



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

**(11) BR 112015014952-9 B1**



**(22) Data do Depósito: 12/12/2013**

**(45) Data de Concessão: 16/11/2021**

**(54) Título:** HOMOGENEIZADOR DE ALTA PRESSÃO E PROCESSO DE HOMOGENEIZAÇÃO

**(51) Int.Cl.:** F04B 9/10; F04B 11/00; B01F 5/04; B01F 15/02; B01F 15/00.

**(30) Prioridade Unionista:** 21/12/2012 IT PR2012A000089.

**(73) Titular(es):** GEA MECHANICAL EQUIPMENT ITALIA S.P.A..

**(72) Inventor(es):** MASSIMILIANO BENASSI; MICHELE BOTTIONI.

**(86) Pedido PCT:** PCT IB2013060873 de 12/12/2013

**(87) Publicação PCT:** WO 2014/097075 de 26/06/2014

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 19/06/2015

**(57) Resumo:** HOMOGENEIZADOR DE ALTA PRESÃO E PROCESSO DE HOMOGENEIZAÇÃO. Um homogeneizador de alta pressão, que compreende: uma pluralidade de pistões de bombeamento (2a, 2b), para alimentar um líquido a ser homogeneizado em coletor (6), cada pistão é associado com um respectivo cilindro hidráulico à óleo; uma válvula de homogeneização posicionada a jusante de ditos pistões de bombeamento (2a, 2b) de forma independente. O dito sistema de regulagem eletrônica (5) é conectado a um transdutor colocado no coletor (6) para regular o fornecimento de óleo nos cilindros individuais (3<sup>a</sup>, 3b) de acordo com a pressão, detectada no coletor (6), do líquido a ser homogeneizado, bombeado pelo ditos pistões (2a, 2b), a fim de manter uma pressão e taxa de fluxo estáveis.

## HOMOGENEIZADOR DE ALTA PRESSÃO E PROCESSO DE HOMOGENEIZAÇÃO

### Campo técnico

[001] A presente invenção se refere a um homogeneizador de alta pressão.

### Fundamento

[002] Como é bem conhecido, no campo de tratamento de fluido de alta pressão, em particular no que se refere às aplicações de micronização de emulsão, estabilização das dispersões e ruptura celular controlada/dissolução de um fluido, os dispositivos chamados homogeneizadores são freqüentemente utilizados. Tais dispositivos em geral compreendem uma bomba com pistões que se movem com movimento alternado por meio de um eixo de manivela (ou eixo de cames), são síncronos e mutuamente defasados por um ângulo de  $360^\circ/n$  em que  $n$  é o número de pistões de bombeamento que se movem e aumentam a pressão do fluido no interior da parte de processamento da máquina (o número de pistões em geral varia desde um até um máximo de oito pistões).

[003] Em particular, os homogeneizadores compreendem uma válvula ajustável (chamada válvula de homogeneização), que efetua uma passagem forçada do fluido a ser tratado a partir de uma área de alta pressão para uma área de baixa pressão, ou em qualquer caso uma de pressão inferior. A bomba de pistão é localizada a montante da válvula e é acionada por um motor elétrico que move o eixo de manivelas.

[004] Entre o motor e a bomba, também é interposta uma unidade redutora de velocidade que consiste de um sistema de polias e, quando presente, um eixo paralelo ou um sistema de redução de velocidade epicicloidal.

[005] Esta cadeia cinemática serve para converter o movimento de rotação do eixo em movimento alternado retilíneo, transmitindo-o rigidamente aos pistões da bomba.

[006] Cada pistão gera assim uma ação de compressão pulsante sobre o fluido a ser tratado. As pulsações individuais do pistão são combinadas em conjunto (em relação ao deslocamento fixo introduzido pelos relativos ângulos entre as várias manivelas do eixo de manivelas) em um coletor, gerando uma única pulsação resultante que é diretamente sentida pela válvula de homogeneização.

[007] Cada pistão de bombeamento gera, em sua própria câmara de compressão, uma

pressão pulsante que varia de 0 a  $p_{\max}$  bar, em que  $p_{\max}$  = valor máximo que a máquina é configurada, que pode ser ainda maior do que 2000 bar.

[008] Se o homogeneizador for equipado com apenas um pistão, a pulsação completa de 0 a  $p_{\max}$  também é sentida do mesmo modo pela válvula de homogeneização e pelos elementos (por exemplo, o transdutor) a jusante das válvulas de bombeamento.

[009] No caso de uma pluralidade de pistões, a amplitude das pulsações resultantes é amortecida em comparação com o caso das bombas que consistem de um único pistão, mas, entretanto, é percebida a jusante da bomba.

