



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

(11) PI 0517788-0 B1

(22) Data do Depósito: 18/11/2005

(45) Data de Concessão: 11/07/2017



(54) Título: MÉTODO PARA SELAR UM ESPAÇO EM UM FURO DE POÇO FORMADO EM UMA FORMAÇÃO NO SOLO

(51) Int.Cl.: E21B 33/14

(52) CPC: E21B 33/14

(30) Prioridade Unionista: 18/11/2004 EP 04105894.2

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

(72) Inventor(es): MARTIN GERARD RENE BOSMA; ERIK KERST CORNELISSEN; JOHN ALEXANDER GORDON DEWAR

“MÉTODO PARA SELAR UM ESPAÇO EM UM FURO DE POÇO FORMADO EM UMA FORMAÇÃO NO SOLO”

A presente invenção está relacionada a método para selar um espaço em um furo de poço formado em uma formação no solo. O espaço a
5 ser vedado pode ficar localizado, por exemplo, entre um revestimento e a parede do furo do poço, entre um revestimento interno e um revestimento externo, ou entre uma tubulação de produção e um revestimento.

De modo geral, um revestimento é vedado no furo do poço por meio de uma camada de cimento entre o revestimento e a parede do furo do
10 poço. No entanto, é de conhecimento que o cimento não proporciona sempre o grau de vedação desejado, em vista da contração do cimento durante a cura. Como resultado desta contração podem ocorrer micro-espacos anulares no cimento, os quais formam um caminho de migração que leva a um fluxo indesejável de fluido através do furo do poço.

15 Além disso, tem sido proposto selar um espaço anular entre um elemento tubular, disposto no furo do poço, e uma parede que se estende em torno do elemento tubular, tal como a parede do furo do poço, por meio de uma vedação anular produzida de um material que se intumescce pelo contato com um fluido de hidrocarbonetos. A vedação anular é conectada à superfície
20 externa do elemento tubular, e o elemento tubular com a vedação anular conectada a ele é então abaixado para dentro do furo do poço. Quando o fluido de hidrocarbonetos flui para dentro do espaço anular, a vedação se intumescce e deste modo veda o espaço anular. Embora tal método de vedação tenha proporcionado bons resultados, um problema inerente é a ocorrência de
25 possíveis danos à vedação durante o abaixamento do elemento tubular para dentro do furo do poço, particularmente se o espaço anular é estreito. Em algumas aplicações úteis, o espaço anular é mesmo extremamente estreito, de tal modo que um abaixamento apropriado do elemento tubular com a vedação conectada a ele é, na realidade, impossível.

Mais ainda, uma vedação adequada será difícil caso o espaço a ser vedado venha a apresentar uma forma irregular. Por exemplo, caso o espaço seja (parcialmente) definido pela parede do furo do poço, uma vedação adequada usando uma vedação anular poderá ser impossível caso o furo do poço apresente seções removidas que tenham ocorrido de forma inadvertida durante a perfuração do furo do poço.

É, portanto, um objeto da invenção proporcionar um método melhorado para selar um espaço em um furo de poço formado em uma formação no solo, método esse que venha a superar os problemas acima mencionados.

De acordo com a invenção é proporcionado um método para selar um espaço em um furo de poço formado em uma formação no solo, o método compreendendo inserir uma pluralidade de partículas suscetíveis a intumescimento dentro do dito espaço, as partículas sendo suscetíveis a intumescimento pelo contato com um fluido selecionado, e induzindo esse dito fluido selecionado a entrar em contato com as partículas suscetíveis a intumescimento, pelo que as partículas suscetíveis a intumescimento se intumescem de modo a formarem um corpo de partículas intumescidas no dito espaço.

É obtido deste modo que, a colocação das partículas suscetíveis a intumescimento no local desejado no furo do poço é relativamente fácil, uma vez que as partículas são relativamente pequenas antes do intumescimento e podem, portanto, passar através de passagens bastante estreitas no furo do poço. Além disso, as partículas entram nas irregularidades que venham a estar presentes no espaço a ser vedado, e vedam de forma completa essas irregularidades após o intumescimento das partículas. A etapa de induzir o fluido selecionado a entrar em contato com as partículas suscetíveis a intumescimento inclui aplicações pelas quais o fluido selecionado é ativamente bombeado no sentido das partículas suscetíveis a

intumescimento, bem como aplicações pelas quais o fluido selecionado é deixado fluir naturalmente no sentido das partículas suscetíveis a intumescimento. Por exemplo, o fluido selecionado pode ser água ou óleo que flui da formação no solo para dentro do furo do poço, ou água que migra para fora de uma camada de cimento, disposta na proximidade das partículas suscetíveis a intumescimento.

De forma apropriada, as partículas suscetíveis a intumescimento são inseridas dentro o dito espaço pelo bombeamento das partículas suscetíveis a intumescimento em uma corrente de fluido carreador, para dentro do dito espaço. Caso as partículas suscetíveis a intumescimento venham a se intumescer somente muito lentamente pelo contato com o fluido selecionado, o fluido carreador poderá ser, neste caso, o fluido selecionado. Assim sendo, em tal aplicação, as partículas suscetíveis a intumescimento e o fluido selecionado são bombeados simultaneamente como uma única corrente. De modo alternativo, as partículas suscetíveis a intumescimento podem ser bombeadas primeiro e o fluido selecionado em seguida.

Em uma forma de realização preferida, o dito espaço é um espaço anular definido entre o elemento tubular que se estende para dentro do furo do poço e a parede que se estende em torno do elemento tubular. De modo alternativo, o dito espaço (ou uma parte do mesmo) é o interior de um elemento tubular que se estende para dentro do furo do poço, ou o próprio furo do poço (ou uma parte do mesmo). Nessa aplicação, o corpo de partículas intumescidas forma, de modo apropriado, um tampão no dito espaço, como por exemplo, para a finalidade de abandono do furo do poço.

Em uma forma de realização apropriada o elemento tubular é um conduto de produção para transporte do fluido da formação para a superfície, e a dita parede é a parede do furo do poço ou o revestimento do furo do poço. De modo alternativo, o elemento tubular é um revestimento do furo do poço e a dita parede é a parede do furo do poço, ou outro revestimento

do furo do poço. Para facilidade de referência, o termo “revestimento do furo do poço”, conforme aqui usado, pretende significar ambos, um revestimento de furo de poço e uma camisa de furo de poço. Na terminologia convencional um revestimento de furo de poço se estende desde um local no fundo do furo do poço até a superfície, ao passo que uma camisa de furo de poço não se estende totalmente até a superfície.

Caso o espaço anular é para ser cheio (parcialmente) com cimento, o que é normalmente o caso para o espaço anular entre um revestimento interno e um revestimento externo, ou o espaço anular entre um revestimento e uma parede do furo do poço, é preferido que as partículas suscetíveis a intumescimento sejam misturadas com uma corrente de cimento a qual é, em seguida, bombeada para o interior do espaço anular. Deste modo, pode ser obtido que o vazamento do fluido do poço através de possíveis micro-rachaduras no cimento, seja minimizado em virtude do efeito de vedação das partículas, que se intumescem pelo contato com a água do cimento ou pelo contato com o fluido do vazamento.

