



INPI
INSTITUTO
NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0921568-9

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0921568-9

(22) Data do Depósito: 24/11/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 16/02/2016

(51) Classificação Internacional: E21B 21/06; E21B 21/08.

(30) Prioridade Unionista: US 61/117,490 de 24/11/2008.

(54) Título: MÉTODO PARA MISTURAR DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO, UNIDADE DE MISTURA DE ALTO CISALHAMENTO, MÉTODO DE PROCESSAMENTO DE FLUIDOS

(73) Titular: M-I DRILLING FLUIDS CANADA, INC., Sociedade Canadense. Endereço: 700 Second St. S. W. 5 FLOOR Calgary Alberta T2P 2W2, CANADÁ(CA); M-I L.L.C., Sociedade Norte-Americana. Endereço: 5950 NORTH COURSE DRIVE HOUSTON TX 77072, ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA(US)

(72) Inventor: PAUL NEWMAN; KATERINA NEWMAN; PERRY LOMOND; MUKESH KAPILA.

(87) Publicação PCT: WO 2010/060092 de 27/05/2010

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 24/11/2009, observadas as condições legais

Expedida em: 19/11/2019

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

**MÉTODO PARA MISTURAR DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO, UNIDADE DE
MISTURA DE ALTO CISALHAMENTO, MÉTODO DE PROCESSAMENTO DE
FLUIDOS**

FUNDAMENTOS

5 Campo da Divulgação

Modalidades divulgadas aqui referem-se, geralmente, a métodos e aparelhos para misturar fluidos de perfuração. Mais especificamente, modalidades divulgadas aqui referem-se a métodos e aparelhos para misturar fluidos de perfuração com misturadores de alto cisalhamento. Mais especificamente ainda, modalidades divulgadas aqui referem-se a métodos e aparelhos para misturar fluidos de perfuração com vários estágios misturadores de alto cisalhamento.

15 Fundamentos da técnica

Ao perfurar ou completar poços em formações de terra, vários fluidos normalmente são usados no poço, por uma variedade de razões. Usos comuns para fluidos de poço incluem: lubrificação e refrigeração da drill bit cutting surfaces broca de perfuração e corte de superfícies durante a perfuração geralmente ou "drilling-in" (ou seja, perfuração em uma formação petrolífera orientada), o transporte de "detritos" (pedaços de formação desalojados pela ação de corte dos dentes de uma broca de perfuração) para a superfície, controlando a pressão de fluido da formação para evitar explosões, mantendo a estabilidade do poço, suspendendo sólidos no poço, minimizando a perda de fluido dentro e estabilizando a formação através da qual o poço está sendo perfurado, fraturando a formação nas proximidades do poço, deslocando o fluido dentro do poço

com outro fluido, limpando o poço, testando o poço, transmitindo potência hidráulica para a broca de perfuração, o fluido usado para posicionar um empacotador, abandonando o poço ou preparando o poço para o abandono, e
5 outros tratamentos do poço ou da formação.

Em geral, os fluidos de perfuração devem ser bombeáveis sob pressão para baixo, através de colunas de tubo de perfuração, em seguida, através e ao redor da cabeça da broca de perfuração afundada na terra, e depois
10 retornam à superfície da terra através de um anel entre o exterior da haste de perfuração e a parede do buraco ou revestimento. Além de fornecer lubrificação de perfuração e retardar o desgaste, fluidos de perfuração devem suspender as partículas sólidas para a superfície, para triagem e
15 eliminação. Além disso, esses fluidos devem ser capazes de agentes de ponderação de aditivo em suspensão (para aumentar a gravidade específica da lama e transportar argila e outras substâncias capazes de aderir ao buraco do poço, de volta à superfície.

20 Os fluidos de perfuração são geralmente caracterizados como sistemas de fluido tixotrópico. Ou seja, eles apresentam baixa viscosidade, quando cisalhados, assim como quando em circulação (como ocorre durante o bombeamento ou contato com a broca de perfuração em movimento). No
25 entanto, quando a ação de cisalhamento é interrompida, o fluido deve ser capaz de suspender os sólidos que contém para evitar a separação da gravidade. Além disso, quando o fluido de perfuração está sob condições de cisalhamento e um fluxo livre perto do fluido, ele deve manter uma
30 viscosidade suficientemente elevada o bastante para

carregar todas as partículas indesejáveis do fundo do poço até a superfície. A formulação do fluido de perfuração também deve permitir que os detritos e outros materiais particulamente indesejados sejam removidos ou, de outra
5 forma, retirados da fração líquida.

Há uma necessidade crescente de fluidos de perfuração que tenham os perfis reológicos que permitam que esses poços sejam perfurados com mais facilidade. Fluidos de perfuração que tenham propriedades reológicas adaptadas
10 garantem que os detritos sejam removidos do poço tão eficientemente e efetivamente quanto seja possível, para evitar a formação de camas de detritos no poço, que podem fazer com que a coluna de perfuração emperre, entre outras questões. Há também a necessidade, a partir de uma
15 perspectiva hidráulica do fluido de perfuração (equivalente densidade de circulação), para reduzir as pressões necessárias, fazendo circular o fluido. Isso ajuda a evitar a exposição da formação a forças excessivas que podem fraturar a formação, fazendo com que o fluido e,
20 possivelmente, o poço, sejam perdidos. Além disso, um perfil maior é necessário para evitar o assentamento ou afundamento do agente de ponderação no fluido. Se isso ocorrer, pode levar a um perfil de densidade irregular dentro do sistema de circulação de fluido, que pode
25 resultar em controle de poço (influxo de gás/fluido) e problemas de estabilidade do poço (cavernas/fraturas).

Para obter as características do fluido necessárias para enfrentar esses desafios, o fluido deve ser fácil de bombear, por isso, necessita de uma quantidade mínima de
30 pressão para forçá-lo através das restrições do sistema de

circulação de fluido, tais como bicos de broca de perfuração ou ferramentas de poço. Em outras palavras, o fluido deve ter a viscosidade mais baixa possível, sob condições de alto cisalhamento. Por outro lado, em zonas do poço onde a área de fluxo do fluido é grande e a velocidade do fluido é lenta, ou onde há baixas condições de cisalhamento, a viscosidade do fluido precisa ser tão alta quanto possível, a fim de suspender e transportar os detritos perfurados. Isso vale também para os períodos em que o fluido é deixado estático no buraco, onde tanto os detritos, quanto os materiais de ponderação precisam ser mantidos suspensos para evitar assentamentos. No entanto, deve também ser observado que a viscosidade do fluido não deve continuar a aumentar em condições estáticas até níveis inaceitáveis. Se isso ocorrer, pode levar a pressões excessivas quando o fluido circular novamente, que pode fraturar a formação, ou, alternativamente, pode levar à perda de tempo, se a força necessária para recuperar um sistema de circulação de fluido for totalmente fora dos limites das bombas.

Dependendo do poço particular a ser perfurado, um operador de perfuração normalmente seleciona entre um fluido de perfuração à base de água e um fluido de perfuração à base de óleo ou sintético. Cada um dos fluidos à base de água e fluidos à base de óleo tipicamente incluem uma variedade de aditivos para criar um fluido que tenha o perfil reológico necessário para uma aplicação de perfuração em particular. Por exemplo, uma variedade de compostos são normalmente adicionados aos fluidos de poço à base de água ou de sal, incluindo viscosificantes,

inibidores de corrosão, lubrificantes, aditivos de controle de pH, surfactantes, solventes, diluentes, agentes de diluição, e/ou agentes de ponderação, entre outros aditivos. Alguns típicos aditivos de viscosidade de fluidos de poço à base de água ou de sal incluem argilas, polímeros sintéticos, polímeros naturais e seus derivados, como goma xantana e hidroxietilcelulose de cellulose hidroxietil (HEC). Da mesma forma, uma variedade de compostos também são normalmente adicionados a um fluido à base de óleo, incluindo agentes de ponderação, agentes umectantes, argilas organofílicas, viscosificantes, agentes de controle de perda de fluido, surfactantes, dispersantes, redutores de tensão interfacial, tampões de pH, solventes mútuos, diluentes, agentes de diluição e agentes de limpeza.

Ainda que a preparação de fluidos de perfuração possa ter um efeito direto sobre seu desempenho em um poço, e, portanto, os lucros auferidos a partir desse poço, métodos de preparação de fluidos de perfuração pouco mudaram ao longo dos últimos anos. Normalmente, o método de mistura ainda emprega o trabalho manual para esvaziar sacos de componentes de fluido de perfuração em um funil, para fazer uma composição inicial do fluido de perfuração. No entanto, por causa de aglomerados formados como resultado da inadequada mistura de alto cisalhamento durante a produção inicial da composição do fluido de perfuração, tela vibradora utilizadas em um processo de reciclagem para remover detritos de perfuração de um fluido, por recirculação dentro do poço, também filtram tanto quanto trinta por cento dos componentes de fluidos de perfuração iniciais antes de reutilizar o fluido. Além da ineficiência

do custo quando um fluido de perfuração é misturado de forma inadequada e, portanto, os componentes são agregados e filtrados do fluido, os fluidos também tendem a falhar em algum aspecto em seu desempenho no poço. O desempenho
5 inadequado pode resultar das observações das técnicas atualmente disponíveis de mistura, que dificultam a habilidade de atingir as capacidades reológicas dos fluidos. Por exemplo, é frequentemente observado que os fluidos de perfuração só atingem os seus pontos de
10 rendimento absoluto após a circulação no poço.

