



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

**(11) PI 1010662-6 B1**

**(22) Data do Depósito: 11/05/2010**

**(45) Data de Concessão: 05/09/2017**



---

**(54) Título: MÉTODO DE OPERAÇÃO DE AQUECEDOR REGENERATIVO**

**(51) Int.Cl.: C21B 9/04; C21B 9/14**

**(30) Prioridade Unionista: 20/05/2009 LU 91572**

**(73) Titular(es): PAUL WURTH S.A.**

**(72) Inventor(es): JEAN-PAUL SIMOES**

## RELATÓRIO DESCRITIVO

### Pedido de patente de invenção para “**MÉTODO DE OPERAÇÃO DE AQUECEDOR REGENERATIVO**”

#### **Campo Técnico**

5 A presente invenção se refere, de um modo geral, a um método de operação de aquecedor regenerativo, como de ar quente soprado em alto forno. Mais particularmente, a presente invenção se refere a um ciclo de aquecimento melhorado do aquecedor regenerativo.

#### **Fundamentos da Invenção**

10 Os alto-fornos são, de um modo geral, alimentados com ar quente soprado recebido de um aquecedor regenerativo, como forno quente ou aquecedor de pedras. Este aquecedor regenerativo compreende, de um modo geral, uma primeira coluna e uma segunda coluna fluidamente conectadas no topo de uma cúpula. Um queimador é disposto na porção  
15 mais baixa da primeira coluna para queimar combustível e gás oxidante. Os gases quentes de combustão criados pela queimação saem pela primeira coluna em direção à cúpula de onde eles são direcionados para a segunda coluna. A segunda coluna é preenchida com tijolos de verificador para absorver calor dos gases quentes de combustão. Os gases de combustão  
20 saem, em seguida, da segunda coluna via abertura na parte mais baixa da segunda coluna. Após o ciclo de aquecimento, o aquecedor regenerativo é ligado no ciclo de sopro em que o ar frio é, de um modo geral, alimentado no aquecedor regenerativo pela da abertura na parte mais baixa da segunda coluna. Como o ar frio flui pela segunda coluna preenchida com tijolos de  
25 verificador quentes, o calor é transferido dos tijolos de verificador para o ar frio, aquecendo, desta forma, o ar. No topo da segunda coluna, o ar quente flui, em seguida, dentro da primeira coluna via cúpula. O ar quente finalmente sai da primeira coluna via abertura do alto-forno disposta acima

do queimador. O ar quente é, em seguida, alimentado como ar quente soprado no alto-forno.

Estes aquecedores regenerativos e sua operação são bem conhecidos do conhecedor da técnica e são, de um modo geral, utilizados para aquecer ar de alto-forno em uma temperatura de até cerca de 1.250°C para injeção no alto-forno. Nos anos recentes, as instalações de recirculação do gás de topo utilizadas vêm tendo destaque com o objetivo de reduzir emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Estas instalações de recirculação do gás de topo recuperam gás de topo do topo do alto-forno e alimentam o gás de topo recuperado pelo processo de reciclagem antes de reinjetá-lo no alto-forno. O processo de reciclagem compreende a limpeza inicial do gás de topo para remover, por exemplo, partículas de poeira antes do gás de topo ser submetido à remoção de CO<sub>2</sub>. O gás de topo é alimentado pela unidade de remoção de CO<sub>2</sub> em que o CO<sub>2</sub> é removido do gás de topo, geralmente Adsorção por Variação de Pressão (PSA) ou Adsorção por Variação de Pressão a Vácuo (VPSA). A unidade de remoção de CO<sub>2</sub> produz duas correntes de gás: gás residual rico em CO<sub>2</sub> e gás de processo rico em CO. O gás residual rico em CO<sub>2</sub> é, de um modo geral, alimentado pela unidade criogênica para separar CO<sub>2</sub> puro do gás residual rico em CO<sub>2</sub>. O CO<sub>2</sub> puro é, de um modo geral, subsequentemente bombeado no solo para armazenagem. O gás de processo rico em CO pode ser aquecido e realimentado no alto-forno como gás de redução.

O aquecimento do gás de processo rico em CO pode ser executado em aquecedores regenerativos. A substituição do ar frio soprado pelo gás de processo rico em CO, isto é, gás de redução, apresenta, no entanto, implicações relacionadas à operação dos aquecedores regenerativos. Na verdade, o gás oxidante alimentado no aquecedor regenerativo durante o ciclo de aquecimento não é compatível com o gás de

redução alimentado pelos aquecedores regenerativos durante o ciclo de sopro. Para evitar que o gás de oxidação esteja no aquecedor regenerativo quando o gás de redução é alimentado por este, é sugerido executar a purgação do aquecedor regenerativo antes que o ciclo de sopro seja iniciado. A purgação do aquecedor regenerativo com, pelo menos, três vezes o seu volume, no entanto, é dispendiosa e demorada, reduzindo desnecessariamente a temperatura dos tijolos de verificador.