De modo alternativo, as partículas suscetíveis a intumescimento podem ser bombeadas para dentro do espaço anular antes ou após o bombeamento do cimento, também para dentro do espaço anular. Neste caso, o corpo das partículas suscetíveis a intumescimento ficará disposto acima ou abaixo da camada de cimento, no espaço anular, de modo a formar uma camada de vedação adicional no espaço anular.

Em outra forma de realização atraente o elemento tubular é um conduto de produção que possui uma abertura de entrada para o fluido da formação, e a dita parede é a parede do furo do poço, onde a etapa de inserir as partículas suscetíveis a intumescimento compreende depositar as partículas entre a dita abertura de entrada e a parede do furo do poço. Desta maneira é obtido que um fluxo de fluido indesejável, tal como água em um poço de óleo, para o interior do conduto de produção, seja reduzido ou evitado em

virtude do intumescimento das partículas pelo contato com o fluido indesejável.

A etapa de induzir o dito fluido selecionado para fluir e entrar em contato com as partículas suscetíveis a intumescimento pode incluir, por exemplo, o bombeamento do fluido selecionado para dentro do espaço anular, a colocação do fluido selecionado em um recipiente dentro do furo do poço e em seguida a liberação do fluido do recipiente, ou a colocação das partículas suscetíveis a intumescimento próximas da camada de cimento, de tal modo que o excesso de água do cimento venha a acionar o intumescimento das partículas. Além disso, o intumescimento das partículas pode ser induzido pelo fluido produzido pelo poço, tal como o óleo ou a água da formação, que entram em contato com as partículas suscetíveis a intumescimento quando o poço é colocado em produção. No caso do fluido selecionado ser água da formação, o intumescimento das partículas poderá ocorrer somente após um prolongado período de tempo de produção continuada de óleo.

No caso do fluido selecionado ser água da formação no solo, as partículas suscetíveis a intumescimento incluem, de forma apropriada, um material matriz provido de um composto solúvel na dita água da formação, onde esse material matriz evita substancialmente ou restringe a migração do composto para fora das partículas suscetíveis a intumescimento, e permite, por osmose, a migração da dita água da formação para dentro das partículas suscetíveis a intumescimento, de modo a induzir o intumescimento das partículas suscetíveis a intumescimento pela migração da dita água da formação para o interior das partículas suscetíveis a intumescimento.

Desta maneira é obtido que, em virtude da presença do dito composto, as partículas suscetíveis a intumescimento se intumescem devido à osmose, mesmo no caso da água da formação apresentar uma alta salinidade.

Para evitar ou reduzir a lixiviação do dito composto para fora do material matriz, é preferido que as partículas incluam um material matriz

substancialmente impermeável ao dito composto ou a íons formados do dito composto.

De preferência, o material matriz inclui um material matriz de polímero, como por exemplo, um material matriz de elastômero termorrígido, ou um material matriz de elastômero termoplástico.

Os materiais de elastômero termorrígido apropriados, capazes de suportar as altas temperaturas do furo do poço, durante um prolongado período de tempo, são:

1) materiais de borracha os quais, à parte de se intumescerem em água, se intumescem também no óleo bruto presente em poços de petróleo, tais como borracha de etileno propileno (EPM e EPDM), borracha de terpolímero de etileno propileno dieno (EPT), borracha butílica (IIR), borracha butílica bromada (BIIR), borracha butílica clorada (CIIR), polietileno clorado (CM/CPE), borracha de neopreno (CR), borracha de copolímero de estireno butadieno (SBR), polietileno sulfonado (CSM), borracha de etileno acrilato (EAM/AEM), copolímero de epícloridrina óxido de etileno (CO, ECO), borrachas de sílica (VMQ) e borrachas de fluorossilica (FVMQ);

2) materiais de borracha que não se intumescem em óleo bruto, tais como copolímero de butadieno acrilonitrila (borracha nitrílica, NBR), NBR hidrogenada (HNBR, HNS) tais como ZETPOL®, TORNAC®, TERBAN®, NBR com grupos reativos (X-NBR), borrachas fluoro (FKM), tais como VITON®, FLUOREL®, borrachas perfluoro (FFKM), tais como KALREZ®, CHMRAZ® e ainda Tetrafluoroetileno/propileno (TFE/P), tal como AFLAS®, que não se intumescem quando expostas a óleos brutos de campos de petróleo.

A maioria desses elastômeros podem ser reticulados por mais de um agente reticulador, como por exemplo, enxofre ou peróxido.

À parte os materiais matriz termorrígidos (que não

intumescem e que se intumescem em óleo) cotados acima, também as combinações de elastômeros podem ser aplicadas ('ligas elastoméricas'). Embora uma combinação quase interminável de elastômeros termoplásticos e termorrígidos seja possível, as mais preferidas são as combinações

5 EPDM/polipropileno tais como SARLINK®, Lavaflex®, Santoprene®, combinações NBR-polipropileno tal como GEOLAST®, combinações NBR/cloreto de polivinila e combinações NR/polipropileno. Todas essas possuem a tendência de intumescer em petróleo bruto, em especial nas temperaturas de fundo de poço visadas.

10 Os exemplos de materiais apropriados que se intumescem quando em contato com água são: copolímero de enxerto de amido poliacrilato ácido, copolímero de enxerto de polivinil álcool cíclico anidrido ácido, polímeros tipo isobutileno anidrido maleico, ácido acrílico, copolímero vinil acetato acrilato, polímeros de óxido de polietileno, polímeros tipo

15 carbóxi metil celulose, polímeros de enxerto amido poliacrilonitrila e similares, e minerais de argila altamente suscetíveis a intumescimento tais como Sódio Bentonita possuindo montimorilonita como ingrediente principal.

De preferência o dito composto está presente na forma de matéria particulada inserida no material matriz.

20 Um exemplo de tal matéria particulada é sal, de preferência um sal que se dissocia e que pode ser composto uniformemente com a borracha base. De forma apropriada, o sal é um do grupo de acetatos (M-CH₃COO), bicarbonatos (M-HCO₃), carbonatos (M-CO₃), formiatos (M-HCO₂), halogenetos (M_X-H_Y) (H = Cl, Br ou I), hidrossulfetos (M-HS),

25 hidróxidos (M-OH), imidas (M-NH), nitratos (M-NO₃), nitretos (M-N), nitritos (M-NO₂), fosfatos (M-PO₄), sulfetos (M-S) e sulfatos (M-SO₄), onde M é um metal selecionado do grupo de metais da Tabela Periódica. Além disso, existem outros sais que podem ser aplicados onde o cátion é um não-metal, como NH₄Cl. No entanto, os sais preferidos são NaCl e CaCl₂. Destes,

o CaCl_2 é o mais preferido tendo em vista da sua característica bivalente e por causa da sua reduzida tendência de lixiviar para fora da borracha base, devido à reduzida mobilidade do relativamente grande átomo de Ca, na borracha base.

- 5 Para limitar a lixiviação do sal, a partir do elastômero, de modo apropriado as partículas suscetíveis a intumescimento incluem um polímero hidrofílico contendo grupos polares tanto de oxigênio como de nitrogênio na espinha dorsal, ou grupos laterais no material matriz de polímero. Esses grupos laterais podem ser parcial ou totalmente neutralizados.
- 10 Os polímeros hidrofílicos deste tipo são, por exemplo, álcoois, acrilatos, metacrilatos, acetatos, aldeídos, cetonas, sulfonatos, anidridos, anidrido maleico, nitrilas, acrilonitrila, aminas, amidas, óxidos (óxido de polietileno), tipos de celulose incluindo todos os derivados destes tipos, todos os copolímeros incluindo uma de todas as variantes enxertadas acima.
- 15 De modo apropriado, é aplicado um sistema ternário o qual inclui um elastômero, um SAP polar e um sal, pelo qual o SAP polar é enxertado na espinha dorsal do elastômero. Esse sistema apresenta a vantagem de que as partículas SAP polares tendem a reter as partículas de sal na matriz de elastômero, reduzindo deste modo a lixiviação do sal, do elastômero. O sal polar é atraído por forças eletrostáticas para as moléculas SAP polares que estão enxertadas ('coladas') na espinha dorsal da borracha.