Além disso, para fluidos de perfuração que incorporam um polímero que é fornecido em uma forma seca, a adequação da mistura inicial é ainda agravada pela hidratação dos polímeros. Quando as partículas de polímero são misturadas
15 com um fluido, como água, a parte externa das partículas de polímero é molhada instantaneamente pelo contato com o fluido, enquanto o centro permanece seco. Outro efeito da hidratação é uma concha viscosa, que é formada pela parte externa molhada do polímero, restringindo ainda mais o
20 umedecimento da porção interna do polímero. Essas partículas parcialmente molhadas ou secas são conhecidas na técnica como "olhos de peixe". Enquanto os olhos de peixe podem ser processados com misturadores mecânicos até certo ponto, para formar uma mistura homogênea molhada, a mistura
25 mecânica não só requer energia, mas também degrada as ligações moleculares do polímero e reduz a eficácia do polímero. Assim, enquanto muitos esforços de pesquisa na área de tecnologia de fluido de perfuração focam na modificação das formulações do fluido de perfuração para
30 obter e otimizar as propriedades reológicas e

características de desempenho, as capacidades de desempenho totais de muitos destes fluidos nem sempre são cumpridas devido a técnicas inadequadas de mistura ou degradação molecular, devido à mecânica de mistura.

5 Assim, existe uma necessidade de técnicas melhoradas, que permitam uma eficiente e eficaz mistura de fluidos de perfuração.

RESUMO DA DIVULGAÇÃO

Em um aspecto, modalidades divulgadas aqui referem-se
10 a um método de mistura de fluidos de perfuração, sendo que o método inclui injeção de um fluido de perfuração em uma unidade de mistura de alto cisalhamento e processamento do fluido de perfuração com a unidade de mistura de alto cisalhamento. O processamento inclui forçar o fluido de
15 perfuração através de, pelo menos, uma primeira linha de dentes de um primeiro estágio.

Em outro aspecto, modalidades divulgadas aqui referem-se a uma unidade de mistura de alto cisalhamento por processamento de fluido de perfuração, sendo que a unidade
20 de mistura inclui uma entrada para receber um fluido de perfuração, um corpo em comunicação fluida com a entrada, e um primeiro estágio disposto no corpo, sendo que o primeiro estágio inclui uma pluralidade de dentes.

Em outro aspecto, modalidades divulgadas aqui referem-se a um método de processamento de fluido de perfuração, em
25 um local de perfuração, sendo que o método inclui injeção de fluido de perfuração em uma unidade de mistura de alto cisalhamento e força o fluido de perfuração através de um primeiro conjunto de dentes do rotor e dos correspondentes
30 dentes do estator de um primeiro estágio. O método inclui,

ainda, descarregamento do fluido de perfuração da unidade de mistura de alto cisalhamento.

Outros aspectos e vantagens da invenção serão evidenciados a partir da descrição que se segue e das
5 reivindicações anexadas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Figura 1 é uma unidade de mistura de alto cisalhamento com vários estágios disposta em um deslizador, de acordo com modalidades da presente divulgação.

10 Figura 2 é uma parcial seção transversal de uma unidade de mistura, de acordo com modalidades da presente divulgação.

Figura 3 é uma vista separada de combinações do estator/rotor, de acordo com modalidades da presente
15 divulgação.

Figura 4 é um esquema de uma operação de mistura de passagem em linha única, de acordo com modalidades da presente divulgação.

Figura 5 é um esquema de uma operação de mistura de
20 circuito fechado, de acordo com modalidades da presente divulgação.

Figura 6 é uma ilustração de um fluido de perfuração à base de água, após o processamento com uma unidade de mistura com estágio único, de acordo com modalidades da
25 presente divulgação.

Figura 7 é uma ilustração de um fluido de perfuração à base de água após o processamento com uma unidade de mistura com vários estágios, de acordo com modalidades da presente divulgação.

30 DESCRIÇÃO DETALHADA

Em um aspecto, modalidades divulgadas aqui referem-se a métodos e aparelhos para misturar fluidos de perfuração. Mais especificamente, modalidades divulgadas aqui referem-se a métodos e aparelhos para misturar fluidos de perfuração com misturadores de alto cisalhamento. Mais especificamente ainda, modalidades divulgadas aqui referem-se a métodos e aparelhos para misturar fluidos de perfuração com misturadores de alto cisalhamento com vários estágios.

Técnicas tradicionais de mistura, tal como a circulação do fluido através de jatos ou impulsores são cada vez menos satisfatórios na obtenção das propriedades desejadas para fluidos de perfuração. Técnicas de mistura são agora obrigadas a poder dispersar adequadamente aditivos químicos, mas sejam suaves o suficiente para preservar as longas cadeias de polímeros e estrutura química dos aditivos. Modalidades divulgadas aqui podem, assim, ser usadas para dispersar adequadamente aditivos químicos no fluido de perfuração, e podem ser usadas tanto em usinas de mistura de fluido de perfuração em terra quanto em alto mar, em um anel de perfuração, ou em outras instalações. Tais modalidades podem ser usadas para misturar fluidos de perfuração à base de água, à base de óleo e sintéticos.

Ao determinar um método para misturar fluidos de perfuração, um número de opções diferentes estão disponíveis para fluidos modificados. Métodos podem incluir o uso de bicos e bombas de baixa pressão, operando entre 50-80 libras por polegada quadrada (psi) (0,34 MPa - 0,55 MPa), que pode atingir taxas de cisalhamento entre 3000-

5000 segundos recíprocos (s^{-1}). Em outras aplicações, fluidos modificados de perfuração podem utilizar bicos e bombas de alta pressão, operando entre 700-800 psi (4,83 MPa - 5,52 MPa), que podem alcançar taxas de cisalhamento entre 30.000-50.000 s^{-1} . Em ainda outras aplicações, o fluido de perfuração pode ser misturado através de bombeamento do fluido através do bico de uma broca de perfuração usando uma bomba tripla de alta pressão, que pode atingir taxas de cisalhamento entre 30.000-80.000 s^{-1} .

Modalidades da presente divulgação podem, assim, fornecer métodos e aparelhos para misturar fluidos de perfuração usando unidades de mistura de alto cisalhamento com vários estágios, que reduzem a necessidade de equipamento de mistura de alta pressão durante a produção de fluidos com alta estabilidade. Unidades de mistura de alto cisalhamento com vários estágios são normalmente de um projeto de rotor/estator, em que o movimento do rotor cria uma força centrífuga sobre o fluido de perfuração, empurrando-o em direção à parede interna do estator. Na parede entre-faces, o fluido fica retido entre o rotor e o estator. O fluido também é submetido a cisalhamento hidráulico adicional, uma vez que é forçado a altas velocidades através de perfurações estreitas maquinadas no estator. Específicas variantes de projeto para combinações de rotor/estator serão discutidas em detalhes abaixo.

Referindo-se inicialmente à Figura 1, uma unidade de mistura de alto cisalhamento com vários estágios 100 disposta em um tábuia para deslizamento 102, de acordo com modalidades da presente divulgação, é mostrada. Nesta modalidade, a unidade de alto cisalhamento com vários

estágios 100 inclui uma entrada de fluido (não mostrada) para receber um fluxo de fluido de perfuração não processado de uma fonte de abastecimento (não mostrada), que pode incluir tanques de novo fluido ou fluido
5 reciclado. A unidade de mistura 100 também pode incluir um corpo 105 em comunicação fluida com a entrada 103, sendo que o corpo 105 contém várias combinações de rotor/estator, para o processamento do fluido de perfuração.

Depois que os fluxos de fluido de perfuração fluem a
10 partir da entrada e através do corpo 105, o fluido é descarregado pela saída 104. A saída 104 pode ser conectada a um tanque de retenção (não mostrado) no local de perfuração, que pode ser usado para armazenar fluido de perfuração misturado até que seja injetado no poço. Em
15 outros aspectos, a unidade de mistura 100 pode ser parte de um sistema em linha, em que o fluido é processado na unidade de mistura 100, descarregado para uma bomba de alta pressão (não mostrada), e injetado poço. Em ainda outras modalidades, a unidade de mistura 100 pode ser usada em uma
20 usina de processamento de fluido, distante do local de perfuração. Fluidos podem, assim, ser misturados e descarregados em recipientes para transporte para um local de perfuração remoto.

Como ilustrado, a unidade de mistura 100 é disposta em
25 um tábua para deslizamento 102, que pode incluir uma armação de metal, permitindo, assim, que todo o sistema seja movido e modularmente configurado conforme necessário. Dependendo dos requisitos da operação de mistura, tais como restrições de tamanho e infra-estrutura no local de
30 perfuração, o tábua para deslizamento 102 também pode

incluir outros componentes, tais como unidades de frequência variáveis (VFD), tanques de retenção, várias unidades de mistura 100, etc.

Um atuador 101 é disposto em tábua para deslizamento 5 102 e operativamente acoplado à unidade de mistura 100. O atuador 101 pode incluir um motor (não mostrado) configurado para girar o rotor da unidade de mistura 100. Em certos aspectos, o atuador 101 pode ser operativamente acoplado a um VFD, seja disposto em tábua para deslizamento 10 102, seja no local de perfuração, que pode ser usado quando operacionalmente iniciar ou parar a unidade de mistura 100.

Referindo-se à Figura 2, uma parcial seção transversal de uma unidade de mistura 200, de acordo com modalidades da presente divulgação, é mostrada. Nesta modalidade, a 15 unidade de mistura 200 tem uma entrada 201 configurada para receber um fluxo de fluido de perfuração a partir de uma fonte de fluido de perfuração (não mostrada). A entrada 201 pode ter uma conexão roscável 202, permitindo, assim, que mangueiras, tubos, ou outros tipos de condutor sejam 20 conectados à mesma. Como o fluido é injetado na entrada 201 ao longo do caminho A, o fluido flui para o corpo 203, e dispersa em torno do rotor 204. Como o rotor 204 gira, a força centrífuga faz com que o fluido de perfuração seja forçado radialmente para fora, movendo-se, assim, através 25 dos dentes do rotor 205. Como o fluido é forçado radialmente para fora através dos dentes do rotor 205, o fluido continua a se mover para fora através dos dentes do estator 206 e em contato com a parede lateral 207. Como usado aqui, os dentes referem-se a espaços, ou slots, de um 30 rotor ou estator, através do qual os fluidos podem fluir.

