



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

**(11) PI 0818235-3 B1**



**(22) Data do Depósito:** 15/10/2008

**(45) Data de Concessão:** 10/09/2019

**(54) Título:** SISTEMA DE BOMBA PARA CONDUZIR UM PRIMEIRO FLUIDO USANDO UM SEGUNDO FLUIDO

**(51) Int.Cl.:** F04B 43/113.

**(30) Prioridade Unionista:** 17/10/2007 AU 2007/905696.

**(73) Titular(es):** WEIR MINERALS NETHERLANDS B.V..

**(72) Inventor(es):** ROBERT LESLIE WEST; GORDON LEITH MORRISS.

**(86) Pedido PCT:** PCT NL2008000225 de 15/10/2008

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/051474 de 23/04/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 16/04/2010

**(57) Resumo:** SISTEMA DE BOMBA PARA CONDUZIR UM PRIMEIRO FLUIDO USANDO UM SEGUNDO FLUIDO A presente invenção refere-se a um sistema de bomba (1) para conduzir um primeiro fluido (100) usando um segundo fluido (200), o dito sistema (1) compreendendo pelo menos uma primeira bomba (10), a dita primeira bomba (10) compreendendo pelo menos um primeiro invólucro externo rígido (10a) que define um primeiro espaço interior (11), uma primeira estrutura de tubo flexível (12) acomodada no primeiro espaço interior (11), em que o interior (12) da primeira estrutura de tubo flexível (12) é arranjado para receber um dos ditos primeiro (100) ou segundo (200) fluidos, em que a região do primeiro espaço interior (11) que circunda a primeira estrutura de tubo flexível (12) é arranjada para receber o dito outro dos ditos primeiro (100) e segundo (200) fluidos, e em que a primeira estrutura de tubo flexível (12) é móvel entre as condições lateralmente expandida e contraída, para variar o volume do interior da primeira estrutura de tubo flexível (12), desse modo, transmitindo cursos de descarga e admissão sequenciais no dito primeiro fluido (100).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA DE BOMBA PARA CONDUZIR UM PRIMEIRO FLUIDO USANDO UM SEGUNDO FLUIDO"**.

Campo da Técnica

[001] A presente invenção refere-se a um sistema e a um aparelho para o bombeamento de um fluido. O sistema e o aparelho encontram aplicação em particular no bombeamento de polpas particuladas. Entretanto, percebe-se que o método e o aparelho podem ser aplicados em campos tão diversos quanto içamento hidráulico, sistemas de resfriamento e desidratação integrados e dessalinização por osmose reversa.

Antecedentes da Invenção

[002] Há uma variedade de tecnologias disponíveis que permitem que a pressão do fluido seja usada para bombear outros fluidos. Em essência, estes dispositivos são dispositivos de troca de pressão, e também podem ser usados para extrair pressão dos fluidos.

[003] O tubo em câmara Seimag 3, sistemas DWEER e ERI (discutidos com detalhes adicionais a seguir) são sistemas de troca de pressão do fluido nos quais os fluidos podem interagir (isto é, misturar) em algum grau.

[004] Há uma ampla família de outros dispositivos de troca de pressão do fluido que têm uma membrana (mangueira flexível) no interior de um tubo rígido, para definir um espaço anular (entre a mangueira e o tubo) e um volume (na mangueira). O espaço anular e o volume podem ser usados para trocar ou recuperar energia entre dois fluidos e, ao mesmo tempo, mantendo os fluidos separados, para impedir a mistura e melhorar a eficiência de transferência de energia. Tipicamente, a transferência de energia nestas bombas é através de uma ação de deslocamento positivo.

[005] Exemplos de tais bombas são descritos nos seguintes pe-

didados de patente e patentes: PCT/AU2003/000953 (West e Morriss), GB 2.195.149A (SB Services), WO 82/01738 (Riha), US 6.345.962 (Sutter), JP 11-117872 (Iwaki), US 4.543.044 (Simmons), US 4.257.751 (Kofahl), US 4.886.432 (Kimberlin), GB 992.326 (Esso), US 5.897.530 (Jackson).

[006] Destes, a bomba descrita em PCT/AU2003/000953 (West e Morriss) alcançou aplicação comercial na indústria de mineração. Em seu uso típico, um fluido sujo ou corrosivo é bombeado para o interior da mangueira flexível, sob baixa pressão, e um outro fluido, tal como óleo hidráulico, é bombeado para o interior do espaço anular em alta pressão – fazendo com que o fluido sujo ou corrosivo saia da mangueira sob alta pressão. O uso de óleo hidráulico como a fonte de energia permite que a energia seja eficientemente desenvolvida em um ambiente limpo, de longa vida útil.

[007] Algumas outras aplicações típicas que usam dispositivos de troca de energia são como segue.

(i) Içamento hidráulico

[008] Içamento hidráulico é o princípio de bombeamento um minério de mineral em polpa (ou similar) a partir de uma profundidade em uma mina, tanto até a superfície quanto até um nível mais alto na mina. A mina pode ser tanto a céu aberto quanto subterrânea. Típicos métodos alternativos de remoção de minério das minas são por içamento em um elevador, por transportador ou por caminhão basculante. Em princípio, içamento hidráulico deve fornecer um custo de ciclo de vida mais baixo que estas alternativas – mas ainda deve estabelecer uma significativa posição no mercado.

[009] No geral, formas existentes de içamento hidráulico consistem em:

1. Usar um diafragma de pistão ou outra bomba em alta pressão para bombear um minério em polpa homogêneo até a superfí-

cie de uma mina. Neste caso, a polpa é bombeada até a superfície, e nada é retornado ou recirculado até o ponto de bombeamento original e, portanto, nenhuma recuperação de pressão é possível; ou

2. Usar um sistema de três tubos em câmara (por exemplo, sistema tipo Siemag) para bombear um minério em polpa até a superfície de uma mina, mas usando água recirculada a partir da superfície para auxiliar no bombeamento da polpa. O sistema de 3 câmaras se baseia em sequencialmente encher e descarregar 3 câmaras com polpa e, então, água.

[0010] Neste sistema, uma câmara é inicialmente cheia com polpa, antes de descarregá-la sob alta pressão com água. Durante o curso de descarga, uma outra câmara é cheia com polpa, então descarregada pela água em alta pressão, enquanto a terceira câmara está sendo cheia. Então, o processo continua com esta terceira câmara descarregando e a primeira câmara enchendo, em uma sequência contínua.