[0010] Em adição, o eixo de manivelas (ou árvore de cames) é construído com relativos ângulos fixos entre as manivelas e, assim, a defasagem entre as pulsações também permanece fixa. Conseqüentemente, a pulsação resultante, apesar de atenuada, nunca é eliminada mas sempre permanece constante.

[0011] No entanto, os homogeneizadores conhecidos descritos acima apresentam uma série de desvantagens, a maior parte ligada ao ciclo de vida dos componentes individuais.

[0012] De fato, a pressão e o fluxo pulsante de fluido resultam em consideráveis impactos potenciais contra as partes mecânicas móveis da válvula de homogeneização.

[0013] Estes impactos, afetando o respectivo elemento móvel da válvula que opera à curtas distâncias axiais em relação ao elemento fixo, tende a prejudicar toda a estrutura da válvula, especialmente nas fases de pico baixo das pulsações.

[0014] Em adição, a ação de bombeamento submete os componentes individuais submetidos às pulsações a um ciclo de fadiga de carga que resulta em uma redução considerável do ciclo de vida de tais componentes.

[0015] O desgaste dos componentes (que determina o ciclo de vida dos mesmos) é diretamente proporcional à rotação do eixo de manivelas (frequência de pulsação) e as pressões de bombeamento de fluido.

[0016] Por esta razão, em altas performances operacionais (velocidade e pressão de bombeamento) todos os componentes que cooperam na compressão apresentarão um ciclo de vida muito curto.

[0017] A patente US 6827479 descreve uma válvula de bocal com uma geometria fixa e

um sistema para controlar as velocidades de deslocamento de avanço dos pistões hidráulicos à óleo, em que o controle das velocidades de deslocamento do pistão regula diretamente a pressão (sem ter a liberdade de ação sobre a última). Em termos práticos, uma vez que a velocidade de deslocamento de avanço dos pistões é fixa (lei de movimento e, portanto, taxa de fluxo), a pressão de homogeneização é automaticamente fixa e o sistema apresenta substancialmente apenas um grau de liberdade.

#### Descrição da invenção

[0018] Neste contexto, a tarefa técnica na base da presente invenção é propor um homogeneizador que supera os inconvenientes do estado da arte mencionados acima.

[0019] Em particular, um objetivo da presente invenção é o de fornecer um homogeneizador que pode ser utilizado em pressões elevadas, enquanto minimiza os efeitos mecânicos que contribuem para a redução do ciclo de vida dos componentes individuais que cooperam nas operações de bombeamento.

[0020] Em particular, um objetivo da presente invenção é o de fornecer um homogeneizador capaz de eliminar o efeito de bombeamento pulsante, a fim de reduzir as tensões que resultam em danos na válvula de homogeneização e nos componentes mencionados acima.

[0021] A tarefa técnica indicada e os materiais especificados são substancialmente alcançados pelo homogeneizador da presente invenção, que compreende as características técnicas estabelecidas em uma ou mais dentre as reivindicações anexas.

#### Breve descrição dos desenhos

[0022] As características e as vantagens adicionais da presente invenção serão mais evidentes a partir da descrição aproximada e, portanto, não restritiva, de uma forma de realização preferida, mas não exclusiva, de um homogeneizador, tal como ilustrado nos desenhos anexos, nos quais:

- a figura 1 ilustra uma vista esquemática de um esquema de operação dos elementos que realizam a ação de bombeamento de um fluido a ser homogeneizado; e
- a figura 2 ilustra um esquema de blocos do ciclo de operação das ações de bombeamento de um fluido a ser homogeneizado;

– a figura 3 ilustra um esquema de controle de realimentação do homogeneizador.

[0023] Com referência às figuras esquemáticas anexas, o número 1 indica como um todo um homogeneizador de alta pressão.

Descrição detalhada das formas de realização preferidas da invenção

[0024] O homogeneizador compreende uma pluralidade de pistões de bombeamento 2a, 2b, cada um dos quais configurados para bombear o líquido a ser homogeneizado pela alimentação do mesmo em um único coletor 6 para coletar o líquido bombeado.

[0025] Deve ser observado a seguir, na presente descrição, será feita referência, meramente a título de exemplo não restritivo, a apenas dois cilindros 3a, 3b. No entanto, pode haver qualquer número de cilindros e, portanto, de respectivos pistões, dependendo do tipo de homogeneizador, da aplicação e da taxa de fluxo de líquido a ser homogeneizado.

[0026] Posicionada no coletor 6, há uma válvula de homogeneização (não descrita ou ilustrada, uma vez que é de um tipo conhecido), que recebe o líquido a ser homogeneizado. O líquido que entra na válvula apresenta um valor de pressão e taxa de fluxo determinados pela ação dos mencionados acima pistões de bombeamento 2a, 2b.

