

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

(21) **PI0618733-1 A2**

(22) Data de Depósito: 16/11/2006
(43) Data da Publicação: 13/09/2011
(RPI 2123)



(51) *Int.Cl.:*
E21B 33/13
E21B 43/00

(54) Título: PROCESSOS PARA CONTROLAR A PRESSÃO DENTRO DE UM VOLUME E DENTRO DA ESTRUTURA DE REVESTIMENTO DE UM FURO DE POÇO

(30) Prioridade Unionista: 18/11/2005 US 11/282424

(73) Titular(es): CHEVRON U.S.A. INC., THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

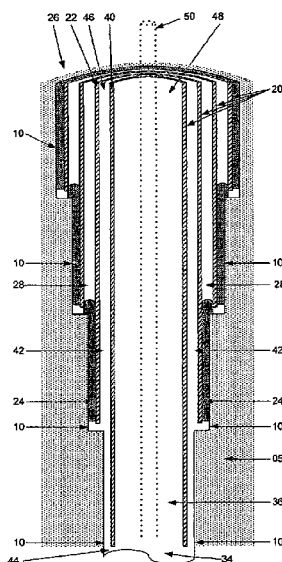
(72) Inventor(es): Brian C. Llewellyn, Don M. Coates, James B. Bloys, Manuel E. Gonzalez, Robert E. Hermes

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2006044611 de 16/11/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/061816de 31/05/2007

(57) Resumo: PROCESSOS PARA CONTROLAR A PRESSÃO DENTRO DE UM VOLUME E DENTRO DA ESTRUTURA DE REVESTIMENTO DE UM FURO DE POÇO. É descrito um processo para substituir pelo menos uma porção do líquido dentro do volume anular de um sistema de revestimento dentro de um furo de poço com um segundo líquido. O segundo líquido é pré-selecionado para proporcionar uma medida de controle da pressão dentro do volume anular como o fluido dentro do volume sendo aquecido.



“PROCESSOS PARA CONTROLAR A PRESSÃO DENTRO DE UM VOLUME E DENTRO DA ESTRUTURA DE REVESTIMENTO DE UM FURO DE POÇO”

Fundamentos da Invenção

5 A presente invenção refere-se a um método para controlar a pressão gerada por um fluido contido dentro de um volume confinado enquanto o fluido dentro do volume estiver sendo aquecido. Em uma modalidade preferida, a presente invenção refere-se a um processo para controlar a pressão dentro de um volume anular descrito por uma montagem
10 de coluna de revestimento dentro de um poço.

Durante o processo de perfuração de um poço, tal como um poço de óleo, comprimentos individuais de tubulações de metal de diâmetro grande são tipicamente mantidos juntos para formarem um forro ou uma coluna de revestimento que está posicionada dentro de cada seção do poço.
15 Cada coluna de revestimento pode estar suspensa desde uma instalação de cabeça de poço próxima da superfície. Alternativamente, algumas das colunas de revestimento podem estar na forma de colunas de forro que se estendem de desde próximo da profundidade de assentamento de uma seção prévia de revestimento. Neste caso, a coluna de forro estará suspensa da seção prévia de
20 revestimento sobre um suspensor de forro. As colunas de revestimento são normalmente compreendidas de numerosas juntas ou segmentos, cada uma sendo da ordem de doze metros de comprimento, conectadas umas nas outras por conexões rosqueadas ou outro meio de conexão. Estas conexões são tipicamente tubos metálicos, mas também podem ser materiais não-metálicos
25 tal como tubulação compósita. Esta coluna de revestimento é usada para aumentar a integridade do poço pela prevenção de que a parede do furo desmorone. Em adição, a coluna de revestimento previne o movimento de fluidos de uma formação para outra formação através da qual o poço passa.

Convencionalmente, cada seção da coluna de revestimento é

cimentada dentro do poço antes de a seção seguinte do poço ser perfurada. Conseqüentemente, cada seção subsequente do poço tem que possuir um diâmetro que é menor do que o da seção prévia. Por exemplo, uma primeira seção do poço pode receber uma coluna de revestimento de superfície (ou condutora) possuindo um diâmetro de cinquenta e um centímetros. As várias seções seguintes do poço podem receber colunas de revestimento (ou de proteção) intermediárias possuindo diâmetros de 41 centímetros, 34 centímetros e 24,5 centímetros, respectivamente. As seções finais do poço podem receber colunas de revestimento de produção possuindo diâmetros de 18 centímetros e 11,4 centímetros, respectivamente. Quando a operação de cimentação é completada e o cimento endurece, há uma coluna de cimento no espaço anular descrito pela superfície externa de cada coluna de revestimento.

Zonas subterrâneas penetradas pelos poços são comumente vedadas por composições de cimento hidráulico. Nesta aplicação, colunas de tubo tais como revestimentos e forros são cimentadas em poços usando composições de cimento hidráulico. Na realização destas operações de cimentação primária, uma composição de cimento é bombeada para dentro do espaço anular descrito pelas paredes de um poço e as superfícies externas de uma coluna de revestimento dispostas dentro do mesmo. A composição de cimento é permitida endurecer dentro do espaço anular para formar uma bainha anular de cimento endurecido substancialmente impermeável que suporta e posiciona a coluna de tubo dentro do poço e veda as superfícies externas da coluna de tubo para as paredes do poço. Composições de cimento hidráulico também são utilizadas em uma variedade de outras operações de cimentação, tais como vedação de zonas elevadamente permeáveis ou fraturas em zonas subterrâneas, tamponamento de fendas ou orifícios em colunas de tubo e semelhantes.

Montagens de revestimento compreendendo mais do que uma coluna de revestimento descrevem um ou mais volumes anulares entre

colunas de revestimento concêntricas adjacentes dentro do poço. Normalmente, cada volume anular é cheio, pelo menos em alguma extensão, com o fluido que está presente dentro do poço quando a coluna de revestimento é instalada. Em um poço profundo, as quantidades de fluido dentro de um volume anular (i.e. o fluido anular) podem ser significativas. Cada espaço anular de 2,54 centímetros de espessura por 1,524 quilômetros de comprimento conteria aproximadamente 189 metros cúbicos, dependendo do diâmetro da coluna de revestimento.

Em poços de gás e óleo não é incomum que uma seção de formação tenha que ser isolada do restante do poço. Isto é tipicamente realizado ao se trazer o topo da coluna de cimento da coluna subsequente para cima dentro do sapata do revestimento. Embora isto isole a formação, o trazer o cimento para cima para dentro da sapata de revestimento efetivamente bloqueia a válvula de segurança pelo gradiente de faturamento natural. Em vez de extravasar na sapata, qualquer acúmulo de pressão será exercido sobre o revestimento, a não ser possa ser sangrado na superfície. A maioria dos poços terrestres e alguns poços de plataforma em alto mar são equipados com cabeças de poço que proporcionam acesso a cada espaço anular de revestimento e um aumento de pressão observado pode ser rapidamente sangrado. Por outro lado, a maioria das instalações de cabeça de poço submarinas não proporciona acesso aos espaços anulares de revestimento e um espaço anular vedado tem que ser criado. Devido ao fato de o espaço anular ser vedado, a pressão interna pode aumentar significativamente em reação a um aumento em temperatura.

Os fluidos no volume anular durante instalação das colunas de revestimento geralmente estarão na ou próximos da temperatura ambiente do fundo do mar. Quando o fluido anular é aquecido, ele se expande e pode resultar um aumento de pressão substancial. Esta condição está comumente presente em todos os poços de produção, mas é mais evidente em poços de

água profunda. Poços de água profunda são provavelmente vulneráveis ao acúmulo de pressão anular por causa da temperatura fria do fluido deslocado, em contraste com a temperatura elevada do fluido de produção durante produção. A temperatura do fluido no volume anular quando ele é vedado
5 geralmente será a temperatura ambiente, que pode estar dentro da faixa de -18°C a 38°C (por exemplo 1,1°C), com as temperaturas mais baixas ocorrendo mais freqüentemente em poços submarinos com uma profundidade considerável de água acima do poço. Durante a produção do reservatório, fluidos de produção passam através da tubulação de produção em
10 temperaturas significativamente mais altas. Temperaturas dentro da faixa de 10°C a 149°C são esperadas, e temperaturas dentro da faixa de 52°C a 121°C são freqüentemente encontradas.

A temperatura relativamente alta dos fluidos produzidos aumenta a temperatura do fluido anular entre as colunas de revestimento, e
15 aumenta a pressão contra cada uma das colunas de revestimento. Líquidos convencionais que são usados no volume anular expandem-se com a temperatura em pressão constante; no volume constante do espaço anular, a temperatura de fluido aumentada resulta em aumentos de pressão significativos. Fluidos aquosos, que são substancialmente incompressíveis,
20 poderiam aumentar em volume acima de 5% durante a mudança de temperatura das condições ambientes para as condições de produção em pressão constante. Em volume constante, este aumento em temperatura pode resultar em aumentos de pressão manométrica de até da ordem de 68,948 MPa. A pressão aumentada significativamente aumenta as chances de falha da
25 coluna de revestimento, com conseqüências catastróficas para a operação do poço.

O que é necessário é um método para repor pelo menos uma porção do fluido convencional dentro de um volume anular com um sistema de fluido que diminui em volume específico à medida que a temperatura do

fluido é aumentada.