O fluido continua a ser forçado para baixo do corpo 203 e através de um segundo conjunto de dentes correspondentes ao segundo rotor 208. O fluido é forçado através do segundo conjunto de dentes, através dos dentes do estator 209, e em contato com a parede lateral 207 do corpo 203. Depois de passar pelo segundo conjunto de dentes correspondentes, o fluido continua a fluir para baixo do corpo 203 do misturador 200, para um terceiro conjunto de dentes 210 e dentes do estator 211. O fluido é forçado através do terceiro conjunto de dentes correspondentes e continua a fluir, ao longo do caminho A, para a saída 212.

A saída 212 pode incluir uma conexão roscável que pode ser conectada a mangueiras, tubos, ou outros condutores, permitindo, assim, a transferência de fluido de perfuração misturado da unidade de mistura 200 a tanques de retenção (não mostrados) ou outras infraestruturas em um local de perfuração ou usina de processamento de fluidos. Em certos aspectos, a unidade de mistura 200 pode incluir configurações variadas de conjuntos de rotor e estator. Por exemplo, em certos aspectos, as unidades de mistura 200 podem incluir dois conjuntos de dentes correspondentes formados a partir de um conjunto de rotor/estator dual. Em outros aspectos, a unidade de mistura 200 pode ter menos ou mais de três conjuntos de dentes correspondentes, como um, quatro, cinco, ou mais.

Referindo-se à Figura 3, uma vista separada das combinações de estator/rotor, de acordo com modalidades da presente divulgação, é mostrada. Nesta modalidade, três estatores 300A-C e três rotores correspondentes 301A-C são ilustrados. Neste aspecto, cada combinação de rotor/estator

inclui três linhas de dentes correspondentes 302. Assim, quando montada, a combinação rotor/estator pode incluir três ou mais conjuntos de dentes correspondentes, aumentando ainda mais a ação de cisalhamento da unidade de
5 mistura. Cada combinação estator/rotor pode se referir a um estágio. Por exemplo, a combinação rotor/estator 300A/301A pode se referir a um primeiro estágio, a combinação rotor/estator 300B/301B pode se referir a um segundo estágio, e a combinação rotor/estator 300C/301C pode ser
10 referir a um terceiro estágio. Quando montada no corpo da unidade de mistura, o fluido pode passar através de cada estágio progressivo, assim, favorecer o cisalhamento do fluido com cada estágio subsequente através do qual o fluido passa.

15 Dependendo da ação de cisalhamento necessária para um fluido de perfuração em particular, cada estágio pode incluir dentes correspondentes com uma abertura diferente (sendo que abertura é a distância entre o rotor e estator), ou um espaçamento diferente entre os dentes individuais.
20 Assim, diferentes combinações de abertura e espaçamento dos dentes podem ser usadas para produzir um fluido com uma reologia particular. Exemplos de diferentes estágios podem incluir estágios grosso, médio, fino e/ou super-fino. O estágio grosso pode ter uma maior abertura ou maior
25 distância entre os dentes individuais, enquanto estágios super-finos podem ter uma distância de abertura relativamente pequena e/ou espaçamento dos dentes. Em ainda outras modalidades, um ou mais estágios podem ser removidos, resultando em uma unidade de mistura com menos
30 do que o número máximo de estágios possíveis. Por exemplo,

uma unidade de três estágios de mistura pode ser configurada com apenas dois estágios. Em outros aspectos, vários estágios podem ser substancialmente iguais (por exemplo, dois estágios finos e um estágio super-fino) ou todos os três estágios podem ser diferente (por exemplo, um estágio grosso, um estágio fino, e um estágio super-fino). Os estágios usados em uma determinada unidade de mistura podem variar de acordo com o tipo de fluido de perfuração que está sendo misturado ou os requisitos específicos de uma operação de mistura.

Em alguns aspectos, os dentes dos rotores e estatores podem ser revestidos ou construídos a partir de diversos materiais, para aumentar sua resistência ao desgaste. Por exemplo, em certas aplicações, os rotores e estatores podem ser construídos a partir de aços inoxidáveis, como ferríticos, martensíticos, duplex, austeníticos de alto desempenho, e duplex de alto desempenho. Outros materiais e revestimentos podem incluir carboneto de tungstênio, níquel e ligas de silício (por exemplo, NiSil), Ni-hard e outras ligas contendo níquel, cromo e molibdênio, 316 e 440 aço inoxidável e poliuretano. Esses materiais podem ainda ser revestidos com materiais elastoméricos e/ou polímeros, para aumentar a prevenção dos rotores e estatores contra desgaste, falha prematura e/ou corrosão. Além disso, diminuindo o desgaste dos rotores e estatores, a abertura entre o rotor e os estatores pode permanecer substancialmente constante por um longo tempo. Porque a quantidade de cisalhamento diminui à medida que aumenta a abertura, os rotores e estatores da presente divulgação podem produzir maiores e mais consistente cisalhamento, por

um período de tempo mais longo. Em certos aspectos, a abertura entre o rotor e o estator pode ser entre cerca de 0,25 e 0,8 mm. Tal abertura pode resultar em cisalhamento suficiente para produzir reologia de fluido de perfuração
5 aceitável. Aqueles de habilidade comum na técnica vão apreciar que a abertura entre o rotor e o estator pode variar dependendo dos requisitos para misturar fluidos específicos. Em certas modalidades, a abertura pode ser maior que 0,8 mm e ainda ser eficaz para fluidos
10 misturados. Assim, evitando o desgaste dos rotores e estatores, a eficácia do misturador pode ser mantida.

Referindo-se à Figura 4, um esquema de uma operação de mistura em linha de passagem única, de acordo com modalidades da presente divulgação, é mostrado. Nesta
15 modalidade, um fluido de perfuração não misturado é inicialmente armazenado em tanque de fonte de fluido de perfuração 400. O tanque de fonte 400 pode variar de tamanho, dependendo dos requisitos da operação de mistura, de, por exemplo, centenas de litros a vários milhares de
20 litros. O fluido de perfuração não misturado é, então, bombeado para a unidade de mistura em linha 401, que pode incluir um misturador de alto cisalhamento com vários estágios. Em certas aplicações, a bomba pode ser utilizada para facilitar a transferência de fluido de perfuração não
25 misturado do tanque fonte 400 para a unidade de mistura 401.

Como ilustrado, a unidade de mistura 401 também pode ser operativamente conectada a um VFD 402. O VFD 402 pode ser usado durante a operação da unidade de mistura, ou, em
30 outras aplicações, só pode ser necessário durante o início

da unidade de mistura 401. Em outros aspectos, a unidade de mistura 401 não pode exigir um VFD 402 para um funcionamento perfeito. Depois que o fluido de perfuração é misturado na unidade de mistura 401, o fluido de perfuração
5 misturado é transferido para o tanque de retenção 403 para ser armazenado. O tanque de retenção 403 pode incluir vasos pressurizados ou não pressurizados, poços de lama, ou tanques de retenção (por exemplo, tanques dispostos sobre ou dentro de um navio de transporte, como um barco). Em
10 outras aplicações, o fluido de perfuração misturado pode ser transferido para uma bomba de alta pressão por favorecer a transferência de poço.

Depois que o fluido de perfuração é misturado pela unidade de mistura 401, produtos químicos adicionais e/ou
15 aditivos podem ser adicionados ao fluido de perfuração misturado. Por exemplo, em certas modalidades, polímeros adicionais que não necessitam de mistura turbulenta podem ser adicionados à mistura de fluidos de perfuração. Em certos aspectos, os agentes de ponderação, como barita,
20 podem ser adicionados ao fluido de perfuração misturado no tanque de retenção 403. No entanto, em outras aplicações, todos os polímeros químicos e/ou agentes de ponderação podem ser adicionados aos fluidos de perfuração não misturados, de modo que a unidade de mistura 401 mistura
25 todos os aditivos. Em tal aplicação, o fluido de perfuração misturado pode, então, ser armazenado ou bombeado do fundo do poço.

Referindo-se à Figura 5, um esquema de uma operação de mistura de circuito fechado, de acordo com modalidades da
30 presente divulgação, é mostrado. Nesta modalidade, o fluido

de perfuração não misturado é transferido de um tanque de retenção 500 para uma unidade de mistura 501, através do uso de uma bomba (por exemplo, uma bomba centrífuga) 502. Um medidor de fluxo em linha 503 pode ser disposto na linha 5 de alimentação entre a bomba 502 e a unidade de mistura 501, para medir a taxa em que o fluido de perfuração está sendo transferido entre o tanque de retenção 500 e a unidade de mistura 501. A unidade de mistura 501 mistura o fluido de perfuração e, então, desloca, através da passagem 10 por ciclos, o fluido de perfuração misturado de volta ao tanque de retenção 500. Como ilustrado, um VFD 504 pode ser operativamente conectado à unidade de mistura 501, e pode funcionar como descrito acima.

Nesta modalidade, a unidade de mistura 501 pode 15 processar fluido de perfuração em vários ciclos, de modo que o fluido de perfuração possa ser misturado continuamente, até que um fluido modificado determine que a reologia de fluido do fluido de perfuração é aceitável para uma determinada operação. Ciclos como este também podem ser 20 utilizados em instalações de produção de fluido, onde grandes volumes de fluido de perfuração são produzidos, carregados em navios de transporte, e transportados para locais de perfuração. Porque grandes volumes de fluidos podem ser misturados em um local centralizado, um contínuo 25 ciclo de circuito, que permite que o fluido de perfuração esteja em constante circulação, pode permitir que os fluidos mantenham a reologia correta para uma operação de perfuração dada por um longo tempo. Além disso, ao fornecer vários ciclos com o fluido de perfuração, uma reologia de 30 fluido aceitável pode ser mantida por longos períodos de

tempo. Aqueles de habilidade comum na técnica vão apreciar que vários estágios misturadores de alto cisalhamento podem produzir uma reologia de fluido aceitável em um único ciclo, no entanto, eles podem, ainda, ser vantajosos em
5 certas aplicações para processar o fluido por vários ciclos.