### **Problema Técnico**

A presente invenção tem como objetivo apresentar um método melhorado de operação do aquecedor regenerativo em que o método permite aquecer de forma segura o gás de redução no aquecedor regenerativo. Este objetivo é alcançado pelo método como descrito aqui.

### **Descrição Geral da Invenção**

A presente invenção propõe um método de operação do aquecedor regenerativo, em particular de ar quente soprado em alto forno, o aquecedor regenerativo compreendendo uma primeira câmara e uma segunda câmara, a primeira câmara tendo um queimador disposto nesta, a segunda câmara compreendendo meio de armazenagem de calor. Este método compreende um ciclo de aquecimento em que o combustível e o gás oxidante são alimentados no queimador da primeira câmara, os quais podem ser queimados, em que os gases quentes de combustão passam pela segunda câmara para aquecer o meio de armazenagem de calor; e um ciclo de sopro em que o gás de processo é alimentado pela segunda câmara para absorver calor do meio de armazenagem de calor. De acordo com um aspecto importante da presente invenção, o ciclo de aquecimento compreende as etapas de alimentação da primeira corrente de combustível no queimador do aquecedor regenerativo; alimentação da segunda corrente de combustível em uma câmara de combustão predeterminada; alimentação

do oxigênio na câmara de pré-combustão, permitindo que a segunda corrente de combustível e o oxigênio interajam para formar gás oxidante, preferivelmente em temperatura elevada, e alimentação do gás oxidante no queimador do aquecedor regenerativo. Ao final do ciclo de aquecimento, o  
5 suprimento de oxigênio na câmara de pré-combustão é descontinuado durante a alimentação posterior da segunda corrente de combustível na câmara de pré-combustão e a alimentação posterior da primeira corrente de combustível no queimador.

Enquanto a segunda corrente de combustível continua a ser  
10 alimentada na câmara de pré-combustão, a segunda corrente de combustível reage com o oxigênio ainda presente na câmara de pré-combustão para formar o gás oxidante. Adicionalmente, o gás oxidante ainda presente na câmara de pré-combustão ou na linha de alimentação entre a câmara de pré-combustão e o queimador é empurrado em direção ao queimador do  
15 aquecedor regenerativo onde o gás oxidante continua a ser queimado pela primeira corrente de combustível. Como consequência, a quantidade de oxigênio no sistema é gradualmente reduzida até que o sistema esteja essencialmente livre de oxigênio, isto é, não havendo mais oxigênio na câmara de pré-combustão, na linha de alimentação ou no queimador.  
20 Como não há mais oxigênio alimentado no sistema, o oxigênio segue sendo consumido pelas duas extremidades, levando por meio destas à rápida redução da concentração de oxigênio. Nenhum oxigênio é empurrado pela primeira ou segunda câmara do aquecedor regenerativo, mantendo-se assim este último essencialmente livre de oxigênio. Isto permite a alimentação  
25 segura do gás de redução pelo aquecedor regenerativo durante o estágio de sopro sem, no entanto, ter que purgar o aquecedor regenerativo antes de cada ciclo de sopro. Deve ser observado, no entanto, que pode existir uma quantidade mínima de oxigênio no restante do aquecedor regenerativo em razão da queimação estequiométrica ligeiramente excessiva da segunda

corrente de combustível na câmara de pré-combustão. Uma vantagem importante do método acima é que o aquecedor regenerativo pode ser utilizado para uso convencional com ar frio soprado e com gás de redução, sem ter que modificar a estrutura do aquecedor regenerativo.

5 Preferivelmente, a segunda corrente de combustível é alimentada na câmara de pré-combustão até que o oxigênio seja consumido na câmara de pré-combustão, no queimador e na linha de alimentação entre a câmara de pré-combustão e o queimador. Em outras palavras, a segunda corrente de combustível é alimentada na câmara de pré-combustão até que  
10 o queimador não receba mais gás oxidante, com exceção da segunda corrente de combustível.

No contexto da presente invenção, o oxigênio pode ser considerado essencialmente consumido, caso a concentração de oxigênio no restante do aquecedor regenerativo seja inferior a 1%.