- 25 De preferência, as partículas suscetíveis a intumescimento deverão ser capazes de intumescer em água com uma salinidade tão elevada quanto 140 gramas/litro, de cloreto de sódio, e contendo concentrações consideráveis de íons bivalentes, tais como pelo menos 40 gramas/litro, de cloreto de cálcio, e 8 gramas/litro, de cloreto de magnésio, e a uma temperatura de pelo menos 40° C, mas de preferência em temperaturas entre 100-150° C. Essas temperaturas são típicas para condições no furo estáticas no fundo do poço. A transição do estado de não-intumescidas para o de

totalmente intumescidas ocorre em um período que varia de umas poucas horas até várias semanas, dependendo do material das partículas suscetíveis a intumescimento e do fluido usado para dar início ao intumescimento das partículas. Para obter uma colocação sem obstruções e a deposição das
5 partículas suscetíveis a intumescimento, o intumescimento total deverá ocorrer, de modo apropriado, dentro de uma estrutura de tempo de 2-3 semanas. O estado intumescido das partículas deverá ser mantido por um período de pelo menos um ano.

Caso as partículas suscetíveis a intumescimento necessitem
10 possuir um peso mais acentuado, como por exemplo, com a finalidade de acentuar a deposição na parte mais baixa do furo do poço, as partículas suscetíveis a intumescimento podem ser providas de um núcleo de material mais pesado que o material matriz. Por exemplo, um núcleo de vidro, areia, bauxita, cerâmica ou metal, tal como chumbo, bismuto, grãos de aço, poderá
15 ser aplicado.

A invenção será descrita aqui adiante em maiores detalhes e como forma de exemplo, tendo como referência os desenhos que a acompanham, nos quais:

A Fig. 1 mostra de forma esquemática o comportamento do
20 intumescimento de diversas composições de borracha quando imersas em água salina, durante um período de tempo relativamente longo;

A Fig. 2 mostra de forma esquemática o comportamento do intumescimento das composições de borracha da Fig. 1 durante um período de tempo relativamente curto;

25 A Fig. 3 mostra de forma esquemática o comportamento do intumescimento de uma composição de borracha quando imersa em água salina, para diversas concentrações do sal contido na composição de borracha;

A Fig. 4 mostra de forma esquemática um furo de poço provido de um revestimento e uma vedação anular entre o revestimento e a

parede do furo do poço;

A Fig. 5 mostra de forma esquemática um furo de poço provido de uma camisa com fendas, para produção, e um enchimento de cascalho entre a camisa e a parede do furo do poço;

5 A Fig. 6 mostra de forma esquemática uma coluna de completação em uma seção de reservatório de um furo de poço;

A Fig. 7 mostra de forma esquemática um detalhe da coluna de completação da Fig. 6 em uma escala maior; e

10 A Fig. 8 mostra de forma esquemática um furo de poço provido de um revestimento e uma vedação anular na extremidade mais baixa do mesmo.

Nas figuras, números de referência iguais estão relacionados a componentes iguais.

15 As Figs. 1 e 2 indicam a razão de intumescimento (S) como uma função do tempo, de três composições comercializadas pela RUMA®, de Hoogetveen, Holanda. As composições se encontram disponíveis com os nomes:

900-70-1236, indicada pela linha a'

900-70-1354, indicada pela linha b'

20 900-70-1211, indicada pela linha c'.

Essas composições possuem, como material base, um material matriz de borracha EPDM, disponível da Bayer®, de Leverkusen, Alemanha, com a marca registrada Buna EP® EPT-5459/6950, que inclui agentes de reforço, cargas, agentes de vulcanização e estabilizantes convencionais.

25 Em adição:

a composição 900-70-1236 inclui partículas de NaCl disponíveis da AKZO, Holanda, com a marca registrada MICROZO®, moldadas dentro do material matriz de borracha até uma concentração de 35% em peso do material matriz de borracha;

a composição 900-70-1354 inclui SAP (e nenhum sal); e

a composição 900-70-1211 inclui sal e SAP.

Das figuras fica claro que a composição 900-70-1236 apresenta uma excelente razão de intumescimento, de mais de 200% em volume, quando em contato com salmouras aquíferas de petróleo altamente salinas e contendo quantidades apreciáveis de íons bivalentes tais como Ca_2^+ e Mg_2^+ . A composição 900-70-1354 possui um desempenho pobre de intumescimento (cerca de 18% em volume), e a composição híbrida 900-70-1211 apresenta um desempenho de intumescimento intermediário entre os desempenhos das composições 900-70-1354 e 900-70-1236.

Na Fig. 3 está mostrado um diagrama que indica a razão de intumescimento (S) de composições baseadas na composição 900-70-1236, mas agora com concentrações variáveis de partículas de NaCl no material matriz de borracha Buna EP® EPT-5459/6950. As concentrações das partículas de sal são:

34,8% em peso, indicada pela linha a”

26,3% em peso, indicada pela linha b”

41,6% em peso, indicada pela linha c”

15,1% em peso, indicada pela linha d”

Todos os outros aditivos nessas composições foram mantidos constantes.

Ficou aparente que a razão de intumescimento ótima foi obtida para concentrações de partículas de NaCl na faixa de 32-37% em peso, com base no peso do material matriz. As partículas de NaCl foram moldadas dentro do material matriz de borracha previamente à vulcanização da borracha, usando um aparelho de moldagem convencional (não mostrado) tal como a) o moinho de dois rolos, b) o moinho de mistura, ou c) o “Plasticator Gordon”. Para um retrospecto completo dessas técnicas pode ser feita referência a:

Werner, Hofmann, "Rubber Technology Handbook", 2ª edição, (1996), Hanser/Gardner Publications, Cincinnati, ISBN 1-56990-145-7 capítulo 5: Processamento de elastômeros, 'Compound Preparation'.

Tomando como referência a Fig. 4, está mostrado ali um sistema de furo de poço 1 para a produção de óleo, incluindo um furo de poço 2 formado em uma formação no solo 3, e um revestimento 4 que se estende da superfície para dentro do furo do poço 2, pelo que um espaço anular 6 se forma entre a parede do furo do poço 8 e o revestimento 4. O revestimento 4 é provido de um centralizador 10 que se estende radialmente para fora no espaço anular 6 de modo a colocar o revestimento 4 substancialmente no centro do furo do poço 2. O centralizador 10 é provido aberturas-de-fluxo (não mostrado) capazes de bloquear o fluxo axial de partículas através do espaço anular 6, permitindo entretanto o fluxo axial de fluido através do espaço anular. Um corpo anular 12 formado de partículas suscetíveis a intumescimento de borracha fica compactado no espaço anular 6 dividindo deste modo o espaço anular 6 em uma parte 14, abaixo do corpo anular 12 e uma parte 16, acima do corpo anular 12. As partículas suscetíveis a intumescimento de borracha são produzidas da composição 900-70-1236 referida acima.