Os métodos e aparelhos acima descritos podem ser usados em linha, em um local de perfuração, para o processamento de fluido de perfuração. Em um aspecto, uma
10 unidade de mistura de alto cisalhamento com vários estágios inclui uma entrada para receber o fluido de perfuração e um corpo em comunicação fluida com a entrada. O corpo da unidade de mistura pode ter, pelo menos, uma primeira e uma
15 a segunda combinações de rotor/estator, sendo que a primeira e a segunda combinações de rotor/estator têm inúmeros dentes correspondentes. Durante a operação, fluidos modificados podem atuar na unidade de mistura pela partida de um motor, movendo um eixo de transmissão da unidade de mistura, fazendo com que os rotores girem em relação aos seus
20 respectivos estatores.

O fluido de perfuração pode, então, ser injetado na unidade de mistura, e o fluido de perfuração pode ser forçado a passar através do primeiro conjunto de slots correspondentes da primeira combinação de rotor/estator
25 (isto é, um primeiro estágio). Depois de ser formado através do primeiro conjunto de slots correspondentes, o fluido de perfuração pode ser forçado através de um segundo conjunto de slots correspondentes de uma segunda combinação de rotor/estator (ou seja, um segundo estágio), e um fluido
30 de perfuração misturado pode ser descarregado através da

saída da unidade de mistura. O fluido de perfuração misturado pode, então, ser transferido para um tanque de retenção.

Depois que o fluido é misturado, o fluido pode, tanto
5 ser levado para um tanque de retenção, para uso em um momento posterior, quanto ser injetado no poço, por exemplo, durante a perfuração.

O processo de injeção, forçando e descarregando, pode ser repetido, por exemplo, em um sistema de circuito
10 fechado, até que uma reologia de fluido desejada seja alcançada. Em certas aplicações, um agente de ponderação pode ser adicionado ao fluido de perfuração antes ou após a mistura do fluido na unidade de mistura, e, em outras aplicações, várias unidades de mistura podem ser executadas
15 em paralelo, para aumentar o volume do fluido de perfuração produzido.

Durante essas operações, volumes variados de fluido de perfuração podem ser processados, de acordo com as exigências da operação de perfuração e a capacidade das
20 bombas de mistura e dos tanques de retenção. Em certas aplicações, os volumes mais baixos de fluido de perfuração podem ser produzidos se a perfuração ou operação de fluido não exigir um volume tão grande de fluido. Porque as unidades de mistura de alto cisalhamento com vários
25 estágios do presente pedido podem misturar fluidos em uma única passagem, ao invés de várias passagens, como é exigido pela apresentação de técnicas de mistura, o tempo para produzir fluido de perfuração pode ser diminuído. Além disso, porque o número de passagens é reduzido, o custo
30 fluido de produção de fluido de perfuração pode ser

diminuído, assim como o total de energia gasta no processo pode ser diminuído.

Para entender como unidades de mistura de alto cisalhamento com vários estágios produzem fluidos de alta estabilidade, a dinâmica operacional de tais unidades de mistura em aplicações de fluido de perfuração foi determinada. Quando fluidos de perfuração são misturados usando um misturador que possui um rotor e estator, a eficácia do método pode ser medida, pelo menos em parte, com base no número de cisalhamento. Para determinar o número de cisalhamento, a taxa de cisalhamento de fluidos deve ser determinada. A taxa de cisalhamento de fluidos é definida pela equação:

$$t = V/g \text{ (Equação 1)}$$

onde t é a taxa de cisalhamento medida em segundos recíprocos (s^{-1}), V é a velocidade de ponta de um rotor medida em metros por segundo (m/s), e g é a distância da abertura medida em metros (m). A "abertura" é definida como a distância entre o rotor e o estator, e, para fins da presente divulgação, assume um valor de abertura antes da ocorrência do desgaste. A velocidade diferencial entre o rotor e o estator concede alto cisalhamento e energia turbulenta na abertura entre o rotor e estator, assim, a "velocidade de ponta" pode ser calculada de acordo com a equação:

$$V = \pi \cdot D \cdot n \text{ (Equação 2)}$$

onde V é a velocidade de ponta medida em metros por segundo (m/s), D é o diâmetro do rotor medido em metros (m), e n é a velocidade de rotação do rotor. Além de determinar a velocidade de ponta e a taxa de cisalhamento, a frequência

de cisalhamento, ou o número de vezes que o rotor e o estator abrem a malha, pode ser determinada de acordo com a equação:

$$f_s = N_r.N_s.n \text{ (Equação 3)}$$

5 em que f_s é a frequência de cisalhamento, N_r é o número de elementos do rotor, N_s é o número de elementos do estator, e n é a velocidade de rotação do rotor. Utilizando a frequência de cisalhamento e a taxa de cisalhamento calculadas, um número de cisalhamento pode ser determinado
10 pela equação:

$$S = f_s.t \text{ (Equação 4)}$$

onde S é o número de cisalhamento medido em segundos recíprocos (s^{-1}), f_s é a frequência de cisalhamento calculada na Equação 3, e t é a taxa de cisalhamento medida
15 em segundos recíprocos (s^{-1}) e determinada na Equação 1. Porque misturadores da presente divulgação, tendo projetos de rotor/estator que podem incluir várias linhas de dentes, o número de cisalhamento deve ser aplicado para cada linha, ao determinar a eficácia de um projeto particular em
20 cisalhamento de fluidos de perfuração.

A taxa de cisalhamento, a frequência de cisalhamento, e o número de cisalhamento podem, assim, ser usados para analisar a eficácia potencial de uma determinada unidade de mistura. A tabela 1, abaixo, fornece uma análise exemplar
25 para determinar a taxa de cisalhamento de uma unidade de mistura com estágio único e de uma unidade de mistura com vários estágios.

Tabela 1

V_1	Taxa de	Taxa de		
	Cisalhamento	Cisalhamento		

s^{-1}	$= (PI * N * D) / d$		
PI=	3.1416		
N=	Velocidade de Rotação do Rotor, REVS/SEC		
D=	Diâmetro do Rotor, IN mm		
d=	Largura da Abertura de Cisalhamento, IN mm		
	Tipo de Mistura	Estágio Único	Vários Estágios
HP		2	10
Fluxo Avaliado USGPM		60	10
	Número de Estágios	1	3
Cálculo da Velocidade da ponta V, m/s		22	23
Entrada	N, IN rpm	5400	5800
Entrada	D, mm	79	75
Largura da Entrada de Cisalhamento, em	d, in	0,0009	0,01
Entrada	d, mm	0,2286	0,254

Cálculo t , s^{-1}	Taxa de Cisalhamento, t , s^{-1}	97711	89671
---------------------------	--	-------	-------

A tabela 2, abaixo, fornece uma análise exemplar para determinar a frequência de cisalhamento e o número de cisalhamento resultante de uma unidade de mistura com estágio único e uma unidade de mistura com vários estágios.

5 Tabela 2

	Cavitações (Pulsações) por segundo		
Estágio 1 grosso	Frequência de Cisalhamento: $f_s = N_r \times N_s \times N$		Linha Externa
Número de Entrada dos Elementos/Dentes no Rotor, N_r		4	22
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Estator, N_s		26	21
Velocidade do Rotor de Entrada N , IN rpm		5400	5800
Cálculo t_s	Frequência de Cisalhamento	9360	44660
	Cálculo do Número de		

	Cisalhamento, S		
	Número de Cisalhamento: $S = f_s \times t$		
Cálculo S, Número de Cisalhamento		9,1E+08	4,0E+09
Estágio 1 grosso	Frequência de Cisalhamento: $f_s = N_r \times N_s \times N$		Linha Interna
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Rotor, N_r		NA	22
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Estator, N_s		NA	21
Velocidade do Rotor de Entrada N, IN rpm		NA	5800
Cálculo ts	Frequência de Cisalhamento		44660
	Cálculo de Número de Cisalhamento		
	Número de Cisalhamento:		

	$S = f_s \times t$		
Cálculo S, Número de Cisalhamento			2,9E+09
Estágio 2 Fino	Frequência de Cisalhamento: $f_s = N_r \times N_s \times$ N		Linha Interna
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Rotor, N_r		NA	32
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Estator, N_s		NA	32
Velocidade de Rotor de Entrada		NA	5800
Cálculo t_s	Frequência de Cisalhamento		98987
	Cálculo de Número de Cisalhamento, S		
	Número de Cisalhamento: $S = f_s \times t$		
Cálculo de S, Número de Cisalhamento		9,1E+08	6,5E+09

Estágio 2 Fino	Frequência de Cisalhamento: $f_s = N_r \times N_s \times N$		Linha do Meio
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Rotor, N_r		NA	32
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Estator, N_s		NA	32
Velocidade de Rotor de Entrada, IN rpm		NA	5800
Cálculo t_s	Frequência de Cisalhamento		98987
	Cálculo do Número de Cisalhamento		
	Número de Cisalhamento: $S = f_s \times t$		
Cálculo S , Número de Cisalhamento		9,1E+08	7,7E+09
Estágio 2 Fino	Frequência de Cisalhamento: $f_s = N_r \times N_s \times N$		Linha Externa

