre



um primeiro tubo e um segundo tubo é fornecido. O método inclui a etapa de posicionamento do primeiro tubo dentro do segundo tubo, em que o primeiro tubo tem um membro anular com um sulco, em que um membro de vedação com pelo menos uma banda antiextrusão é disposto dentro do sulco e em

5 que um vão é formado entre um lado do membro de vedação e um lado do sulco. O método inclui ainda a etapa de expansão do membro anular radialmente para fora, o que faz com que a primeira banda antiextrusão e a segunda banda antiextrusão se movam em direção a uma primeira área de interface e uma segunda área de interface entre o membro anular e o se-

10 gundo tubo. O método também inclui a etapa para impelir o membro de vedação em contato com uma parede interna do segundo tubo para criar a vedação entre o primeiro tubo e o segundo tubo.

Em um aspecto, o vão é fechado entre o membro de vedação e o sulco mediante a expansão do membro anular. Em outro aspecto, o vão é

15 fechado por preenchimento do vão com uma porção do membro de vedação. Em um aspecto adicional, uma ferramenta de expansão é impelida no membro anular para expandir o membro anular radialmente para fora. Em um aspecto adicional, a ferramenta de expansão é removida do membro anular após a operação de expansão. Já em outro aspecto, a ferramenta de expan-

20 são permanece dentro do membro anular após a operação de expansão.

Já em outra modalidade, uma montagem de vedação para criar uma vedação entre um primeiro tubo e um segundo tubo é fornecida. A montagem de vedação inclui um membro anular fixado ao primeiro tubo, em que o membro anular tem um sulco formado na superfície externa do mesmo. A

25 montagem de vedação inclui ainda um membro de vedação disposto no sulco do membro anular de modo que um lado do membro de vedação seja espaçado afastado de um lado do sulco, em que o membro de vedação tem uma ou mais bandas antiextrusão, em que a uma ou mais bandas antiextrusão se movem em direção a uma área de interface entre o membro anular e

30 o segundo tubo mediante a expansão do membro anular.

Em um aspecto, a uma ou mais bandas antiextrusão compreendem uma primeira banda antiextrusão e uma segunda banda antiextrusão.

Em outro aspecto, a primeira banda antiextrusão e a segunda banda antiextrusão são configuradas para se moverem para um vão anular formado entre o membro anular e o segundo tubo após a expansão do membro anular devido à pressão de fundo de poço. Em um aspecto adicional, pelo menos um  
5 lado do membro de vedação é fixado ao sulco por meio de cola.

Em uma modalidade adicional, uma montagem de suspensor é fornecida. A montagem de suspensor inclui um membro anular expansível que tem uma superfície externa e uma superfície interna. A montagem de suspensor inclui ainda um membro de vedação disposto em um sulco formado na superfície externa do membro anular expansível, em que o membro  
10 de vedação tem uma ou mais bandas de mola antiextrusão incorporadas dentro do membro de vedação. A montagem de suspensor também inclui uma camisa de expansão que tem uma superfície externa cônica e um furo interno. A camisa de expansão é móvel entre uma primeira posição em que  
15 a camisa de expansão está disposta fora do membro anular expansível e uma segunda posição em que a camisa de expansão está disposta dentro do membro anular expansível. A camisa de expansão é configurada para expandir radialmente o membro anular expansível conforme a camisa de expansão se move da primeira posição para a segunda posição.

Em um aspecto, um vão formado entre um lado do membro de vedação e um lado do sulco que é configurado para fechar conforme a camisa de expansão se move da primeira posição para a segunda posição. Em outro aspecto, um segundo membro de vedação disposto em um segundo sulco formado na superfície interna do membro anular expansível, em que o  
20 segundo membro de vedação tem uma ou mais bandas de mola antiextrusão incorporadas dentro do membro de vedação. Em outro aspecto, o segundo membro de vedação é configurado para criar uma vedação com a camisa de expansão.

Apesar de o anterior ser direcionado a modalidades da presente invenção, outras e mais modalidades da invenção podem ser derivadas sem  
30 afastamento do escopo básico da mesma, e o escopo da mesma é determinado pelas reivindicações que seguem.

## REIVINDICAÇÕES

1. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980) para uso em um furo de poço, a ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980) sendo caracterizada pelo fato de que compreende:

5                   um corpo tendo um furo;  
                    uma montagem de vedação (150) fixada ao corpo, a montagem de vedação (150, 205, 220, 240, 260, 550) compreendendo:

                    um membro de cunha (325, 845) disposto ao longo do corpo, e

10                   um membro de engaxetamento (400, 805) metálico carregando uma vedação elastomérica interna acoplada ao elemento de cunha e uma vedação elastomérica externa para engate no furo de poço;

                    um membro anular expansível, um membro de vedação (135) e  
15                   uma camisa de expansão (510), em que o membro de vedação (135) inclui uma ou mais bandas antiextrusão embutidas no membro de vedação; e

                    um conjunto de deslizamento (850) disposto ao longo do corpo, compreendendo corrediças (840) e um anel medidor, as corrediças sendo  
20                   móveis ao longo de uma superfície inclinada do anel medidor para engatar no furo de poço;

                    uma camisa de retenção (320, 510) presa ao membro de revestimento e acoplado às corrediças (840); e

                    um conjunto de acionamento disposto ao longo do corpo para  
25                   movimentar as corrediças (840) ao longo do anel medidor e para gerar um movimento relativo do membro de cunha (325, 845) em relação a uma de uma superfície inclinada do membro de engaxetamento (400, 805).

2. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o membro de vedação  
30                   elstomérica é disposto em um sulco (455A, 455B) formado na superfície externa do membro de engaxetamento (400, 805) metálico.

3. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo

com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o membro de cunha (325, 845) inclui uma superfície externa cônica e um furo interno.

4. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que o membro de cunha (325, 845) é configurado para expandir radialmente o membro de engaxetamento (400, 805) conforme o referido membro de cunha (325, 845) se move de uma primeira posição a uma segunda posição.

5. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que um vão é formado entre um lado da vedação elastomérica e um lado do sulco, o vão sendo configurado para fechar conforme o membro de cunha (325, 845) se move da primeira posição à segunda posição.

6. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um membro de camisa disposto no furo do corpo.

7. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o membro de camisa é móvel no furo do corpo entre a primeira posição em que uma porta no corpo é bloqueada e uma segunda posição em que a porta no corpo é desbloqueada.

8. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que uma trajetória de fluido é criada entre o furo e uma porção externa da ferramenta de fundo de poço quando o membro de camisa está na segunda posição.

9. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende ainda:

bandas anti-extrusão embutidas na vedação elastomérica externa.

10. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que o membro de engaxetamento (400, 805) metálico é expandido radialmente para fora a partir do corpo quando o membro de cunha (325, 845) se move da primeira posição à

segunda posição.

11. Método para usar uma ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980) conforme definida na reivindicação 1, o método sendo caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

5                   executar uma coluna tubular com a ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980) dentro do furo de poço;

                  bombear um plugue abridor na ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), abrindo uma válvula de estágio do dito plugue abridor; pressurizar o conjunto de acionamento através da válvula de es-

10                   tágio;

                  bombear lama de cimento pela válvula de estágio aberta;

                  bombear um plugue de fechamento na ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), conduzindo a lama de cimento dentro de um anel entre a coluna tubular e o poço e fechando a válvula de estágio.

15                   12. Método para usar uma ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma etapa de mover o membro de camisa dentro do furo do corpo para bloquear uma porta no corpo.

20                   13. Método para usar uma ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 12, em que corrediças (840) são expandidas e então o membro de engaxetamento (400, 805) metálico é expandido.

25                   14. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980) para uso em um furo de poço, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que a vedação elastomérica externa é disposta em um sulco formado em uma superfície externa do membro de engaxetamento (400, 805) metálico.

30                   15. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que um vão é formado entre um lado da vedação elastomérica e um lado do sulco, o vão sendo configurado para fechar conforme o membro de engaxetamento (400, 805) metálico se expande radialmente para fora.

16. Ferramenta de fundo de poço (300, 800, 900, 980), de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que compreende ainda um membro cisalhável disposto entre o membro de engaxetamento (400, 805) metálico e o membro de cunha (325, 845).