[0011] Embora este sistema recupere energia da água recirculada, a mistura pode ocorrer entre os dois meios, o que também resulta em perdas de energia e diluição ou contaminação da polpa. Também, é usualmente necessário aplicar energia adicional no sistema, para içar a polpa da mina, em função das diferenças de densidade entre a água e a polpa e em função de perdas por atrito no sistema.

[0012] Alguns sistemas de içamento hidráulico foram propostos, em que um denso meio de polpa é usado como o transportador para bombeamento do minério a ser removido da mina (em uma forma particulada), e pressão é recuperada do meio denso à medida que ele é recirculado para o interior da mina (por exemplo, por meio de um sistema de 3 tubos em câmara) (veja: Hydraulic Hoisting for Platinum Mines, 2004, Robert Cooke et al).

[0013] Como exposto, em muitos dos circuitos de recuperação de

pressão, fluxo e/ou pressão de constituição devem ser aplicados no circuito para manter equilíbrios de pressão e fluxo.

(ii) Sistemas de resfriamento e desidratação integrados

[0014] Nestes sistemas integrados, tipicamente, água é resfriada na superfície da mina, então, bombeada para baixo da superfície. Em decorrência disto, ela desenvolve considerável energia (potencial). Esta energia é recuperada no sistema de tubo em três câmaras ou sistemas tipo roda de Pelton e usada para ajudar a bombear água suja da mina.

(iii) Osmose reversa

[0015] Em sistemas de osmose reversa de água do mar, a água salgada do mar é usualmente carregada até cerca de 7.000 kPa (1.000 psi) através de bombas centrífugas multiestágios. Então, a água pressurizada é alimentada no interior das câmaras de membrana de osmose reversa, das quais água limpa sai em um lado da membrana, e água com alta concentração de sal sai do outro lado. A água com alta concentração de sal ainda está em alta pressão, mas aproximadamente metade da vazão do influxo de água do mar.

[0016] Existem vários sistemas de recuperação de pressão para recuperar a energia da água com alta concentração de sal, (por exemplo, DWEEER (pistão flutuante sólido no tubo) e ERI (sistemas de pistão líquido rotativo)). Ambos estes permitem que algum nível de mistura ocorra entre os dois meios ou tenha o potencial de atrito (entre o pistão sólido e as paredes) que, juntamente, resultam em perdas de energia e de eficiência. Também, o uso de bombeamento multiestágios como o mecanismo de bombeamento primário não é a tecnologia mais eficiente disponível nestas pressões.

Sumário da Invenção

[0017] Em um primeiro aspecto, a presente invenção fornece um sistema de bomba para conduzir um primeiro fluido usando um segun-

do fluido, compreendendo pelo menos uma primeira bomba, a dita primeira bomba consistindo em pelo menos:

- um primeiro invólucro externo rígido que define um primeiro espaço interior,

- uma primeira estrutura de tubo flexível acomodada no primeiro espaço interior, em que o interior da primeira estrutura de tubo flexível é arranjado para receber um dos ditos primeiro ou segundo fluidos,

- em que a região do primeiro espaço interior que circunda a primeira estrutura de tubo flexível é arranjada para receber o dito outro dos ditos primeiro e segundo fluidos, e

- em que a primeira estrutura de tubo flexível é móvel entre condições lateralmente expandida e contraída, para variar o volume do interior da primeira estrutura de tubo flexível, desse modo, transmitindo cursos de descarga e admissão sequenciais no dito primeiro fluido, caracterizado em que o sistema de bomba compreende uma segunda bomba, a dita segunda bomba consistindo em pelo menos

- um segundo invólucro externo rígido que define um segundo espaço interior,

- uma segunda estrutura de tubo flexível acomodada no segundo espaço interior, em que o interior da segunda estrutura de tubo flexível é arranjado para receber um do dito segundo ou de um terceiro fluido que são deslocados pelos ditos cursos de descarga e admissão sequenciais transmitidos da dita primeira bomba,

- em que a região do segundo espaço interior que circunda a segunda estrutura de tubo flexível é arranjada para receber o dito outro dos ditos segundo e terceiro fluidos que são deslocados pelos ditos cursos de descarga e admissão sequenciais transmitidos da dita primeira bomba, e

- em que a segunda estrutura de tubo flexível é móvel entre

condições lateralmente expandida e contraída, para variar o volume do interior da segunda estrutura de tubo flexível, desse modo, transmitindo cursos de descarga e admissão sequenciais no dito terceiro fluido.

[0018] A integração de um dispositivo de recuperação de energia e de um dispositivo de bombeamento de pressão fornece um sistema que pode recuperar energia de um primeiro fluido e transferi-la para um segundo fluido, então, usar esta energia no segundo fluido, juntamente com energia e/ou fluxo externo adicional aplicado no segundo fluido, para bombear um terceiro fluido em pressão e/ou vazão mais altas que o primeiro fluido. O terceiro fluido pode ser o mesmo tipo de fluido do primeiro fluido.

[0019] Este tipo de sistema integrado é concebido para ser usado em aplicações, tais como:

- içamento hidráulico,
- sistemas de resfriamento e desidratação integrados, e
- dessalinização por osmose reversa

[0020] Em cada uma destas aplicações, um fluido é exigido para ser bombeado em alta pressão e alta vazão, através de um processo ou de um ponto para um outro. Uma vez que o fluido bombeado chega ao seu destino, ou foi processado, ele ainda pode conter considerável energia ou pode ser capaz de ser retornado para seu ponto de partida e recuperar considerável energia (potencial). Esta energia pode ficar disponível para ajudar a bombear mais do fluido original se a energia puder ser eficientemente extraída. Este tipo de sistema pode ser concebido como um sistema de recirculação em loop fechado ou semifechado.

[0021] Alternativamente, pode haver uma fonte de fluido adicional que contém energia considerável que fica disponível para ajudar a bombear o fluido bombeado. Este tipo de sistema pode ser concebido mais como um sistema em loop aberto.

[0022] De interesse particular com tais sistemas de recuperação e bombeamento de energia é garantir que:

- a máxima quantidade de energia seja recuperada da fonte de fluido,
- o fluido bombeado não misture, ou misture minimamente com a fonte de fluido, e
- o sistema para recuperar a energia e bombear o fluido bombeado é mecanicamente simples, em princípio.