Número de Entrada de Elementos/Dentes no Rotor, N_r		NA	32
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Estator, N_s		NA	32
Velocidade do Rotor de Entrada N, IN rpm		NA	5800
Cálculo t_s	Frequência de Cisalhamento		98987
	Cálculo do Número de Cisalhamento, S		
	Número de Cisalhamento: $S = f_s \times t$		
Cálculo S , Número de Cisalhamento		$9,1E+08$	$8,9E+09$
Estágio 3 Fino	Frequência de Cisalhamento: $f_s = N_r \times N_s \times N$		Linha Interna
Número de Entrada de Elementos/Dentes		NA	32

no Rotor, N_r			
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Estator, N_s		NA	32
Velocidade de Rotor de Entrada N, IN rpm		NA	5800
Cálculo t_s	Frequência de Cisalhamento		98987
	Cálculo do Número de Cisalhamento, S		
	Número de Cisalhamento: $S = f_s \times t$		
Cálculo S , Número de Cisalhamento		9,1E+08	6,5E+09
Estágio 3 Fino	Frequência de Cisalhamento: $f_s = N_r \times N_s \times$ N		Linha do Meio
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Rotor, N_r		NA	32
Número de Entrada de		NA	32

Elementos/Dentes no Estator, N_s			
Velocidade do Rotor de Entrada N , IN rpm		NA	5800
Cálculo t_s	Frequência de Cisalhamento		98987
	Cálculo de Número de Cisalhamento, S		
	Número de Cisalhamento: $S = f_s \times t$		
Cálculo S , Número de Cisalhamento		9,1E+08	7,7E+09
Estágio 3 Fino	Frequência de Cisalhamento: $f_s = N_r \times N_s \times$ N		Linha Externa
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Rotor, N_r		NA	32
Número de Entrada de Elementos/Dentes no Estator, N_s		NA	32
Velocidade do		NA	5800

Rotor de Entrada N, In rpm			
Cálculo t_s	Frequência de Cisalhamento		98987
	Cálculo do Número de Cisalhamento, S		
	Número de Cisalhamento: $S = f_s \times t$		
Cálculo S, Número de Cisalhamento		9,1E+08	8,9E+09
Número de Cisalhamento, Total		9,1E+08	5,3E+10

Os resultados da análise indicam que uma unidade de mistura com vários estágios tem um maior número de cisalhamento, o que indica que um misturador com vários estágios pode resultar em um fluido de perfuração misturado, tendo reologia de fluido aceitável, após uma única passagem através da unidade de mistura. Para melhor explicar como unidades de mistura de alto cisalhamento com vários estágios podem melhorar o processo de mistura do fluido de perfuração, uma série de exemplos são apresentados abaixo. Geralmente, os exemplos comparam uma unidade de mistura de alto cisalhamento com estágio único a uma unidade de mistura de alto cisalhamento com vários estágios, projetadas para processar fluidos de perfuração.

Exemplo 1

Para testar a capacidade de unidades de mistura com vários estágios para misturar fluidos de perfuração, tanto as unidades de mistura de alto cisalhamento com vários
5 estágios, quanto as unidades de mistura de alto cisalhamento com estágio único, foram instaladas em estreita proximidade aos dois tanques de mistura e armazenamento, de modo que pudesse ocorrer a operação normal da usina. As duas unidades de mistura foram
10 canalizadas a partir de uma única descarga de bomba, através de uma válvula de isolamento, um filtro estrela, etc, para as unidades de mistura, e de volta ao encanamento da usina. A tubulação fixa da usina também foi configurada para coduzir o fluido para tanques de armazenamento,
15 bombas, ou um tanque de mistura. Esta configuração permitiu que o fluido de perfuração não misturado fosse bombeado para as unidades de mistura em linha e, depois, de volta para o armazenamento, permitindo, assim, que as propriedades do fluido de perfuração fossem analisadas
20 depois de uma única passagem através das unidades de mistura.

Neste exemplo, um fluido de perfuração sintético foi originalmente testado. O procedimento de teste consistiu em três horas de preparação do fluido de perfuração, seguidas
25 por 30 minutos de cisalhamento do fluido de perfuração com as unidades de mistura. Após o cisalhamento, o fluido de perfuração misturado foi bombeado de volta para os tanques de armazenamento. Durante o processamento, cada tanque demorou cerca de 3:57 horas para a mistura, e um total de
30 13 tanques (775.063 litros - 6500 BBL) foram processados

durante um período de 45 horas. As amostras foram tomadas, e a qualidade do fluido de perfuração misturado foi analisada em um laboratório da usina de fluido de perfuração.

5 Referindo-se brevemente às Figuras 6 e 7, as amostras de lama de perfuração tanto para os fluidos de perfuração não ponderado, quanto para os ponderado, respectivamente, de acordo com modalidades da presente divulgação, são mostradas. A Figura 6 ilustra a base da amostra do fluido
10 de perfuração antes do cisalhamento 600, a amostra de fluido de perfuração depois do cisalhamento com uma unidade de mistura com estágio único 601, e a amostra de fluido de perfuração após o cisalhamento com uma unidade de mistura com vários estágios 602. Da mesma forma, a Figura 7 ilustra
15 a base da amostra de fluido de perfuração antes do cisalhamento 700, a amostra de fluido de perfuração após o cisalhamento com uma unidade de mistura com estágio único 701, e a amostra de fluido de perfuração após o cisalhamento com uma unidade de mistura com vários estágios
20 702. As amostras incluem 350 ml de cada fluido de perfuração, e ilustram uma redução nos olhos de peixe após o cisalhamento com ambas unidades de mistura. Além disso, a análise concluiu que a unidade de mistura com estágio único resultou em vários olhos de peixe por 350 ml da amostra,
25 enquanto a mistura com a unidade de mistura com vários estágios resultou em 1 a 2 olhos de peixe por 350 ml da amostra. O teste indicou, ainda, que os olhos de peixe poderiam também ser reduzidos pela construção do fluido de perfuração e processamento do fluido de perfuração com uma
30 unidade de mistura com vários estágios antes do

armazenamento.

Os dados coletados durante os testes, bem como aspectos de medição da reologia do fluido de perfuração para a unidade de mistura com estágio único, são resumidos a seguir na tabela 3. Os testes foram realizados de acordo com padrões da American Petroleum, para testar fluidos de perfuração.

Tabela 3

Propriedades da Lama							
Testes:	Base	1	2	3	4	5	6
		700L	500L	800L	500L	700L	700L
Densidade @ 20°C, kg/m³	1075						
Temperatura de Reologia, °C	50	50	50	50	50	50	50
600 rpm	57	63	63	65	66	67	65
300 rpm	37	41	41	42	43	43	42
200 rpm	30	33	33	34	35	35	34
100 rpm	21	24	24	25	25	25	25
6 rpm	9	10	10	11	11	11	11
3 rpm	8	9	9	10	10	10	10
Viscosidade Plástica, mPa-sec	20	22	22	23	23	24	23
Ponto de rendimento, PA	8.5	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5

10 Força de Gel por Segundo, Pa	4.5	5	5	5.5	5.5	5.5	5.5
10 Força de Gel por Minuto, Pa	6.5	7.5	7.5	7.5	8	8	7.5
Estabilidade Elétrica, volts	534	535	550	572	550	554	554

Os dados coletados durante os testes, bem como os aspectos de medição da reologia do fluido de perfuração para a unidade de mistura com vários estágios, estão resumidos a seguir, na tabela 4.

5 Tabela 4

Propriedades da Lama							
Testes:	Base	1	2	3	4	5	6
		800L	800L	700L	800L	800L	550L
Temperatura de Reologia, °C	50	50	50	50	50	50	50
600 rpm	64	67	67	67	68	68	70
300 rpm	42	44	44	44	45	45	46
200 rpm	33	35	35	35	36	36	38
100 rpm	24	25	25	26	26	26	27
6 rpm	10	11	11	12	12	12	13
3 rpm	9	10	10	11	11	11	12
Viscosidade	22	23	23	23	23	23	24

Plástica, mPa-sec							
Ponto de rendimento, PA	10	10,5	10,5	10,5	11	11	11
10 Força de Gel por Segundo, PA	5	5,5	5,5	6	6	6	6
10 Força de Gel por Minuto, Pa	7,5	8	8	8	8,5	8,5	8,5
Estabilidade Elétrica, volts	523	556	574	583	600	613	620

Comparando os resultados de cisalhamento do fluido de perfuração com uma unidade de mistura com estágio único e uma unidade de mistura com vários estágios, ambas unidades produzem fluidos de perfuração, tendo uma estabilidade elétrica superior a 500, indicando, assim, que os fluidos tinham uma capacidade aceitável de transporte por barita.

Exemplo 2

Neste exemplo, um fluido de perfuração à base de óleo foi preparado em um tanque e, subsequentemente, processado por uma unidade de mistura com estágio único ou com vários estágios. Para a unidade de mistura com estágio único, o fluido de perfuração não misturado foi bombeado para a unidade de mistura em uma taxa de fluxo de 10.600 litros por minuto (2800 galões por minuto). Para a unidade de mistura com vários estágios, o fluido de perfuração não

misturado foi bombeado para a unidade de mistura em uma taxa de fluxo de 1514,16 litros por minuto (400 galões por minuto). Assim, a taxa de fluxo da unidade de mistura com estágio único foi substancialmente maior do que a da

5 unidade de mistura com vários estágios.

A tabela 5, abaixo, fornece os resultados dos testes da unidade de mistura com estágio único. A estabilidade elétrica (ES na tabela) foi medida para cada teste, de acordo com os métodos discutidos acima. Antes do

10 processamento do fluido, o ES Inicial foi medido, e depois do fluido ter sido processado, o ES Final foi medido. A mudança refere-se à mudança no ES pela duração do tratamento. Circulações Tank Vol. referem-se ao número de ciclos através dos quais o teste do fluido foi processado.