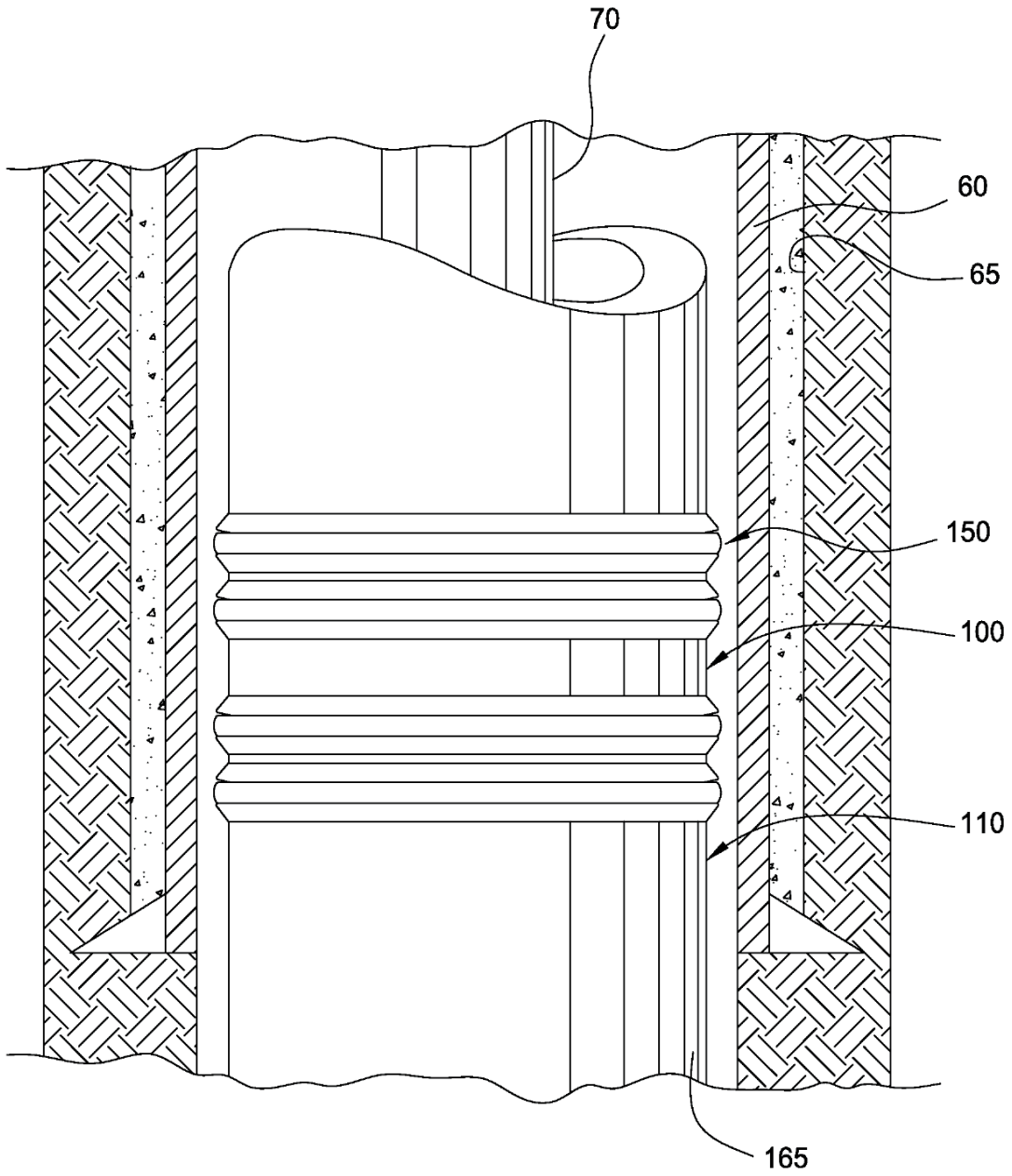


FIG. 1

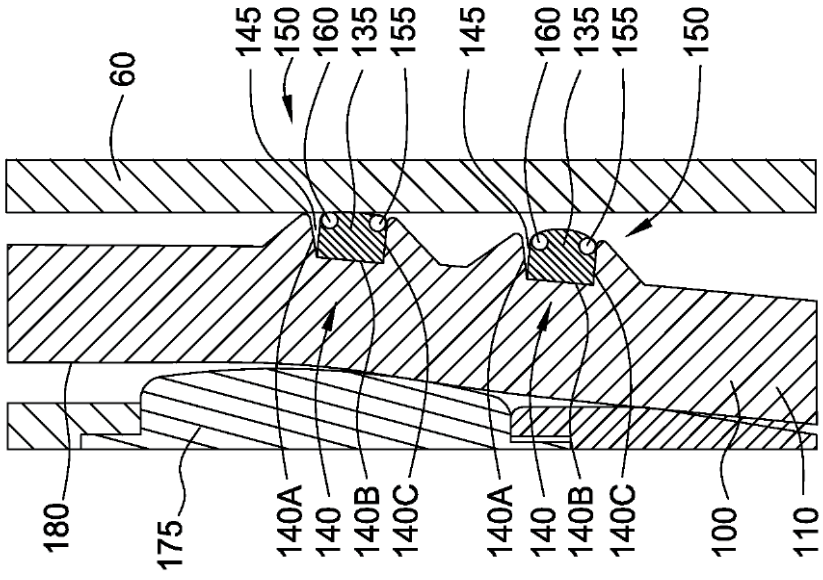


FIG. 3

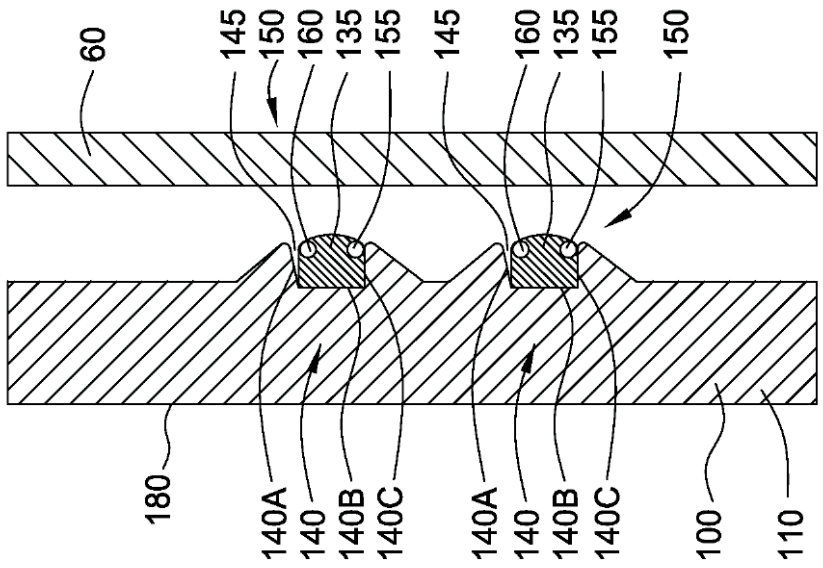


FIG. 2



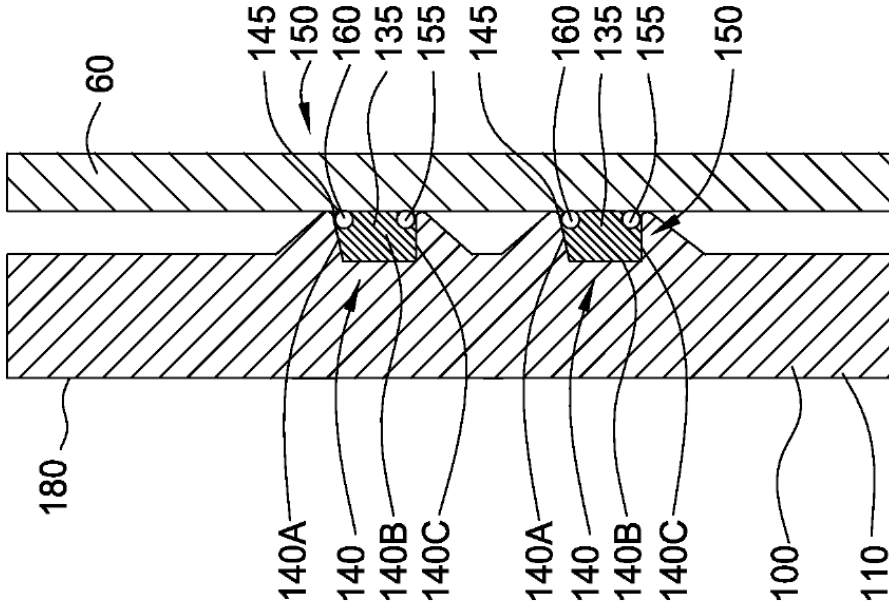


FIG. 4B

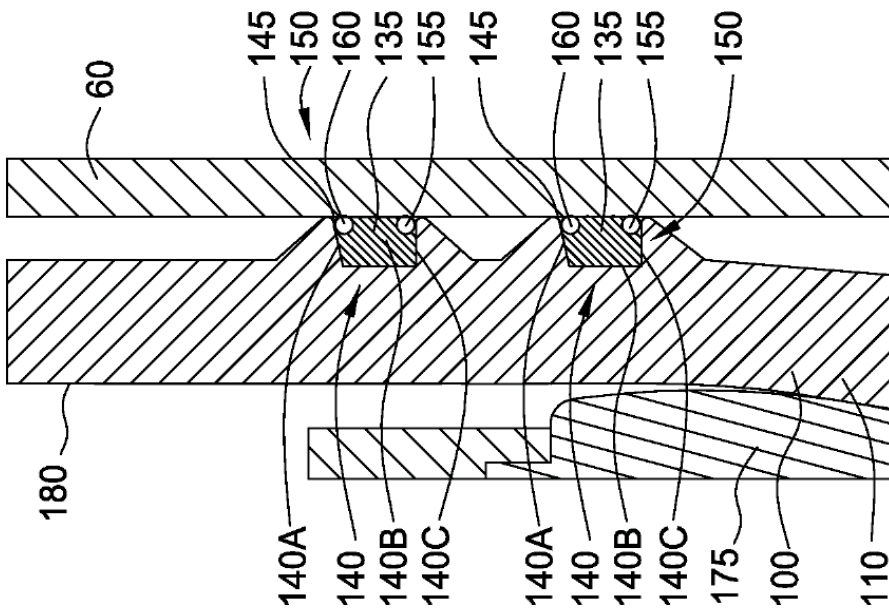


FIG. 4A

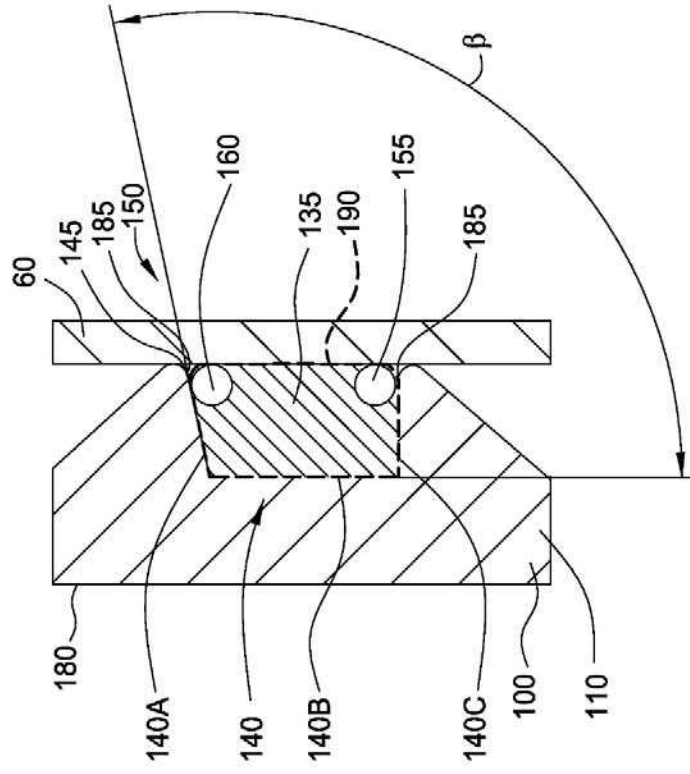