[0027] De preferência, cada pistão 2a, 2b é associado com um respectivo cilindro hidráulico à óleo 3a, 3b.

[0028] De um modo vantajoso, o homogeneizador 1 compreende uma pluralidade de cilindros hidráulicos à óleo 3a, 3b, cada um dos quais é dotado de um respectivo pistão de bombeamento 2a, 2b.

[0029] Cada cilindro hidráulico à óleo 3a, 3b compreende um respectivo circuito hidráulico que apresenta uma válvula proporcional para a alimentação de óleo no cilindro 3a, 3b.

[0030] O circuito hidráulico faz com que seja possível regular a lei de movimento alternado de cada um dentre os cilindros 3a, 3b e, portanto, de cada respectivo pistão 2a, 2b através do fornecimento de óleo controlado pelas válvulas proporcionais de óleo.

[0031] De fato, as válvulas proporcionais, que não são descritas e ilustradas, uma vez que são de um tipo conhecido, regulam a pressão e taxa de fluxo de óleo nos cilindros 3a, 3b e, assim, a velocidade de deslocamento e a impulsão dos respectivos pistões 2a, 2b.

[0032] O homogeneizador 1 comprehende ainda um sistema eletrônico 5 para controlar e regular os pistões de bombeamento 2a, 2b, de modo a controlar a lei do movimento de cada pistão individual 2a, 2b de forma independente.

[0033] Em particular, conforme ilustrado no esquema da figura 2, o sistema eletrônico de controle e regulagem 5 é conectado nas válvulas proporcionais dos respectivos cilindros hidráulicos à óleo 3a, 3b, de modo a regular a pressão e a taxa de fluxo de óleo para os cilindros individuais (e, assim, o impulso e a velocidade de deslocamento dos mesmos e, consequentemente, dos pistões de bombeamento).

[0034] De um modo vantajoso, o sistema 5 é igualmente conectado a um transdutor colocado sobre o coletor 6, a fim de verificar os valores de pressão do líquido a ser homogeneizado, que é bombeado pelos pistões 2a, 2b. Deste modo, os parâmetros funcionais da válvula proporcional são modificados através do fornecimento de óleo nos cilindros individuais 3a, 3b, de acordo com a pressão detectada no coletor 6, a fim de manter uma pressão e taxa de fluxo estável.

[0035] A ser conectado ao transdutor colocado no coletor 6, a fim de verificar os valores da pressão do líquido a ser homogeneizado, que é bombeado pelos pistões 2a, 2b, o sistema 5 torna possível modificar os parâmetros funcionais da válvula proporcional de ar comprimido a qual atua em um cilindro pneumático que move a parte móvel da válvula de homogeneização, permitindo assim, que o ponto de ajuste da pressão fixa seja ajustado de acordo com o valor de pressão detectado no coletor 6, também independentemente da taxa do fluxo.

[0036] Ao contrário da patente US 6827479, na presente invenção a homogeneização ocorre através de uma válvula de homogeneização com uma geometria variável, que é regulada por meio de um sistema de realimentação controlado pelo mesmo software (pertencente ao sistema eletrônico 5) que também regula a velocidade de deslocamento de avanço dos pistões de bombeamento hidráulico à óleo. Uma vez que a velocidade de deslocamento dos pistões é fixa (lei de movimento, taxa de fluxo), há ainda a liberdade de fixar o valor da pressão: o sistema apresenta dois graus de liberdade que podem ser gerenciados de forma independente (taxa de vazão e pressão), tornando possível

conseguir qualquer combinação de taxa de fluxo e pressão e um padrão estável no mesmo.

[0037] Na patente US 6827479, conforme a velocidade do pistão aumente (ou diminua) a pressão de homogeneização igualmente aumenta (ou diminui), respectivamente, ao passo que na presente invenção há o esquema inovador da figura 3, pelo qual, quando a velocidade do pistão aumenta, é possível ter um aumento ou diminuição da pressão de homogeneização, e quando a velocidade do pistão diminui, é possível ter um aumento ou diminuição da pressão de homogeneização.

[0038] O mesmo tipo de ajuste também pode ocorrer em um modo de operação totalmente manual.

[0039] Com referência à figura 1, deve se notar que os cilindros hidráulicos individuais 3a, 3b apresentam um padrão de pulsos, tal como ilustrado pelos gráficos 4a, 4b. O padrão dos cilindros 3a, 3b é definido de tal forma que a escalar o movimento dos pistões individuais 2a, 2b. Em outras palavras, um primeiro pistão 2a (que é a entrega do produto) aumenta gradualmente a sua velocidade, aumentando deste modo a taxa de fluxo (gráfico 4a). O primeiro pistão 2a atinge uma velocidade máxima que é mantida por um dado período e quando se encontra quase no final do seu curso começa a rampa descendente até chegar a zero. Nesta fase descendente, um segundo pistão 3b (que sugado para trás, enquanto retraindo) começa simultaneamente a sua rampa ascendente (gráfico 4b) com a mesma inclinação que a queda do primeiro pistão 2a.