O problema de acúmulo de pressão anular (ABP) é bem conhecido na indústria de perfuração/recuperação de petróleo. Veja: B. Moe e P. Erpelding, "Annular Pressure Buildup: What it is and what to do about it," Deepwater Technology, p. 21-23, August (2000), e P. Oudeman e M. Kerem, "Transient Behavior of Annular Pressure Buildup in HP/HT wells," J. of Petroleum Technology, v. 18, no.3, p.58-67 (2005). Várias soluções potenciais têm sido previamente relatadas: A. injeção de espaçadores de cimento esponjado com nitrogênio como descrito em R. F. Vargo, Jr., et. al., "Practical and Successful Prevention of Annular Pressure Buildup on the Marlin Project," Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition, p. 1235-1244, (2002), B. tubulação isolada a vácuo como descrito em J.H. Azzola, et. al., "Application of Vacuum Insulated Tubing to Mitigate Annular Pressure Buildup," Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition, p. 1899-1905 (2004), C. espaçador de espuma triturável como descrito em C.P. Leach e A.J. Adams, "A New Method for the Relief of Annular Heat-up Pressure," em proceedings, - SPE Annual Technical Conference and Exhibition, p. 819-826, (1993), D. complemento de cimento, cimentação de altura total, porta de sangramento ou percurso de vazamento preferido, revestimento intensificado (mais forte), e uso de fluidos compressíveis como descritos em R. Williamson et. al., "Control of Contained-Annulus Fluid Pressure Buildup," em proceedings, SPE/IADC Drilling Conference paper # 79875 (2003), e E. uso de montagem de disco de ruptura, como descrito por J. Staudt em Patente US # 6.457.528 (2002) e Patente US # 6.675.898 (2004). Estes exemplos da arte anterior, embora potencialmente úteis, não proporcionam proteção total contra o problema de ASPB devido a quer dificuldades em implementação quer custos proibitivos, quer ambos. Nossa invenção é relativamente fácil de implementar e é custo-efetiva.

Sumário da Invenção

Conseqüentemente, é proporcionado um processo para controlar a pressão dentro de um volume confinado, o processo compreendendo:

- 5 a) proporcionar um volume contendo um primeiro fluido possuindo uma primeira pressão e uma primeira temperatura dentro do volume;
- b) substituir pelo menos uma porção do primeiro fluido dentro do volume com um segundo fluido;
- 10 c) vedar o volume para produzir um volume confinado;
- d) aquecer o fluido dentro do volume confinado, de tal modo que o fluido esteja em uma segunda pressão e em uma segunda temperatura, no qual o segundo fluido é pré-selecionado de tal modo que a segunda pressão seja menor do que aquela que tinha o volume confinado que
- 15 continha o primeiro fluido apenas na segunda temperatura.

Em uma modalidade separada, é proporcionado um processo para controlar a pressão dentro da estrutura de revestimento de um poço, no qual a pressão pode variar de localização para localização dentro do poço. Nesta modalidade, a pressão e a temperatura referem-se a uma única

20 localização dentro de um volume anular. Assim, o processo compreende:

- a) proporcionar um volume anular descrito por duas colunas de revestimento dentro de um poço e conter um primeiro fluido possuindo uma primeira pressão e uma primeira temperatura em uma localização selecionada dentro de um volume anular;
- 25 b) substituir pelo menos uma porção do primeiro fluido dentro de um volume anular com um segundo fluido;
- c) vedar o volume anular para produzir um volume confinado;
- d) aquecer o fluido dentro do volume confinado, de tal modo que o fluido na localização selecionada esteja em uma segunda pressão e em

uma segunda temperatura,

no qual o segundo fluido é pré-selecionado de tal modo que a segunda pressão na localização selecionada seja menor do que a pressão na localização selecionada dentro do volume confinado que teria tido o volume confinado que continha o primeiro fluido apenas na segunda temperatura.

Em uma modalidade, a segunda pressão, que ocorre em uma localização selecionada dentro de um volume anular em uma segunda temperatura, é igual à primeira pressão naquela localização, a despeito de uma temperatura aumentada do fluido dentro do volume. Em outra modalidade, a segunda pressão na localização selecionada não é mais do que 50% mais alta, preferivelmente não mais do que 30% mais alta e mais preferivelmente não mais do que 15% mais alta do que a primeira pressão na localização selecionada.

Em uma modalidade separada, o processo é direcionado para a pressão máxima dentro de um volume anular. Para um volume anular com um comprimento vertical substancial, a pressão hidrostática gerada pelo fluido anular causa um gradiente de pressão ao longo da distância vertical, com a pressão na localização mais profunda do volume anular sendo maior do que a pressão no topo do poço, onde localizações referem-se ao centro da terra. Assim, há uma localização dentro de um volume anular onde a pressão é uma pressão máxima. Portanto, nesta modalidade, é proporcionado um processo para controlar a pressão máxima dentro da estrutura de revestimento de um poço, o processo compreendendo:

a) proporcionar um volume anular descrito pelas duas colunas de revestimento dentro de um poço e conter um primeiro fluido possuindo uma primeira pressão máxima em uma primeira temperatura dentro de um volume anular;

b) substituir pelo menos uma porção do primeiro fluido dentro de um volume anular com um segundo fluido;

c) vedar o volume anular para produzir um volume confinado;

e

d) aquecer o fluido dentro do volume confinado para uma temperatura elevada relativa à primeira temperatura, de tal modo que uma porção do fluido esteja na segunda pressão máxima;

no qual o segundo fluido é pré-selecionado de maneira que a segunda pressão máxima seja menor do que a pressão máxima dentro do volume confinado que teria tido o volume confinado que continha o primeiro fluido apenas na temperatura elevada.

Em uma modalidade, a segunda pressão dentro de um volume anular é igual à pressão máxima. Nesta modalidade, não há aumento efetivo de pressão dentro do volume anular vedado, a despeito de uma temperatura elevada do fluido dentro do volume. Em outra modalidade, a segunda pressão é não mais do que 50% mais alta, preferivelmente não mais do que 30% mais alta e mais preferivelmente é não mais do que 15% mais alta do que a primeira pressão máxima.

Em uma outra modalidade separada, é proporcionado um processo para controlar a pressão dentro de um volume confinado, o processo compreendendo:

a) proporcionar um volume contendo um primeiro fluido e um segundo fluido em uma primeira pressão e em uma primeira temperatura;

b) vedar o volume para produzir um volume confinado;

c) aquecer o primeiro fluido e o segundo fluido dentro do volume confinado, de tal modo que o primeiro fluido e o segundo fluido estejam em uma segunda pressão e em uma segunda temperatura,

no qual o segundo fluido é pré-selecionado de tal modo que a segunda pressão seja menor do que aquela que tinha o volume confinado que continha o primeiro fluido apenas na segunda temperatura.

Em uma modalidade particular, o segundo fluido compreende

um monômero que polimeriza, com volume reduzido, em uma temperatura e em uma pressão que estão de acordo com as condições dentro do volume anular vedado. Conseqüentemente, é proporcionado um processo para controlar a pressão dentro de um volume confinado compreendendo:

5 a) proporcionar um volume contendo um primeiro fluido, uma porção que está em uma primeira pressão e em uma primeira temperatura;

b) substituir pelo menos uma porção do primeiro fluido dentro do volume com um segundo fluido;

c) vedar o volume para produzir um volume confinado;

10 d) aquecer o fluido dentro do volume confinado, de tal modo que pelo menos uma porção do fluido dentro do volume confinado esteja em uma segunda pressão e em uma segunda temperatura,

no qual o segundo fluido compreende um monômero que polimeriza em uma segunda pressão e em uma temperatura dentro da faixa de
15 entre a primeira temperatura e a segunda temperatura.

Dentre outros fatores, a presente invenção é baseada na descoberta de que sistemas fluidos que possuem propriedades de expansão térmica incomuns, no sentido de que os fluidos se expandem, em pressão constante, em uma extensão menor do que a que seria esperada para um fluido
20 incompressível. Assim, quando aquecidos embora estando confinados em um volume vedado, os fluidos da presente invenção causam um aumento de pressão menor dentro do volume vedado do que seria esperado para um fluido convencional.

Descrição dos Desenhos

25 Fig. 1 ilustra uma modalidade do processo da invenção, mostrando um volume anular aberto, durante cujo tempo um segundo fluido está sendo adicionado no volume anular.

Fig. 2 ilustra uma modalidade do processo da invenção, mostrando um volume anular vedado contendo um segundo fluido em uma

segunda temperatura e em uma segunda pressão, como aqui descrito.

Fig. 3 ilustra um resultado experimental do teste de uma modalidade da invenção.

Fig. 4 ilustra um resultado experimental do teste de uma
5 modalidade da invenção.

Descrição Detalhada da Invenção

A presente invenção proporciona um sistema de fluido, que quando aquecido dentro de um volume confinado, aumenta em pressão para um valor menor do que aquele de um sistema convencional. O volume
10 confinado é vedado para prevenir o escape do fluido. Conseqüentemente, a presente invenção proporciona um fluido e um método para reduzir o efeito de um aumento de pressão dentro de um volume confinado ou vedado quando o fluido dentro do volume é aquecido para uma temperatura elevada.

Em uma modalidade, o volume pode ser qualquer volume
15 contendo fluido que é vedado e então aquecido. Um exemplo não limitante de um volume desta reação é um vaso de reação, para realizar, por exemplo, reações químicas. O volume, inicialmente cheio com o primeiro fluido, é aberto, significando que um fluido pode ser forçado a passar para dentro e para fora do fluido. Antes de o volume ser vedado, um segundo fluido é
20 forçado a passar para dentro do volume, substituindo pelo menos uma porção do primeiro fluido no volume. Este volume é então vedado para prevenir que mais fluxo de fluido entre ou saia do volume, e o fluido dentro do volume é aquecido. Tal aquecimento faz com que a pressão aumente em uma extensão substancial dentro do volume, particularmente com os fluidos em fase líquida,
25 e mais particularmente com os fluidos em fase líquida que são substancialmente incompressíveis. A invenção portanto proporciona um segundo fluido possuindo a propriedade tal que, quando contido dentro do volume vedado e aquecido para uma temperatura alvo, a pressão dentro do volume é menor do que a pressão que seria se o volume contivesse apenas o

primeiro fluido.