FIG. 5

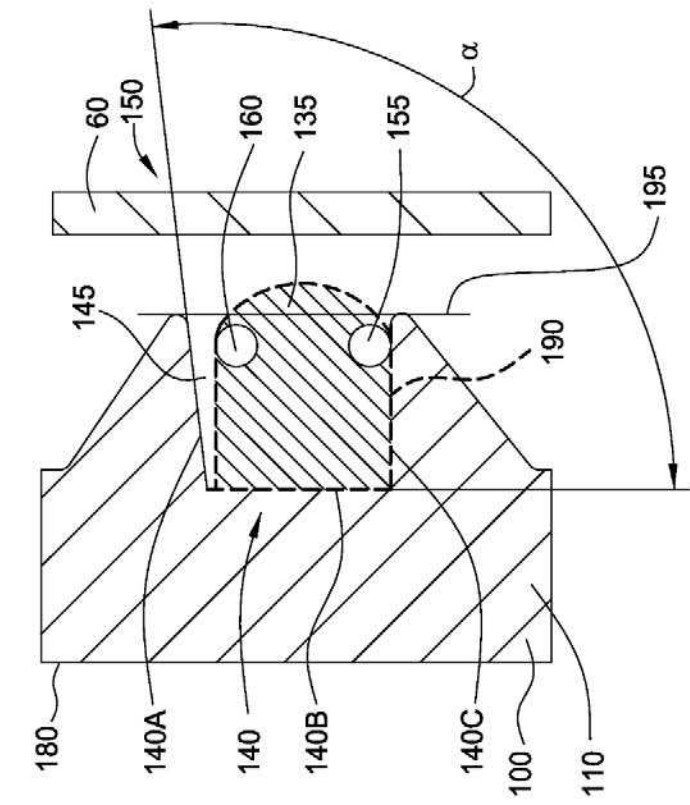


FIG. 6

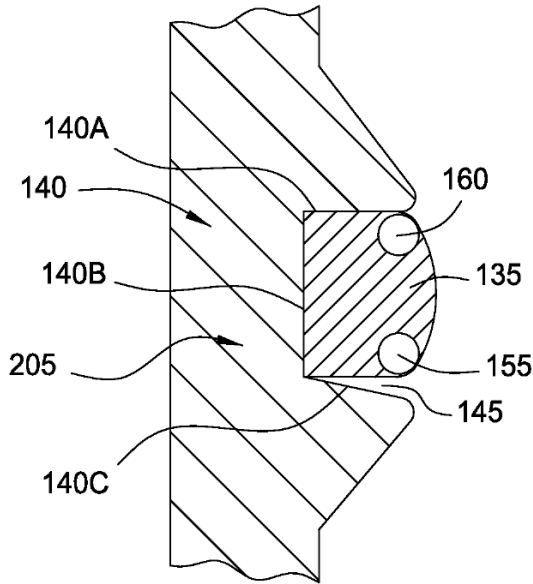


FIG. 7

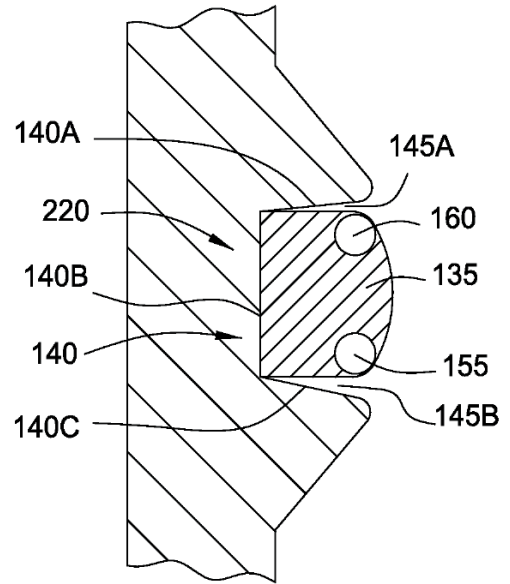


FIG. 8

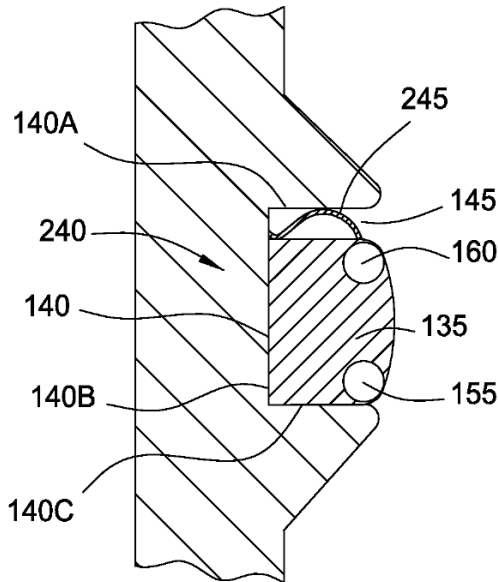


FIG. 9

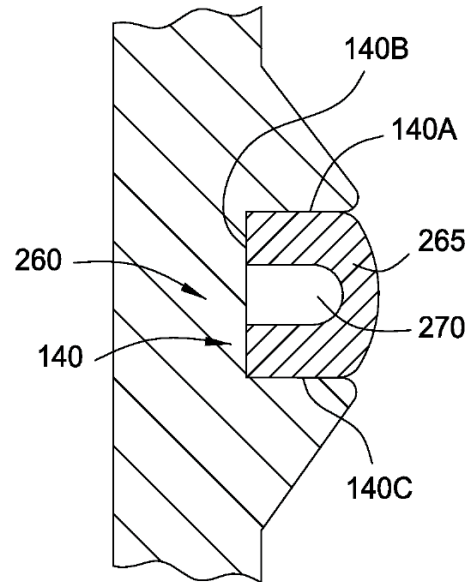


FIG. 10

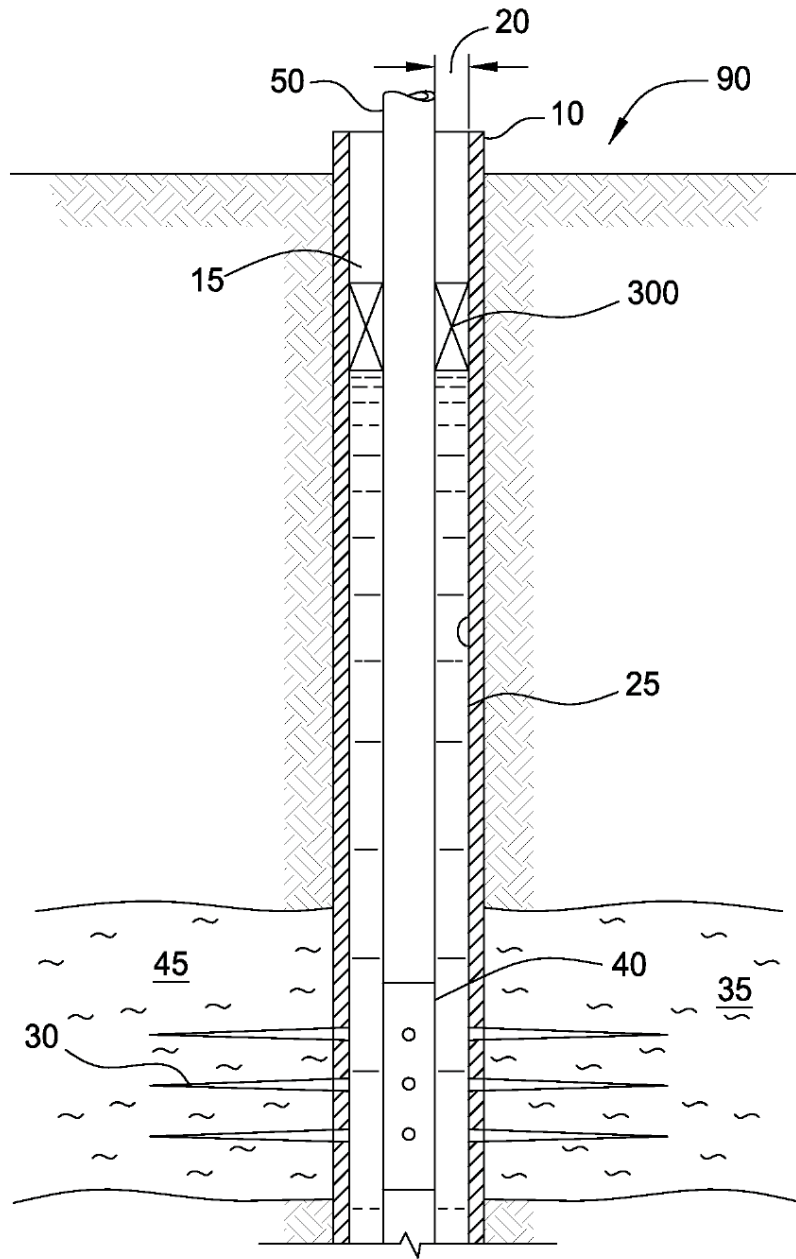