[0040] Este deslocamento de fase, controlado separadamente pelo sistema eletrônico 5 para cada cilindro 3a, 3b (e, portanto, para cada pistão 2a, 2b), define uma soma de velocidades e, portanto, uma taxa de fluxo constante, tal como indicado pelo padrão 7 (gráfico 4c). No caso do exemplo descrito e ilustrado acima, existem apenas dois cilindros 3a, 3b, que são coordenados de modo a definir a resultante 7 mencionada acima. No entanto, no caso de múltiplos cilindros (mais de dois), os movimentos alternados individuais dos pistões 2a, 2b são regulados pelo sistema 5 de tal forma a eliminar os transientes entre as rampas de subida e de descida, eliminando assim o efeito pulsante resultante.

[0041] O líquido de homogeneização é, portanto, bombeado para a válvula de homogeneização a uma taxa de fluxo constante, o que significa uma constante pressão de homogeneização, exceto durante o transiente inicial, de modo que um dos objetivos pré-definidos é atingido.

[0042] De um modo vantajoso, o sistema 5 regula diretamente as válvulas proporcionais individuais dos circuitos hidráulicos de cada cilindro 3a, 3b, de forma independente, evitando assim o problema de apresentar um movimento pulsante resultante e um deslocamento de fase fixo entre os diversos pistões.

[0043] Em outras palavras, através da criação de uma lei de movimento adequada para cada pistão e combinando-a de acordo com uma definição de deslocamento de fase em um programa de software de operação do sistema eletrônico 5, pode-se assim gerar uma combinação de taxas de fluxo no coletor 6, de modo a assegurar uma soma constante das próprias taxas de fluxo (resultante 7) e, portanto, uma pressão igualmente constante.

[0044] Em adição, é possível modificar os desvios de fase quando houver uma variação na viscosidade do produto líquido a ser homogeneizado e na pressão de entrada dos cilindros 2a, 2b.

[0045] Portanto, diversos elementos mecânicos críticos são preservados, já que eles não são mais submetidos à ação pulsante das operações de bombeamento. Em particular, a válvula de homogeneização recebe o líquido a ser tratado à uma pressão e taxa de fluxo constantes devido ao efeito resultante 7 dos pistões individuais 2a, 2b.

[0046] Esta vantagem é obtida pelo fato dos cilindros 3a, 3b serem hidráulicos à óleo e podem, portanto, ser regulados de forma independente por um único programa de software de operação.

[0047] Em adição, os transientes ascendente/descendente dos dois pistões (4c gráfico) de apenas 5 a 6 por minuto, e em qualquer caso, inferior a 15 por minuto (em consequência das velocidades reduzidas de pistão), muito longe das cerca de 160 pulsações/minuto de um eixo de manivela do estado da arte, que rotaciona precisamente a cerca de 160 rpm, e que, em qualquer caso, é atenuado pela presença, nos cames virtuais, das rampas de velocidade de subida e de descida dos próprios pistões.

[0048] Isto é importante devido a uma taxa de fluxo e pressão constante ser uma situação ideal, mas na realidade, os transientes nas fases de troca do pistão implicam na presença de refluxos através das válvulas de bombeamento; isso pode causar pequenos desvios em relação à pressão nominal, que variam de acordo com a pressão máxima aplicada e são, de preferência, na faixa de 0 a 100 bar. Ao contrário, a pressão nominal permanece absolutamente constante durante as fases centrais do deslocamento do pistão.

[0049] Uma quantidade muito pequena de ciclos/minuto prolonga o tempo de vida dos componentes sujeitos a ciclos de fadiga de carga e reduz a possibilidade de danificar a válvula de homogeneização devido aos picos de pressão (positivo ou negativo) serem reduzidos e, portanto, a possibilidade de impacto entre as partes fixa e móvel também é reduzida.

[0050] O homogeneizador 1 mostra, em adição, ser muito mais versátil e adaptável às altas pressões e à viscosidade do líquido a ser tratado. Esta vantagem também é dada pela possibilidade da regulagem de forma independente dos cilindros individuais 3a, 3b.

[0051] Outra vantagem do presente homogeneizador, o qual pode operar com pressões de 0 a 4000 bar, é o fato de que ele pode ser completamente controlado remotamente.