15 Assim, um ES por Circulação, um ES por volume por hora, e um ES por hora, foram calculados para cada experimento.

Tabela 5

Experimentos	Unidades	1-1	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	2-3	3-1
ES Inicial	Volts	400	381	342	403	356	342	520	285
ES Final	Volts	648	460	422	386	518	543	550	438
Taxa de Fluxo	L/min	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Volume do Tanque	M ³	30	30	30	30	30	30	30	30
Mudança	Volts	+148	+79	+80	-17	+162	+201	+30	+153
Duração	Horas	1,5	1,3	1,42	1,33	1,33	1,5	0,5	2
S.G.da Lama		1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	0,9
Circulações Tank Vol.		7,6	7	7	7	7	7	3,1	11
ES por Circulação	Volts	32,5	11,3	11,4	-2,4	23,1	28,5	9,8	13,8

ES/m³/Hr	Volts	5,5	1,98	1,88	-0,43	4,06	4,47	2	1,92
ES/Hr	Volts	165,3	59,4	56,3	-12,8	121,8	134	60	57,5
ES/KW	Volts	1,83	0,66	0,63	-0,14	1,35	1,49	0,67	0,64

Tabela 6, abaixo, fornece os resultados dos testes para a unidade de múltiplos estágios de mistura. A estabilidade elétrica (ES na tabela) foi medida para cada teste, de acordo com os métodos discutidos acima. Antes do processamento do fluido, o ES Inicial foi medido, e depois do fluido ter sido processado, o ES Final foi medido. A mudança refere-se à mudança no ES sobre a duração do tratamento. Circulação Tank Vol. refere-se ao número de ciclos por meio dos quais o fluido foi processado durante o teste. Assim, um ES por Circulação, um ES por volume por hora, e um ES por hora, foram calculados para cada experimento.

Tabela 6

Experimentos	Unidades	1-2	1-8	1-9	1-10	2-1	2-2	3-2
ES Inicial	Volts	435	300	408	423	438	385	238
ES Final	Volts	511	535	537	520	526	511	370
Taxa de Fluxo	L/min	978	566	400	566	350	400	400
Volume do Tanque	M³	30	30	30	30	30	30	30
Mudança	Volts	+76	+235	+129		+88	+126	+132
Duração	Horas	1,3	1,2	1,5	1,5	1,5	1,3	2
S.G.da Lama		1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	0,9
Circulações Tank Vol.		2,2	1,6	1,0	1,0	1,4	1,2	2,3
ES por Circulação	Volts	34	144,7	126	95,4	65	108	58

ES/m ³ /Hr	Volts	1,9	6,53	2,87	2,16	1,96	3,23	2,2
ES/Hr	Volts	57,14	195,8	86	64,6	58,67	96,92	66
ES/KW	Volts	1,27	4,35	1,91	1,44	1,30	2,15	1,47

Os resultados indicam que tanto as unidades de mistura com estágio único, quanto as unidades de mistura com vários estágios, podem cisalhar o fluido testado, para alcançar a estabilidade elétrica aceitável. No entanto, a unidade de

5 mistura com estágio único exige uma taxa de fluxo substancialmente mais elevada, para atingir níveis aceitáveis de estabilidade elétrica. Maiores taxas de fluxo podem resultar em mais desgaste aos componentes internos, como os rotores, estatores, ou dentes, na unidade de

10 mistura com estágio único em comparação com a unidade de mistura com vários estágios. Para determinar o desgaste, os rotores e estatores foram avaliados, para determinar se houve uma mudança na dimensão ou uma perda de massa, como resultado do processamento. Os resultados da avaliação

15 mostram que algum desgaste ocorreu tanto na unidade de mistura com estágio único, quanto na unidade de mistura com vários estágios. No entanto, porque a taxa de fluxo do fluido de perfuração, através da unidade de mistura com vários estágios foi menor, o desgaste foi bem menor.

20 Além disso, devido ao projeto de unidades de mistura com estágio único, a abertura entre o rotor e o estator pode aumentar mais rapidamente do que em uma unidade de mistura com vários estágios. Uma vez que a abertura entre o rotor e o estator aumenta, a capacidade de cisalhamento da

25 unidade diminui, diminuindo, assim, a eficácia da unidade. Porque a unidade de mistura com vários estágios experimenta menos desgaste geral, os componentes da unidade de mistura

com vários estágios podem não precisar de substituição frequentemente (os resultados da análise indicam que a unidade de mistura de múltiplos estágios pode processar 5,5 vezes o volume de fluido de perfuração da unidade de
5 mistura com estágio único, antes da unidade de mistura com vários estágios falhar).

Exemplo 3

Neste exemplo, um fluido de perfuração à base de óleo foi preparado em um tanque e, subsequentemente, processadoo
10 por uma unidade de mistura com vários estágios. Antes do cisalhamento, um fluido pré-misturado foi preparado, incluindo carbonato de cálcio, mas sem barita. Um total de 3800 barris (453.113,8 litros) de fluidos foram processados utilizando uma unidade de mistura com vários estágios,
15 tendo três conjuntos de rotores e estatores e capaz de processar 2.082 litros por minutos (550 gpm). Durante o teste, três experimentos foram realizados. No primeiro experimento, um total de aproximadamente 143.088,5 litros (1.200 barris) de fluido foi misturado. A primeira parte de
20 barris foi pré-misturada com carbonato de cálcio e enviada para armazenamento. A segunda parte de barris foi misturada por duas passagens ponderadas com barita. No segundo experimento, 48.842,5 litros (418 barris) de fluido foram pré-misturados e continuamente cisalhados por três
25 passagens do tanque de mistura, através da unidade de cisalhamento e voltaram para o tanque de mistura original. No terceiro experimento, 41.734,2 litros (350 barris) de fluido não ponderado foram pré-misturados e imediatamente cisalhados até que a estabilidade elétrica do fluido foi
30 elevada a um nível predeterminado. Os resultados dos testes

são resumidos na Tabela 7 abaixo:

Tabela 7

PRODUTO	TAMANHO DA UNIDADE	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
ESCADE 110 BASE FLUID	BBL, 42 GAL*	792 + 400	264	222
VG PLUS	BG, 50 LB	147	49	48
LIME	BG, 55 LB	95	31	14
VERSACOAT HF	DM, 55 GAL*	15	5	5
VERSAWET	DM, 55 GAL*	8	3	3
ÁGUA (ÁGUA DE PERFURAÇÃO)	BBL, 42 GAL*	110	37	92
CaCl ₂ 11.6 PPG BRINE	BBL, 42 GAL*	170	57	212
VERSATROL	BG, 50 LB	85	28	24
HRP	DM, 55 GAL*	1,5	0.5	-
SAFECARB 20	BG, 1 MT	22	7	-
BARITA BB	BG, 1,5 MT	58	19	-
PRODUTO PRODUZIDO				
VERSACLEAN MUD 10.5 - 10.8 PPG	BBL, 42 GAL*	1256	418	-----
VERSACLEAN PREMIX		-----	-----	350

*1 GAL = 1324,9 litros

Durante o primeiro experimento, a lama foi cisalhada

por duas passagens e os valores de ES aumentaram 109 V, com a primeira passagem e 54 V, com a segunda passagem, para um aumento total de 163 V. Após duas passagens, o ES atingiu o valor de 223 V, e depois que a lama cisalhada foi ponderado com barita, o valor ES aumentou para 291 V. A taxa de fluxo média durante o experimento foi de 1540,6 litros por minuto (407 gpm). No segundo experimento, 47.696,2 litros (400 barris) de lama foram construídos e deixados durante a noite em um tanque de lama. A lama foi, então, processada por duas horas no tanque e cisalhada por três passagens pela unidade de mistura. A taxa de fluxo média durante o experimento foi de 1514,16 litros por minuto (400 gpm). Durante o segundo experimento, os valores de ES aumentaram de 57 V a 65 V, após a primeira passagem, e para 100V, após a segunda passagem, sem aumento registrado durante a passagem de terceiros. A adição de barita contribuiu para um aumento de ES ainda maior, até um total de 152 V. Durante o terceiro experimento, o cisalhamento foi iniciado no final do processo de mistura da lama. A taxa de fluxo média durante o terceiro experimento foi de 1529,3 litros por minuto (404 gpm), e amostras foram coletadas após uma passagem e depois de uma segunda passagem pela unidade de mistura. Após a primeira passagem, o ES foi de 505 V e, depois da segunda passagem, o ES foi de 623 V. O ES das amostras coletadas foi, então, reavaliado 18-20 horas mais tarde, e o ES do fluido, após a primeira passagem, foi de 650 V e o ES do fluido, após a segunda passagem, foi de 700 V.

Vantajosamente, modalidades da presente divulgação podem fornecer aparelhos e métodos de fluidos de perfuração

misturados, com reologia de fluido aceitável. Em certos aspectos, as unidades de mistura com vários estágios podem ser usadas para processar fluidos de perfuração, de modo que um fluido de perfuração possa ser processado em uma
5 única passagem através do misturador. Além disso, a unidade de mistura com vários estágios pode ser disposta em linha em um local de perfuração, permitindo, assim, que o fluido de perfuração seja processado num tempo relativamente curto, antes que ele seja bombeado no poço. Em outros
10 aspectos, o fluido de perfuração pode ser misturado com uma unidade de mistura de alto cisalhamento com vários estágios e armazenado por um determinado período de tempo, antes do uso. Porque a unidade de mistura de alto cisalhamento com vários estágios pode fornecer propriedades ideias do
15 fluido, o fluido pode ser armazenado por longos períodos de tempo, sem a exigência de que o fluido de perfuração seja reprocessado antes de ser utilizado em uma operação de perfuração.