FIG. 11

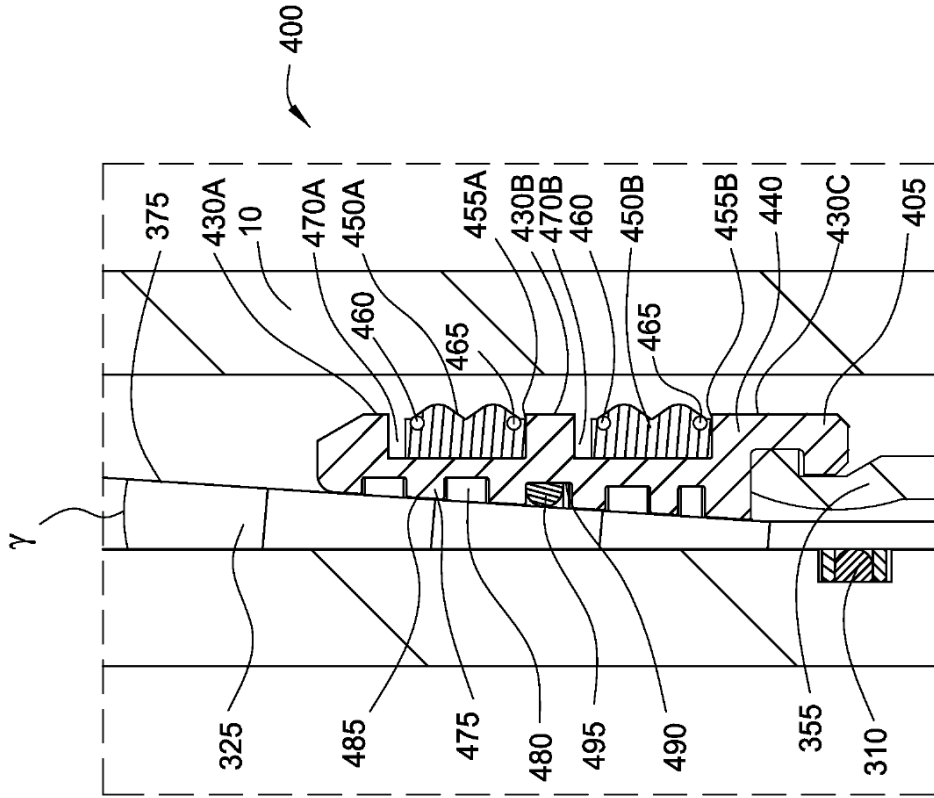


FIG. 12

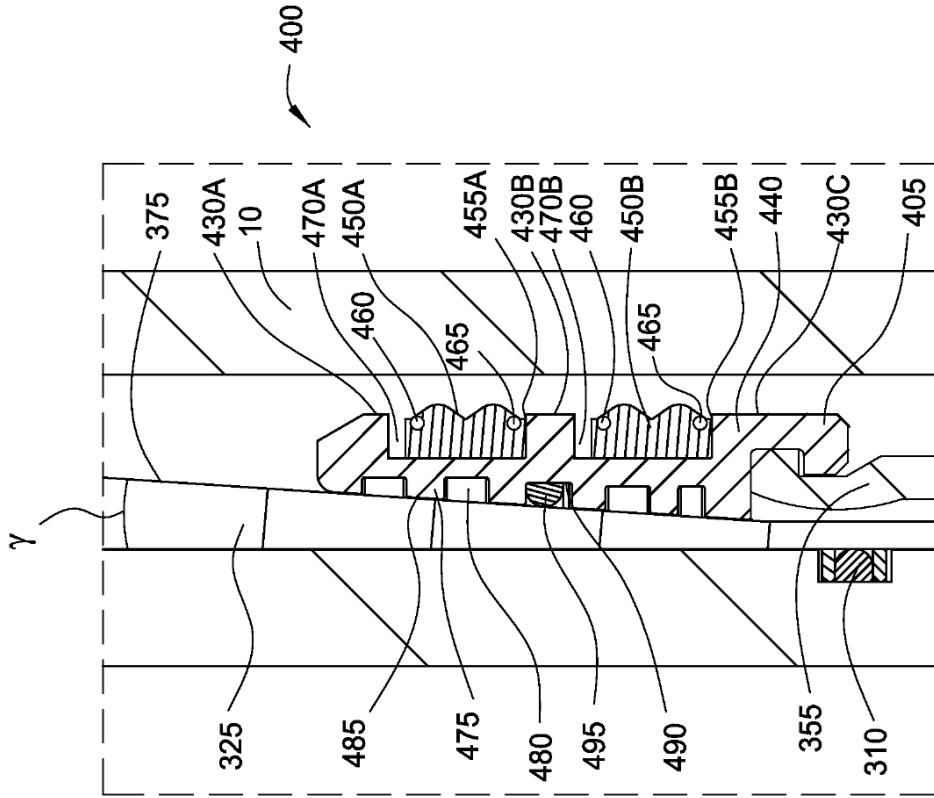


FIG. 13

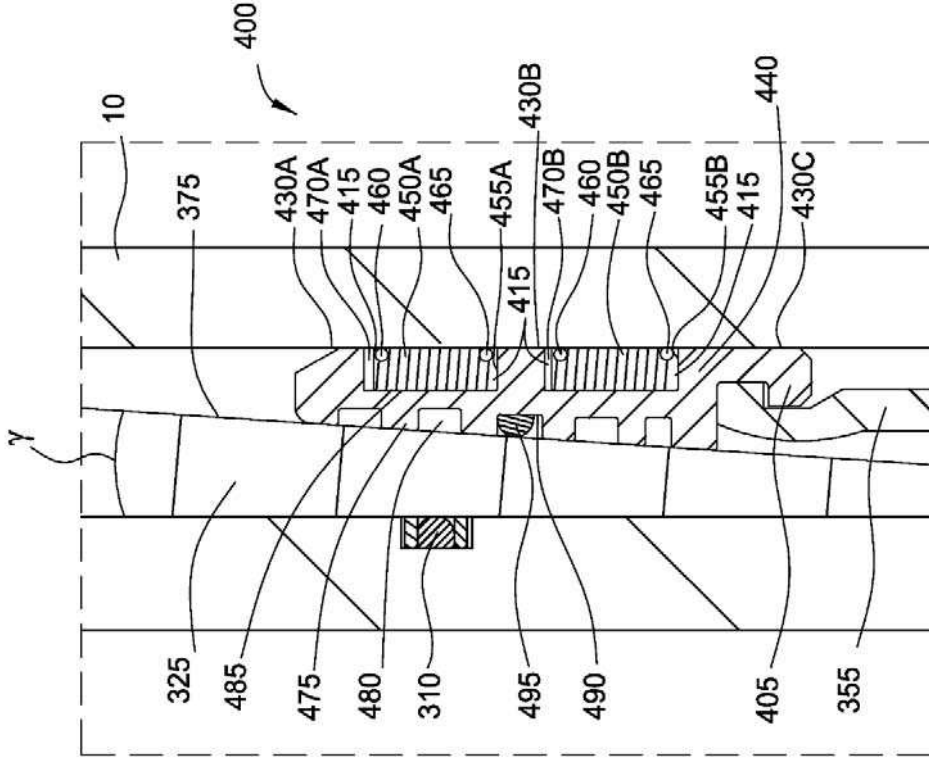


FIG. 14

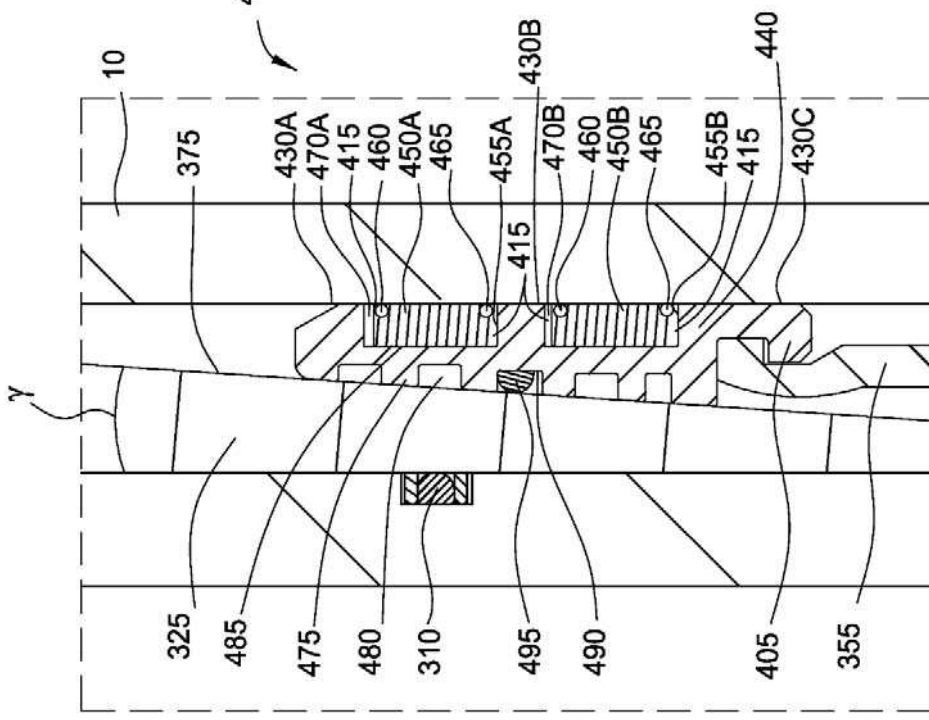


FIG. 15

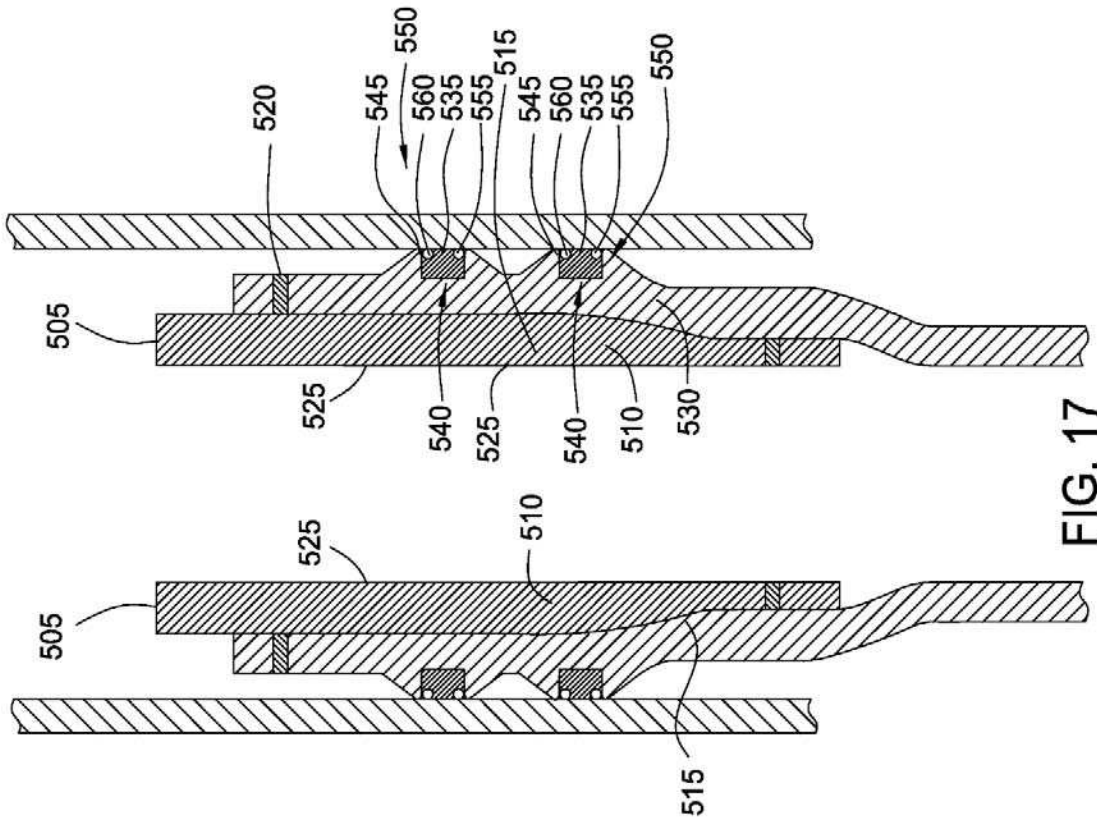


FIG. 17

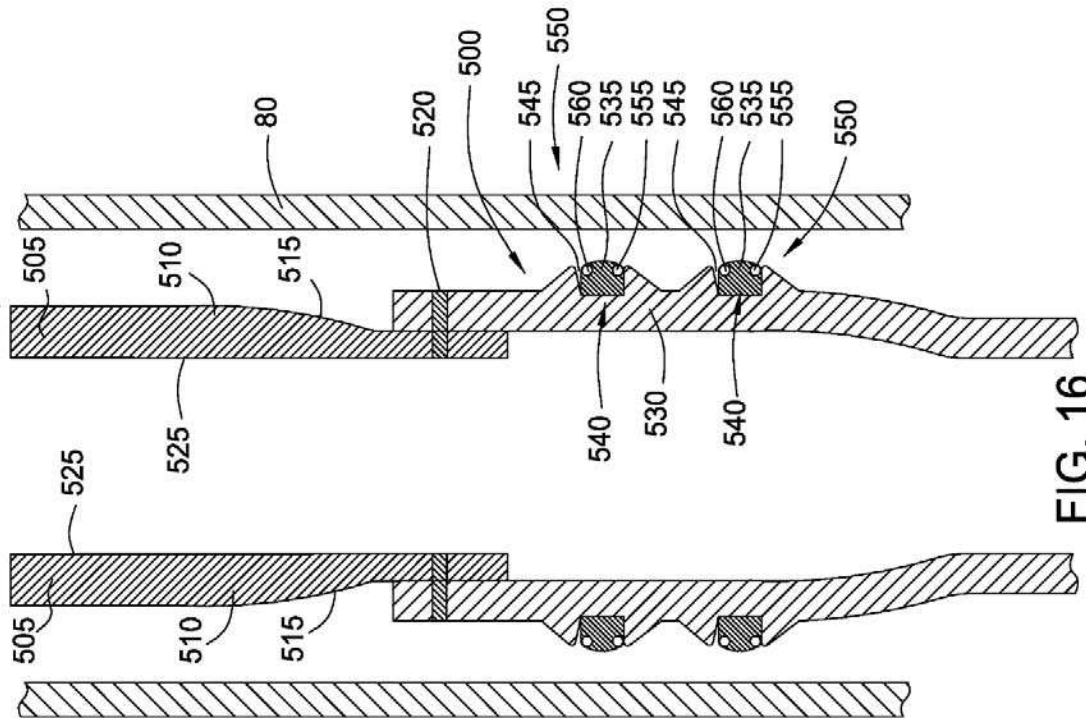