Em uma modalidade particular, a invenção proporciona um processo para controlar pressões dentro de um poço, e particularmente dentro de um volume anular dentro de uma montagem de revestimento que tem sido instalada em um poço, intencionada, por exemplo, para remover um recurso de um reservatório. Exemplos de recursos incluem óleo cru, líquidos de gás natural, vapores de petróleo (e.g. gás natural), gás de síntese (e.g. monóxido de carbono), outros gases (e.g. dióxido de carbono, nitrogênio), e água ou soluções aquosos.

Uma montagem de revestimento compreende colunas de revestimento para proteger os lados do poço que é formado pela perfuração para dentro da terra. O volume anular é ligado por duas colunas de revestimento concêntricas adjacentes dentro da montagem de revestimento. Durante a construção de poços de gás e óleo, uma máquina perfuradora rotativa é tipicamente usada para perfurar através de formações subterrâneas da terra para formar o furo de poço. À medida que a máquina perfuradora fura através da terra, um fluido de perfuração, conhecido na indústria como “lama”, é circulado através do furo de poço. A lama é normalmente bombeada da superfície através do interior do tubo de perfuração. Pelo bombeamento constante do fluido de perfuração através do tubo de perfuração, o fluido de perfuração pode ser circulado para fora do fundo do tubo de perfuração e de volta para cima da superfície do poço através do espaço anular entre a parede do furo do poço e o tubo de perfuração. A lama é normalmente retornada para a superfície quando certa informação geológica é desejada e quando a lama é para ser recirculada. A lama é usada para ajudar a lubrificar e esfriar a broca de perfuração e para facilitar a remoção de cascalhos à medida que o furo de poço é perfurado. Também, a pressão hidrostática criada pela coluna de lama dentro do orifício previne erupções que de outro modo ocorreriam devido às pressões altas encontradas dentro do poço. Para prevenir uma erupção

causada pela pressão alta, peso pesado é posto dentro da lama de modo que a lama possua uma pressão hidrostática maior do que qualquer pressão antecipada dentro da perfuração.

Tipos diferentes de lama têm que ser usados em profundidades diferentes porque a pressão aumenta dentro do furo do poço com o aumento da profundidade do furo do poço. Por exemplo, a pressão a 762,0 m é muito maior do que a pressão a 304,8 m. A lama usada a 304,8 m não seria suficientemente pesada em uma profundidade de 762,0 m e uma erupção poderia ocorrer. O peso da lama nas profundidades extremas em poços submarinos tem que ser particularmente pesado para contra-atacar a pressão alta. Contudo, a pressão hidrostática desta lama particularmente pesada pode fazer com que a lama comece a ultrapassar limites ou a vazar para dentro da formação, criando uma perda de circulação de lama. Colunas de revestimento são usadas para revestir o furo de poço para prevenir o vazamento da lama de perfuração.

Para permitir o uso de tipos diferentes de lama, colunas de revestimento diferentes são empregadas para eliminar o amplo gradiente de pressão encontrado no poço. Para iniciar, o poço é perfurado usando uma lama leve até uma profundidade onde uma lama mais pesada é requerida. Isto geralmente ocorre em um pouco além de 304,8 m. Neste estágio, uma coluna de revestimento é inserida dentro do furo do poço. Uma pasta de cimento é bombeada para dentro do revestimento e um tampão de fluido, tal como lama de perfuração ou água, é bombeado atrás da pasta de cimento com o objetivo de forçar o cimento para cima e para dentro do espaço anular entre o exterior do revestimento e o interior do furo do poço. A quantidade de água na formação da pasta de cimento variará sobre uma faixa ampla dependendo do tipo de cimento hidráulico selecionado, da consistência requerida da pasta, do requerimento de resistência para um trabalho particular, e das condições de trabalho gerais em mãos.

Tipicamente, cimentos hidráulicos, particularmente cimentos Portland, são usados para cimentar o revestimento de poço dentro do furo de poço. Cimentos hidráulicos são cimentos que endurecem e desenvolvem resistência compressiva devido à ocorrência de uma reação de hidratação que permite que eles endureçam ou curem sob água. A pasta de cimento é permitida endurecer ou enrijecer para manter o revestimento no lugar. O cimento também proporciona isolamento zonal das formações de subsuperfície e ajuda a prevenir desabamento ou erosão do furo do poço.

Após o endurecimento do primeiro revestimento, a perfuração continua até que o furo do poço seja de novo perfurado para uma profundidade onde uma lama mais pesada é requerida e a lama mais pesada requerida iniciaria a transpor limites e vaziar para dentro da formação, geralmente ao redor de 762,0 metros. De novo, uma coluna de revestimento é inserida dentro do furo do poço dentro da coluna previamente instalada, e uma pasta de cimento é adicionada como antes.

Múltiplas colunas de revestimento também podem ser usadas no furo do poço para isolar duas ou mais formações que não devem se comunicar umas com as outras. Por exemplo, uma característica única encontrada no Golfo do México é uma areia aquosa fresca de pressão alta que flui em uma profundidade de cerca de 609,6 metros. Devido à pressão alta, é geralmente requerido um revestimento extra naquele nível. Caso contrário, a areia vazaria para dentro da lama ou do fluido de produção.

Uma cabeça de poço submarina tipicamente possui um alojamento externo seguro no fundo do mar e um alojamento de cabeça de poço interno recebido dentro do alojamento de cabeça de poço externo. Durante a completação de um poço marítimo, os suspensores de revestimento e de tubulação são abaixados para dentro das posições suportadas dentro do alojamento de cabeça de poço através de um conjunto de preventores BOP instalado acima do alojamento. Após a completação do poço, o conjunto de

preventores BOP é substituído por uma árvore de natal possuindo válvulas adequadas para controlar a produção dos fluidos de poço. O suspensor de revestimento é vedado com respeito ao alojamento e o suspensor de tubulação é vedado com respeito ao suspensor de revestimento ou o furo de alojamento, de modo a formar efetivamente uma barreira ao fluido no espaço anular entre o revestimento e as colunas de tubulação e o furo do alojamento acima do suspensor de tubulação. Após o suspensor de revestimento ser posicionado e vedado, uma vedação de espaço anular de revestimento é instalada para controlar a pressão. Se a vedação está sobre a cabeça de poço de superfície, muitas vezes a vedação pode ter uma porta que se comunica com o espaço anular do revestimento. Contudo, em um alojamento de cabeça de poço submarina, há um alojamento de pressão baixa de diâmetro grande e um alojamento de pressão alta de diâmetro menor. Por causa da pressão alta, o alojamento de pressão alta tem que ser livre de quaisquer portas para segurança. Uma vez vedado o alojamento de pressão alta, não há meio de se ter um furo abaixo do suspensor de revestimento para propósitos de prevenção de erupção.

Representativamente ilustrado em Fig. 1 é um método que expressa os princípios da presente invenção. Na descrição seguinte do método e de outra aparelhagem e métodos aqui descritos, termos direcionais, tais como “acima”, “abaixo”, “superior”, “inferior”, etc., são usados apenas por conveniência ao se referirem aos desenhos acompanhantes. Adicionalmente, é para ser entendido que várias modalidades da presente invenção aqui descritas podem ser utilizadas em várias orientações, tais como inclinada, invertida, horizontal, vertical, etc., e em várias configurações, sem se desviarem dos princípios da presente invenção. O processo aqui descrito é aplicável aos furos de poço em sítios terrestres e em sítios submarinos. Deve ser entendido que o furo de poço termina em uma extremidade onde o furo de poço entra na terra. No caso de sítios submarinos, a terminação está na interface de

água/terra.

Deve ser entendido que o uso dos termos "furo de poço" e "coluna de revestimento" aqui não são para serem considerados como limitação da invenção aos elementos ilustrados particulares dos métodos. O furo de poço poderia ser qualquer furo de poço, tal como uma ramificação de outro furo de poço, e necessariamente não se estende diretamente para a superfície da terra. A coluna de revestimento poderia ser qualquer tipo de coluna tubular, tal como uma coluna de forro, etc. Os termos "coluna de revestimento" e "coluna de forro" são aqui usados para indicar colunas tubulares de qualquer tipo, tais como colunas tubulares segmentadas ou não-segmentadas, colunas tubulares feitas de quaisquer materiais, incluindo materiais não-metálicos, etc. Assim, o leitor reconhecerá que estes e outros termos descritivos aqui usados são meramente para conveniência em explanação clara das modalidades ilustradas da invenção, e não são usados para limitar o escopo da invenção.

Fig. 1 ilustra uma modalidade da invenção. Um furo de poço já tem sido perfurado usando uma coluna de perfuração 50, e uma montagem de revestimento 20, compreendendo pelo menos duas colunas de revestimento em um arranjo concêntrico uma com respeito à outra, tem sido previamente instalado. A sonda de perfuração, com meio de suporte para suportar a coluna de perfuração, para instalar as colunas de revestimento, e para fornecer os fluidos ao furo de poço, é agora mostrada. Em Fig. 1, coluna de revestimento 22 tem sido instalada, e é vedada na ou próxima de uma extremidade oposta ao furo de poço 10 por um tampão de cimento 24.