15 Uma vez que o oxigênio é essencialmente consumido, o suprimento de combustível na câmara de pré-combustão e no queimador pode ser descontinuado. Entretanto, não deve ser ignorado que o suprimento de combustível é descontinuado por algum tempo após o oxigênio ser essencialmente consumido.

20 Vantajosamente, no início do ciclo de sopro, o aquecedor regenerativo é pressurizado e, no início do ciclo de aquecimento, o aquecedor regenerativo é despressurizado. Preferivelmente, o gás de processo, isto é, o gás de redução, é transferido do aquecedor regenerativo para ser despressurizado no aquecedor regenerativo a ser pressurizado.

25 O gás de processo é vantajosamente um gás de processo rico em CO recebido de uma unidade de remoção de CO<sub>2</sub>, que tem uma grande parte removida do seu conteúdo de CO<sub>2</sub>. Caso a unidade de remoção de CO<sub>2</sub> seja uma unidade (V)PSA com unidade criogênica, o gás de processo

é livre de CO<sub>2</sub>, enquanto que se a unidade de remoção de CO<sub>2</sub> é uma unidade (V)PSA sem unidade criogênica, o gás de processo apresenta conteúdo reduzido de CO<sub>2</sub>. O combustível é vantajosamente um gás residual rico em CO<sub>2</sub> recebido de uma unidade de remoção de CO<sub>2</sub>. O uso  
5 do gás residual rico em CO<sub>2</sub> da unidade de remoção de CO<sub>2</sub>, como combustível do queimador do aquecedor regenerativo, permite que o subproduto da unidade de remoção de CO<sub>2</sub> seja utilizado de forma econômica. Na verdade, este gás residual contém principalmente CO<sub>2</sub>, que é utilizado para aquecer o aquecedor regenerativo. Embora o gás que sai  
10 do aquecedor regenerativo durante o ciclo de aquecimento possa conter alguma quantidade de CO, ele é principalmente composto de CO<sub>2</sub>, levando ao uso mais econômico da unidade criogênica subsequente.

No início do ciclo de aquecimento, o CO no aquecedor regenerativo é expulso do aquecedor regenerativo pelos gases quentes de combustão como  
15 o efluente gasoso contendo CO. Na verdade, após o ciclo de sopro, o CO está presente no aquecedor regenerativo. Quando o aquecedor é acionado, este CO é expulso do aquecedor regenerativo pela abertura na porção mais baixa da segunda câmara.

Preferivelmente, o efluente gasoso contendo CO é tratado para  
20 remover seu conteúdo de CO antes que o efluente gasoso seja evacuado. De acordo com uma primeira modalidade, o efluente gasoso contendo CO pode ser alimentado em uma planta criogênica para remover o conteúdo de CO e garantir que somente o CO<sub>2</sub> seja bombeado no solo. Preferivelmente, no entanto, a quantidade de CO no efluente gasoso  
25 contendo CO, é medida e, enquanto a presença de CO pode ser detectada no efluente gasoso, este é reciclado.

De acordo com uma segunda modalidade, o efluente gasoso contendo CO é realimentado na corrente de gás residual, permitindo, desta forma, que o CO seja reutilizado no gás residual da câmara de pré-

combustão. De acordo com uma terceira modalidade, o efluente gasoso contendo CO é realimentado via unidade de reforço na unidade de remoção de CO<sub>2</sub> em que o CO é então redirecionado no gás de processo para aquecimento. De acordo com uma quarta modalidade, o efluente gasoso contendo CO é alimentado no suporte de gás de onde ele pode ser utilizado em qualquer setor da produção de aço. O efluente gasoso contendo CO pode ser ainda utilizado como gás de alto valor calorífico a ser alimentado na primeira corrente de combustível.

O combustível pode, de acordo com a presente invenção, ser um gás residual rico em CO<sub>2</sub>, isto é, o gás residual vindo da unidade de remoção de CO<sub>2</sub>.

Vantajosamente, o gás residual é aquecido em um permutador de calor antes de ser dividido entre a primeira corrente de combustível e a segunda corrente de combustível. Os gases quentes de combustão que escapam da segunda câmara podem ser alimentados pelo permutador de calor para transferir calor para o gás residual.

O gás de alto valor calorífico pode ser alimentado na primeira corrente de combustível para melhorar a queimação do combustível no queimador do aquecedor regenerativo. O gás de alto valor calorífico também pode ser alimentado no gás residual antes de ser alimentado no permutador de calor para melhorar as características de ignição do gás residual na câmara de pré-combustão.