FIG. 16



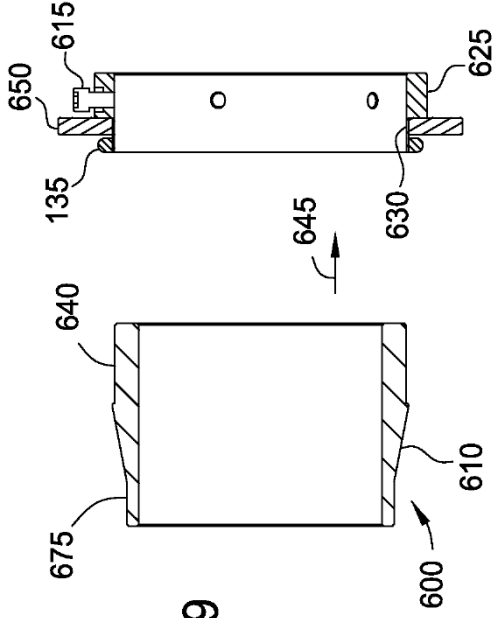


FIG. 19

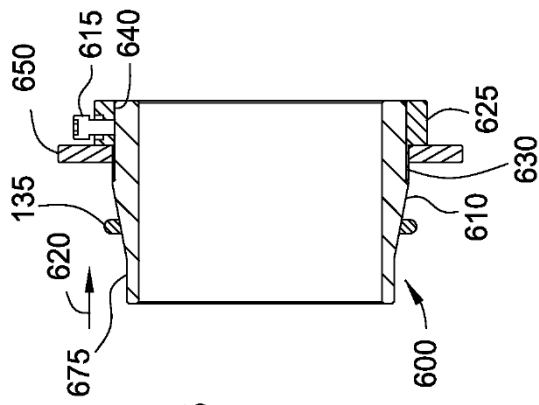


FIG. 18

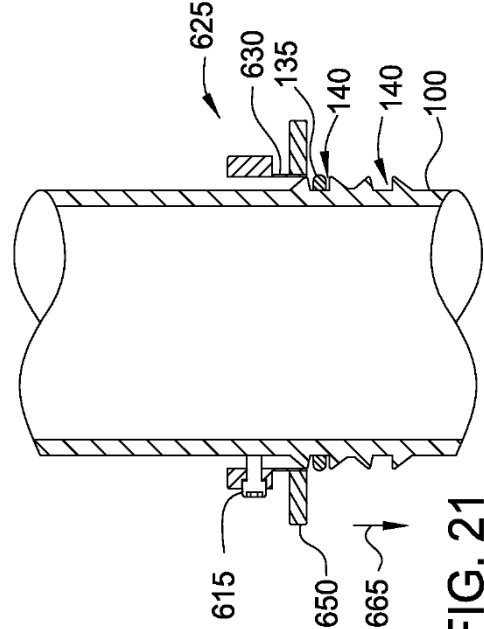


FIG. 21

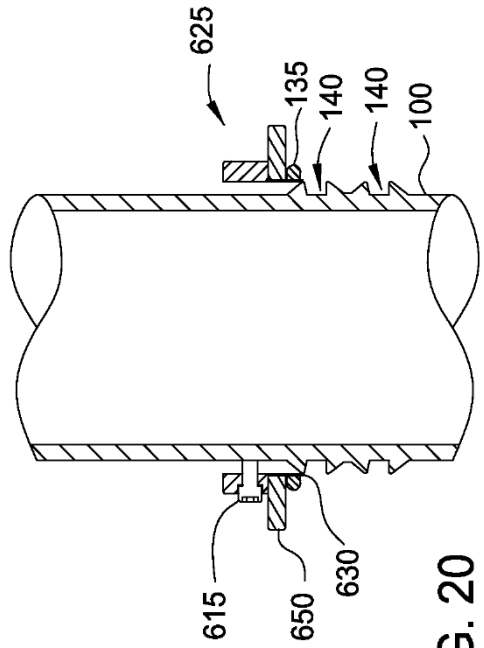
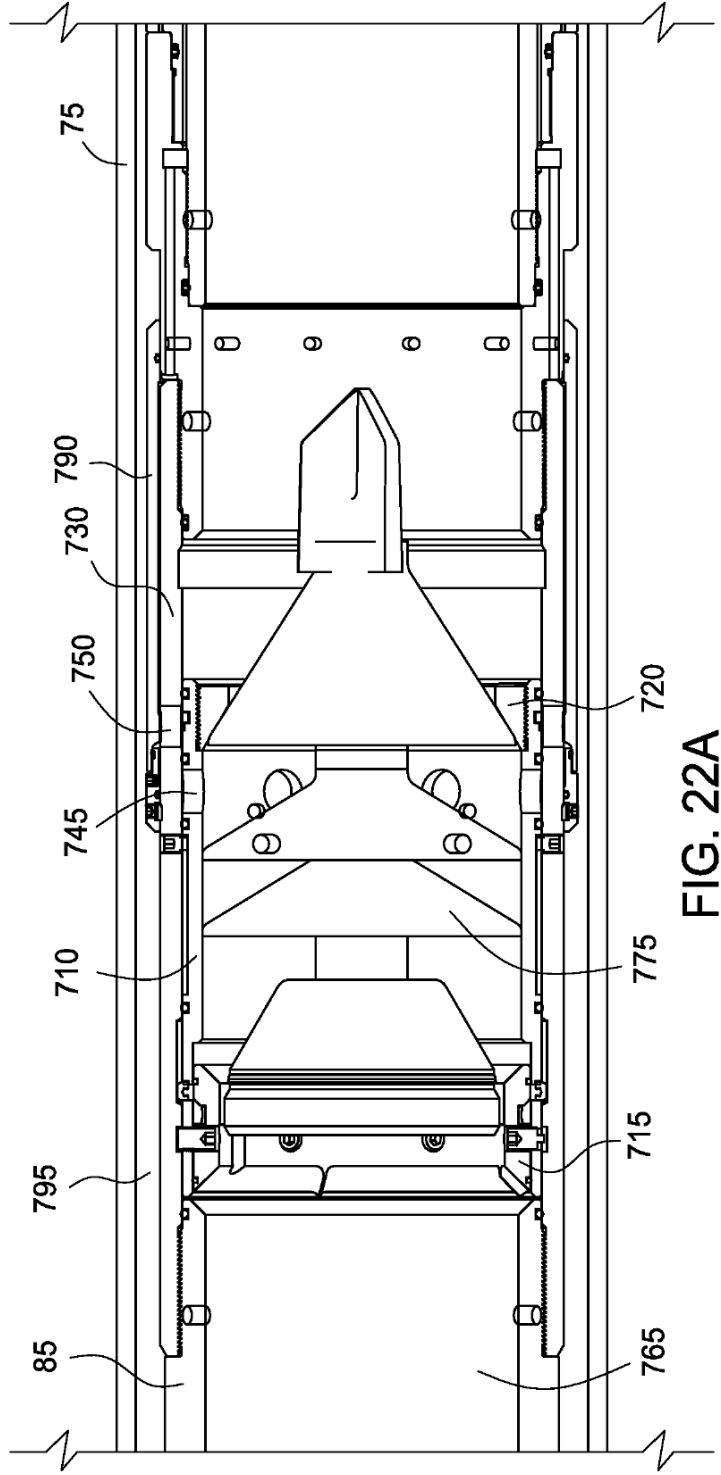
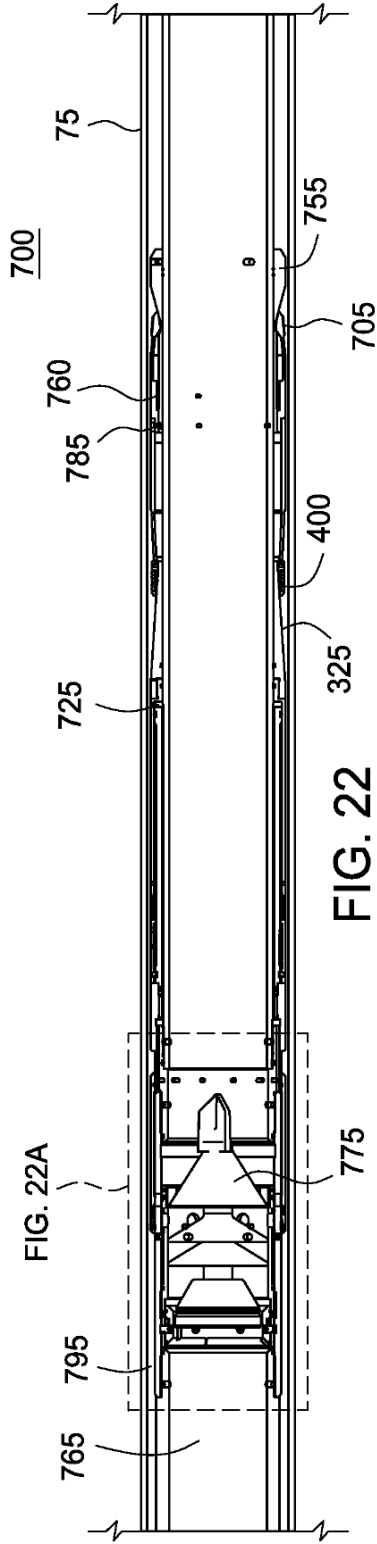