Atenção particular é agora direcionada à coluna de revestimento 40, que tem sido instalada para estender a terminação de furo de poço 34. Está claro que a terminação 34 pode ser uma terminação temporária, de tal modo que o furo de poço pode ser estendido adicionalmente após a coluna de revestimento 40 tiver sido instalada. Alternativamente, coluna de

revestimento 40 pode se estender até a profundidade final na formação 5, e o furo de poço não se estenderá antes de iniciar a produção. Um volume anular 42, descrito pela superfície interna de coluna de revestimento 22 e a superfície externa de coluna de revestimento 40, é cheio com um fluido, e geralmente cheio com o fluido que está presente dentro do furo de poço volume 36 quando a coluna de revestimento 40 é instalada. Fluidos convencionais que podem estar inicialmente presentes no volume anular incluem um fluido de perfuração ou um fluido de completação, dependendo das circunstâncias da operação de perfuração. As propriedades do fluido inicialmente dentro de um volume anular, aqui chamado de primeiro fluido, são selecionadas para se atenderem às necessidades do trabalhador perfurando o poço para perfurar para completar o poço. Em uma modalidade, o fluido é um fluido incompressível, usando a definição convencional.

No estágio no processo ilustrado em Fig. 1, o volume anular 42 está em comunicação de fluido com o furo de poço volume 36 via a abertura 44 em uma extremidade do revestimento. A outra extremidade do volume anular, designada por 46, está em comunicação de fluido com o equipamento de superfície, tal como uma sonda de perfuração, (não mostrada), que possui o meio para recuperar um fluido deixando o volume anular através de 46. Preocupações ambientais proporcionam o incentivo para minimizar a quantidade de líquido perdida para o ambiente através de 46.

No processo da invenção, um segundo fluido é introduzido no volume de furo de poço 36 através da abertura 48 para substituir pelo menos uma porção do primeiro fluido no volume anular 42. A abertura 48 está em comunicação de fluido com meio para fornecer o segundo fluido. Meio de bombeamento para este propósito pode estar localizado, por exemplo, em uma sonda de perfuração ou em uma sonda de produção. O segundo fluido é fornecido ao volume como um tampão ou uma lama viscosa, e passa descendentemente através do furo de poço volume 36 em uma forma

relativamente pura. Na terminação de furo de poço 34, o segundo fluido entra no volume anular 42 através da abertura 44, e passa ascendentemente, conduzindo o primeiro fluido originalmente no volume anular 42 para frente da lama viscosa de segundo fluido, e fora do volume anular através da
5 abertura 46. A quantidade de segundo fluido que é fornecida ao volume anular é uma questão de escolha de engenharia, dependendo da quantidade de pressão que pode ser tolerada dentro do volume anular vedado 42. Esta quantidade é adicionalmente influenciada, por exemplo, pelo tamanho do sistema do poço, a temperatura do segundo fluido quando é fornecido ao
10 volume anular, a temperatura dos fluidos que serão produzidos no poço, a temperatura esperada do fluido no volume anular durante a produção, projeto e especificações da coluna de revestimento e semelhantes.

Após uma quantidade suficiente do segundo fluido ter sido adicionada no volume anular 42 para substituir pelo menos uma porção do
15 primeiro fluido contido nele, o volume anular 42 é vedado. Fig. 2 ilustra o volume anular 42 vedado por um tampão de concreto em 26, e pelo tampão de espaço anular de revestimento, mostrado em 28. Geralmente, a vedação do espaço anular do revestimento veda o topo do furo de poço, prevenindo escape de fluidos do furo de poço para dentro do ambiente. Assim, o volume
20 vedado, ou confinado, representado pelo volume anular 42 das colunas de revestimento contém um fluido, que está confinado no lugar e é prevenido de vazar do volume em qualquer extensão notável.

Na modalidade ilustrada em Fig. 2, pelo menos uma porção de um primeiro fluido contido dentro de um volume tal como um volume anular
25 42, e possuindo uma primeira pressão e uma primeira temperatura dentro do volume, é substituída com um segundo fluido, de tal modo que o volume seja cheio com a combinação de o primeiro fluido e o segundo fluido. O volume anular 42, entre as colunas de revestimento 22 e 40, é vedado por tampão de concreto 26 e por tampão de espaço anular de revestimento 28. A temperatura

do fluido dentro de um volume anular 42, compreendendo o segundo fluido, está geralmente dentro da faixa de -18°C - 38°C . Para instalações submarinas, a temperatura de fluido (i.e. a primeira temperatura) é muitas vezes menor do que 16°C , menor do que $4,4^{\circ}\text{C}$, ou, por exemplo, está dentro da faixa de temperatura entre $-3,9^{\circ}\text{C}$ e $1,7^{\circ}\text{C}$.

Quando fluidos hidrocarbônicos começam a ser produzidos e a fluir ascendentemente através do conduto de produção 52 e para fora do furo de poço 10, estes fluidos estão geralmente em uma temperatura mais alta do que a primeira temperatura. Temperaturas de fluido de produção dentro da faixa de 10°C a 149°C são esperadas, e temperaturas dentro da faixa de 52°C a 121°C são freqüentemente encontradas. Os fluidos de produção relativamente mais quentes dentro dos condutos 52 aquecem o fluido dentro do volume anular confinado 42, de tal modo que o fluido está em uma segunda pressão e em uma segunda temperatura. Em sistemas convencionais, a pressão de fluido dentro do volume anular vedado começaria a aumentar para uma pressão significativamente mais alta à medida que a temperatura aumenta. Em contraste, de acordo com a presente invenção, o segundo fluido é pré-selecionado de tal modo que uma segunda pressão dentro do volume confinado, após a temperatura do fluido dentro do volume ser aumentada para a segunda temperatura, é menor do que tinha o volume confinado que continha o primeiro fluido apenas na segunda temperatura.

Os benefícios e vantagens da prática da invenção são contrastados com as deficiências do processo convencional. O volume anular é inicialmente cheio com um primeiro fluido. A temperatura do primeiro fluido pode estar na temperatura ambiente ou abaixo, dependendo da condição do furo do poço durante a adição do primeiro fluido. Para furos de poço submarinos, o primeiro fluido pode ser esfriado pela água através da qual o primeiro fluido passa ao longo a partir da fonte na plataforma de perfuração para o furo de poço. Sob estas condições, o primeiro fluido

geralmente estará em uma temperatura dentro da faixa de -18°C a 38°C . Para instalações submarinas, a temperatura de fluido (i.e. a primeira temperatura) é muitas vezes menor do que 16°C , menor do que $4,4^{\circ}\text{C}$, ou, por exemplo, está dentro da faixa de temperatura entre 25°F e $1,7^{\circ}\text{C}$. Após o fluido ser vedado dentro de um volume anular, ele é aquecido pelos fluidos de produção passando ascendentemente através da tubulação de produção 52 no furo de poço; a temperatura aumentada convencionalmente resulta em um aumento na pressão, algumas vezes até níveis catastróficos.

Pressão anular

Em contraste, esta pressão dentro de um volume anular é controlada para níveis manejáveis pelo presente processo. Na prática da invenção, um volume confinado que contém um fluido é aquecido, de tal modo que o fluido dentro do volume confinado está em uma segunda pressão e em uma segunda temperatura. Em uma modalidade, a segunda pressão é uniforme em todo o volume confinado. Em outra modalidade, a segunda pressão pode variar de lugar para lugar dentro do volume. Nesta modalidade, portanto, a segunda pressão (e segunda temperatura) é referida a uma localização particular, denominada de a localização selecionada, dentro de um volume anular. Por exemplo, o volume anular dentro da montagem de revestimento em um furo de poço pode possuir uma extensão vertical de centenas, e até mesmo de milhares de pés. Assim é esperado que a pressão hidrostática dentro do furo de poço cheio de fluido seja mais alta no fundo do furo do poço do que em seu topo. Em outra modalidade, portanto, o presente processo é direcionado para controlar a pressão máxima dentro de um volume anular, levando em consideração a cabeça hidrostática e outros fatores dentro do volume.

Para propósitos dentro desta descrição, a pressão alvo é a pressão desejada dentro de um volume anular durante a prática da presente invenção. Em uma modalidade, a pressão alvo na prática da invenção é uma

segunda pressão que é menor do que a que o volume confinado tinha quando continha apenas o primeiro fluido. Em outra modalidade, a segunda pressão igual à primeira pressão dentro de um volume anular. Em outra modalidade, o segundo fluido é selecionado de tal modo que a segunda pressão do segundo fluido contido dentro do volume anular vedado na segunda temperatura seja não mais do que 50% mais alta, preferivelmente não mais do que 30% mais alta, e mais preferivelmente não mais do que 15% mais alta do que a primeira pressão do volume anular não vedado em uma primeira temperatura e contendo apenas o primeiro fluido.

Em muitos casos, a primeira pressão, a primeira temperatura, a segunda pressão e a segunda temperatura podem ser medidas e o valor quantitativo de cada uma pode ser conhecido. Será reconhecido pelo trabalhador experiente, contudo, que a invenção pode ser praticada em sua totalidade sem conhecimento dos valores quantitativos destes parâmetros. É suficiente para a prática da invenção que uma segunda pressão seja mantida abaixo do limite de pressão no qual a integridade do recipiente (e.g. a coluna de revestimento) no qual o fluido está contido seja comprometida em uma extensão inaceitável.