### **Breve Descrição dos Desenhos**

As modalidades preferidas da invenção serão descritas, por meio de exemplo, com referência aos desenhos em anexo em que:

Fig. 1 é um diagrama de fluxo que mostra o ciclo de aquecimento do método de acordo com uma primeira modalidade da invenção;

Fig. 2 é um diagrama de fluxo que mostra o ciclo de aquecimento do método de acordo com uma segunda modalidade da invenção;

Fig. 3 é um diagrama de fluxo que mostra o ciclo de aquecimento do método de acordo com uma terceira modalidade da invenção; e

Fig. 4 é um diagrama de fluxo que mostra o ciclo de aquecimento do método de acordo com uma quarta modalidade da invenção.

## 10            **Descrição das Modalidades Preferidas**

A Figura 1 mostra um diagrama de fluxo do ciclo de aquecimento do método de operação de aquecedor regenerativo de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção. Figura 1 também mostra uma vista esquemática de um aquecedor regenerativo 10 na forma de um forno de ar quente.

Este aquecedor regenerativo 10 geralmente compreende uma primeira câmara 12 com um queimador 14 disposto nesta. Durante o ciclo de aquecimento, o combustível e o gás oxidante são alimentados no queimador 14 via duas entradas de gás 16, 18. O combustível e o gás oxidante são acionados e sua combustão cria gases quentes de combustão que sobem dentro da cúpula 20. A cúpula 20 desvia os gases quentes de combustão e os alimenta na segunda câmara 22 que compreende uma série de meios de armazenagem de calor, geralmente na forma de tijolos de verificador (não mostrado). Os gases quentes de combustão, por último, saem do aquecedor regenerativo 10 por uma abertura 24 na porção mais baixa da segunda câmara 22.

Durante o ciclo de sopro subsequente, o gás de processo é soprado na segunda câmara 22 pela abertura 24 na parte mais baixa da segunda câmara 22. Enquanto o gás de processo passa pelos tijolos de

verificador, o calor é transferido dos tijolos de verificador para o gás de processo. No topo da segunda câmara, 22 o gás de processo quente é alimentado via cúpula 20 na primeira câmara 12. O gás de processo quente sai do aquecedor regenerativo 10 pela saída do gás de processo 26 e é alimentado no alto-forno (não mostrado).

A estrutura do próprio aquecedor regenerativo 10 é, de um modo geral, bem conhecida do conhecedor da técnica, não sendo, portanto, aqui descrita em maiores detalhes.

Nas instalações de alto-forno com gás de reciclagem, o gás de topo recuperado do alto-forno é limpo e passado pela unidade de remoção de CO<sub>2</sub> 28 em que o CO<sub>2</sub> é removido do gás de topo, geralmente pela Adsorção por Variação de Pressão (PSA) ou Adsorção por Variação de Pressão a Vácuo (VPSA). A instalação de (VPSA) divide o gás de topo limpo em duas correntes de gás separadas: um gás residual rico em CO<sub>2</sub> e um gás de processo rico em CO. O gás residual rico em CO é aquecido com a alimentação deste pelo aquecedor regenerativo antes de ser reinjetado no alto-forno. De acordo com a presente invenção, o gás residual 30, que é rico em CO<sub>2</sub> (porém, contendo ainda CO), é enriquecido e utilizado para alimentar o queimador 14 do aquecedor regenerativo 10 durante o ciclo de aquecimento, enquanto que o gás de processo rico em CO 32 é utilizado como gás de redução.

O gás residual rico em CO<sub>2</sub> vindo da unidade de remoção de CO<sub>2</sub> 28 é primeiramente alimentado pelo permutador de calor 34 para aquecer o gás residual 30 antes que ele seja levado para o ponto de distribuição 36. No ponto de distribuição 36, o gás residual aquecido é dividido em duas correntes separadas. A primeira corrente 38 do gás residual é alimentada como combustível no queimador 14 após ser acrescentado um gás de alto valor calorífico 40.

A segunda corrente 42 do gás residual é alimentada na câmara de pré-combustão 44 em que o oxigênio 46 é posteriormente alimentado. Na câmara de pré-combustão 44, a segunda corrente 42 do gás residual e o oxigênio 46 interagem para formar gás oxidante 48 em temperatura elevada, que é, em seguida, alimentado como gás oxidante no queimador 14. O gás oxidante 48 pode, por exemplo, ter uma composição, principalmente, em torno de 79% de CO<sub>2</sub> e, principalmente, em torno de 21% de O<sub>2</sub> (algumas impurezas podem estar presentes). A primeira corrente 38 do gás residual e o gás oxidante 48 são queimados na primeira câmara 12 do aquecedor regenerativo 10 e formam os gases quentes de combustão necessários para o aquecimento dos tijolos de verificador na segunda câmara 22. Os gases quentes de combustão saem, em seguida, da segunda câmara 22 pela abertura 24 e são, preferivelmente, alimentados pelo permutador de calor 30 para transferir calor dos gases quentes de combustão para o gás residual que também passa pelo permutador de calor 30. Para facilitar a ignição da mistura de gás residual e oxigênio na câmara de pré-combustão 44, o gás de alto valor calorífico 50 pode ser, em seguida, acrescentado ao gás residual antes que ele seja passado pelo permutador de calor 34.