Também vantajosamente, modalidades da presente
20 divulgação podem fornecer aparelhos que resistem ao desgaste, de forma mais efetiva do que as atuais unidades de mistura. Em certos aspectos, as unidades de mistura com vários estágios divulgadas aqui podem incluir componentes internos resistente ao desgaste ou revestimento sobre os
25 componentes, de tal forma que possa aumentar ainda mais a vida útil da unidade de mistura. Ao aumentar a vida útil da unidade de mistura, o custo total do fornecimento de fluido para uma operação de perfuração pode ser diminuído. Além disso, como unidades de mistura com vários estágios
30 podem processar um volume maior de fluido de perfuração

antes de componentes, como rotores e estatores, exigirem a substituição, o custo de processamento de fluido de perfuração pode ser diminuído, bem como o tempo de inatividade rig, diminuindo, assim, ainda mais o custo total das operações de perfuração. Para diminuir ainda mais o custo de perfuração, modalidades da presente divulgação também podem diminuir o número de ciclos de circulação que um fluido de perfuração atravessa antes da perfuração. Assim, ao invés de o ciclo do fluido de perfuração no poço ocorrer várias vezes antes de iniciar a perfuração, um fluido de perfuração pré-misturado pode ser usado sem tais ciclos de circulação.

Enquanto a presente divulgação tem sido descrita em relação a um número limitado de modalidades, aqueles hábeis na técnica, tendo benefício dessa divulgação, irão apreciar que outras modalidades podem ser concebidas sem se afastar do âmbito da divulgação como aqui descrita. Por conseguinte, o alcance da divulgação deve ser limitado apenas pelas reivindicações anexadas.

REINVIDICAÇÕES

1. Unidade de mistura de alto cisalhamento para processamento de fluido de perfuração, a unidade de mistura (100, 200) compreendendo:

5 uma entrada (201) para receber um fluido de perfuração; e

 um corpo (203) em comunicação fluida com a entrada (201);

 a unidade de mistura **CARACTERIZADA** pelo fato de
10 compreender ainda:

 um primeiro estágio disposto no corpo, em que o primeiro estágio tem um primeiro diâmetro e compreende uma pluralidade de dentes (205, 206);

 um segundo estágio disposto no corpo, em que o segundo
15 estágio tem um segundo diâmetro, que é maior que o primeiro diâmetro, e compreende uma pluralidade de dentes (208, 209); e

 um atuador (101) configurado para rotacionar o primeiro e ao segundo estágios.

20 2. Unidade de mistura de alto cisalhamento, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que um da pluralidade de dentes compreende pelo menos um dente aço inoxidável e carboneto de tungstênio.

 3. Unidade de mistura de alto cisalhamento, de acordo
25 com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** por compreender ainda:

 uma unidade de força variável conectada ao atuador (101) e configurada para iniciar o atuador.

 4. Unidade de mistura de alto cisalhamento, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a
30 unidade de mistura é configurada para ser disposta em

linha, em um local de perfuração.

5. Unidade de mistura de alto cisalhamento, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a unidade de mistura compreende pelo menos um terceiro
5 estágio (210, 211) tendo um diâmetro maior que o segundo diâmetro.

6. Método para misturar de fluidos de perfuração, **CARACTERIZADO** por compreender:

injetar fluido de perfuração em uma unidade de mistura
10 de alto cisalhamento (100, 200);

forçar o fluido de perfuração através de pelo menos um primeiro conjunto de dentes de rotor (205) e dentes de estator (206) correspondentes de um primeiro estágio, em que o primeiro estágio tem um primeiro diâmetro;

15 forçar o fluido de perfuração através do segundo conjunto de dentes de rotor (208) e dentes de estator (209) correspondentes de um segundo estágio, em que o segundo estágio tem um segundo diâmetro maior do que o primeiro diâmetro; e

20 descarregar o fluido de perfuração.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** por compreender ainda:

forçar o fluido de perfuração através de um terceiro conjunto de dentes do rotor (210) e os dentes do estator
25 (211) correspondentes de um terceiro estágio, em que o terceiro estágio tem um terceiro diâmetro maior do que o segundo diâmetro.

8. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** por compreender ainda:

30 injetar o fluido de perfuração de poço.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, CARACTERIZADO por compreender ainda:

repetir os estágios de injetar, forçar e descarregar, até que uma reologia de fluido de perfuração desejada seja alcançada.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, CARACTERIZADO por compreender ainda:

adicionar um agente de ponderação ao fluido de perfuração.

11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 10, CARACTERIZADO pelo fato de que a unidade de mistura de alto cisalhamento está localizada em linha em um local de perfuração.

12. Método, de acordo com a reivindicação 6, CARACTERIZADO por compreender ainda:

transferir o fluido de perfuração para um tanque de retenção.

13. Método, de acordo com a reivindicação 6, CARACTERIZADO pelo fato de que o fluido de perfuração compreende pelo menos um de um grupo dentre fluidos de perfuração à base de água, fluidos de perfuração à base de óleo e fluidos de perfuração sintéticos.

14. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 13, CARACTERIZADO pelo fato de que pelo menos dentre o primeiro ou o segundo conjunto de dentes compreende um espaçamento de dente configurado para fornecer um dentre um produto grosso, médio, fino, e superfino.

15. Método, de acordo com a reivindicação 6, CARACTERIZADO por compreender ainda:

reinjetar o fluido de perfuração dentro da unidade de mistura de alto cisalhamento.