[0052] Com o presente homogeneizador, um procedimento de homogeneização é realizado de tal modo que as leis do movimento de cada pistão são criadas e combinadas de acordo com um desvio de fase, o qual pode ser ajustado pelo usuário de tal forma a gerar uma combinação de taxas de fluxo a jusante das válvulas/pistões de bombeamento, no interior de um coletor, o qual é apto para assegurar uma soma constante de ditas taxas de fluxo e, assim, uma pressão constante para a válvula de homogeneização.

[0053] É possível ajustar o deslocamento de fase entre o início do segundo pistão e a parada do primeiro pela exploração das rampas de velocidade apropriadas, cujo início e final podem ser completamente controlados via software.

[0054] À medida que a pressão máxima de operação e a viscosidade do fluido tratado variem, as defasagens podem ser modificadas de modo a reduzir a amplitude de qualquer pico de pressão durante os transientes na forma mais adequada.

[0055] O presente homogeneizador é particularmente adequado para pressões

compreendidas entre 1000 e 4000 bar e tem aplicação em muitos setores: alimentício, químico, farmacêutico, biotecnológico e nano-partículas.

[0056] O programa de software usado é baseado no controle e automação de eixos de movimentação em combinação com duas placas de controle específicas (placas de controle de eixo).

[0057] As placas de controle realizam a interface com o atuador (e, portanto, com o pistão de bombeamento), através da válvula proporcional, a fim de controlar o seu movimento e, ao mesmo tempo, detectar a sua posição absoluta por meio de um codificador de movimento linear posicionado no interior do próprio pistão de modo a criar um laço de comando e regulagem baseada na realimentação que habilita o programa de software a controlar o movimento e a posição do pistão com extrema precisão.

[0058] O programa de software de controle do eixo é, portanto, capaz de mover o pistão pelo acompanhamento de cames virtuais que são customizados de modo a otimizar as fases de inversão de movimento por meio de pré ajuste, de modo a reduzir os picos a um mínimo.

[0059] O programa de software recebe os comandos a partir de um painel de controle ou por meio de sinais remotos e aciona o movimento dos pistões, modificando os parâmetros de operação dos mesmos (avanço e orientação de cames virtual) com o objetivo de obter a operação mais linear possível na presença de fluidos com diferentes viscosidades e em diferentes pressões.

## Reivindicações

1. Homogeneizador de alta pressão, que compreende:

- uma pluralidade de pistões de bombeamento (2a, 2b) para a alimentação de um líquido a ser homogeneizado para um coletor (6); e
- uma válvula de homogeneização posicionada a jusante dos ditos pistões de bombeamento (2a, 2b) de modo a receber o dito líquido a ser homogeneizado, que é bombeado para o interior do coletor (6);
- um sistema eletrônico (5) para controlar e regular o dito os pistões de bombeamento (2a, 2b), que controla a lei do movimento de cada pistão individual (2a, 2b) independentemente;

**caracterizado por** o dito sistema de regulagem eletrônica (5) ser conectado a um transdutor colocado no coletor (6) e permite o fornecimento de óleo aos cilindros individuais (3a, 3b) dos pistões (2a, 2b) correspondentes a serem regulados de acordo com a pressão, detectada no coletor (6), do líquido a ser bombeado e homogeneizado pelos ditos pistões (2a, 2b), a fim de manter uma taxa de fluxo e pressão estáveis, tornando possível modificar os parâmetros funcionais de uma válvula proporcional de ar comprimido a qual aciona um cilindro pneumático que move uma parte móvel da válvula de homogeneização, de modo que a o ponto de ajuste de pressão fixa pode ser ajustado de acordo com o valor de pressão detectado no coletor (6), também de independentemente da taxa do fluxo, os pistões individuais (2a, 2b) com quantidade de transientes ascendentes/descendentes inferior a 15 por minuto.

2. Homogeneizador de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** cada pistão ser associado com um respectivo cilindro hidráulico à óleo (3a, 3b).

3. Homogeneizador de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado por** cada cilindro hidráulico à óleo (3a, 3b) compreender um respectivo circuito hidráulico que apresenta uma válvula proporcional para a alimentação de óleo no cilindro.

4. Homogeneizador de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado por** o dito sistema de regulagem e controle eletrônico (5) ser conectado nas válvulas proporcionais dos respectivos cilindros hidráulicos à óleo de modo a regular a pressão e o fluxo de óleo nos cilindros (3a, 3b) individuais.

5. Processo de homogeneização em um homogeneizador, conforme descrito em qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado por** após um transiente inicial, a pressão a jusante das válvulas/pistões de bombeamento e na entrada da válvula de homogeneização ser constante.