Como, no ciclo de sopro, o gás de redução rico em CO é alimentado pelo aquecedor regenerativo 10, é importante que este último esteja livre de gás oxidante. Caso contrário, o gás de redução e o gás oxidante formam uma mistura perigosa que pode acionar e danificar o aquecedor regenerativo 10.

Para garantir que o gás oxidante esteja presente durante o ciclo de sopro, a presente invenção sugere que, primeiramente, no final do ciclo de aquecimento, seja interrompido o suprimento de oxigênio na câmara de pré-combustão 44. Consequentemente, o oxigênio deixa de ser alimentado no sistema. Entretanto, o oxigênio continua presente na câmara de pré-

combustão 44, no queimador 14 e na tubulação entre eles. É sugerido continuar a alimentação da segunda corrente 42 do gás residual na câmara de pré-combustão 44, continuando, desta forma, a consumir oxigênio na câmara de pré-combustão 44. Além disso, a primeira corrente 38 do gás residual também continua a ser alimentada no queimador 14, continuando, desta forma, a consumir oxigênio no queimador 14.

Enquanto o combustível e o gás oxidante continuam a queimar no queimador 14, a segunda corrente 42 de gás residual alimentado na câmara de pré-combustão 44 força o gás oxidante 48 ainda mais em direção ao queimador 14. Quando todo gás oxidante tiver desaparecido e a segunda corrente 42 de gás residual atinge a primeira corrente 38 de gás residual no queimador 14, a combustão cessa em razão da ausência do gás oxidante 48.

Visto que o gás oxidante não está mais presente, o ciclo de sopro pode ser iniciado de forma segura, mesmo que o gás alimentado pelo aquecedor regenerativo 10 durante o ciclo de sopro seja um gás de redução, isto é, um gás de processo rico em CO. Praticamente, não existe oxigênio no aquecedor regenerativo 10 com o qual o gás de processo possa reagir. É importante observar que, com o presente método, não se faz necessário purgar o aquecedor regenerativo 10 quando da mudança do ciclo de aquecimento para o ciclo de sopro. É também importante observar que, com o presente método, não se faz necessário purgar o aquecedor regenerativo 10 quando da mudança do ciclo de sopro para o ciclo de aquecimento.

No início do ciclo de aquecimento, o aquecedor regenerativo continua a conter gás de processo rico em CO. Os gases de combustão vindos do queimador 14 expulsam o CO no aquecedor regenerativo, como efluente gasoso contendo CO 52, do aquecedor regenerativo pela abertura 24 na parte mais baixa da segunda câmara 22. Como o efluente gasoso

contendo CO 52 é quente, ele é, preferivelmente, alimentado pelo permutador de calor 34 para transferir calor do efluente gasoso contendo CO 52 para o gás residual 30. Após passar pelo permutador de calor 34, o efluente gasoso contendo CO 52 é, de acordo com a modalidade da Figura 1, alimentado em uma unidade criogênica 54 para remover CO que pode ser utilizado em outro local.

A Figura 2 mostra um diagrama de fluxo do ciclo de aquecimento do método de operação de um aquecedor regenerativo de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção. Este diagrama de fluxo é muito similar àquele mostrado na Figura 1, não sendo, portanto descrito em detalhes. Nesta segunda modalidade, a quantidade de CO no efluente gasoso contendo CO 52 é medida e, desde que a presença de CO possa ser detectada no efluente gasoso contendo CO 52, o efluente gasoso contendo CO 52 é realimentado como gás reciclado contendo CO 54 no gás residual 30.

A Figura 3 mostra um diagrama de fluxo do ciclo de aquecimento do método de operação de um aquecedor regenerativo de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção. Este diagrama de fluxo é muito similar àquele mostrado na Figura 1, não sendo, portanto descrito em detalhes. Nesta terceira modalidade, a quantidade de CO no efluente gasoso contendo CO 52 é medida e, desde que a presença de CO possa ser detectada no efluente gasoso contendo CO 52, o efluente gasoso contendo CO 52 é alimentado como gás reciclado contendo CO 54 no suporte de gás 56. O gás reciclado contendo CO 54 do suporte de gás 56 pode ser utilizado em outro setor da produção de aço. Como mostrado na Figura 3, ele pode, por exemplo, ser alimentado como gás de alto valor calorífico na primeira corrente de gás residual 38.