Na Fig. 5 está mostrado um sistema de furo de poço 17 para a produção de óleo, incluindo um furo de poço 2 formado em uma formação no solo 3 e um revestimento 18 que se estende da superfície para dentro do furo do poço 2. Uma camisa de produção com fendas 20 se estende da extremidade inferior do revestimento 18 para dentro da seção mais baixa do furo do poço 2, que é formada na formação que contém o óleo. Um enchimento de cascalho 22 formado de partículas de areia e partículas suscetíveis a intumescimento de borracha, fica disposto na seção mais baixa do furo de poço 2, de forma a substancialmente encher um espaço anular 23 entre a camisa de produção com fendas 20 e a parede do furo do poço. As partículas de borracha são

produzidas da composição 900-70-1236 referida acima.

Tomando como referência as Figs. 6 e 7, está mostrado ali um furo de poço 2 provido de uma coluna de completação 24, disposta em uma seção horizontal do furo de poço 2, e que se estende para dentro de uma formação reservatório de hidrocarbonetos. A seção horizontal do furo do poço é de forma irregular tendo em vista a presença de porções removidas por lavagem no furo do poço. Aqui adiante, as referências a “superior” e “inferior”, em relação à seção horizontal do furo do poço, devem ser entendidas como referidas a posições no furo do poço medidas da superfície e ao longo do eixo longitudinal do furo do poço. A coluna de completação 24 inclui uma série de seções de tubo de esboço 25 e seções de tubo perfuradas 26 que ficam dispostas em ordem alternada. As seções de tubo de esboço 25 ficam localizadas em posições pré-determinadas no furo do poço onde a água da formação é esperada entrar no furo do poço. Essas posições são, por exemplo, posições onde perdas de fluido foram sentidas, durante a perfuração do furo do poço, devido à presença de fraturas na formação que se acham potencialmente em comunicação fluida com a camada que contém água. As seções de tubo perfuradas 26 ficam dispostas em posições no furo do poço onde o fluido de hidrocarbonetos é para ser produzido da formação reservatório.

Cada seção de tubo de esboço 25 é na sua extremidade superior provida de um centralizador 27, para centralizar a coluna de completação 24 no furo do poço 2, e na sua extremidade inferior com uma luva de vedação flexível 28 apropriada para ser intumescida de encontro à parede do furo do poço. A luva de vedação flexível 28 possui uma forma curva de modo a conter uma câmara anular 28a entre a luva 28 e a coluna de completação 24. O centralizador 27 de cada seção de tubo de esboço é provido de aberturas-para-fluxo (não mostrado) capazes de bloquear o fluxo axial das partículas suscetíveis a intumescimento de borracha através do

espaço anular 29 formado entre a parede do furo do poço e a coluna de
 completção 24, permitindo, no entanto, o fluxo axial de fluido através do
 espaço anular 29. A luva de vedação 28 de cada seção de tubo de esboço fica
 na sua extremidade mais baixa conectada de forma fixa e vedante à coluna de
 5 completção 24, e na sua extremidade superior disposta livremente em torno
 da coluna de completção 24, de modo a deixar um pequeno vão anular 30
 (Fig. 7) entre a extremidade superior da luva de vedação 28 e a coluna de
 completção 24. Cada seção de tubo de esboço 25 é provida de uma fileira de
 furos espaçados no sentido circunferencial 31, localizados sob a respectiva
 10 luva de vedação flexível 28, os furos 31 sendo de um tamanho grande o
 suficiente para permitir a passagem das partículas suscetíveis a
 intumescimento de borracha através deles.

Uma coluna de tubulação em espiral 34 se estende da
 superfície para o interior da coluna de completção 24 onde a extremidade
 15 inferior da coluna de tubulação em espiral 34 fica posicionada no nível da
 luva de vedação flexível 28 de uma das seções de tubo de esboço 25. A
 coluna de tubulação em espiral 34 possui uma extremidade inferior fechada, e
 é provida com uma série de passagens radiais 36 dispostas em uma parte
 extrema inferior 38 da coluna 34. A coluna de tubulação em espiral 34 é ainda
 20 provida de duas vedações em copo, 40 e 42, que vedam de encontro à
 superfície interna da coluna de completção 24, as vedações em copo, 40 e
 42, ficando dispostos em cada lado da série de passagens radiais 36. As
 passagens radiais 36 são de um tamanho grande o suficiente para permitir a
 passagem das partículas suscetíveis a intumescimento de borracha através
 25 delas.

Tomando como referência a Fig. 8, está mostrado ali um
 sistema de furo de poço para produção de óleo, que inclui um furo de poço 50
 formado em uma formação no solo 51. Um revestimento intermediário 52 se
 estende da superfície para dentro do furo do poço 50, pelo que um espaço

anular 53 se forma entre o revestimento 52 e a parede do furo do poço. O revestimento 52 é, na sua extremidade inferior, provido de uma sapata de revestimento 54 que possui passagens 55 de um tamanho grande o suficiente para permitir a passagem das partículas suscetíveis a intumescimento através delas. Uma parte extrema inferior do furo do poço 50 é cheia com um recheio 56 de partículas suscetíveis a intumescimento de borracha. O recheio 56 se estende para dentro do espaço anular 53 até vários décimos de metro do mesmo. As partículas suscetíveis a intumescimento são produzidas da composição 900-70-1236 referidas acima, e são providas de um núcleo de metal para, de modo significativo, aumentar o peso das partículas.

Durante o uso normal do sistema de furo de poço mostrado na Fig. 4, o revestimento 4 é abaixado para dentro do furo de poço 2 e suspenso no furo do poço na profundidade desejada. As partículas suscetíveis a intumescimento de borracha são misturadas em uma corrente de fluido à base de óleo na superfície, corrente essa que é então bombeada para dentro do revestimento 4 e deste modo flui para baixo no revestimento 4 e, por meio da extremidade aberta inferior do revestimento 4, para cima através do espaço anular 6. Quando a corrente chega no centralizador 10, as partículas de borracha ficam bloqueadas pelo centralizador 10, enquanto o fluido à base de óleo flui ao longo do centralizador 10 em uma direção ascendente. As partículas de borracha bloqueadas ficam compactadas no espaço anular 6 pela pressão para cima, exercida pela corrente de fluido, nas partículas. Caso requerido, o revestimento 4 pode ser radialmente intumescido antes ou após as partículas de borracha terem sido instaladas no espaço anular 6. Caso o revestimento seja intumescido após as partículas terem sido instaladas, a densidade do compactado de partículas aumenta.

Após o sistema de furo de poço 1 ter sido posto em produção, poderá ocorrer que a água de formação salina, da formação no solo circundante 3, entra no furo do poço e deste modo entra em contato com as

partículas de borracha. Uma vez que a concentração do sal nas partículas suscetíveis a intumescimento é muito mais elevada que a concentração de sal na água da formação, a permeação da água da formação para dentro do material matriz de borracha deve ocorrer como resultado de osmose, induzindo deste modo o intumescimento das partículas de borracha. Como resultado, as partículas de borracha intumescidas se tornam altamente compactadas e deste modo formam uma camada de vedação anular no espaço anular 6. A camada de vedação anular proporciona um isolamento de zonas entre a parte inferior 14 do espaço anular 6 e a parte superior 16 do mesmo.