[0023] A presente invenção supera algumas limitações dos sistemas de recuperação e bombeamento de pressão combinados conhecidos da tecnologia anterior por poder aumentar a eficiência da recuperação de energia e tratar uma faixa mais diversa de fluidos, tanto no circuito de recuperação de energia quanto no circuito de fluido bombeado.

[0024] Em uma modalidade, o sistema pode incluir um circuito de lavagem de fluido, que é arranjado em comunicação fluídica como ele, para limpar particulado e outros detritos do sistema.

[0025] Em uma modalidade, o sistema pode incluir um sistema de controle arranjado para controlar a operação das ditas válvulas e bombas de uma maneira predeterminada.

[0026] Em um segundo aspecto, a presente invenção fornece um sistema de bomba para conduzir um segundo fluido, pelo uso do movimento de um primeiro fluido, e, por sua vez, para conduzir um terceiro fluido usando o movimento do segundo fluido, o sistema compreendendo:

uma primeira bomba com uma barreira interna flexível que separa os primeiro e segundo fluidos em uso, em que a barreira flexível é móvel para variar o volume dos primeiro ou segundo fluidos presentes na bomba em qualquer momento, e

uma segunda bomba com uma barreira interna flexível que

separa os segundo e terceiro fluidos em uso, em que a barreira flexível é móvel para variar o volume dos segundo ou terceiro fluidos presentes na bomba em qualquer momento, caracterizado em que um curso de descarga e admissão sequencial transmitido da dita primeira bomba, que resulta no movimento do segundo fluido, forma uma parte do curso de descarga e admissão sequencial transmitido da segunda bomba.

[0027] Em uma modalidade, a barreira flexível pode ser uma estrutura de tubo.

[0028] Em uma modalidade, o sistema pode ser definido de maneira diferente do primeiro aspecto.

#### Breve Descrição dos Desenhos

[0029] Não obstante quaisquer outras formas que podem cair no escopo do método e aparelho apresentado no Sumário, uma modalidade específica do método e aparelho será agora descrita, a título de exemplo, e em relação aos desenhos anexos, nos quais:

[0030] a figura 1 mostra uma configuração de um sistema adequado para o içamento hidráulico de minério particulado usando um fluido transportador em polpa homogênea recirculado;

[0031] a figura 2 mostra uma outra configuração de um sistema adequado para o içamento hidráulico de minério particulado usando um fluido transportador em polpa homogênea recirculado.

#### Descrição Detalhada de Modalidades Específicas

[0032] A invenção compreende um sistema de bomba que pode operar com uma, duas ou mais câmaras.

[0033] A invenção pode operar com uma, duas ou mais câmaras configuradas para recuperar energia, usualmente configurada em pares. Estes são dispositivos de deslocamento positivo, que consistem em uma membrana tipo mangueira em um tubo rígido (câmara), para definir um espaço anular (entre a mangueira e o tubo) e um volume

(na mangueira). A mangueira é flexível, mas, no geral, não elástica. Ela pode ser mantida esticada, ser mantida fixa no lugar nas extremidades ou ficar livremente suspensa na câmara.

[0034] Em uma primeira modalidade, divulgada na figura 1, o número de referência 10 representa uma primeira bomba que consiste em pelo menos um primeiro invólucro externo rígido 10a que define um primeiro espaço interior ou espaço anular 11, que é cheio com o primeiro fluido (um fluido transportador em polpa na figura 1 e indicado com o número de referência 100). No invólucro externo 10a - espaço anular 11 - um primeiro tubo ou mangueira flexível 12 é acomodado, mangueira 12 esta que define um primeiro volume 12' que é cheio com o segundo fluido (óleo ou um outro fluido adequado para recuperar e transferir energia e indicado com o número de referência 200). O primeiro espaço anular 11 tem válvulas tanto da primeira admissão de fluido (14a) quanto da primeira saída de fluido (14b) conectadas em si por meio de uma linha do tubo de admissão / saída 13, para permitir que o primeiro fluido 100 flua para dentro e para fora do espaço anular 11 (válvulas de admissão e de saída de polpa 14a-14b da figura 1). A primeira válvula de admissão de fluido 14a comunica, por meio da linha do tubo 33, com uma fonte de alta pressão 30 do primeiro fluido 100 que é suprido, a partir do tanque de armazenamento de transportador 30, na superfície (ou nível do solo) 1. A primeira válvula de saída de fluido 14b comunica, por meio de uma linha do tubo 33, com um poço de baixa pressão 51 do primeiro fluido 100, que funciona como um tanque de surto do transportador 51 na figura 1.

[0035] O volume 12' no primeiro tubo ou mangueira flexível 12 também tem segunda válvula de admissão de fluido (15a) e segunda válvula de saída de fluido (15b) conectadas em si para permitir que o segundo fluido 200 flua para dentro e para fora do tanque de suprimento 26, por meio da bomba hidráulica 28 e sistema da linha do tubo

ou circuito hidráulico 27 (válvula de admissão e válvula de saída 15a-15b na figura 1).

[0036] Em algumas modalidades, pode haver mais de uma válvula de admissão e/ou mais de uma válvula de saída, dependendo da configuração e das circunstâncias operacionais.

[0037] Tanto para o primeiro quanto para o segundo fluidos 100 e 200, os fluxos para dentro e para fora da câmara podem ser provenientes da mesma extremidade ou provenientes de diferentes extremidades (10a'-10a"; 12a-12b), dependendo da aplicação.

[0038] A sequência de operação normal para a câmara de recuperação de energia é como segue:

[0039] O segundo fluido 200 entra e enche a mangueira 12 em baixa pressão, através de sua(s) segunda(s) válvula(s) de admissão de fluido 15a. O primeiro tubo ou mangueira flexível 12 é cheio até um nível desejado. À medida que o segundo fluido 200 entra na mangueira 12, ele desloca um volume equivalente tanto de ar quanto do primeiro fluido 100 do primeiro espaço interior ou região anular 11. O primeiro fluido 100 sai do primeiro invólucro externo rígido 10a (e primeiro espaço interior ou espaço anular 11), por meio de uma primeira válvula de saída de fluido 14b (ou válvulas, válvulas energizadas na figura 1), até um tanque (tanque de surto 51 na figura 1) sob baixa pressão. Ar é vazado do espaço anular 12 por meio de uma(s) válvula(s) adicional(is), se necessário (não mostrada(s)).