A Figura 4 mostra um diagrama de fluxo do ciclo de aquecimento do método de operação de um aquecedor regenerativo de

acordo com uma quarta modalidade da presente invenção. Este diagrama de fluxo é muito similar àquele mostrado na Figura 1, não sendo, portanto descrito em detalhes. Nesta quarta modalidade, a quantidade de CO no efluente gasoso contendo CO 52 é medida e, desde que a presença de CO possa ser detectada no efluente gasoso contendo CO 52, o efluente gasoso contendo CO 52 é alimentado na unidade de remoção de CO<sub>2</sub> 28 via unidade de reforço 58. Na unidade de remoção de CO<sub>2</sub> 28, o CO do efluente gasoso contendo CO 52 é alimentado no gás de processo 32.

10 ***Legenda dos Números de Referência***

- 10 *10 Forno de ar quente*
- 12 Primeira câmara*
- 14 Queimador*
- 16 Entrada de gás*
- 15 *18 Entrada de gás*
- 20 Cúpula*
- 22 Segunda câmara*
- 24 Abertura*
- 26 Saída de ar*
- 20 *28 Unidade de remoção de CO<sub>2</sub>*
- 30 Gás residual*
- 32 Gás de processo*
- 34 Permutador de calor*
- 36 Ponto de distribuição*
- 25 *38 Primeira corrente de gás residual*
- 40 Gás de alto valor calorífico*
- 42 Segunda corrente de gás residual*
- 44 Câmara de pré-combustão*
- 46 Oxigênio*
- 30 *48 Gás oxidante*
- 50 Gás de alto valor calorífico*
- 52 Efluente gasoso contendo CO*
- 54 Gás reciclado contendo CO*
- 56 Suporte de gás*
- 35 *58 Unidade de reforço*

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de operação de aquecedor regenerativo, em particular de ar quente soprado em alto-forno, o aquecedor regenerativo compreendendo uma primeira câmara e uma segunda câmara, a primeira câmara tendo um queimador disposto nesta, a segunda câmara compreendendo meio de armazenagem de calor; o método compreendendo: um ciclo de aquecimento em que o gás combustível e oxidante são alimentados no queimador da primeira câmara, podendo ser queimados, em que gases quentes de combustão passam pela segunda câmara para aquecer o meio de armazenagem de calor; e ciclo de sopro em que o gás de processo é alimentado pela segunda câmara para absorve calor do meio de armazenagem de calor; **caracterizado pelo** ciclo de aquecimento compreender as seguintes etapas: alimentação de uma primeira corrente de combustível no queimador do aquecedor regenerativo; alimentação de uma segunda corrente de combustível em uma câmara de pré-combustão; alimentação de oxigênio na câmara de pré-combustão, permitindo que a segunda corrente de combustível e o oxigênio interajam para formar gás oxidante; alimentação de gás oxidante no queimador do aquecedor regenerativo em que, ao final do ciclo de aquecimento, o suprimento de oxigênio na câmara de combustão é descontinuado durante a alimentação posterior da segunda corrente de combustível na câmara de pré-combustão e a alimentação posterior da primeira corrente de combustível no queimador.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** segunda corrente de combustível ser alimentada na câmara de pré-combustão até que o oxigênio seja essencialmente consumido na câmara de pré-combustão, no queimador e na linha de alimentação entre a câmara de pré-combustão e o queimador.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo** oxigênio ser considerado essencialmente consumido caso a concentração de oxigênio na primeira e segunda câmeras seja inferior a 1%.

5 4. Método de acordo com a reivindicação 2 ou 3, **caracterizado por** uma vez o oxigênio ser essencialmente consumido, é descontinuado o suprimento de combustível na câmara de pré-combustão e no queimador.

10 5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** aquecedor regenerativo, no início do ciclo de aquecimento, ser pressurizado e, no início do ciclo de aquecimento, o aquecedor regenerativo ser despressurizado.

15 6. Método de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo** gás de processo ser transferido do aquecedor regenerativo para ser despressurizado no aquecedor regenerativo a ser pressurizado.

7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** gás de processo ser gás de processo rico em CO fornecido pela unidade de remoção de CO<sub>2</sub> e pelo combustível ser gás residual rico em CO<sub>2</sub> fornecido pela unidade de remoção de CO<sub>2</sub>.