10 Durante o uso normal do sistema de furo de poço da Fig. 5, o revestimento 18 e a camisa de produção com fendas 20 são fixados no furo do poço onde, a seguir, o recheio de cascalho 22 com as partículas de borracha incluídas nele, é inserido de maneira convencional. Uma vez o poço entrando em produção, o óleo bruto flui da formação que contém o óleo para dentro o recheio de cascalho 22, e dali para dentro da camisa de produção com fendas 15 20. Após um período de tempo de produção prolongada de óleo do poço, a água salina da formação poderá entrar no furo do poço 2. O fluxo da água salina da formação através do recheio de cascalho 22 induz o intumescimento das partículas de borracha presentes no recheio de cascalho. Após o 20 intumescimento, as partículas de borracha bloqueiam ainda mais o fluxo da água da formação através do recheio de cascalho 22 e deste modo impedem a entrada da água da formação para dentro da camisa de produção com fendas 20. As partículas de borracha na parte do recheio de cascalho localizada acima do nível da água não entram em contato com a água da formação e, 25 portanto, não se intumescem. Assim sendo, a produção de óleo bruto através da dita parte superior do recheio de cascalho permanece não-afetada. Desta maneira, é obtido que o fluxo de entrada da água da formação para dentro da camisa de produção fica significativamente reduzido, ou impedido.

Durante o uso normal do sistema de furo de poço das Figs. 6 e

7, a coluna de tubulação em espiral 34 é abaixada através da coluna de
completação 24 até que a parte extrema mais baixa 36 da coluna de tubulação
em espiral 34 fica posicionada no nível da luva de vedação flexível 28 da
seção mais abaixo do tubo de esboço 25. Nessa posição, as vedações em copo,
5 40 e 42, encerram um espaço anular 44 entre a coluna de tubulação em espiral
34 e a coluna de completção 24, que se acha em comunicação fluida com
ambos os furos 31 na seção de tubo de esboço mais abaixo 25, e as passagens
radiais 36 na coluna de tubulação em espiral 34. Uma corrente de fluido
baseado em óleo e as partículas de borracha suscetíveis a intumescimento da
10 composição 900-70-1236 são então bombeadas da superfície para dentro da
coluna de tubulação em espiral 34. A corrente de fluido e as partículas de
borracha fluem da coluna de tubulação em espiral 34, via passagens radiais
36, para dentro do espaço anular 44. Deste ponto a corrente flui via furos 31
para dentro da câmara anular 28a e subseqüentemente via o vão anular 30
15 para uma parte 46 do espaço anular 29, localizado entre o centralizador 27 e a
luva de vedação flexível 28. As partículas suscetíveis a intumescimento não
podem passar através das aberturas-para-fluxo do centralizador 27, e assim
sendo ficam bloqueadas dentro da dita parte do espaço anular 46. O fluido à
base de óleo da corrente flui mais adiante, via as aberturas-para-fluxo do
20 centralizador 27 e do restante do espaço anular 29, para a superfície. Desta
maneira, um recheio 48 de partículas de borracha suscetíveis a
intumescimento se forma na parte do espaço anular 46, recheio esse 48 que
enche gradualmente toda a parte do espaço anular 46.

Após a parte do espaço anular 46 estar completamente cheia
25 com as partículas de borracha suscetíveis a intumescimento, o bombeamento
é interrompido e a coluna de tubulação em espiral 34 é puxada mais para cima
até que parte extrema mais baixa 38 da mesma fica posicionada no nível da
luva de vedação flexível 28 da seção de tubo de esboço 25 seguinte. As
partículas de borracha suscetíveis a intumescimento são então bombeadas

para dentro da parte do espaço anular 46 que diz respeito à dita seção de tubo de esboço 25 seguinte, de uma maneira similar. O procedimento é repetido até que todas as partes de espaço anular 46 respectivas que são para serem fechadas, sejam recheadas com as partículas de borracha suscetíveis a intumescimento. A coluna de tubulação em espiral 34 é em seguida removida do furo do poço 2.

Caso a água da formação, indesejável, venha a entrar no furo do poço 2 após o poço ter sido posto em produção, a água da formação entra em contato eventualmente com as partículas de borracha suscetíveis a intumescimento, em uma ou mais das partes de espaço anular 46. As partículas de borracha então se intumescem e formam uma vedação estanque nas respectivas partes de espaço anular 46. Desta maneira é obtido que a água da formação que entra no furo do poço 2, é impedida de ser produzida para a superfície via seções de tubo perfuradas 26 da coluna de completação.

Durante o uso normal do sistema de furo de poço da Fig. 8, o revestimento 52 é abaixado dentro do furo do poço 50 e deixado suspenso a uma profundidade na qual a extremidade inferior do revestimento se acha a uma curta distancia do fundo do furo do poço. As partículas de borracha suscetíveis a intumescimento são misturadas dentro da corrente do fluido à base de óleo e bombeadas para dentro do revestimento 52, pelo que as partículas fluem para dentro da parte extrema mais baixa do furo de poço 50, e deste ponto para dentro do espaço anular 53. Em virtude do seu peso aumentado, as partículas se depositam da seção de furo-aberto do furo do poço 50 e da parte mais baixa do espaço anular 53. As partículas são então induzidas a intumescer pelo bombeamento de água para dentro do revestimento 52, formando deste modo um recheio de partículas intumescidas.

Desta maneira é obtido que uma vedação estanque é criado no espaço anular entre o revestimento intermediário e a parede do furo do poço,

sem a necessidade de bombear cimento no espaço anular. O furo do poço 50 é em seguida perfurado ainda mais até que o revestimento seguinte deva ser instalado no furo do poço, sendo a etapa precedente repetida então, de uma maneira similar.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para selar um espaço (6, 46, 53) em um furo de poço (2, 50) formado em uma formação no solo (3, 51), caracterizado pelo fato de compreender:

5 - inserir uma pluralidade de partículas suscetíveis a intumescimento no dito espaço (6, 46, 53), as partículas sendo suscetíveis a intumescimento pelo contato com um fluido selecionado; e

 - induzir o dito fluido selecionado a entrar em contato com as partículas suscetíveis a intumescimento, pelo que as partículas suscetíveis a
10 intumescimento se intumescem de modo a formarem um corpo (12, 48, 56) de partículas intumescidas no dito espaço (6, 46, 53), e que a etapa de inserir as partículas no dito espaço compreende bombear as partículas suscetíveis a intumescimento em uma corrente de fluido carreador para dentro do espaço (6, 46, 53).

15 2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito espaço (6, 46, 53) é um espaço anular definido entre um elemento tubular (4, 18, 20, 24, 52) que se estende para dentro do furo do poço e uma parede (8) que se estende em torno do elemento tubular.

20 3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o elemento tubular (4, 18, 20, 24, 52) é um conduto de produção para transporte do fluido da formação para a superfície, e onde a dita parede (8) é selecionada da parede do furo do poço e o do revestimento do furo do poço.

25 4. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o elemento tubular (4, 18, 20, 24, 52) é um revestimento do furo do poço, e onde a dita parede é selecionada da parede do furo do poço e de outro revestimento do furo do poço.

 5. Método de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a etapa de inserir as partículas suscetíveis a intumescimento

compreende misturar as partículas suscetíveis a intumescimento em uma corrente de cimento e bombear a corrente de cimento com as partículas suscetíveis a intumescimento incluídas nela, para dentro do espaço anular.