FIG. 20







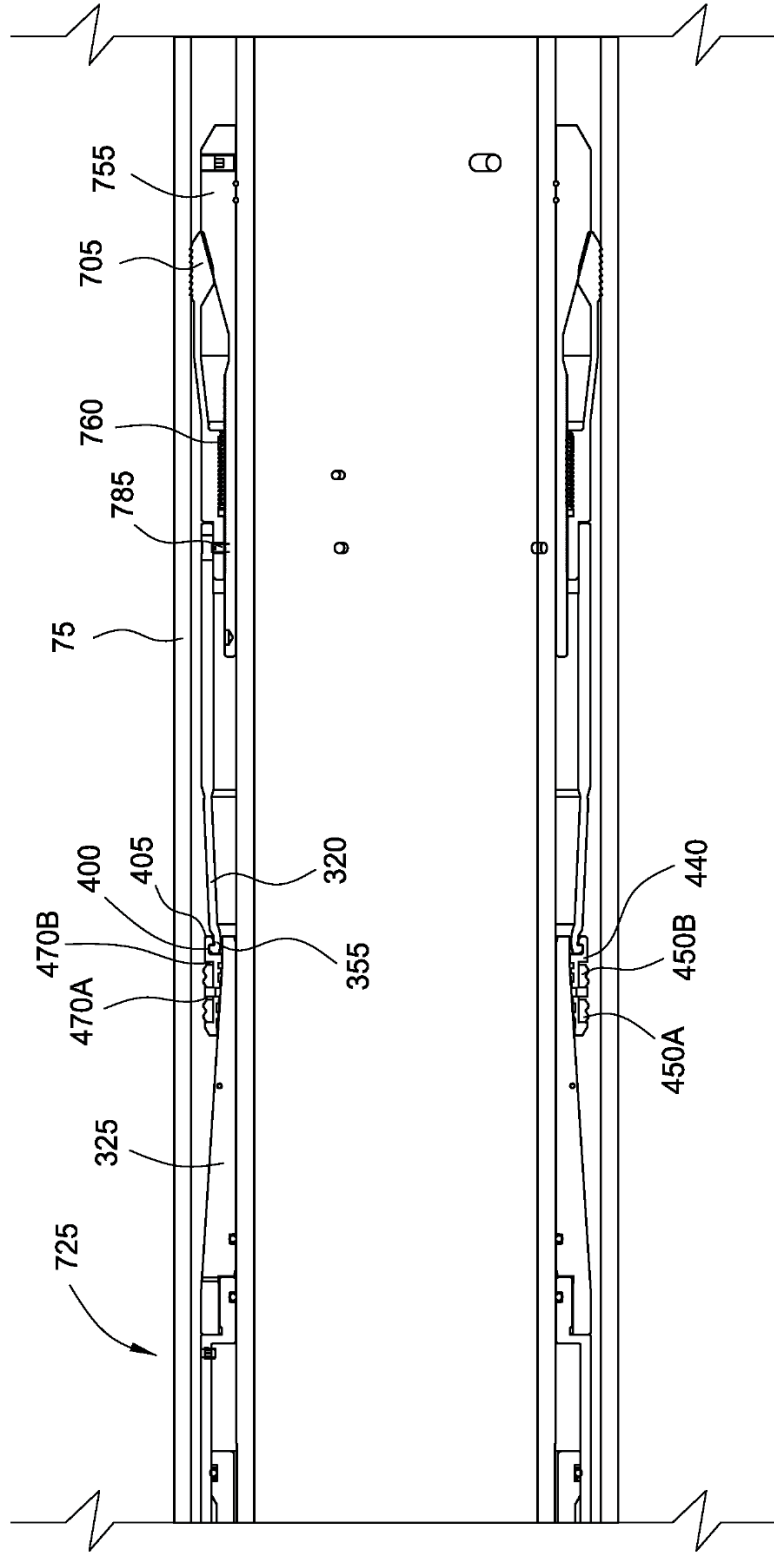


FIG. 23B

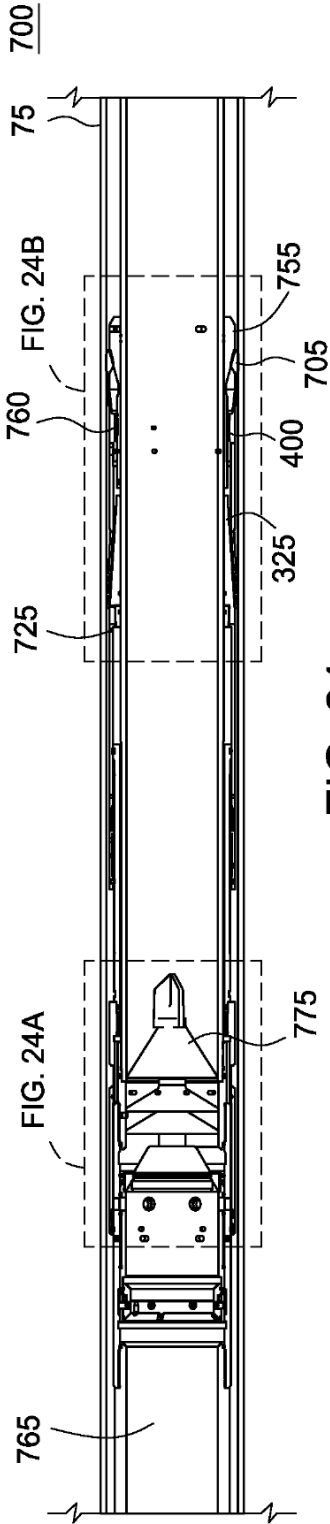


FIG. 24

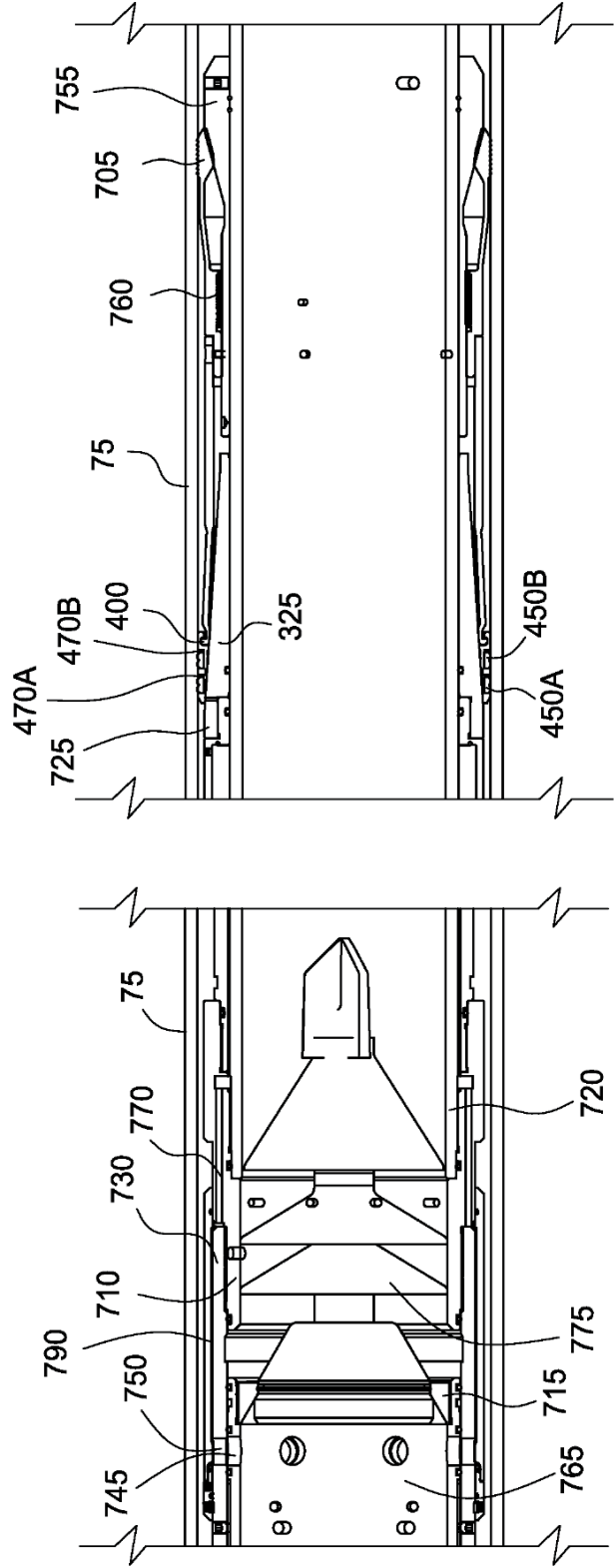


FIG. 24A

FIG. 24B

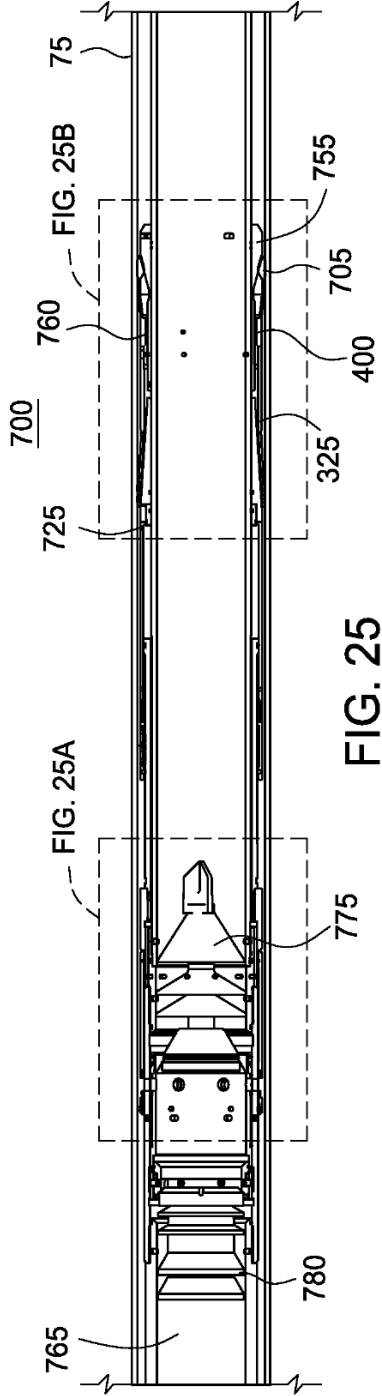


FIG. 25

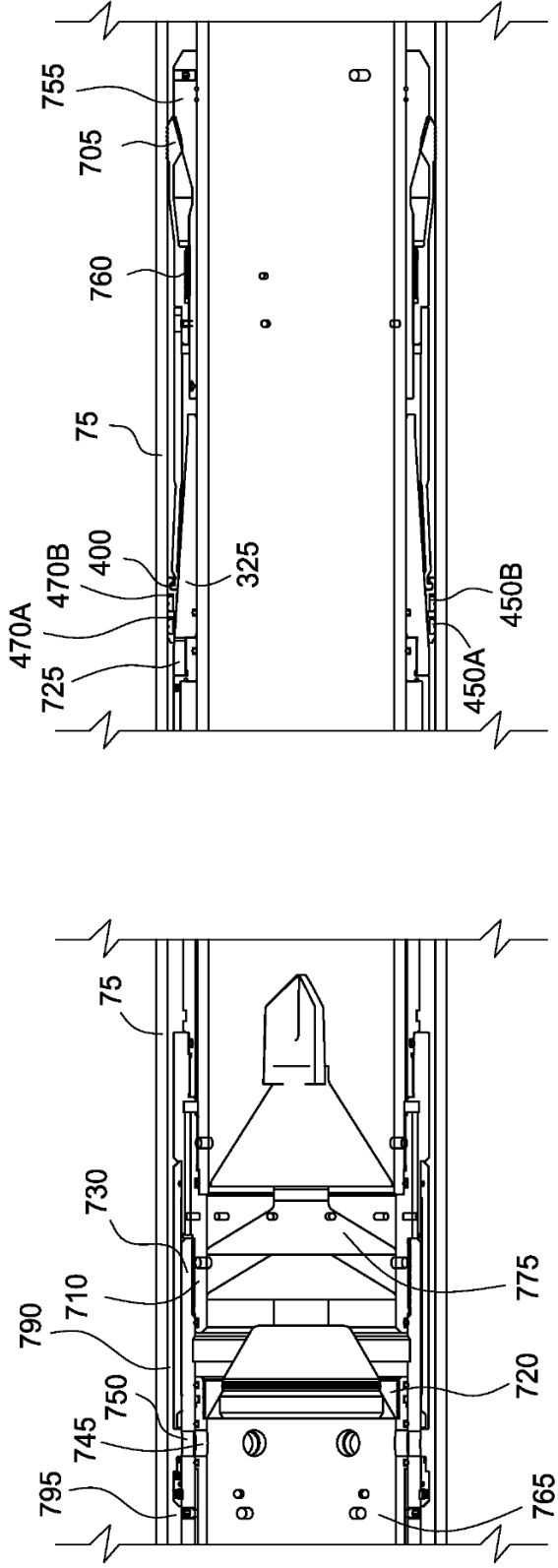


FIG. 25A

FIG. 25B

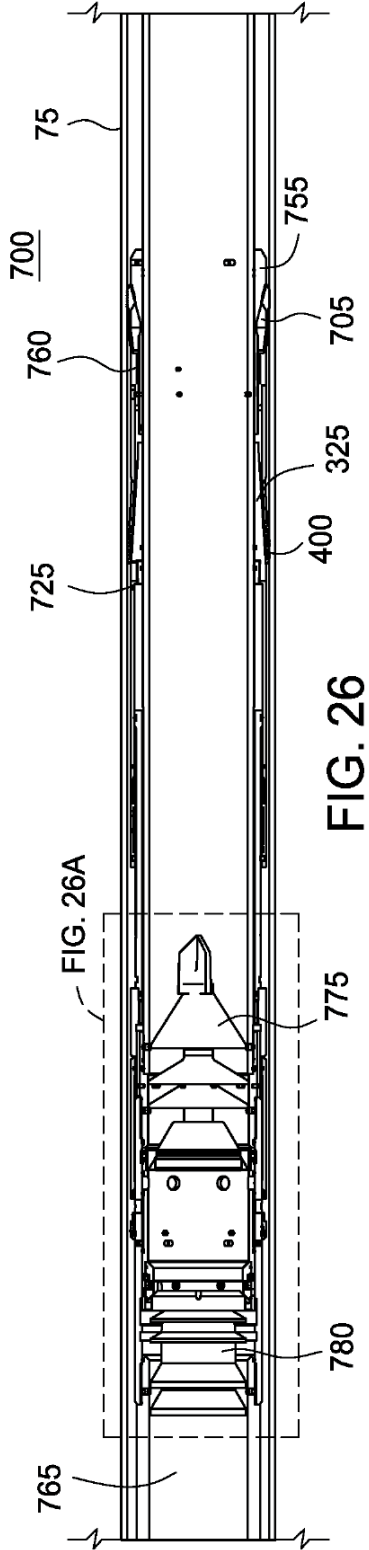