Sistema de segundo fluido

Como aqui usado, o fluido que é adicionado no volume anular para controlar a pressão dentro de um volume anular é chamado de o segundo fluido ou, na alternativa, o fluido anular. Como tal, o segundo fluido possui propriedades de expansão térmica que causam um aumento de pressão menor dentro de um volume anular do que seria esperado para um líquido substancialmente incompressível. O fluido que está presente no volume de furo de poço 36 durante a instalação da coluna de revestimento 40, e portanto o fluido que está inicialmente dentro de um volume anular 42 quando a coluna de revestimento é instalada, é chamado de o primeiro fluido. A composição do primeiro fluido é não crítica para a invenção, e geralmente

será um dos vários fluidos usados na perfuração e completção do poço, incluindo, por exemplo, um fluido de perfuração ou um fluido de completção. Fluidos de perfuração podem ser água ou baseados em óleo, e podem adicionalmente compreender tensoativos, sais, agentes para aumento de peso e quaisquer outros materiais que são necessários para o esfriamento efetivo da broca de perfuração, remoção de cascalhos, e proteção e condicionamento do furo de poço para produção de fluido. Igualmente, fluidos de completção podem ser água ou baseados em óleo, e podem adicionalmente compreender materiais para limpeza do furo de poço e estruturas instaladas na preparação para recuperação dos fluidos da formação.

Na prática da invenção, o primeiro fluido dentro de um volume anular é substituído, pelo menos em parte, por um segundo fluido. Em geral, o segundo fluido compreende um componente líquido e um componente adicional que contribui para as propriedades desejadas como aqui descritas. Em uma modalidade, o segundo fluido é um fluido incompressível. Em uma modalidade separada, a combinação do primeiro fluido e o segundo fluido é um fluido incompressível, usando o significado convencional. O componente líquido pode compreender água, hidrocarbonetos ou ambos, incluindo, por exemplo, um ou mais componentes de um fluido de perfuração. Soluções aquosas contendo bases ou ácidos, sais inorgânicos ou orgânicos dissolvidos podem estar incluídas no sistema de segundo fluido. Misturas de hidrocarboneto, incluindo materiais tipicamente encontrados em fluidos de perfuração ou fluidos de completção podem ser usadas. Exemplos incluem combustível diesel, misturas de C_6 a C_{20} alcoóis, aldeídos, cetonas, éteres, carbonilas, aromáticos, parafinas e cicloparafinas. Emulsões com uma fase aquosa contínua e uma fase orgânica descontínua podem ser incluídas; alternativamente, emulsões com uma fase orgânica contínua e uma fase aquosa descontínua podem ser incluídas. Adicionalmente, o segundo fluido pode incluir uma fase líquida como a fase contínua, e adicionalmente inclui

sólidos, que podem estar presentes como uma lama ou como partículas massivas. Ou, o segundo fluido pode compreender um líquido como uma fase contínua, quer em camadas com uma fase vapor, ou contendo uma fase vapor na forma de bolhas dentro do líquido. Em outra modalidade, o segundo fluido compreende fases líquida, vapor e sólida, em qualquer das ou todas as formas descritas acima. em cada alternativa, o segundo fluido possui propriedades de expansão surpreendentes com respeito a um aumento em temperatura do fluido.

Materiais inorgânicos anidros

Em uma modalidade, o segundo fluido compreende materiais inorgânicos anidros, em um fluido veículo aquoso. A adição de materiais ou cristais inorgânicos anidros no volume anular absorve a água em excesso para dentro da estrutura deles, e alivia o problema de pressão anular. Por exemplo, cada quantidade de fórmula de sulfato de cálcio anidro (incluindo versões industriais, tais como gesso e gesso calcinado) absorve 10 água de hidratação em sua estrutura cristalina. Também efetivos são compostos inorgânicos tais como óxido de bário ou óxido de cálcio, que também absorvem água. Materiais de aluminossilicato, incluindo aluminossilicatos cristalinos tais como zeólitas, líquidos desidratados pelo aprisionamento de água em nível molecular. Exemplos de zeólitas para esta aplicação são zeólitas 3A, 4A, 13X e Y. Estas zeólitas não se expandem durante hidratação e, na realidade, liberam ar durante o processo. Qualquer ar liberado durante a hidratação será introduzido no volume anular confinado. Visto que ar é compressível, a bolsa de ar desenvolvida pelas zeólitas hidratando proporciona um tampão de pressão à medida que o fluido no volume anular é aquecido.

Em uma modalidade preferida da invenção, pelotas de um composto inorgânico absorvente de água podem ser encapsuladas com qualquer materiais que pode lentamente dissolver o fluido aprisionado, tal como um polímero lentamente solúvel, de tal modo que a reação pode ser

retardada o suficiente para proporcionar tempo de circulação antes de ocorrer a ação absorvente. Isto também poderia funcionar em sistemas binários ou ternários onde água é um componente pequeno da mistura que é aprisionado (e.g., 6% de água, o restante como óleo mineral ou outra tal mistura).

- 5 Exemplos não limitantes de um polímero lentamente solúvel incluem poli(vinil-álcool), carbóxi-metil-celulose e gelatina.

Em uma modalidade separada, pelo menos uma porção dos materiais inorgânicos fornecidos ao volume anular no segundo fluido compreende um tungstato de zircônio ou um molibdato de zircônio possuindo
 0 um coeficiente negativo de expansão térmica.

Materiais poliméricos reticulados

Em uma modalidade separada, um ou mais materiais poliméricos/orgânicos reticulados são incluídos no fluido anular desta invenção para contra-atacar o aumento em pressão à medida que o fluido
 15 anular é aquecido dentro do volume vedado. Qualquer material de espuma porosa aberta dimensionalmente estável (e.g. espuma de poliestireno e espuma de poliuretano) pode ser adequadamente usado para este propósito. a efetividade do material polimérico para contra-acatar o efeito da pressão crescente é intensificada quando revestido com um polímero lentamente
 20 solúvel. Neste modo, o material polimérico revestido com o polímero lentamente solúvel é introduzido no volume anular. Após a cimentação, o polímero lentamente solúvel se dissolve, expondo o polímero reticulado ao fluido anular. O aumento da pressão causa esmagamento do polímero reticulado, que tanto reduz a pressão dentro de um volume anular, quanto
 25 desloca o vapor que estava originalmente aprisionado dentro do polímero reticulado. Tanto o esmagamento do polímero quanto a geração de um gás compressivo contribuem para a diminuição em pressão dentro de um volume anular.

Sistema de polimerização

Em uma modalidade separada, é proporcionado um processo para controlar a pressão dentro de um volume confinado pela provisão de um segundo fluido compreendendo um monômero que polimeriza com uma redução em volume específico em uma segunda pressão e em uma temperatura dentro da faixa de entre a primeira temperatura e a segunda temperatura. De acordo com esta modalidade, a pressão dentro do volume anular vedado é diminuída sob aquecimento pela polimerização de um monômero que é adicionado no fluido anular antes da vedação do volume. Ambos um monômero solúvel em água e um monômero insolúvel em água, quando adicionados no volume anular, podem polimerizar, com uma diminuição acompanhante em volume (e diminuição associada em pressão dentro de um volume anular). Uma tal diminuição em volume resultaria, dentro do volume confinado do espaço anular vedado, em um decréscimo em pressão, dentro do volume confinado, em relação a um sistema similar sem polimerização dos monômeros particulares da presente invenção.

O monômero da invenção pode ser misturado com água, com óleo, ou com uma mistura mais complexa característica de uma lama de perfuração, incluindo componentes de densidade alta na preparação do segundo fluido. O monômero estará presente no segundo fluido na faixa de 1 a 99% em volume, mais preferivelmente dentro da faixa de 5 a 75% em volume, ainda mais preferivelmente dentro da faixa de 10 a 50% em volume. um exemplo de segundo fluido compreende 20% em volume de monômero e 80% em volume de um segundo componente compreendendo água e um material de densidade alta tal como sulfato de bário.

Com a polimerização dos monômeros, incluindo polimerização de acrilatos, tais como acrilato de metila e metacrilato de metila, uma redução em volume de tanto quanto 25% entre o monômero líquido e o polímero sólido pode resultar do processo de polimerização. Veja, por exemplo, "Acrylic and Methacrylic Ester Polymers", em Encyclopedia of

Polymer Science and Engineering, 2nd Edition, J. Kroschwitz, ed., John Wiley & Sons, Inc., Volume 1, Table 20, p. 266, (1985), e D.A. Tildbrook, et al., "Prediction of Polymerization Shrinkage Using Molecular Modeling," J. Poly.

Sci; Part B: Polymer Physics, 41, 528-548 (2003). Em uma modalidade preferida desta invenção, o monômero é suspenso ou emulsificado (usando sabão) em água como uma mistura de água/óleo com iniciador(es) de polimerização apropriado(s), bombeado para dentro do espaço anular, e após cimentação, polimerização ocorre (de novo, tomando vantagem da cinética lenta na temperatura de quase congelamento), com um decréscimo de volume total de até 5% pode ser alcançado com uma mistura de monômero e água de 20% em volume/volume. Exemplos não limitantes de outros monômeros vinílicos que poderiam ser práticos para este processo de polimerização in-situ incluem outros ésteres acrílicos, ésteres metacrílicos, butadieno, estireno, cloreto de vinila, N-vinil-pirrolidona, N-vinil-caprolactama, ou outros tais monômeros solúveis em água e/ou óleo.