20 8. Método de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo** CO no aquecedor regenerativo, no início do ciclo de aquecimento, ser expulso do aquecedor regenerativo pelos gases quentes de combustão, como o CO contido no efluente gasoso.

25 9. Método de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo** efluente gasoso ser alimentado em uma planta criogênica; e/ou o efluente gasoso ser realimentado na corrente de gás residual; e/ou o efluente gasoso ser realimentado na unidade de remoção de CO via unidade de reforço; e/ou o gás ser alimentado em um suporte de gás para uso,

enquanto o gás de alto valor calorífico é alimentado na primeira corrente de combustível.

5           **10.** Método de acordo com a reivindicação 8 ou 9, **caracterizado pelo** gás residual rico em CO<sub>2</sub> ser aquecido em um permutador de calor antes de ser dividido entre a primeira corrente de combustível e a segunda corrente de combustível.

10           **11.** Método de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado pelos** gases quentes de combustão escapados da segunda câmara ser alimentados pelo permutador de calor para transferir calor ao gás residual.

**12.** Método de acordo com a reivindicação 9 ou 10, **caracterizado pelo** gás de alto valor calorífico ser alimentado na primeira corrente de combustível.

15           **13.** Método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 9 a 12, **caracterizado pelo** gás de alto valor calorífico ser acrescentado no gás residual antes de ser dividido entre a primeira e segunda correntes de combustível.