[0040] A(s) primeira(s) válvula(s) de admissão de fluido 14a (válvulas energizadas da figura 1), que conecta(m) o primeiro espaço interior ou espaço anular 11 na fonte 30-30a do primeiro fluido pressurizado 100, é (são), então, aberta(s) para permitir que o primeiro fluido 100 entre no espaço anular 11 sob pressão. À medida que ele entra no espaço anular 11, o primeiro fluido 100 desloca um volume equivalente de segundo fluido 200 de volta ao circuito hidráulico 27, sob pressão, a

partir do primeiro tubo ou mangueira flexível 12. Na figura 1, o primeiro fluido (o fluido transportador) 100 fica sob pressão em decorrência da cabeça vertical de fluido transportador se elevar até a superfície 1 do local da mina na linha do tubo 33.

[0041] Antes de o primeiro fluido 100 entrar no espaço anular 11, o segundo fluido 200 no interior da mangueira 12 pode ser pressurizado, por meio de um dispositivo de bombeamento 29a no segundo circuito de fluido 27, até uma pressão igual ou substancialmente igual à pressão operacional do primeiro fluido, de forma que, quando a(s) válvula(s) de admissão 14a, que une(m) o espaço anular 11 com o primeiro fluido pressurizado 100, for(em) aberta(s), as válvulas 14a se abrem sem diferencial de pressão ou com diferencial de pressão limitado. O controle de fluxo é alcançado pelo controle do fluxo do segundo fluido 200 a partir da mangueira 12. Isto reduz significativamente o desgaste nas válvulas de admissão 14a do primeiro circuito de fluido ou sistema de linhas do tubo 33, e alcança um perfil de pressão e fluxo uniforme em um sistema multicâmaras. Uma vez que o segundo fluido 200, no primeiro tubo ou na mangueira flexível 12, foi deslocado até um nível desejado, o fluxo do segundo fluido 200 e, portanto, o fluxo do primeiro fluido 100, são interrompidos.

[0042] Então, o processo é repetido, isto é, o primeiro fluido 100 (fluido do qual a energia potencial foi recuperada) é novamente deslocado do espaço anular 11 até o tanque (surto) 51, pela ação do segundo fluido em baixa pressão 200 que entra no primeiro tubo flexível ou na primeira mangueira 12. À medida que ele flui a partir da câmara de recuperação de energia 10, o segundo fluido pressurizado fica disponível no segundo circuito de fluido 27 para uso na câmara de bombeamento principal 20.

[0043] Em um sistema multicâmaras, o processo de encher e deslocar alternadamente os primeiro e segundo fluidos (100-200) é

sequenciado, de tal maneira que, à medida que uma câmara 10 está sendo cheia com o primeiro fluido, uma outra câmara 20 esteja descarregando seu primeiro fluido despressurizado 100 no tanque de baixa pressão 51, de tal maneira que haja um fluxo contínuo ou quase contínuo tanto do primeiro 100 quanto do segundo 200 fluido para dentro e para fora da combinação de câmaras (10-11-12; 20-21-22).

[0044] A invenção pode operar com uma, duas ou mais câmaras configuradas como bombas operadas com fluido (10; 20), usualmente, em pares. Como as câmaras de recuperação de energia ou a primeira bomba (10-11-12), uma bomba adicional (20-21-22) consiste em um segundo tubo flexível ou membrana tipo mangueira 22 em um segundo invólucro externo rígido ou tubo rígido (câmara) 20a, para definir um segundo espaço interior ou segundo espaço anular 21 (entre a mangueira 22 e o tubo 20a, indicado com o número de referência 21) e um segundo volume 22' (no segundo tubo ou mangueira flexível 22). A segunda mangueira 22 é flexível, mas, no geral, não-elástica. Ela pode ser mantida esticada, ser mantida fixa no lugar nas extremidades 22a-22b ou ficar livremente suspensa na câmara ou no segundo espaço interior 21.

[0045] O segundo espaço anular 21 é cheio com o segundo fluido 200 (por exemplo, óleo ou um outro fluido adequado para recuperar e transferir energia), e o segundo tubo ou mangueira flexível 22 é cheio com o terceiro fluido 300 (no exemplo, uma mistura não homogênea do fluido transportador e minério particulado). O volume 22' na mangueira 22 tem válvulas tanto de admissão 24a quanto de saída 24b conectadas em si para permitir que o terceiro fluido 300 flua para dentro e para fora (terceira válvula de admissão de polpa fluida 24a e terceira válvula de saída de fluido 24b na figura 1). A terceira válvula de admissão de fluido 24a comunica com uma linha de suprimento em baixa pressão 36 do terceiro fluido 300 a partir do tanque de mistura

de transportador e minério 53 na figura 1. A terceira válvula de saída de fluido 24b comunica –se com a linha de distribuição em alta pressão 37 do terceiro circuito de fluido, para distribuição na planta de processo 31 da figura 1.

[0046] O tanque de mistura de transportador e minério 53 fica em comunicação fluídica com o tanque de surto 51 por meio de uma linha do tubo intermediária 35. O primeiro fluido 100 entra no tanque de surto em baixa pressão 51 por meio da linha do tubo 34. No tanque de surto 51, o primeiro fluido 100 é continuamente misturado, usando o elemento de mistura 52, e transferido, por meio da bomba de polpa 50 e da linha do tubo intermediário 35, na direção do tanque de mistura de transportador e minério 53. Por meio do meio de suprimento 55, minério é adicionado no tanque 53 e misturado com o primeiro fluido 100 usando o elemento de mistura 54. O resultado da mistura 300 consiste em polpa e minério, e é subsequentemente transportado, por meio da bomba de polpa 56 e da linha de suprimento em baixa pressão 36, na direção da terceira válvula de admissão de fluido 24a como terceiro fluido 300.

[0047] O segundo espaço interior ou espaço anular 21 da(s) câmara(s) de bombeamento principal(is) (segundo invólucro externo rígido 20a de segunda bomba 20) tem segunda válvula de admissão de fluido 25a e segunda válvula saída de fluido 25b conectadas em si, para permitir que o segundo fluido 200 flua para dentro e para fora (válvula de admissão hidráulica e válvula de saída hidráulica 25a-25b na figura 1).