FIG. 26

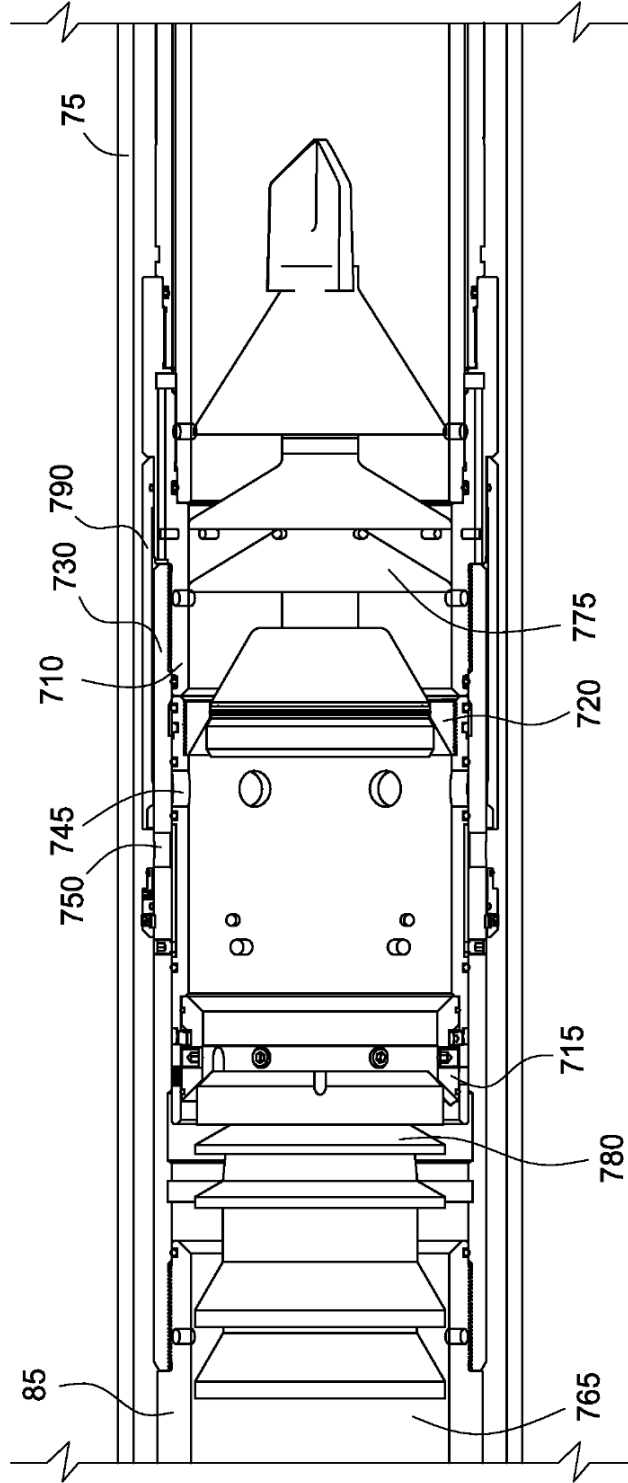


FIG. 26A

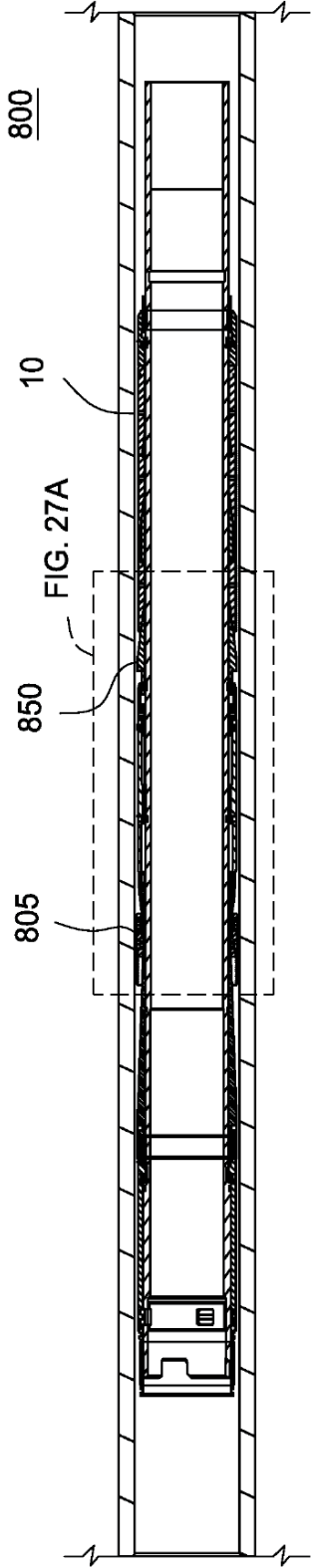


FIG. 27

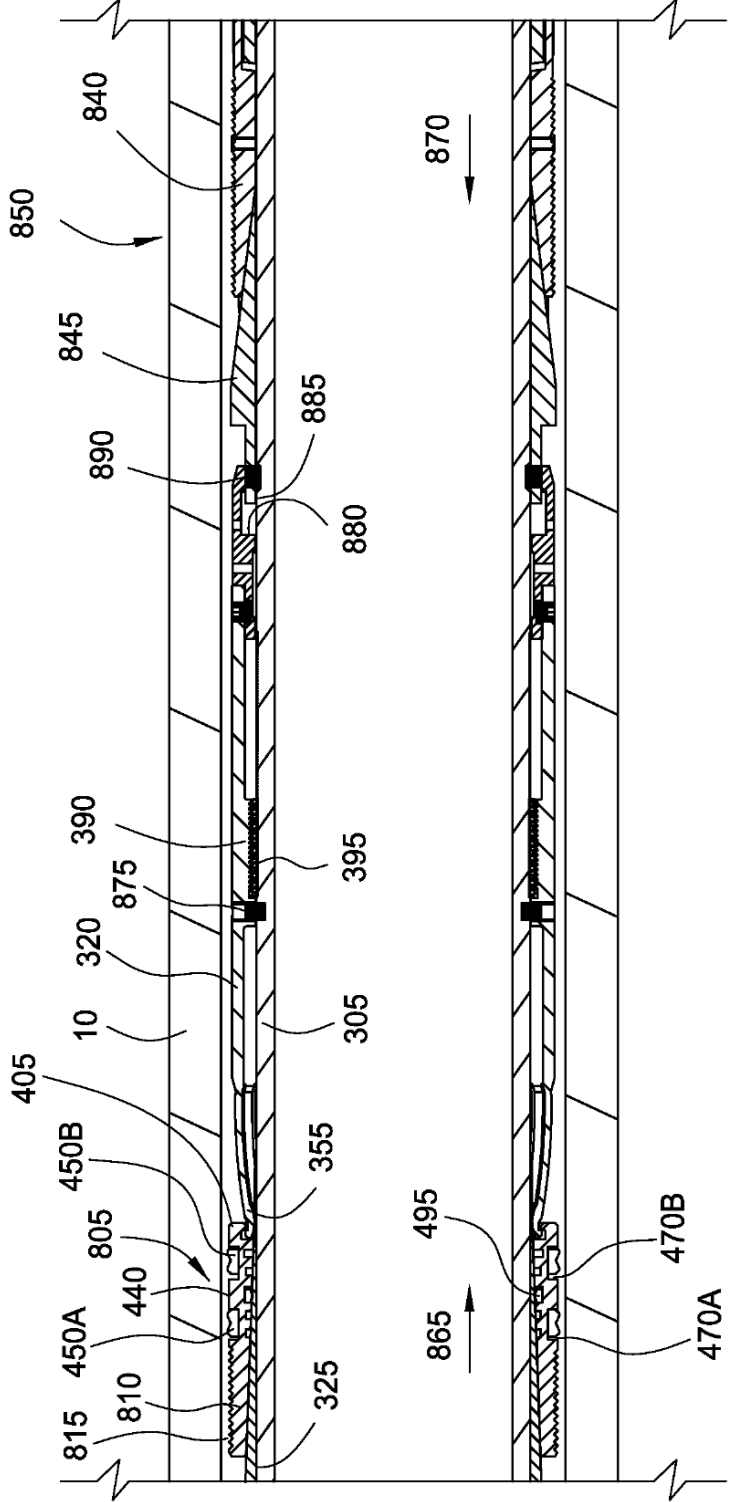


FIG. 27A

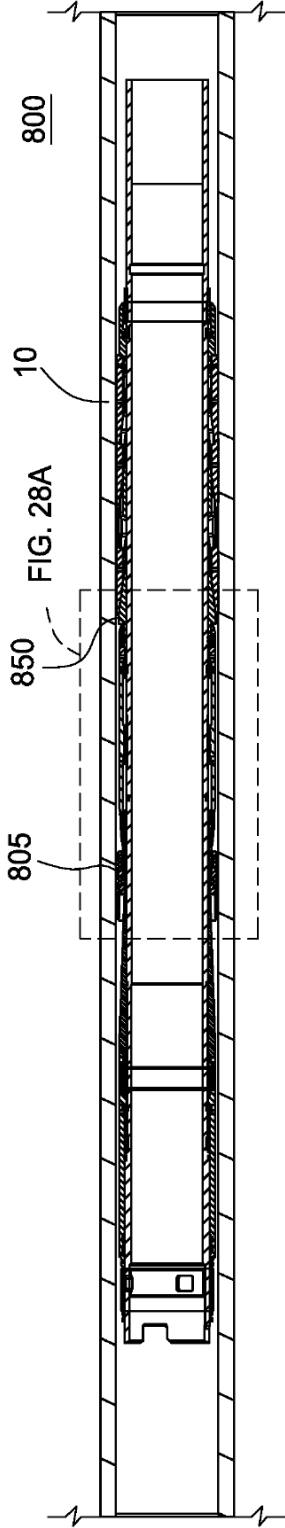


FIG. 28

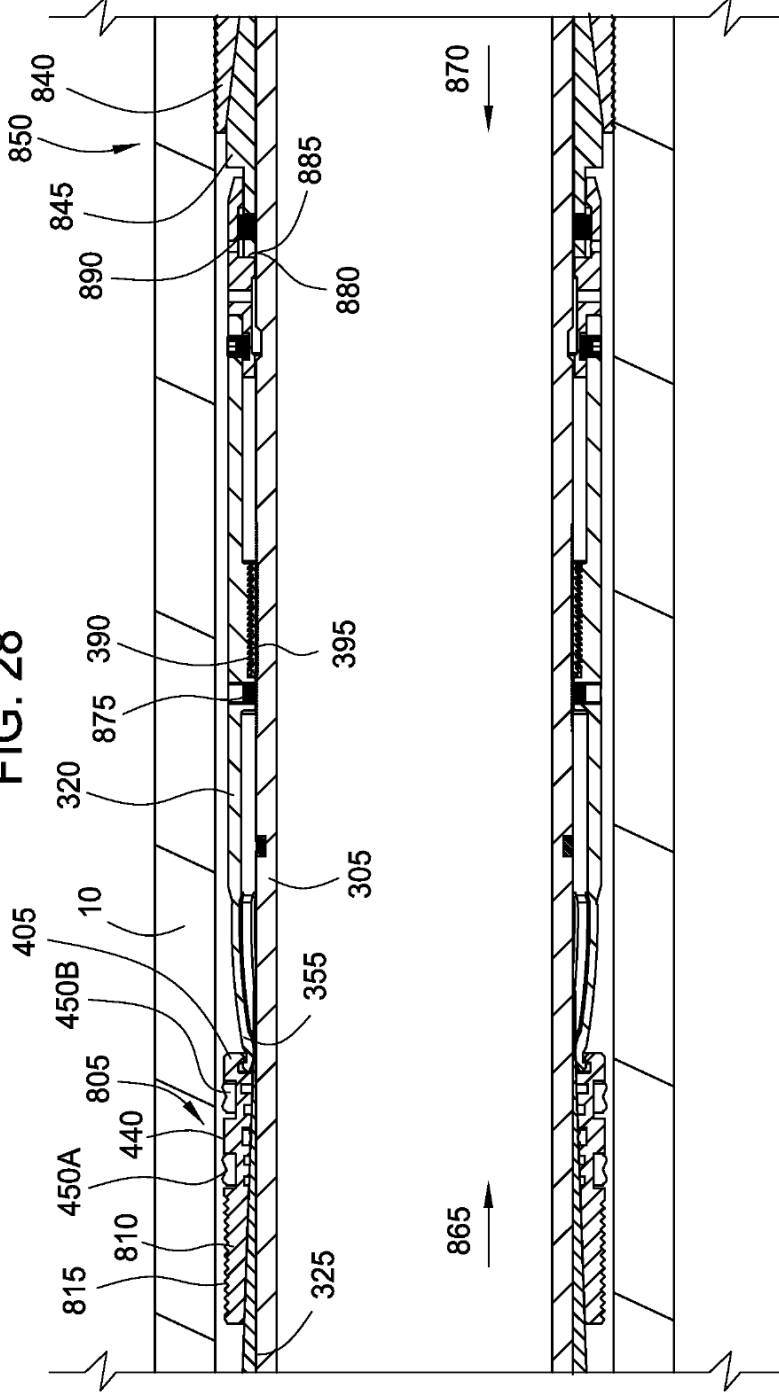


FIG. 28A



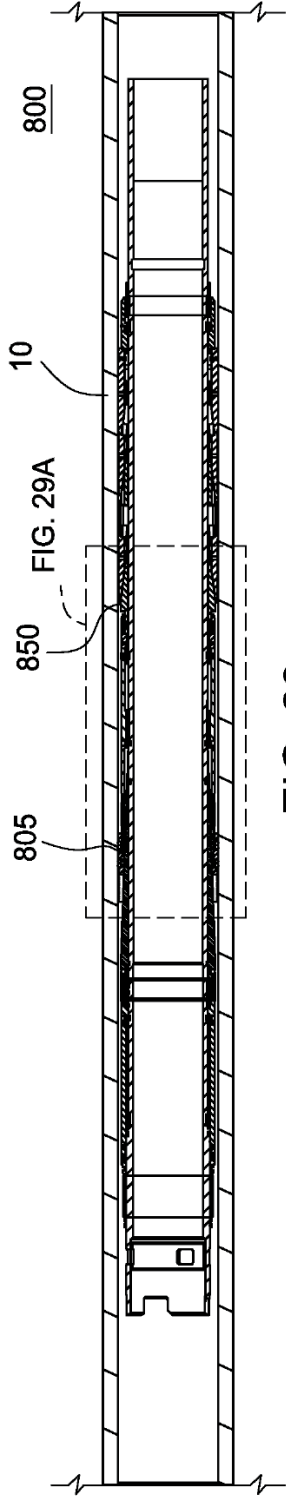


FIG. 29

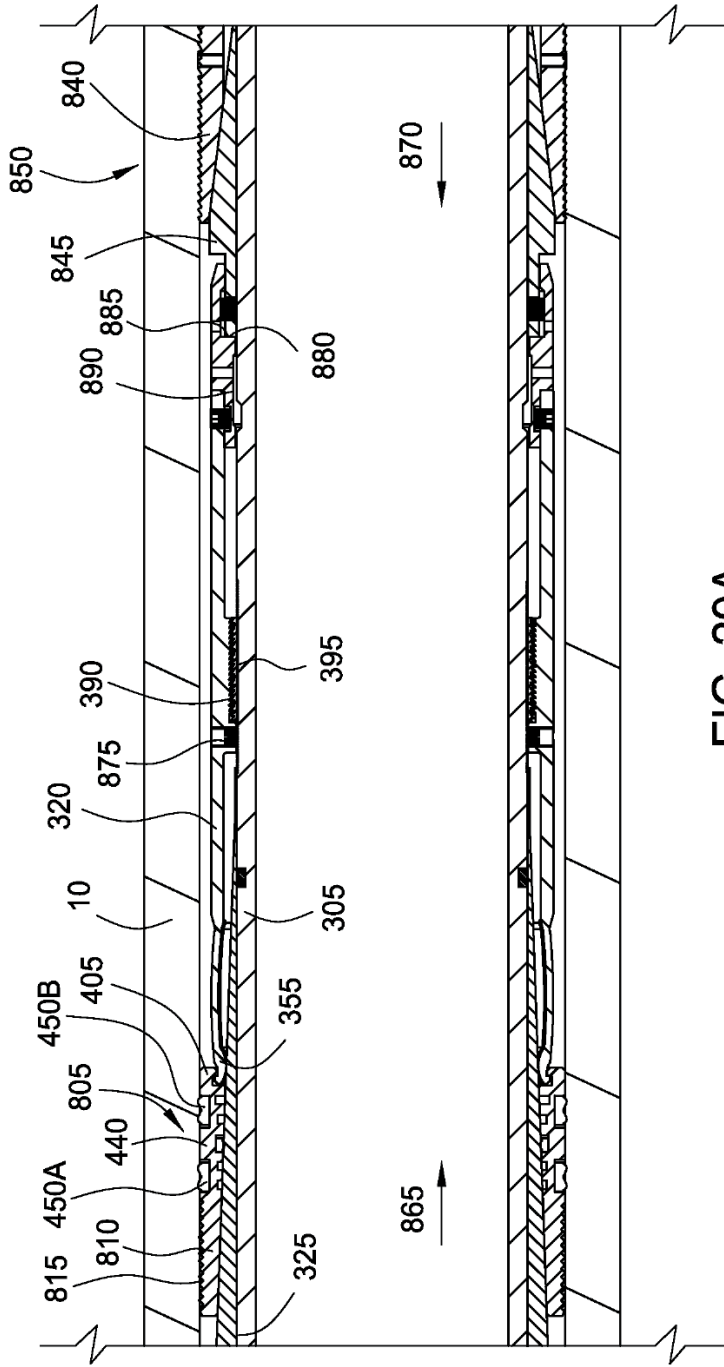