5 6. Método de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a etapa de inserir as partículas suscetíveis a intumescimento compreende bombear as partículas suscetíveis a intumescimento para dentro do espaço anular antes ou após o bombeamento de uma corrente de cimento para dentro do espaço anular.

10 7. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a dita parede (8) é a parede do furo do poço e o conduto de produção possui uma abertura de entrada para o fluido da formação, e onde a etapa de inserir as partículas suscetíveis a intumescimento compreende depositar as partículas entre a dita abertura de entrada e a parede do furo do poço.

15 8. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o espaço anular contém um corpo de partículas não-suscetíveis a intumescimento que formam um recheio de cascalho (22), e onde a etapa de inserir as partículas suscetíveis a intumescimento compreende inserir as partículas suscetíveis a intumescimento no recheio de cascalho (22).

20 9. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a dita pluralidade de partículas suscetíveis a intumescimento inclui pelo menos uma de:

 um primeiro grupo de partículas suscetíveis a intumescimento pelo contato com um fluido de hidrocarbonetos, ou

25 um segundo grupo de partículas suscetíveis a intumescimento pelo contato com água.

 10. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a dita pluralidade de partículas suscetíveis a intumescimento inclui partículas suscetíveis a intumescimento pelo contato

com um fluido de hidrocarbonetos e partículas suscetíveis a intumescimento pelo contato com água.

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que a dita pluralidade de partículas suscetíveis a intumescimento inclui partículas que são suscetíveis a intumescimento pelo contato com água da formação no solo e que incluem um material matriz provido de um composto solúvel na dita água da formação, onde o material matriz substancialmente evita ou restringe a migração do composto para fora da partícula suscetível a intumescimento e permite a migração da água da formação para dentro da partícula suscetível a intumescimento, por osmose, de modo a induzir o intumescimento da partícula suscetível a intumescimento pela migração da dita água da formação para dentro da partícula suscetível a intumescimento.

12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o dito material matriz é substancialmente impermeável ao dito composto ou a íons do dito composto.

13. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 ou 12, caracterizado pelo fato de que o material matriz inclui um material matriz de elastômero.

14. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o material matriz de elastômero inclui uma borracha selecionada de borracha base de NBR, HNBR, XNBR, FKM, FFKM, TFE/P ou EPDM.

15. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que as partículas suscetíveis a intumescimento são obtidas ou podem ser obtidas misturando o composto em uma massa do material que forma o elastômero e em seguida vulcanizando o material que forma o elastômero de modo a formar o dito material matriz de elastômero.

16. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 15, caracterizado pelo fato de que o composto está presente no material matriz na forma de uma pluralidade de partículas do composto dispersadas no material matriz.

5 17. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que as partículas do composto são embutidas no material matriz.

18. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 17, caracterizado pelo fato de que o dito composto compreende um sal tal como um sal que se dissocia.

10 19. Método de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o sal é um do grupo de acetatos ($M-CH_3COO$), bicarbonatos ($M-HCO_3$), carbonatos ($M-CO_3$), formiatos ($M-HCO_2$), halogenetos (M_X-H_Y) ($H = Cl, Br$ ou I), hidrossulfetos ($M-HS$), hidróxidos ($M-OH$), imidas ($M-NH$), nitratos ($M-NO_3$), nitretos ($M-N$), nitritos ($M-NO_2$), fosfatos ($M-PO_4$),
15 sulfetos ($M-S$) e sulfatos ($M-SO_4$), onde M é um metal selecionado do grupo de metais da Tabela Periódica.

20 20. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 ou 19, caracterizado pelo fato de que cada partícula suscetível a intumescimento contém pelo menos 20% em peso do sal, com base no peso combinado do material matriz e do sal, de preferência pelo menos 35% em peso do sal, com base no peso combinado do material matriz e do sal.

Fig.1.

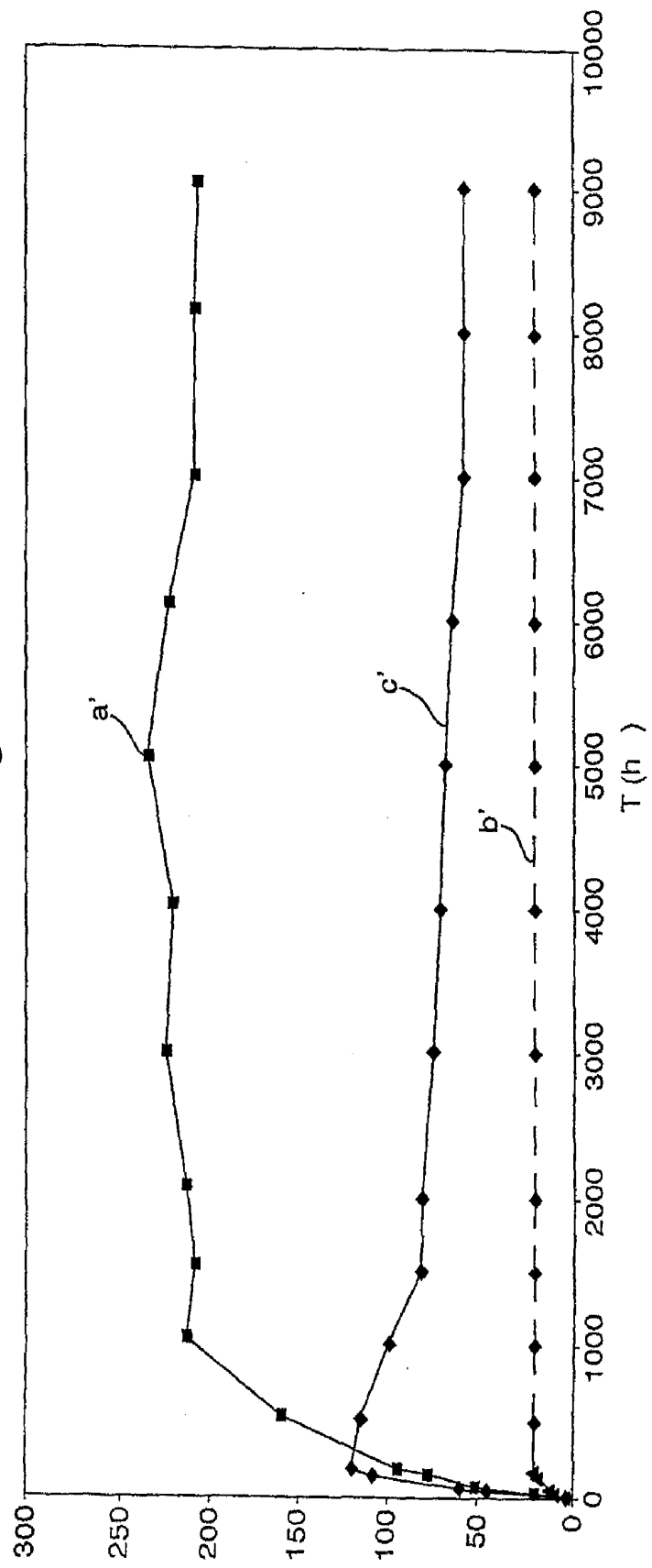


Fig.2.