Benefícios adicionais podem ser derivados da escolha de iniciador para o processo de polimerização. Um iniciador de tipo azo produz gás nitrogênio como um subproduto durante o processo de polimerização. O componente em fase gasosa resultante que é gerado no volume anular confinado, sendo um fluido compressível, pode contribuir para o controle da pressão dentro do volume anular confinado quando o fluido estiver sendo aquecido pelo fluido produto passando através da tubulação de produção. Um iniciador peróxido também pode ser usado, dependendo da temperatura e das restrições químicas do fluido produto. Alternativamente, um sistema iniciador redox tal como persulfato de amônio e o ativador N,N,N',N'-tetrametil-etileno-diamina, ou persulfato de potássio e o ativador sulfato ferroso / bissulfito de sódio também poderia ser usado se encapsulado como mencionado acima para controlar o tempo quando a polimerização ocorre.

Material gerador de gás

Em outra modalidade, a adição de um material gerador de gás proporciona uma bolsa de gás compressível que alivia o problema de pressão anular. Um exemplo de um material gerador de gás útil para a invenção compreende combinação de ácido cítrico e bicarbonato, em uma razão em peso de 1:2, com uma quantidade pequena de extrato de hamamélis, em um produto moldável que produz gás dióxido de carbono quando hidratado com água. Preferivelmente, pelotas deste material são revestidas e/ou encapsuladas com um polímero lentamente solúvel em água, como descrito acima. Ao usar estas pelotas na prática da invenção, as pelotas revestidas são bombeadas para dentro do volume anular, que é então vedado como descrito. A “liberação determinada no tempo” das pelotas gera gás produzido, que é aprisionado nos níveis superiores no volume anular.

Sistema de fluido binário

Em outra modalidade, o sistema de segundo fluido é um sistema de fluido binário compreendendo dois líquidos que possuem um coeficiente de volume de misturação negativo. Coeficiente de volume de misturação negativo significa que há a propriedade que, quando os dois líquidos são misturados juntos, o volume de líquido misturado é menor do que a soma dos volumes dos dois líquidos antes da misturação. Exemplos de fluidos com esta propriedade particular incluem uma mistura de álcool com um fluido aquoso. Exemplos de alcoóis incluem alcoóis C_1 a C_8 ; alcoóis preferidos são metanol, etanol, propanol e butanol. Neste caso, o fluido aquoso pode ser o fluido de perfuração que está presente no volume anular após instalação da coluna de revestimento.

É importante manter o álcool como uma fase separada até o volume anular ser vedado, como descrito, durante a formação da mistura com o segundo líquido. Em uma modalidade, o álcool é bombeado para dentro do volume anular como um tampão relativamente puro; com a misturação maior da fase alcoólica com a fase aquosa ocorrendo dentro de um volume anular

após o volume anular ser vedado. Alternativamente, o álcool é encapsulado com qualquer material que pode se dissolver lentamente no fluido aprisionado, tal como um polímero lentamente solúvel, de modo que a mistura das duas fases pode ser suficientemente retardada para garantir que ocorra a mistura após o volume ser vedado. Exemplos não limitantes de um polímero lentamente solúvel incluem poli(vinil-álcool), carbóxi-metil-celulose e gelatina.

Assim, antes ou durante o aquecimento do volume anular durante a produção de fluidos quentes, o polímero lentamente solúvel é dissolvido e a fase alcoólica mistura com a fase aquosa, resultando em uma redução em pressão dentro de um volume anular em relação à pressão que teria estado presente se a fase aquosa não tivesse sido adicionada como descrito. Na realização desta modalidade, uma fase alcoólica é adicionada até 90%, preferivelmente dentro da faixa de 5% em volume a 80% em volume, mais preferivelmente dentro da faixa de 10% em volume a 50% em volume do volume total de líquido no volume anular, a quantidade específica dependendo da aplicação específica.

Exemplo

Exemplos de laboratório demonstraram uma redução efetiva em volume de uma mistura de metacrilato de metila em um processo de polimerização em emulsão, e pelo exemplo abaixo, foi provado que o processo funciona em uma aparelhagem que mantém volume constante, enquanto é monitorada a pressão durante um ciclo de aquecimento (Exemplo 1), e em um experimento de campo usando um poço de teste de 152 metros (Exemplo 2).

Exemplo 1

Uma bomba de pressão foi cheia com um fluido aquoso em pressão inicial manométrica de 1.379 kPa. A bomba foi vedada para evitar escape dos fluidos da bomba, e aquecida de 24°C a 100°C. Como mostrado

em Figure 3, a pressão do fluido dentro da bomba aumentou para 96.527 kPa durante o ciclo de aquecimento.

A bomba de pressão usada acima foi cheia com um fluido de emulsão aquosa contendo um carregamento de 20% em volume de metacrilato de metila (com iniciador de tipo azo) em uma pressão inicial manométrica de 1.379 kPa. A bomba foi vedada para evitar escape dos fluidos da bomba, e aquecida de 24°C a 100°C. Como mostrado em Figura 3, a pressão do fluido dentro da bomba aumentou para aproximadamente 20.684 kPa, mas em uma velocidade de aumento menor do que com apenas o fluido aquoso. Aproximadamente 70°C, polimerização do monômero metacrilato de metila foi iniciada, e a pressão dentro da bomba diminuiu para abaixo da pressão inicial dentro da bomba.

Exemplo 2

Também foi realizado um experimento de campo de escala aumentada. Água foi usada em um poço de teste de profundidade de 152 metros dentro de um espaço anular confinado por revestimentos de 18 centímetros e 24,4 metros. Após a adição de fluido, o espaço anular foi pré-pressurizado para 3.447 kPa, e então aquecido pela circulação de água quente dentro do tubo de 18 centímetros. Durante um período de 2 horas, a temperatura de entrada foi de 87,8°C, e uma temperatura de saída de 71,1°C (devido à absorção de calor da formação poço abaixo). A pressão manométrica resultante foi de cerca de 14.479 kPa (Figura 4).

Um fluido de emulsão similar como descrito em Exemplo 1, contendo carregamento de 20% em volume de metacrilato de metila (com iniciador de tipo azo) foi usado no mesmo poço de teste. Dentro de vários minutos após a pré-pressurização de 3.447 kPa, foi observado que a pressão já havia caído para zero, assim o espaço anular foi de novo pressurizado para até 3.447 kPa. Durante um período de 2 horas, a temperatura foi elevada como

antes, e foi observado que as temperaturas de entrada e de saída foram virtualmente idênticas devido ao calor gerado pela reação de polimerização. A pressão de novo diminuiu para zero, e então lentamente aumentou para uma pressão estável final de 1.655 kPa (Figura 4). A queda significativa em
5 pressão foi devido à retração do monômero em polímero. Amostras colhidas no final do experimento foram analisadas para monômero e polímero. Houve evidência de uma quantidade traço de monômero ($<1\%$), e o polímero teve um peso molecular ponderal médio de quase 3 milhões.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para controlar a pressão dentro de um volume confinado, caracterizado pelo fato de compreender:

5 a) proporcionar um volume contendo um primeiro fluido possuindo uma primeira pressão e uma primeira temperatura dentro do volume;

b) substituir pelo menos uma porção do primeiro fluido dentro do volume com um segundo fluido;

c) vedar o volume para produzir um volume confinado;

10 d) aquecer o fluido dentro do volume confinado, de tal modo que o fluido esteja em uma segunda pressão e em uma segunda temperatura;

no qual o segundo fluido é pré-selecionado de tal modo que a segunda pressão seja menor do que a pressão que tinha o volume confinado que continha o primeiro fluido apenas na segunda temperatura.

15 2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o volume é um volume anular.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o volume anular é descrito por duas colunas de revestimento concêntricas dentro de um furo de poço.

20 4. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira temperatura está dentro da faixa de $-17,8^{\circ}\text{C}$ a $37,8^{\circ}\text{C}$.

5. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a segunda temperatura está dentro da faixa de 10°C a 149°C .

25 6. Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a segunda temperatura está dentro da faixa de $51,7^{\circ}\text{C}$ a 121°C .

7. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fluido dentro do volume confinado de etapa (c) está na

primeira pressão e na primeira temperatura.

8. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira pressão é a pressão máxima do primeiro fluido dentro do volume de etapa (a), e no qual a segunda pressão é a pressão máxima do fluido dentro do volume de etapa (d).

9. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira pressão do fluido na primeira temperatura dentro do volume de etapa (a) está na localização selecionada dentro do volume, e no qual a segunda pressão do fluido na segunda temperatura dentro do volume de etapa (d) está localização selecionada dentro do volume.

10. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o segundo fluido compreende pelo menos um material inorgânico anidro.

11. Processo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o material inorgânico anidro é selecionado do grupo consistindo de sulfato de cálcio, óxido de bário, óxido de cálcio, zeólita 3A, zeólita 4A, zeólita 13X e zeólita Y.

12. Processo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um material inorgânico anidro está encapsulado em um polímero lentamente solúvel.

13. Processo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o polímero lentamente solúvel é selecionado do grupo consistindo de poli(vinil-álcool), carbóxi-metil-celulose e gelatina.

14. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o segundo fluido compreende um material de espuma porosa.

15. Processo de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o material de espuma porosa é selecionado do grupo consistindo de espuma de poliestireno e de poliuretano.

16. Processo de acordo com a reivindicação 14, caracterizado

pelo fato de que o material de espuma porosa está encapsulado em um polímero lentamente solúvel.

17. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o segundo fluido compreende um monômero que polimeriza na segunda pressão e na temperatura na faixa entre a primeira temperatura e a segunda temperatura.

18. Processo de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o monômero polimeriza com um decréscimo em pressão dentro do volume confinado.

19. Processo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o monômero é selecionado do grupo consistindo de acrilatos e metilacrilatos.