[0048] Tanto para o segundo 200 quanto para o terceiro 300 fluidos, os fluxos para dentro e para fora da câmara ou da segunda bomba 20 (especialmente, segundo espaço interior 21 e segundo tubo flexível 22) podem ser a partir da mesma extremidade ou a partir de diferentes extremidades (20a'-20a"; 22a-22b).

[0049] A sequência de operação normal é como segue: o terceiro fluido 300 é bombeado para o interior do segundo tubo ou mangueira flexível 22 em baixa pressão, por meio da linha do tubo 36, da terceira válvula de admissão de fluido 24a e da terceira linha de distribuição de fluido 23. Então, o segundo fluido 200 (por exemplo, óleo hidráulico) é bombeado para o interior do segundo espaço interior ou espaço anular 21 em alta pressão, fazendo com que o terceiro fluido 300 saia da mangueira 22 em alta pressão, através da terceira linha de distribuição de fluido 23, da terceira válvula de saída de fluido 24b até a linha de distribuição 37 e na direção da planta de processo 31 no nível do solo 1.

[0050] Válvulas de retenção 24a-24b podem ser usadas para controlar o fluxo do terceiro fluido 300 para dentro e para fora da mangueira 22, entretanto, é provável que válvulas de controle energizadas 24a-24b sejam exigidas em uma situação de içamento hidráulico, em que o terceiro fluido 300 é uma mistura não-homogênea de um fluido transportador 100 com minério particulado ou outro material particulado duro.

[0051] Antes de o terceiro fluido 300 sair da mangueira 22, o segundo fluido 200, no interior do segundo espaço interior ou espaço anular 21, pode ser pressurizado por meio de um dispositivo de bombeamento 29b no segundo circuito de fluido 27 para ficar igual ou substancialmente igual à pressão da terceira linha de distribuição de fluido 36-23. Isto garante que, quando as válvulas 25a-25b, que unem o espaço anular 21 no segundo circuito de fluido 27, são abertas e as válvulas 24a-24b, que unem o volume 22' na mangueira 22 com a terceira linha de distribuição de fluido 23, também se abrem, ambos os conjuntos de válvulas se abrem sem diferencial de pressão ou com diferencial de pressão limitado. Isto reduz o desgaste nas válvulas, e também garante um perfil de pressão e fluxo uniforme na linha de distribuição 23 do terceiro fluido 300 em um sistema multicâmaras.

[0052] Uma vez que permitiu-se que o segundo fluido pressurizado 200 encha o espaço anular 21 até um nível desejado e desloque uma quantidade conhecida de terceiro fluido 300, o fluxo do segundo fluido 200 é interrompido, o que interrompe o fluxo do terceiro fluido 300 através da sua válvula de saída 24b e da linha de distribuição 37.

[0053] Então, o processo se repete, já que um novo volume do terceiro fluido 300 é bombeado para o interior da mangueira 22 em baixa pressão, por meio da linha do tubo 36, da terceira válvula de admissão de fluido 24a e da linha de distribuição 23, deslocando o segundo fluido 200 de volta para um tanque 26 (o tanque hidráulico 26, na figura 1) em baixa pressão, pronto para o próximo ciclo.

[0054] Em um sistema multicâmaras, o processo de encher e deslocar alternadamente os segundo e terceiro fluidos é sequenciado, de tal maneira que, à medida que uma câmara está sendo cheia com o terceiro fluido 300, uma outra câmara esteja descarregando seu terceiro fluido pressurizado na linha de distribuição 23-37, de tal maneira que haja um fluxo contínuo ou quase contínuo do terceiro fluido 300 para fora da combinação de câmaras.

[0055] Na figura mostrada, as câmaras de bombeamento principais 10-20 são configuradas usando a bomba de deslocamento positivo descrita no pedido de patente PCT PCT/AU2003/000953, cujo texto é aqui incorporado em sua íntegra pela referência, e uma variante deste tipo de bomba é usada para as câmaras de recuperação de energia.

[0056] Um recurso-chave da invenção é a combinação do segundo fluido pressurizado, que surge das câmaras de recuperação de energia, com o segundo fluido pressurizado adicional, que surge de um sistema de bombeamento convencional (hidráulico), e/ou aumento da pressão do segundo fluido que surge das câmaras de recuperação de energia, de tal maneira que haja fluxo e pressão do segundo fluido (óleo) suficientes para casar com as exigências do fluido a ser bombe-

ado (isto é, o terceiro fluido).

[0057] No exemplo mostrado, o volume do primeiro fluido 100 (o fluido transportador em polpa) que é tratado por unidade de tempo é menor que o volume de terceiro fluido 300 (isto é, o volume combinado de fluido transportador e minério particulado) que é bombeado ao mesmo tempo.

[0058] Isto exige que o volume do segundo fluido adicional 200 (óleo) seja introduzido no segundo circuito de fluido (hidráulico) 27, para compensar a pequena queda no segundo fluxo de fluido que surge da câmara de recuperação de energia. Também, no exemplo mostrado, a pressão exigida para bombear o terceiro fluido é maior que a pressão que surge do primeiro fluido na câmara de recuperação de energia (em virtude de o terceiro fluido ser mais denso que o primeiro fluido (transportador) somente). Portanto, o segundo fluido, que surge da câmara de recuperação de energia, deve ter pressão aumentada até a pressão exigida pela terceira linha de distribuição de fluido.

[0059] Este aumento na pressão pode ser alcançado pelo uso de um ou mais bombas convencionais no segundo circuito de fluido (hidráulico) entre a câmara de recuperação de energia e a câmara de bombeamento principal (bomba hidráulica 29a, no exemplo).

[0060] O volume do segundo fluido adicional 200 (óleo), exigido para constituir o fluxo do volume, é fornecido nesta pressão mais alta da terceira linha de distribuição de fluido por uma(s) bomba(s) hidráulica(s) separada(s) 29b.

[0061] Várias válvulas 29c ficam localizadas no segundo circuito de fluido 27 para garantir operação efetiva e segura. Um ou mais acumuladores 29d podem ser fornecidos no segundo circuito de fluido 27 para fornecer amortecimento de pressão e de fluxo.