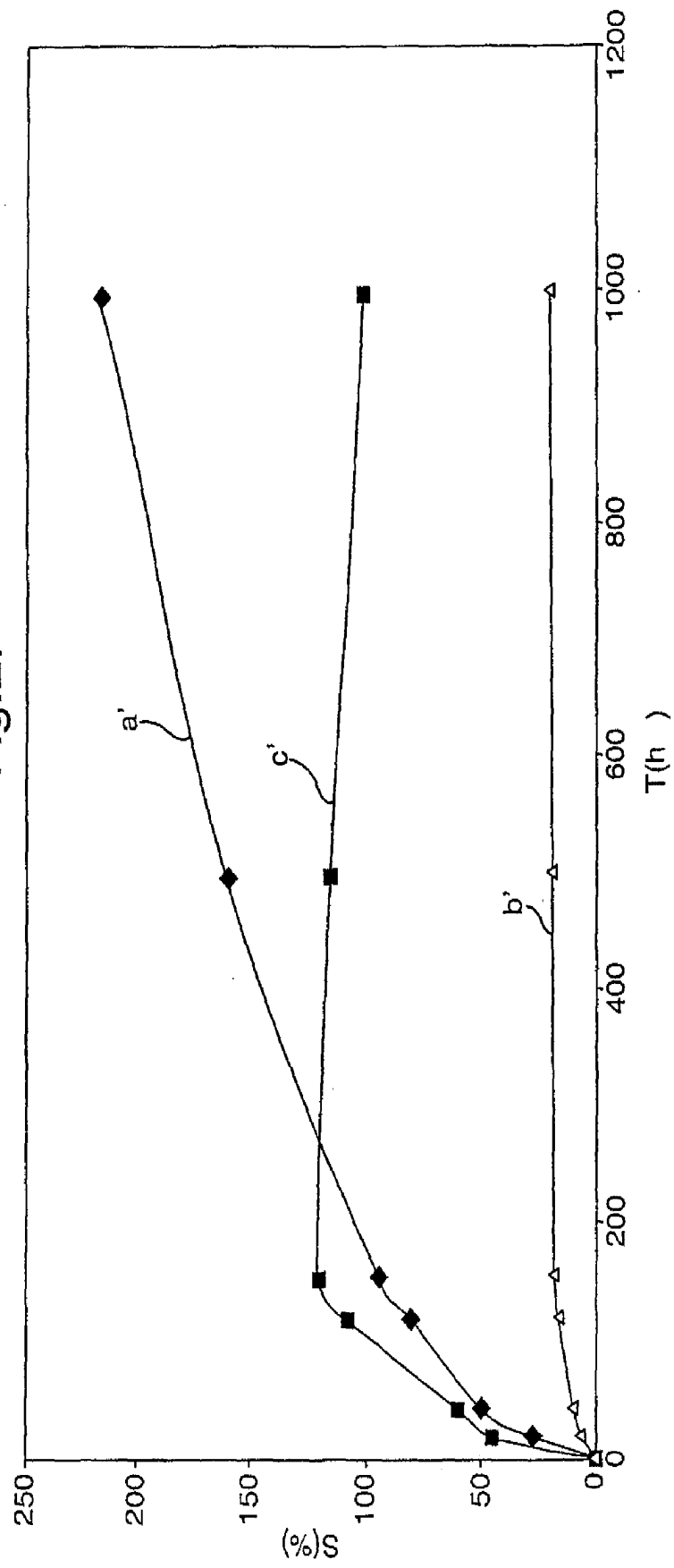


Fig.3.

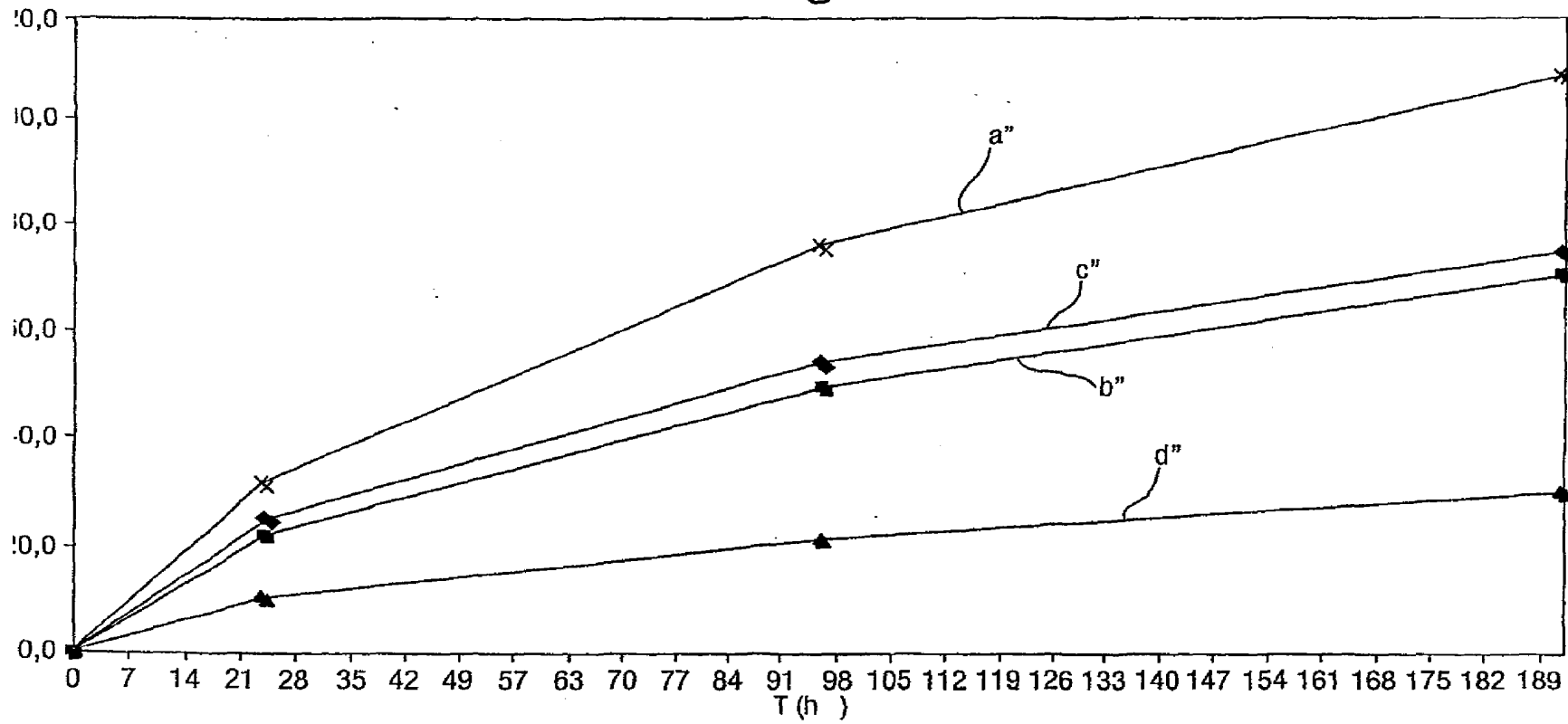


Fig.4.