20. Processo de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o processo de polimerização é iniciado por um iniciador selecionado do grupo consistindo de um iniciador do tipo azo, um iniciador peróxido, ou um sistema iniciador redor de persulfato de amônio / N,N,N',N'-tetrametil-etileno-diamina.

21. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o segundo fluido compreende um material gerador de gás.

22. Processo de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que o material gerador de gás é uma combinação de ácido cítrico e bicarbonato.

23. Processo de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que o material gerador de gás está encapsulado em um polímero lentamente solúvel.

24. Processo de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que o polímero lentamente solúvel é selecionado do grupo consistindo de poli(vinil-álcool), carbóxi-metil-celulose e gelatina.

25. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de que o segundo fluido compreende um sistema de fluido binário, que compreende um fluido aquoso e um álcool.

26. Processo de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o álcool é selecionado do grupo consistindo de alcoóis C_1 a C_8 .

27. Processo de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o sistema de fluido binário compreende de 5% em volume a 80% em volume de um álcool.

28. Processo de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o álcool dentro do segundo fluido é isolado de uma fase aquosa até o volume anular ser vedado.

29. Processo de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o álcool introduzido no segundo fluido é encapsulado com um polímero lentamente solúvel.

30. Processo para controlar a pressão dentro da estrutura de revestimento de um furo de poço, caracterizado pelo fato de compreender:

a) proporcionar um volume anular descrito pelas duas colunas de revestimento dentro de um furo de poço e contendo um primeiro fluido possuindo uma primeira pressão e uma primeira temperatura na localização selecionada dentro do volume anular;

b) substituir pelo menos uma porção do primeiro fluido dentro do volume anular com um segundo fluido;

c) vedar o volume anular para produzir um volume confinado;

d) aquecer o fluido dentro do volume confinado, de tal modo que o fluido na localização selecionada esteja na segunda pressão e na segunda temperatura; no qual o segundo fluido é pré-selecionado de tal modo que a segunda pressão na localização selecionada seja menor do que a pressão na localização selecionada dentro do volume confinado que teria tido o volume confinado que continha o primeiro fluido apenas na segunda

temperatura.

31. Processo de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que a segunda pressão é não maior do que 50% maior do que a primeira pressão.

5 32. Processo de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que a segunda pressão é não maior do que 30% maior do que a primeira pressão.

10 33. Processo de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que a segunda pressão é não maior do que 15% maior do que a primeira pressão.

34. Processo de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que a segunda pressão é igual à primeira pressão.

35. Processo para controlar a pressão dentro da estrutura de revestimento de um furo de poço, caracterizado pelo fato de compreender:

15 a) proporcionar um volume anular descrito pelas duas colunas de revestimento dentro de um furo de poço e contendo um primeiro fluido possuindo uma primeira pressão máxima na primeira temperatura dentro do volume anular;

20 b) substituir pelo menos uma porção do primeiro fluido dentro do volume anular com um segundo fluido;

c) vedar o volume anular para produzir um volume confinado;

c) aquecer o fluido dentro do volume confinado para uma temperatura elevada relativa à primeira temperatura, de tal modo que uma porção do fluido esteja na segunda pressão máxima;

25 no qual o segundo fluido é pré-selecionado de tal modo que a segunda pressão máxima seja menor do que a pressão máxima dentro do volume confinado que teria tido o volume confinado que continha o primeiro fluido apenas na temperatura elevada.

36. Processo para controlar a pressão dentro de um volume

confinado, caracterizado pelo fato de compreender:

a) proporcionar um volume contendo um primeiro fluido e um segundo fluido na primeira pressão e na primeira temperatura;

b) vedar o volume para produzir um volume confinado;

5 c) aquecer o primeiro fluido e o segundo fluido dentro do volume confinado, de tal modo que o primeiro fluido e o segundo fluido estejam na segunda pressão e na segunda temperatura;

no qual o segundo fluido é pré-selecionado de tal modo que a segunda pressão seja menor do que a pressão que teria o volume confinado
10 que continha o primeiro fluido apenas na segunda temperatura.

37. Processo para controlar a pressão dentro de um volume anular dentro de um furo de poço, caracterizado pelo fato de compreender:

a) encher o volume anular com um primeiro fluido;

b) substituir pelo menos uma porção do primeiro fluido com
15 um segundo fluido compreendendo um material selecionado do grupo consistindo de um material inorgânico anidro, um sistema de polimerização; e um sistema de fluido binário, dentro do volume anular; e

c) vedar o volume anular.

38. Processo de acordo com a reivindicação 37, caracterizado
20 pelo fato de que o material inorgânico anidro é selecionado do grupo consistindo de sulfato de cálcio, óxido de bário, óxido de cálcio, zeólita 3A, zeólita 4A, zeólita 13X e zeólita Y.

39. Processo de acordo com a reivindicação 37, caracterizado
25 pelo fato de que o material inorgânico anidro é selecionado do grupo consistindo de um tungstato de zircônio e um molibdato de zircônio, o material inorgânico anidro possuindo um coeficiente de expansão térmica negativo.

40. Processo de acordo com a reivindicação 37, caracterizado
pelo fato de que o sistema de polimerização compreende um iniciador e um

monômero selecionado do grupo consistindo de acrilatos e metilacrilatos.

41. Processo de acordo com a reivindicação 40, caracterizado pelo fato de que o iniciador é selecionado do grupo consistindo de um iniciador do tipo azo, um iniciador peróxido, ou um sistema de iniciador redox de persulfato de amônio / N,N,N',N'-tetrametil-etileno-diamina.

42. Processo de acordo com a reivindicação 37, caracterizado pelo fato de que o sistema de fluido binário compreende um fluido aquoso e um álcool.