[0062] Um circuito de lavagem (não mostrado) é exigido em algumas aplicações, tipicamente, aplicações de polpa, em que há uma

possibilidade de o terceiro fluido assentar ou endurecer ou reagir agressivamente com materiais, se deixado no sistema durante a desativação. Tipicamente, o sistema de lavagem usará água e lavará a área do espaço anular da(s) câmara(s) de recuperação de energia, a área da mangueira da(s) câmara(s) de bombeamento principal(is) e seções selecionadas das primeira e terceira linhas de fluido, tanto na desativação quanto na partida, ou em ambas.

#### Sistema de Controle

[0063] O sistema de bomba de acordo com a invenção é controlado por um sistema de controle eletrônico (ou outro tipo de controlador) que sequencia os fluxos para dentro e para fora da(s) câmara(s) de recuperação de energia e os fluxos para dentro e para fora da(s) câmara(s) de bombeamento principal(is), através do controle da operação das bombas e das válvulas no sistema.

[0064] Em um sistema multicâmaras, não é necessário que a ciclagem e o sequenciamento das câmaras de recuperação de energia sejam sincronizados para casar com aqueles das câmaras de bombeamento principais.

[0065] De forma ideal, em um sistema com somente uma única câmara de recuperação de pressão e uma única câmara de bombeamento principal, o sequenciamento das câmaras deve ser sincronizado.

[0066] O sistema de controle também controla a partida e a desativação do sequenciamento do sistema, o circuito de lavagem, uma interface do operador e todos os circuitos de vazamento exigidos para vazar ar do sistema para garantir a ação de deslocamento positivo.

#### Configurações Alternativas

[0067] Em um típico sistema de osmose reversa - a terceira pressão do fluido (água do mar) é a mesma primeira pressão do fluido (a água com alta concentração de sal) – então, não há exigência de uma

bomba de aumento pressão no segundo circuito de fluido, entre a câmara de recuperação de energia e a câmara de bombeamento principal.

[0068] Entretanto, há uma diferença na vazão (a vazão do terceiro fluido é aproximadamente o dobro da vazão do primeiro fluido), e segundo fluido pressurizado adicional é exigido para ser fornecido para o circuito, para fornecer terceiro fluxo de fluido suficiente.

[0069] Em ainda outra modalidade mostrada na figura 2, a primeira bomba 10 e a segunda bomba 20 são trocadas.

[0070] Igualmente, o número de referência 10 representa uma primeira bomba, que consiste em pelo menos um primeiro invólucro externo rígido 10a, que define um primeiro espaço interior ou espaço anular 11, que, agora, deve ser cheio com o segundo fluido 200. No invólucro externo 10a - espaço anular 11 - um primeiro tubo ou mangueira flexível 12 fica acomodado, mangueira 12 esta que define um primeiro volume 12' e deve ser cheia com o primeiro fluido (óleo ou um outro fluido adequado para recuperar e transferir energia, e indicado com o número de referência 100). A mangueira 12 tem válvulas tanto da primeira admissão de fluido (14a) quanto da primeira saída de fluido (14b) conectadas em si por meio de uma linha do tubo de admissão / saída 13, para permitir que o primeiro fluido 100 flua para dentro e para fora da mangueira 12 (válvulas de admissão e de saída de polpa 14a-14b da figura 2).

[0071] Igualmente, a segunda bomba adicional (20-21-22) consiste em um segundo tubo flexível ou membrana tipo mangueira 22 em um segundo invólucro externo rígido ou tubo rígido (câmara) 20a, para definir um segundo espaço interior ou segundo espaço anular 21 (entre a mangueira 22 e o tubo 20a, indicado com número o de referência 21) e um segundo volume 22' (no segundo tubo ou mangueira flexível 22).

[0072] O segundo espaço anular 21 é cheio com o terceiro fluido 300 e o segundo tubo ou mangueira flexível 22 é cheio com o segundo fluido 200. A mangueira 22 tem tanto segunda válvula de admissão de fluido 25a quanto segunda válvula de saída de fluido 25b conectadas em si, para permitir que o segundo fluido 200 flua para dentro e para fora.

[0073] Enquanto isto, o terceiro fluido 300 é bombeado para o interior do segundo espaço interior ou espaço anular 21 em baixa pressão, por meio da linha do tubo 36, da terceira válvula de admissão de fluido 24a e da terceira linha de distribuição de fluido 23. Então, o segundo fluido 200 (por exemplo, óleo hidráulico) é bombeado para o interior do segundo tubo ou mangueira flexível 22 em alta pressão, fazendo com que o terceiro fluido 300 saia do espaço anular 21 em alta pressão, através da terceira linha de distribuição de fluido 23, da terceira válvula de saída de fluido 24b até a linha de distribuição 37 e na direção da planta de processo 31 no nível do solo 1.

[0074] Apesar do fato de que as configurações tanto da primeira quanto da segunda bombas 10-20 são trocadas, a funcionalidade do sistema de bomba de acordo com esta segunda modalidade é idêntica àquela da figura 1.

[0075] Embora o método e o aparelho tenham sido descritos em relação a uma modalidade preferida, percebe-se que o método e o aparelho possam ser incorporados em muitas outras formas.

[0076] Na descrição exposta, exceto onde o contexto exigir de outra maneira, em função de linguagem expressa ou implicação necessária, os termos "compreende" e variações, tais como "compreendem" ou "compreendendo", são usados em um sentido inclusivo, isto é, para especificar a presença dos recursos declarados, mas não para excluir a presença ou a adição de recursos adicionais em várias modalidades do método e do aparelho.