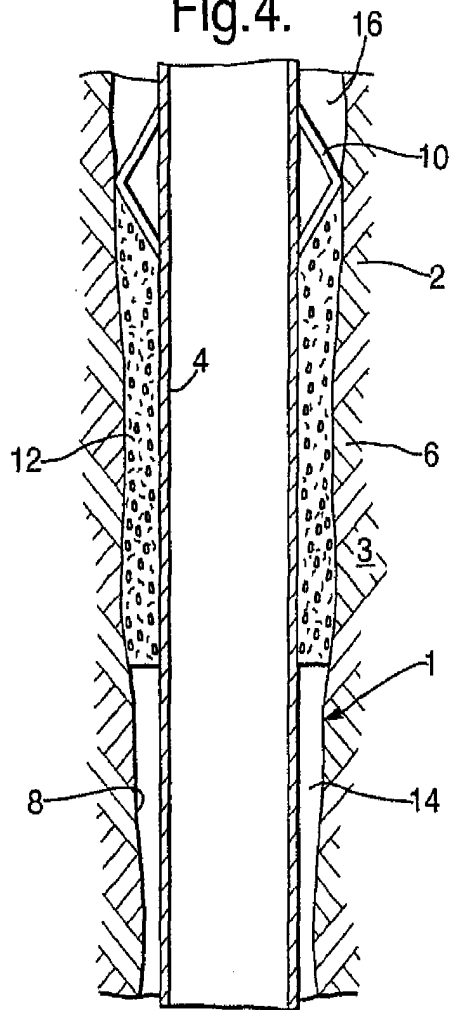
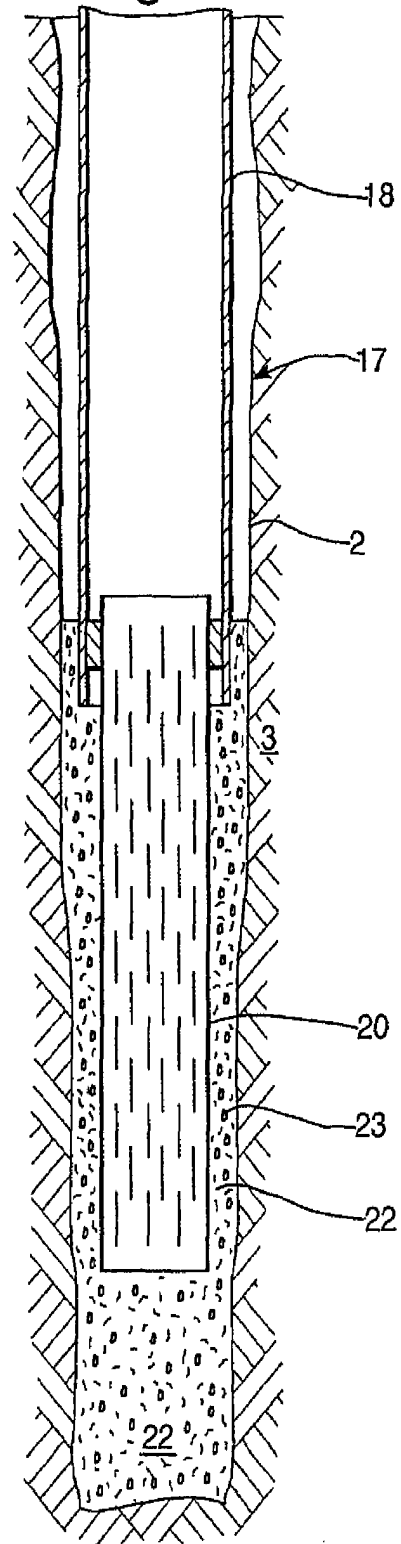


Fig.5.



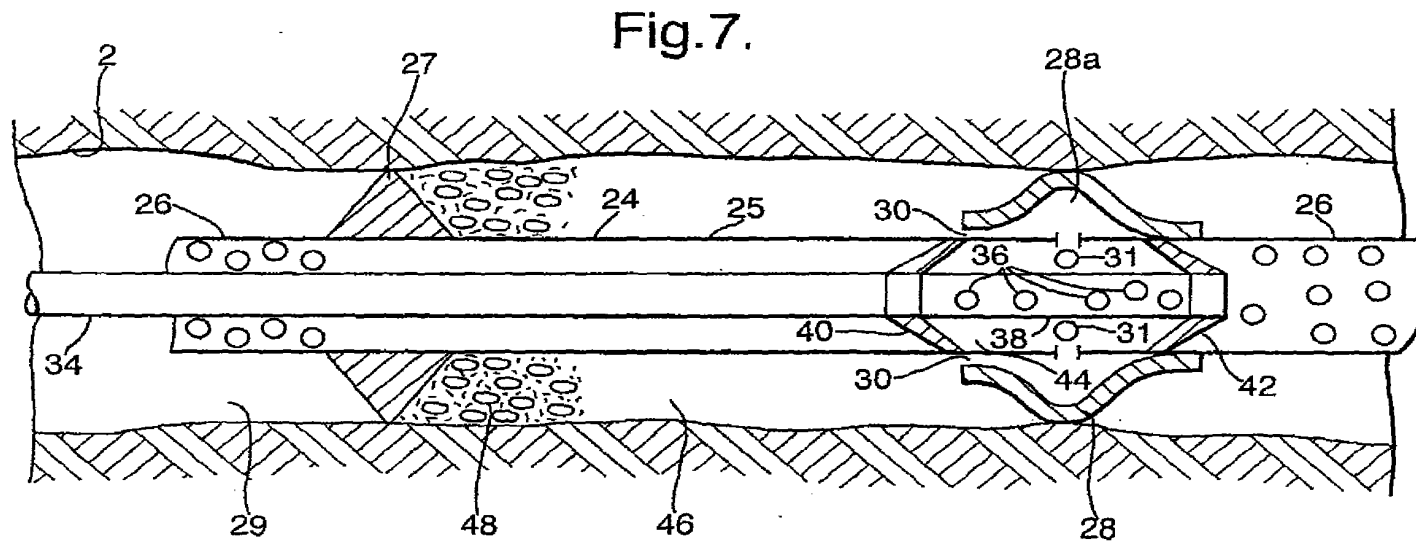
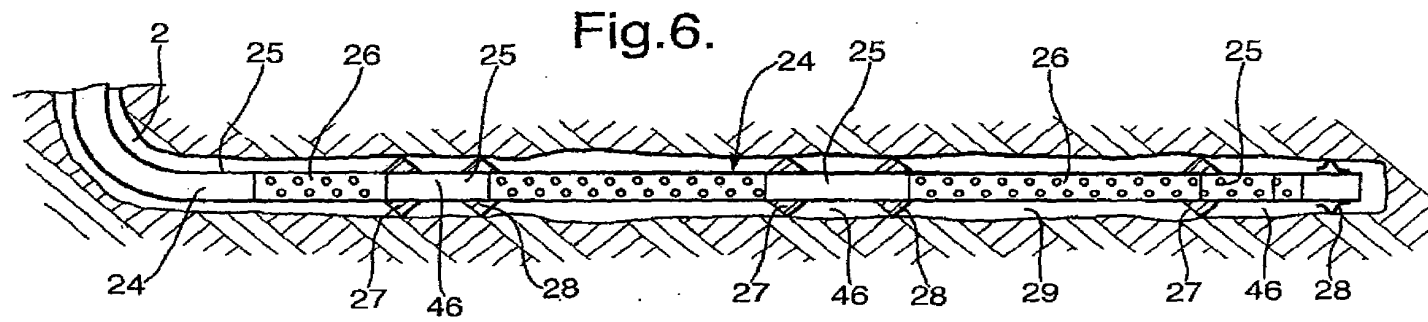


Fig.8.