6. Processo de homogeneização em um homogeneizador, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado por** as leis de movimento de cada pistão serem criadas e combinadas de acordo com um desvio de fase, que pode ser definido pelo usuário, a fim de gerar uma combinação de taxas de fluxo a jusante das válvulas/pistões de bombeamento, para o interior do coletor, de modo a assegurar uma soma constante de ditas taxas de fluxo e, assim, uma pressão constante na válvula de homogeneização.

7. Processo de homogeneização de acordo com a reivindicação 5 ou 6, **caracterizado por** ocorrer através de uma válvula de homogeneização com uma geometria variável, que é regulada por meio de um sistema de realimentação controlado por um sistema de regulagem e controle eletrônico (5), o qual regula também a velocidade de deslocamento de avanço dos pistões de bombeamento.

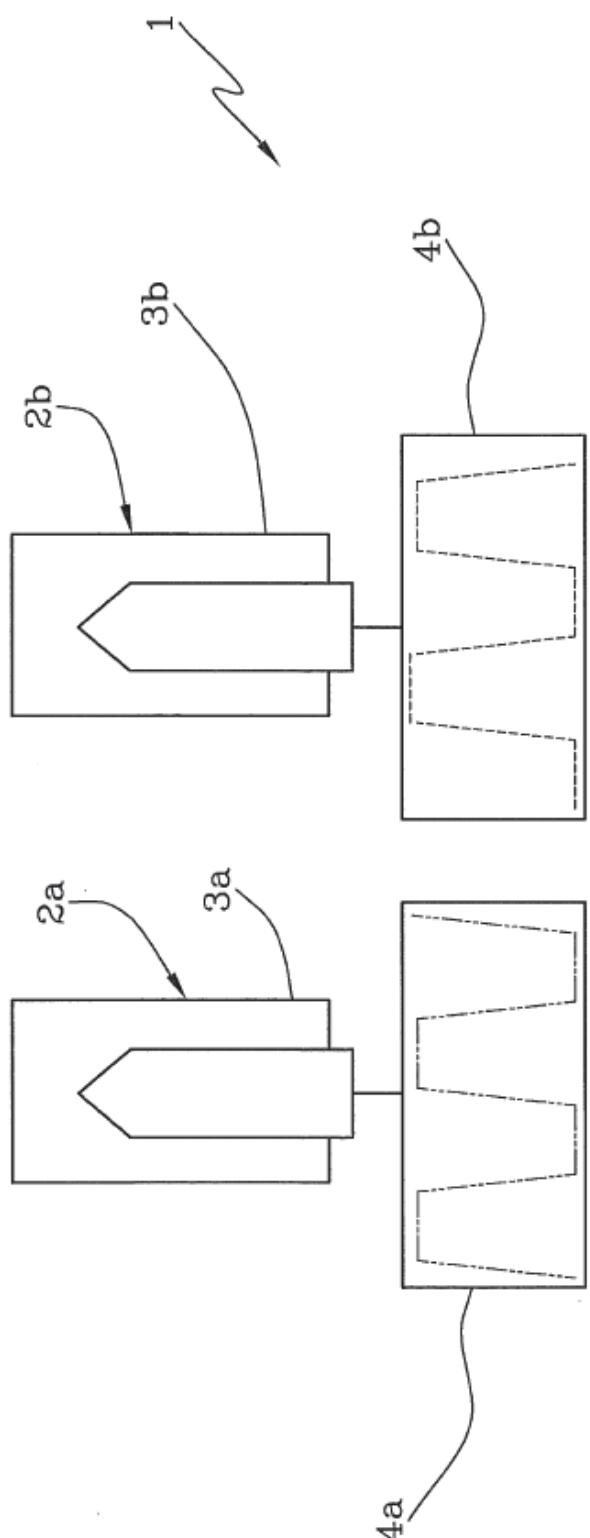


Fig.1

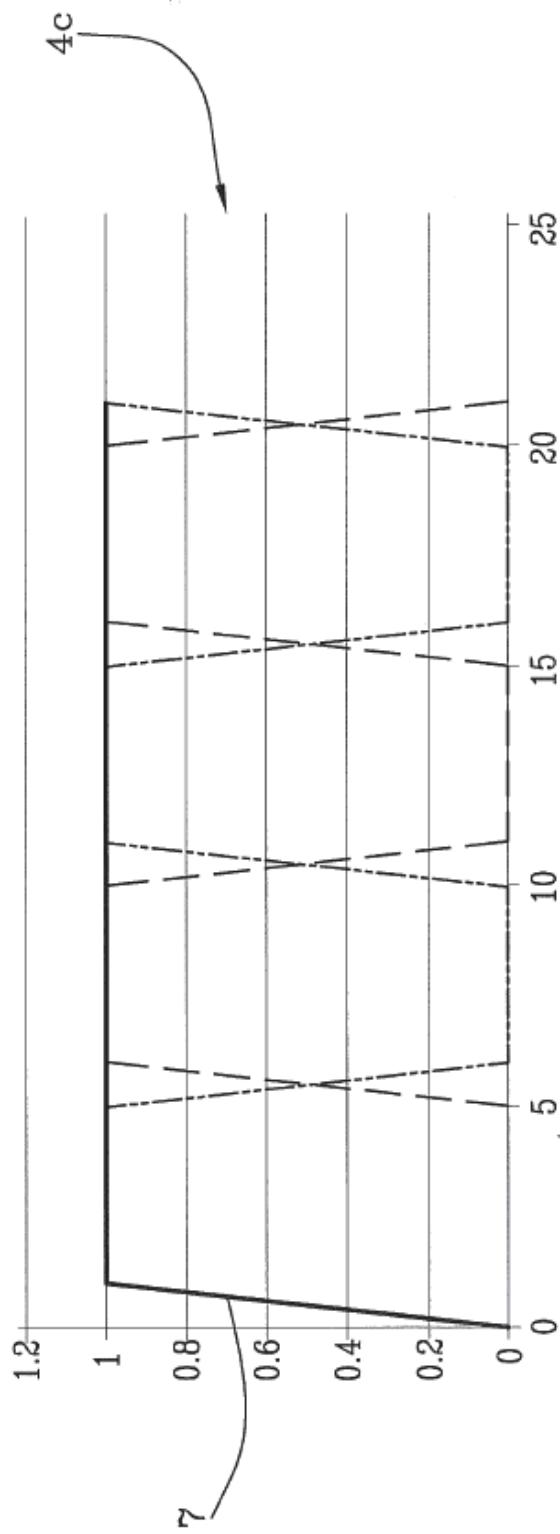
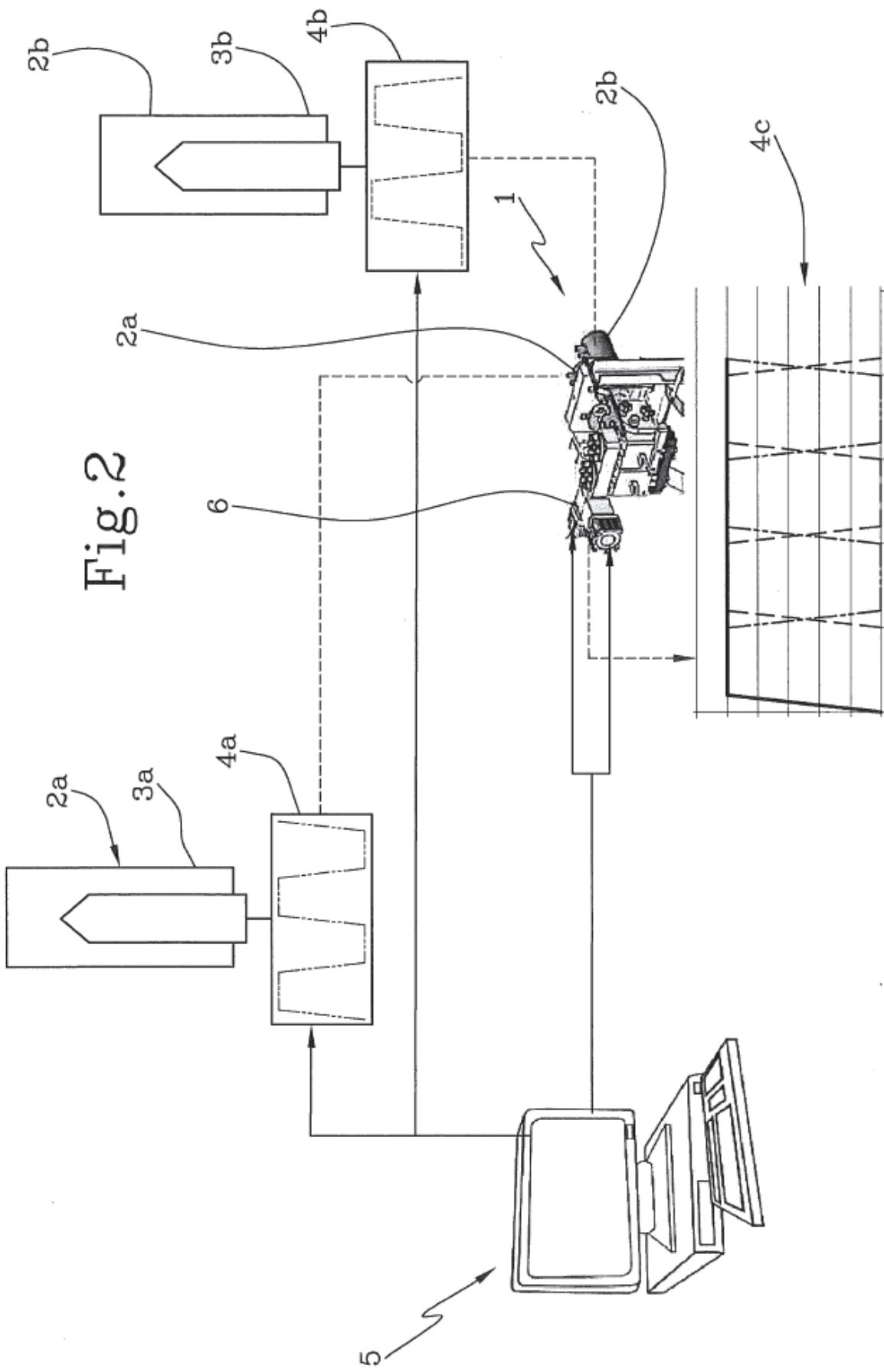
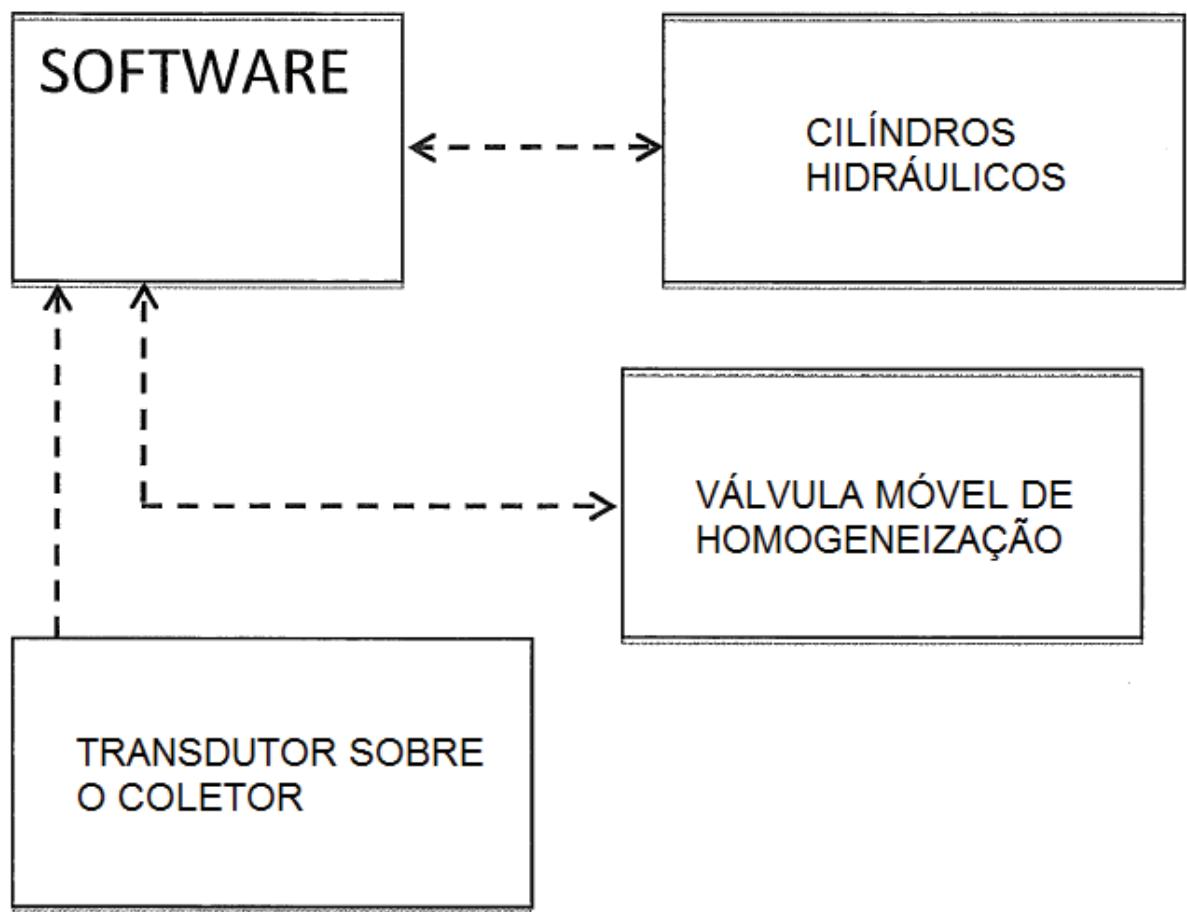


Fig. 2





**FIG. 3**