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de bomba (1) para conduzir um primeiro fluido (100) usando um segundo fluido (200), o sistema (1) compreendendo pelo menos uma primeira bomba (10), a dita primeira bomba (10) compreendendo pelo menos

um primeiro invólucro externo rígido (10a), que define um primeiro espaço interior (11),

uma primeira estrutura de tubo flexível (12) acomodada no primeiro espaço interior (11), em que o interior (12') da primeira estrutura de tubo flexível (12) é arranjado para receber um dos ditos primeiro (100) ou segundo (200) fluidos,

onde a região do primeiro espaço interior (11) que circunda a primeira estrutura de tubo flexível (12) é arranjada para receber o dito outro dos ditos primeiro (100) e segundo (200) fluidos, e

onde a primeira estrutura de tubo flexível (12) é móvel entre condições lateralmente expandida e contraída, para variar o volume do interior da primeira estrutura de tubo flexível (12), desse modo, transmitindo cursos de descarga e admissão sequenciais no dito primeiro fluido (100), sendo que o sistema de bomba (10) compreende uma segunda bomba, (20) a dita segunda bomba (20) compreendendo pelo menos

um segundo invólucro externo rígido (20a), que define um segundo espaço interior (21),

uma segunda estrutura de tubo flexível (22) acomodada no segundo espaço interior (21), em que o interior (22') da segunda estrutura de tubo flexível (22) é arranjado para receber um dos ditos segundo (200) ou terceiro fluidos que são deslocados pelos ditos cursos de descarga e admissão sequenciais transmitidos da dita primeira bomba (10),

onde a região do segundo espaço interior (21) que circunda

a segunda estrutura de tubo flexível (22) é arranjada para receber o dito outro dos ditos segundo (200) e terceiro fluidos que são deslocados pelos ditos cursos de descarga e admissão sequenciais transmitidos da dita primeira bomba (10), e

onde a segunda estrutura de tubo flexível (22) é móvel entre condições lateralmente expandida e contraída, para variar o volume do interior da segunda estrutura de tubo flexível (22), desse modo, transmitindo cursos de descarga e admissão sequenciais no dito terceiro fluido, caracterizado pelo fato de que o sistema de bomba (1) compreende ainda um dispositivo de bombeamento (29a) disposto para pressurizar o segundo fluido (200) na primeira bomba (10) antes do primeiro fluido (100) entrar na primeira bomba (10).

2. Sistema de bomba, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito curso de descarga da dita primeira bomba (10) serve como o curso de admissão da dita segunda bomba (20).

3. Sistema de bomba, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o dito curso de admissão da dita primeira bomba (10) serve como o curso de descarga da dita segunda bomba (20).

4. Sistema de bomba, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que um primeiro tanque de armazenamento de fluido é arranjado em conexão fluídica com uma primeira válvula de admissão de fluido da dita primeira bomba (10).

5. Sistema de bomba, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que uma primeira válvula de saída de fluido da dita primeira bomba (10) fica em conexão fluídica com uma terceira válvula de admissão de fluido da dita segunda bomba (20).

6. Sistema de bomba, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a dita primeira válvula de saída de fluido da dita primeira bomba (10) fica em conexão fluídica com a dita terceira válvula de admissão de fluido da dita segunda bomba (20) por meio de um tanque de mistura fluido-minério.

7. Sistema de bomba, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 6, caracterizado pelo fato de que uma terceira válvula de saída de fluido da dita segunda bomba (20) fica em conexão fluídica com o dito primeiro tanque de armazenamento de fluido.

8. Sistema de bomba, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 7, caracterizado pelo fato de que a dita primeira válvula de admissão de fluido da dita primeira bomba (10) fica em conexão fluídica com a dita região do primeiro espaço interior que circunda a primeira estrutura de tubo flexível.

9. Sistema de bomba, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que uma segunda válvula de admissão de fluido da dita primeira bomba (10) fica em conexão fluídica com o interior da primeira estrutura de tubo flexível.

10. Sistema de bomba, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 9, caracterizado pelo fato de que a dita terceira válvula de admissão de fluido da dita segunda bomba (20) fica em conexão fluídica com o interior da segunda estrutura de tubo flexível.

11. Sistema de bomba, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que uma segunda válvula de saída de fluido da dita primeira bomba (10) fica em conexão fluídica com a dita região do segundo espaço interior que circunda a segunda estrutura de tubo flexível (22), por meio de uma segunda válvula de admissão de fluido da dita segunda bomba (20).

12. Sistema de bomba, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que pelo menos

uma das ditas primeira (12) ou segunda (22) estruturas de tubo flexível é substancialmente inelástica.

13. Sistema de bomba, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma das ditas primeira (12) ou segunda (22) estruturas de tubos flexíveis é mantida em uma condição esticada entre as extremidades nos ditos primeiro ou segundo invólucros rígidos externos.

14. Sistema de bomba, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que uma extremidade de pelo menos uma das ditas primeira (12) ou segunda (22) estruturas de tubos flexíveis é fechada e a outra extremidade é conectada em um orifício através do qual tanto o primeiro (100) quanto o segundo (200) fluidos podem entrar e descarregar.

15. Sistema de bomba, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a extremidade fechada da estrutura de tubo é suportada de forma móvel para acomodar extensão e contração longitudinais da estrutura de tubo.

16. Sistema de bomba, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro fluido (100) é idêntico ao dito terceiro fluido.

17. Sistema de bomba, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que um circuito de lavagem de fluido é arranjado em comunicação fluídica com o sistema para limpar particulado e outros detritos do sistema.

18. Sistema de bomba, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que um sistema de controle é arranjado para controlar a operação das ditas válvulas e bombas de uma maneira predeterminada.