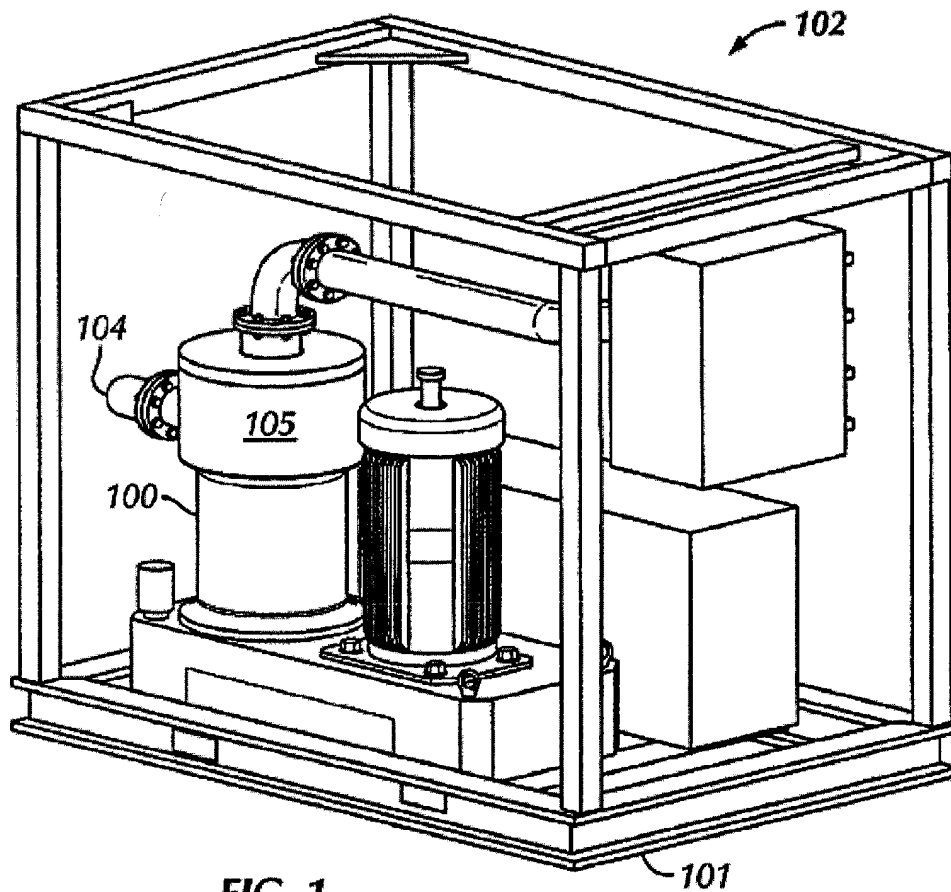


FIG. 1

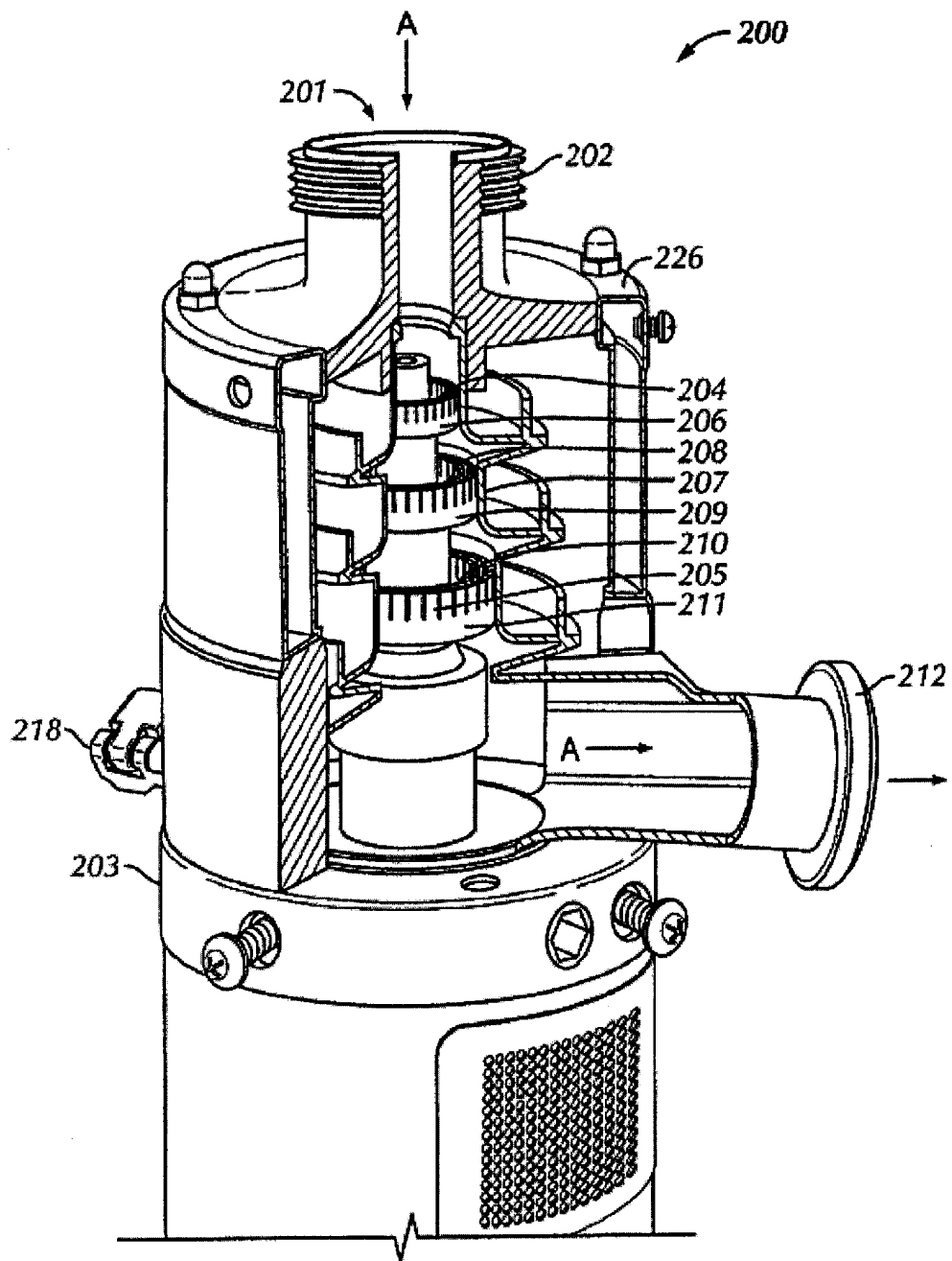


FIG. 2

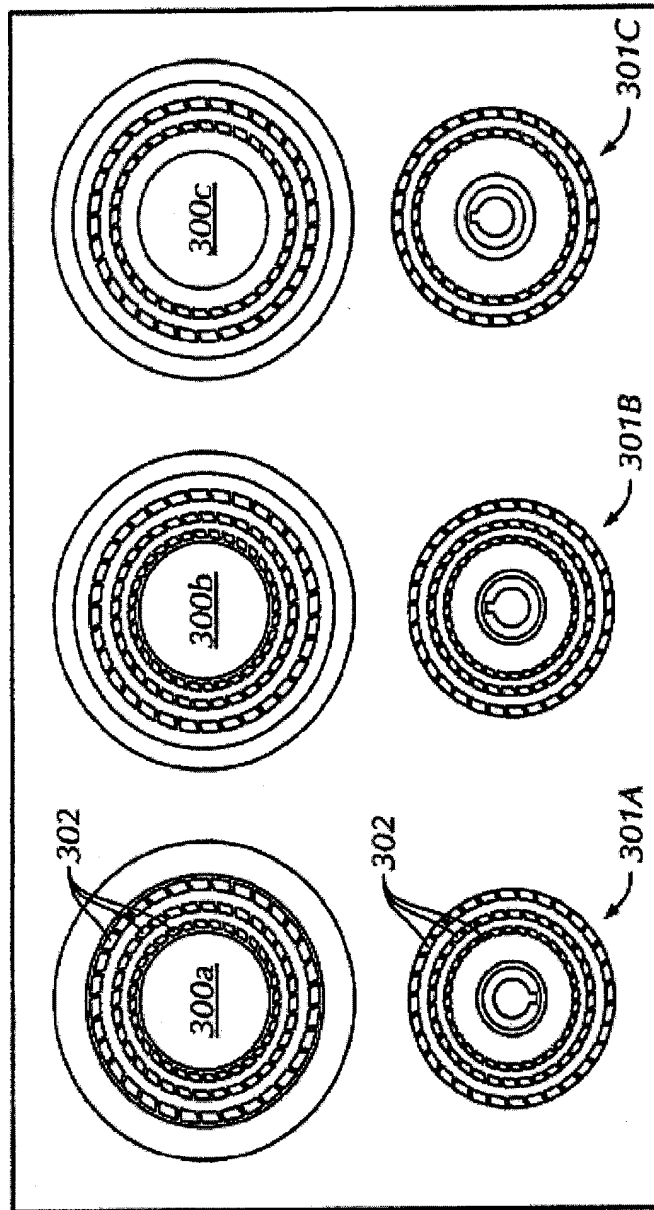


FIG. 3

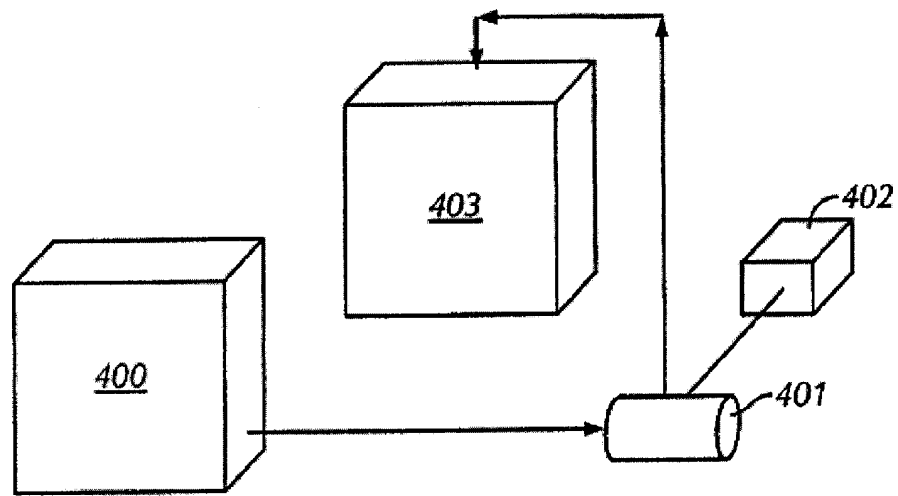


FIG. 4

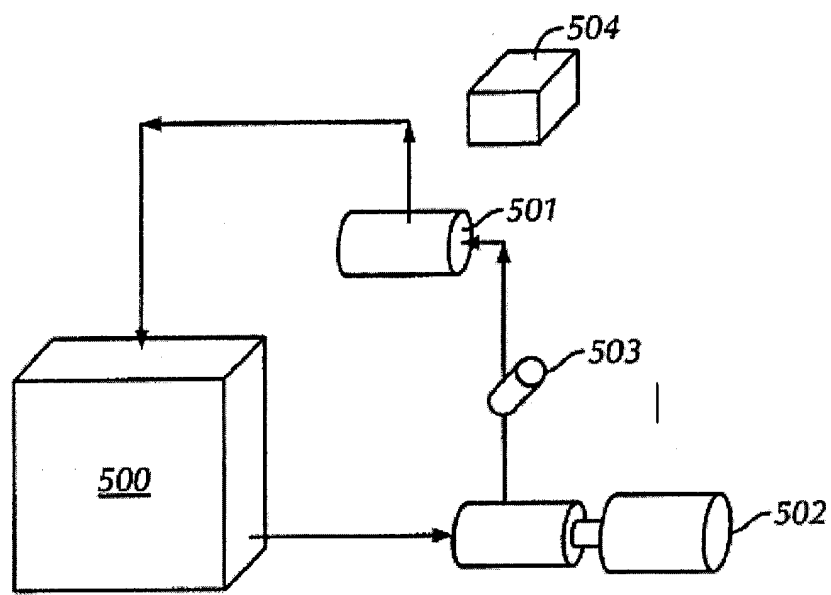


FIG. 5

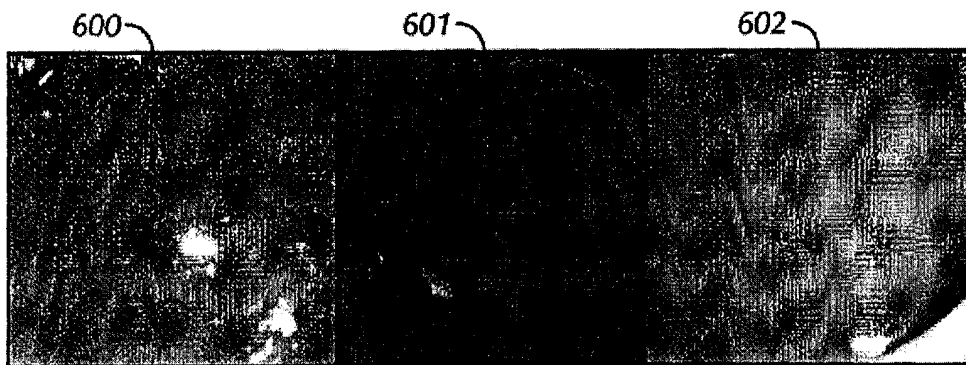


FIG. 6

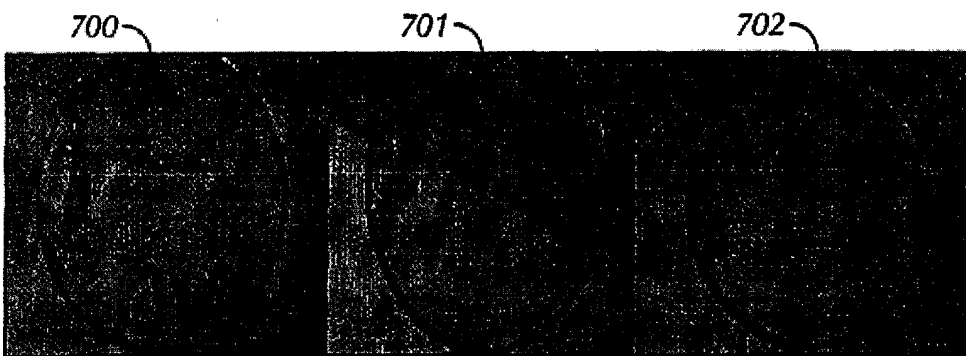


FIG. 7