FIG. 29A

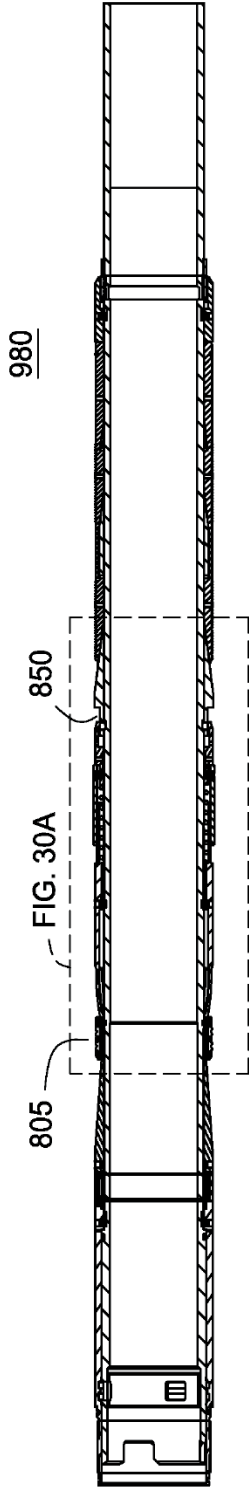


FIG. 30

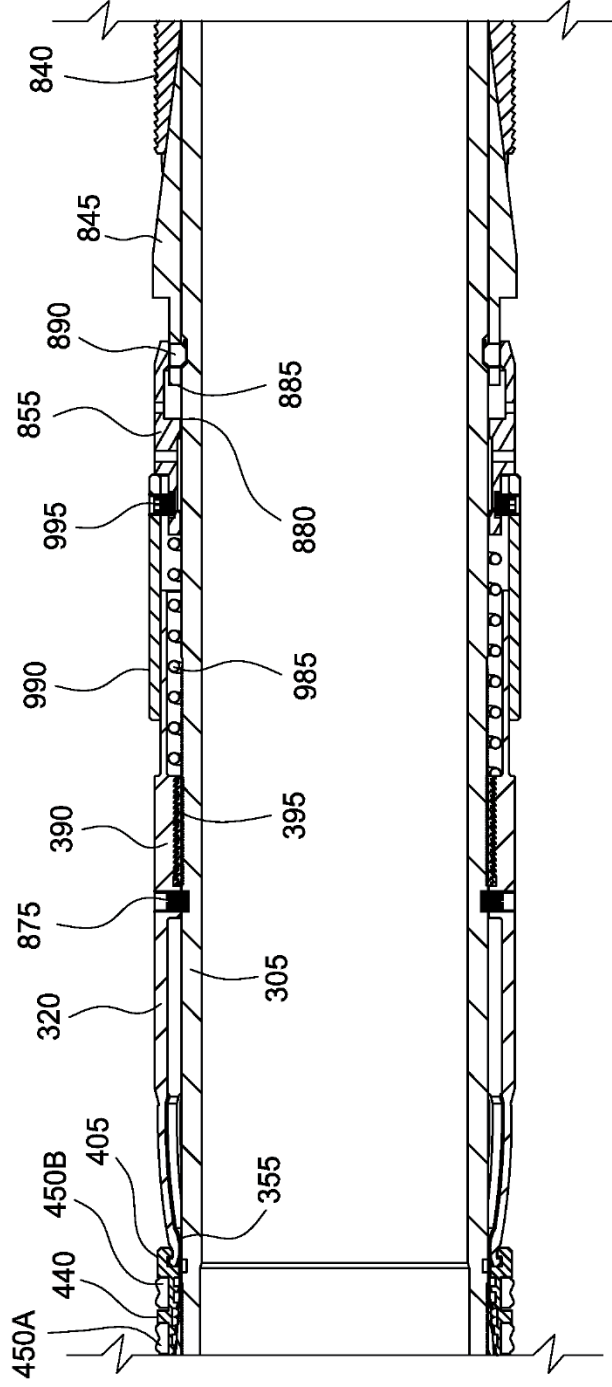


FIG. 30A

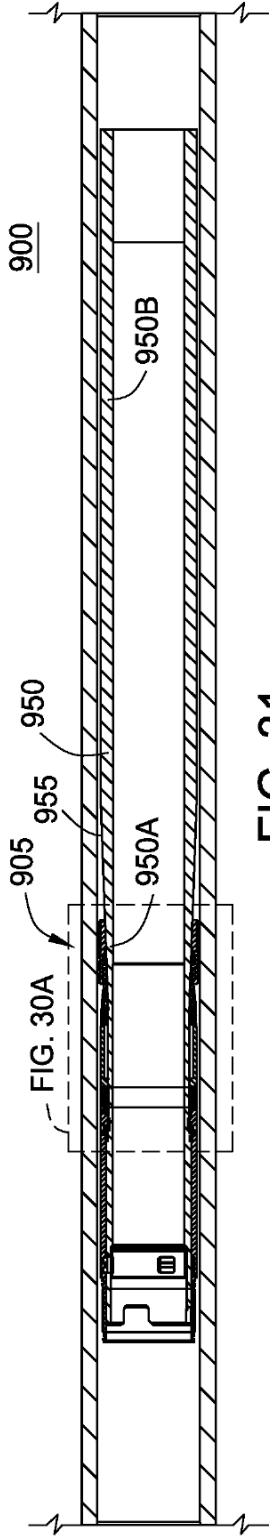


FIG. 31

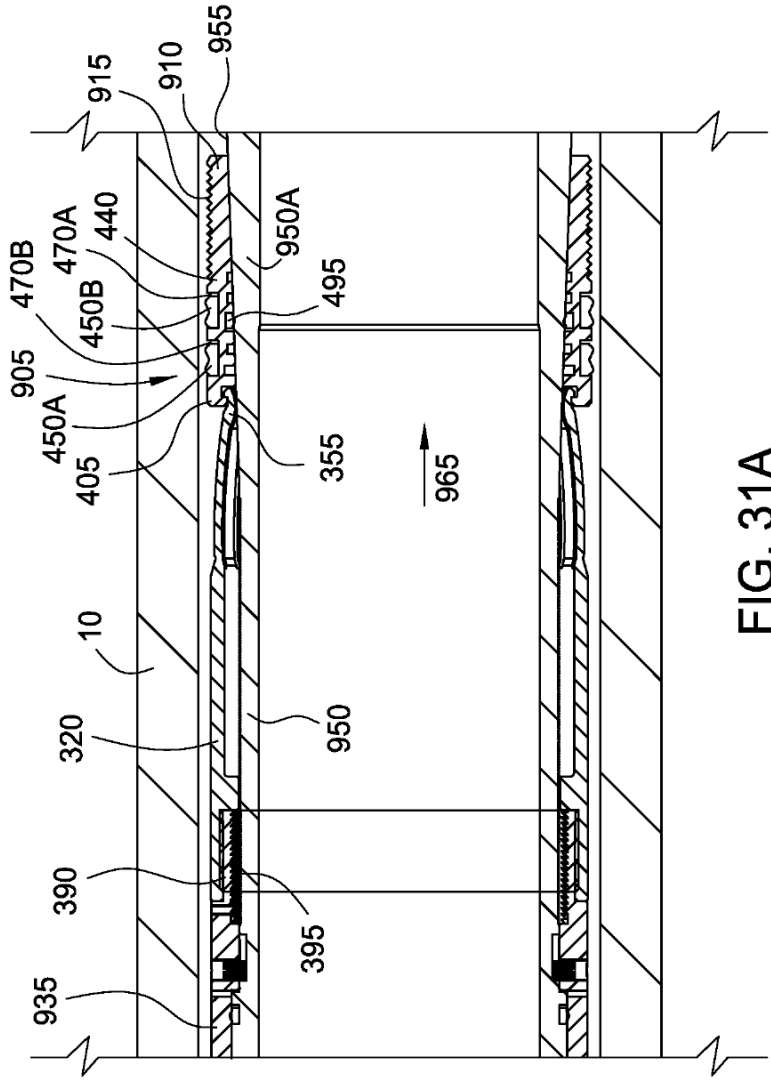


FIG. 31A

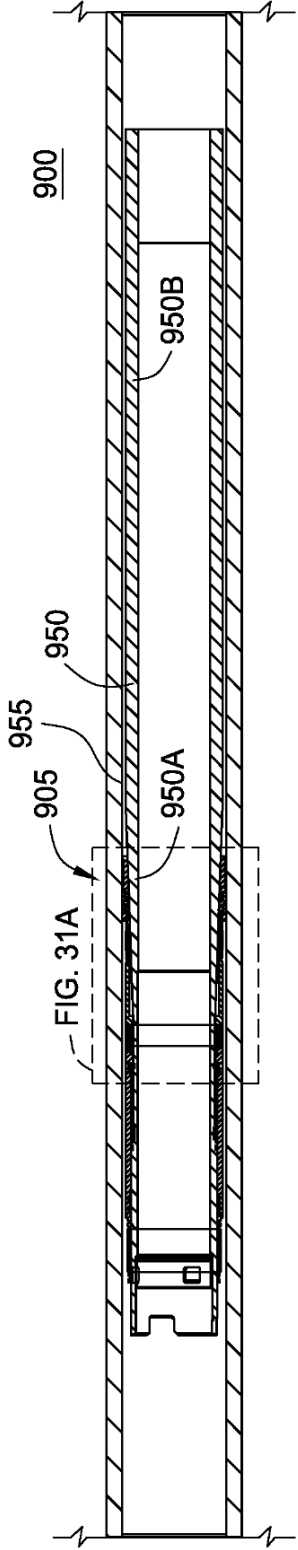


FIG. 32

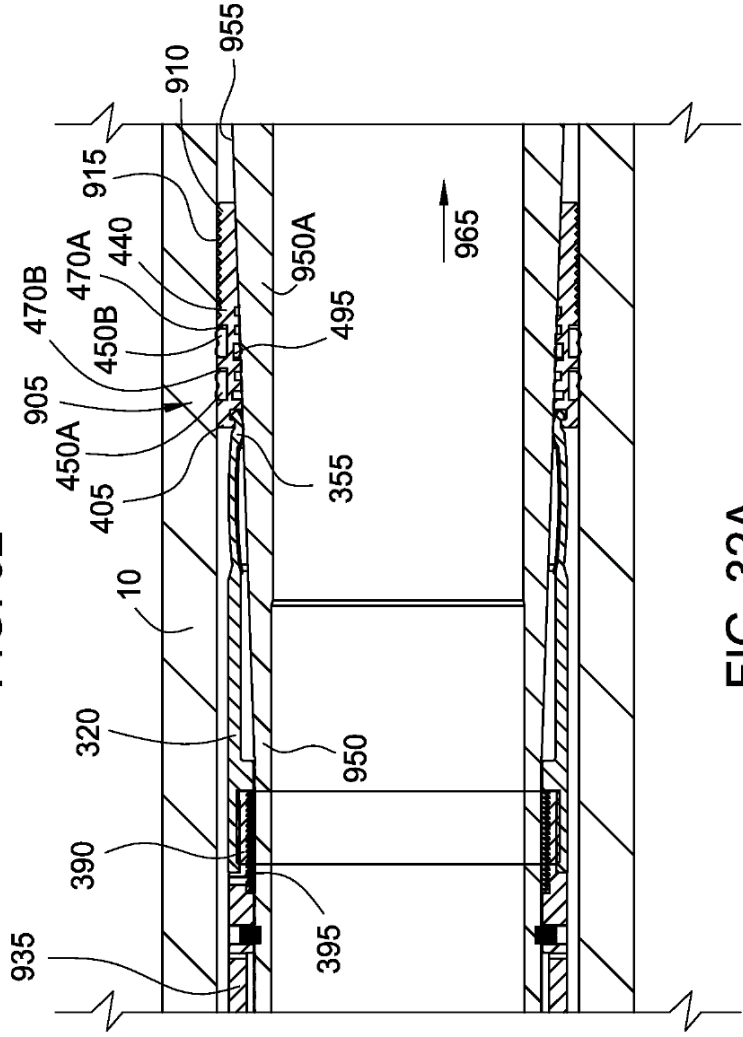


FIG. 32A