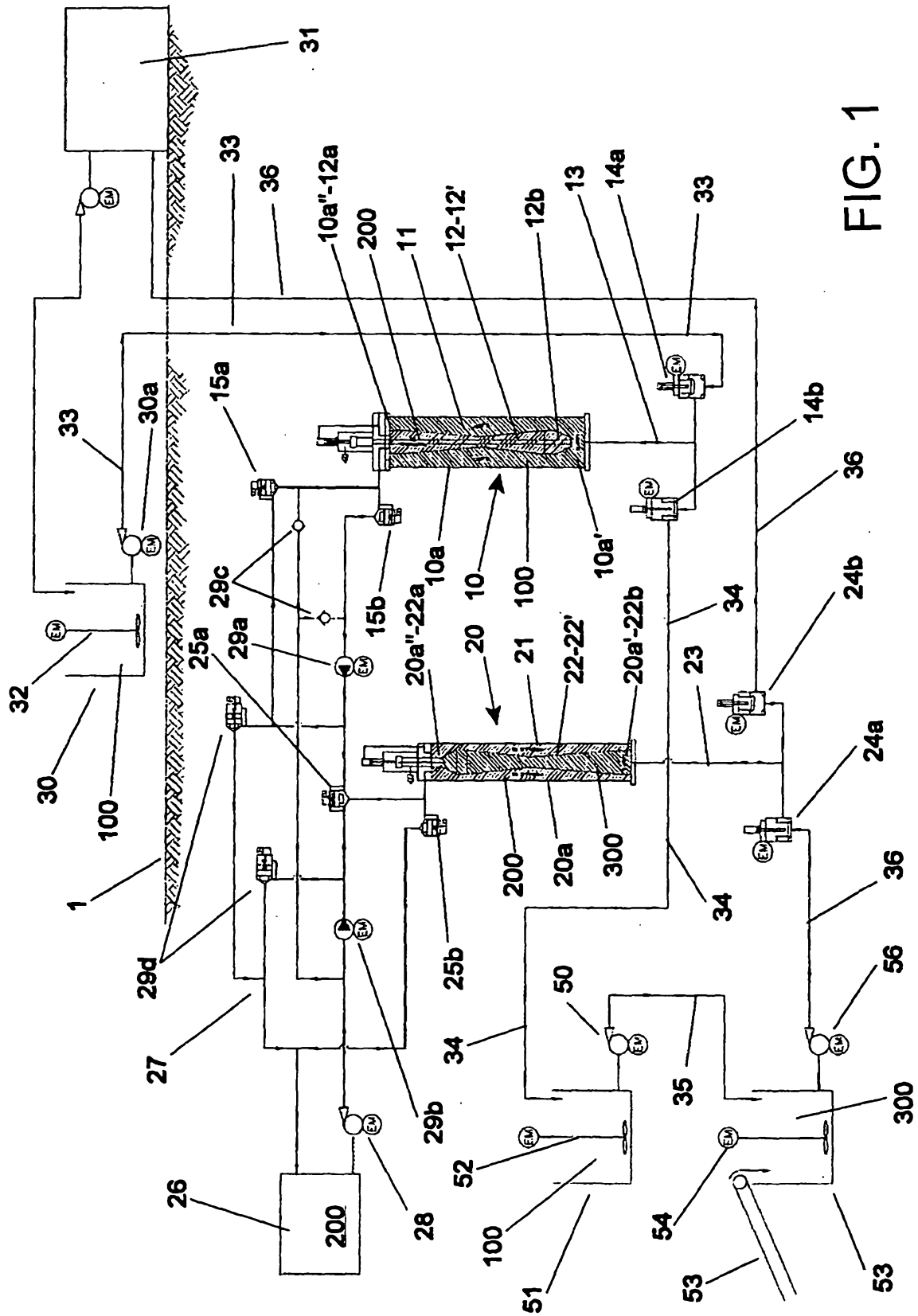


FIG. 1

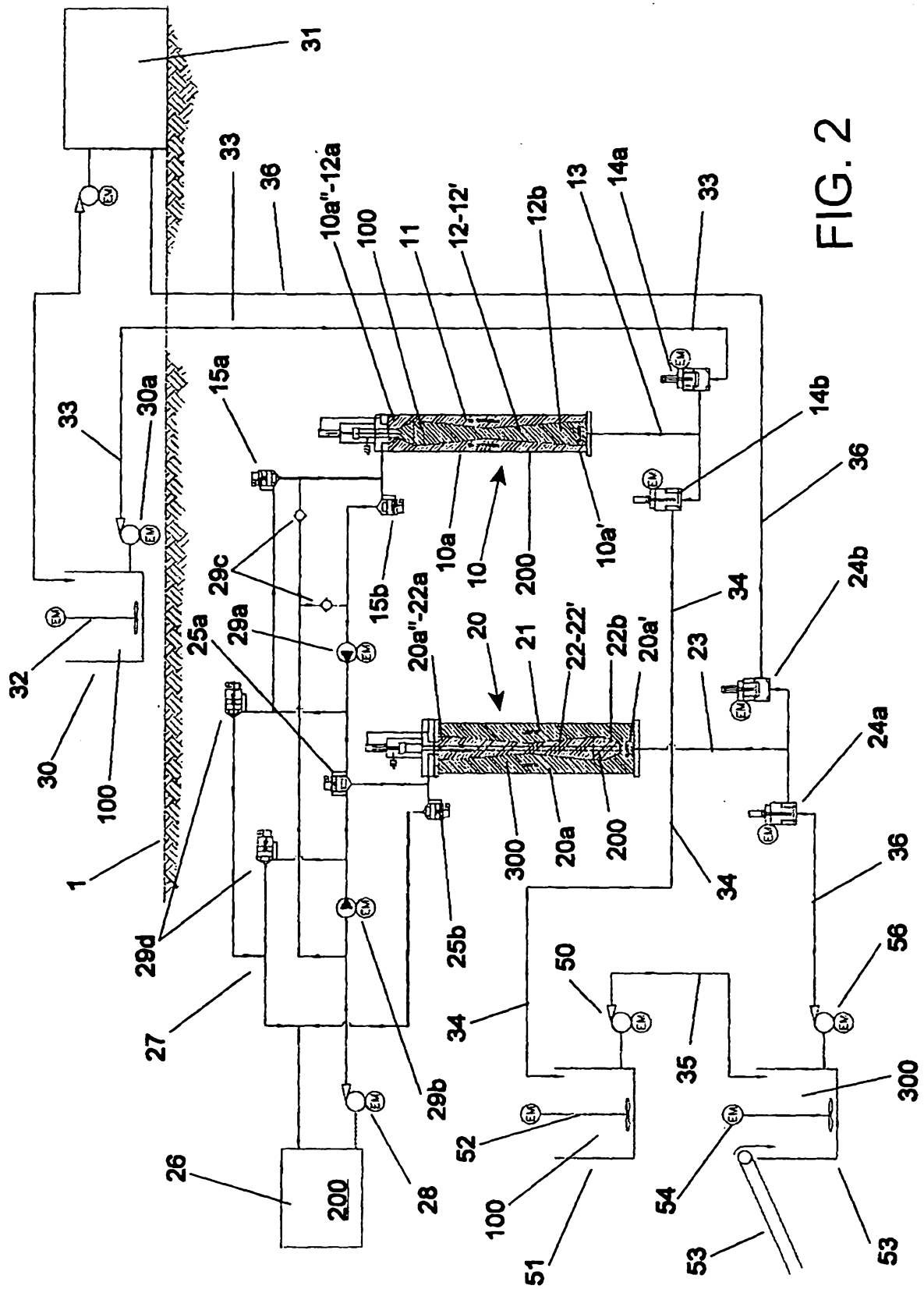


FIG. 2