Fig. 1

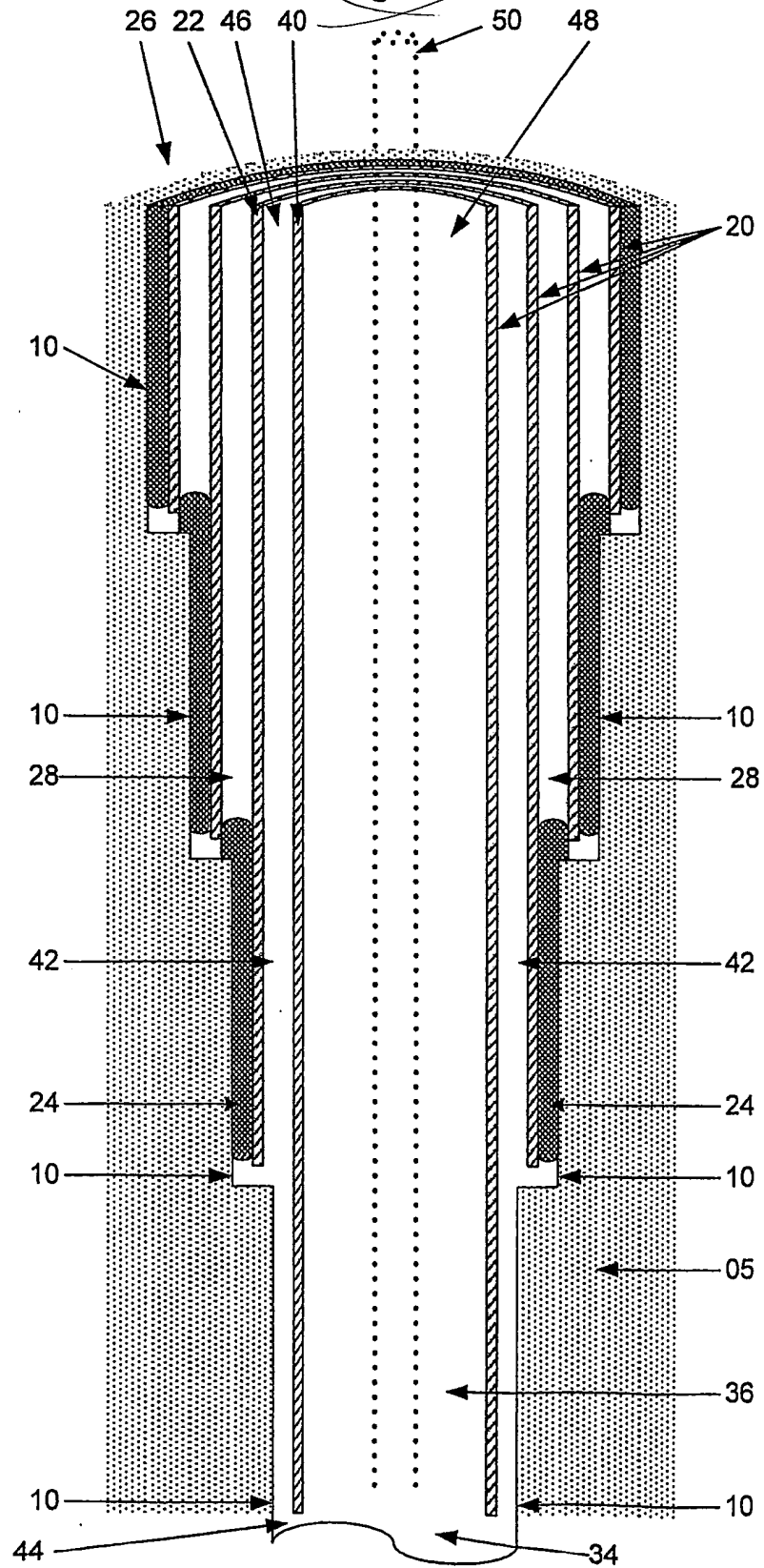


Fig. 2

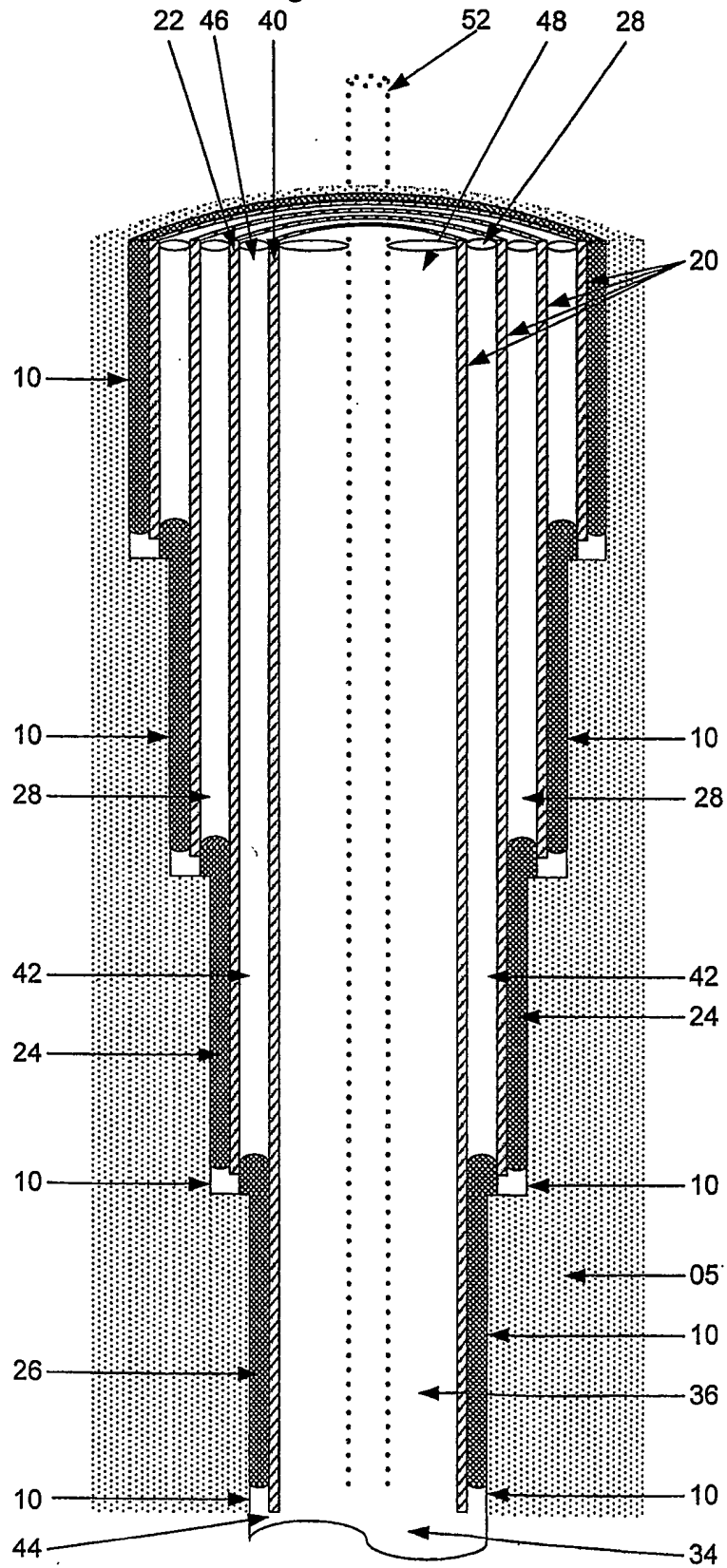


Fig.3

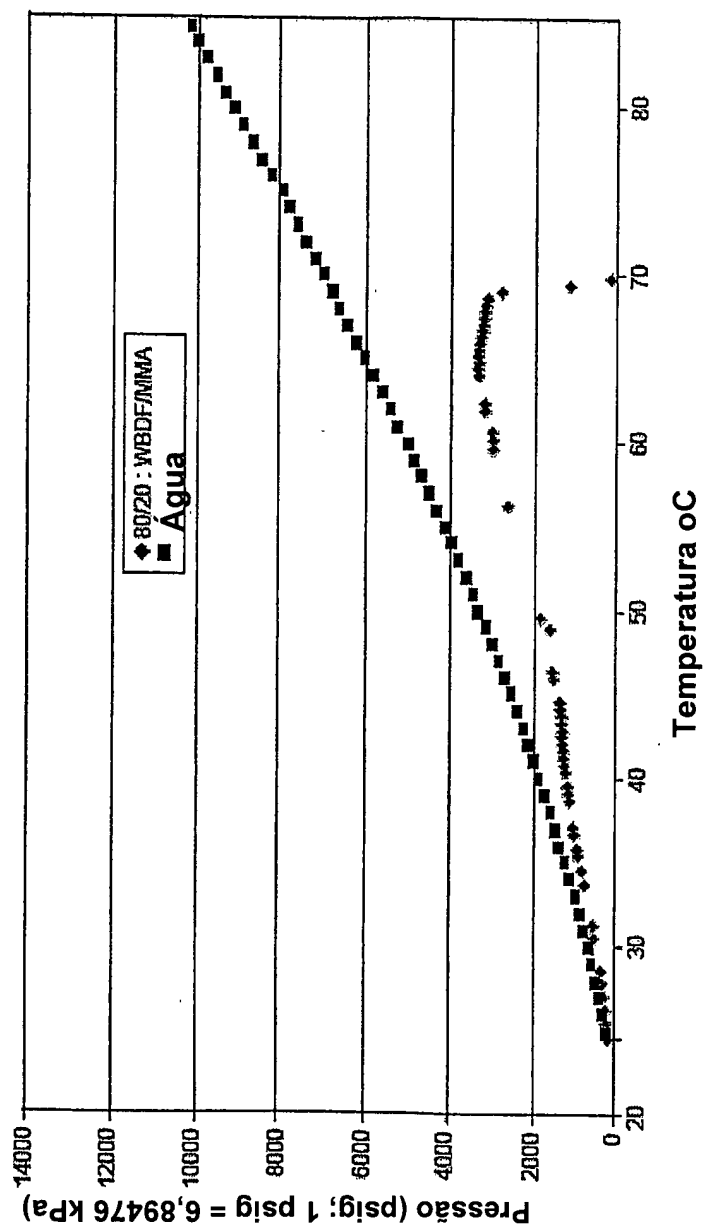
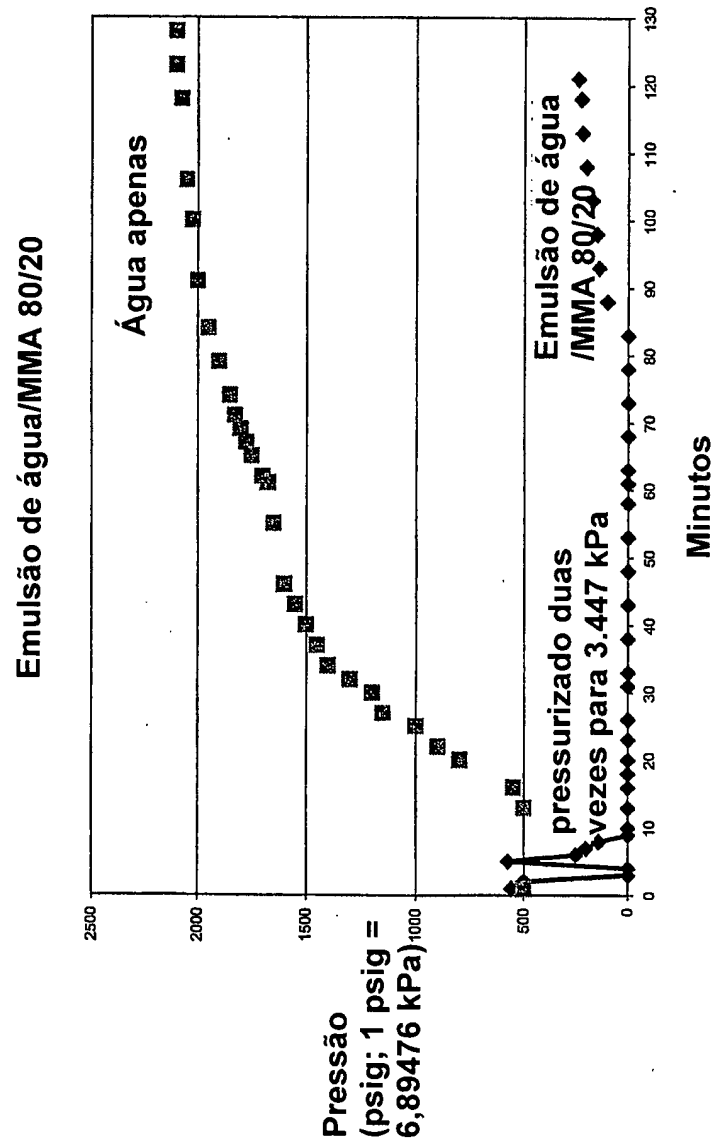


Fig.4



RESUMO

“PROCESSOS PARA CONTROLAR A PRESSÃO DENTRO DE UM VOLUME E DENTRO DA ESTRUTURA DE REVESTIMENTO DE UM FURO DE POÇO”

- 5 É descrito um processo para substituir pelo menos uma porção do líquido dentro do volume anular de um sistema de revestimento dentro de um furo de poço com um segundo líquido. O segundo líquido é pré-selecionado para proporcionar uma medida de controle da pressão dentro do volume anular como o fluido dentro do volume sendo aquecido.