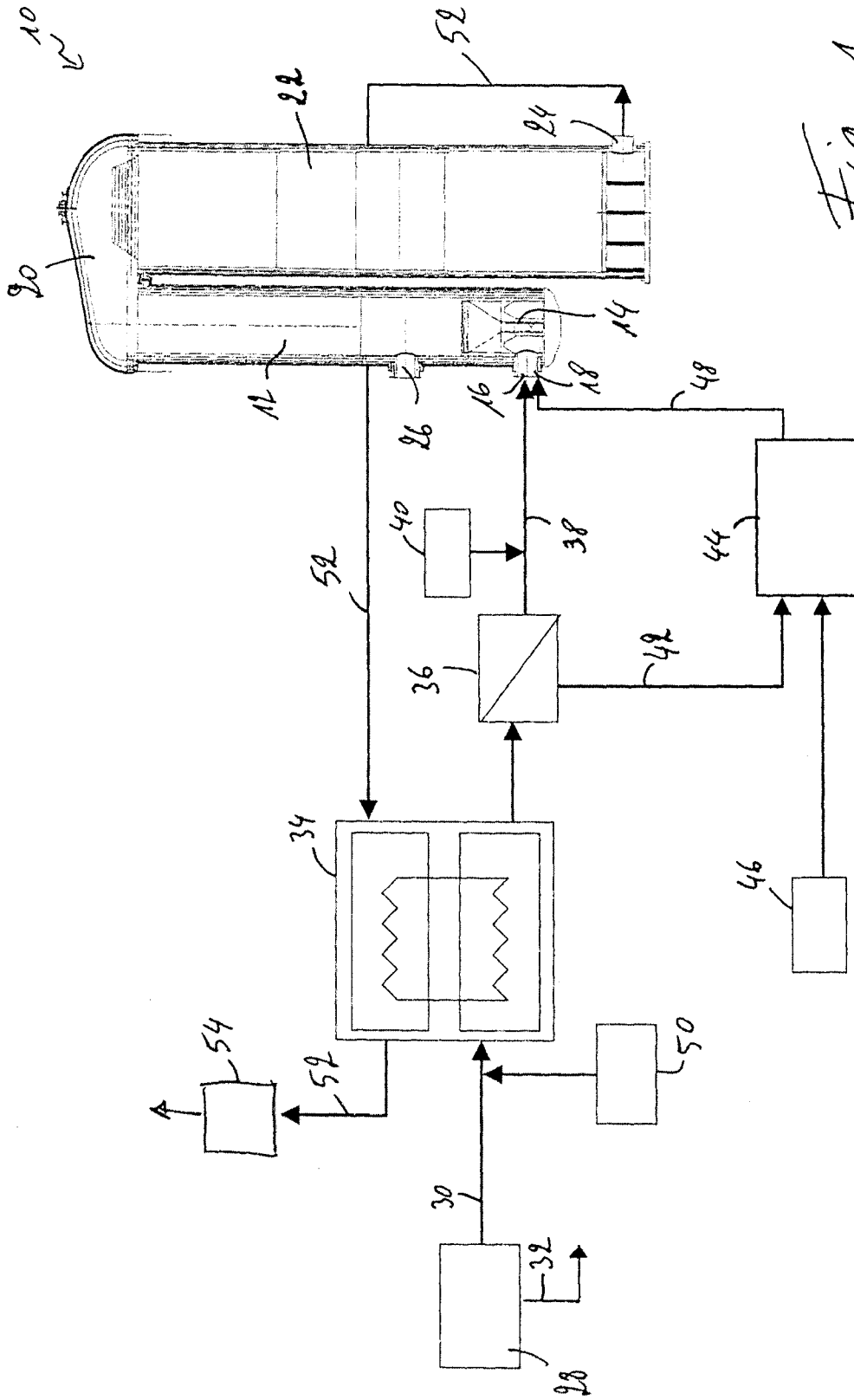


Fig. 1

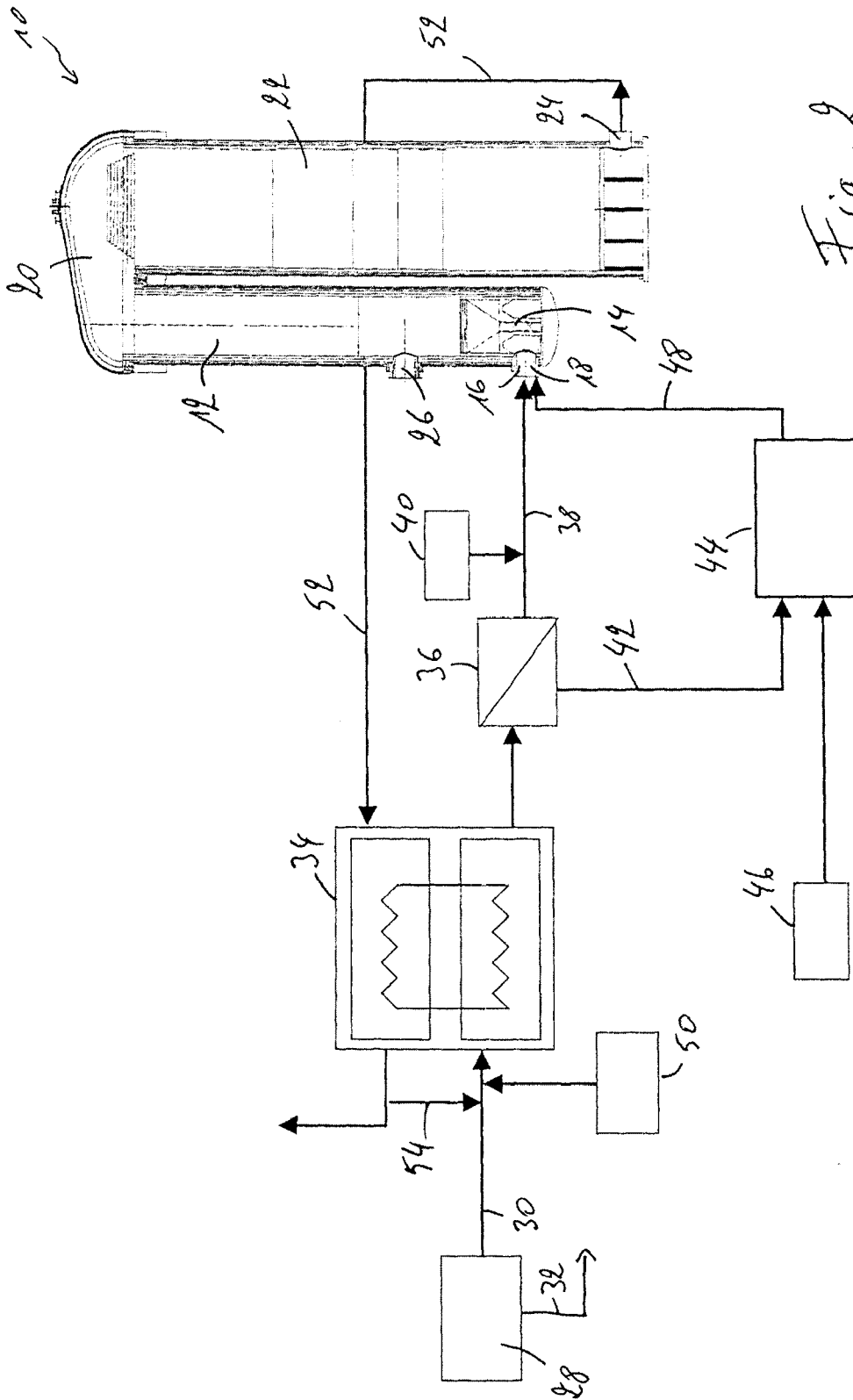


Fig. 2

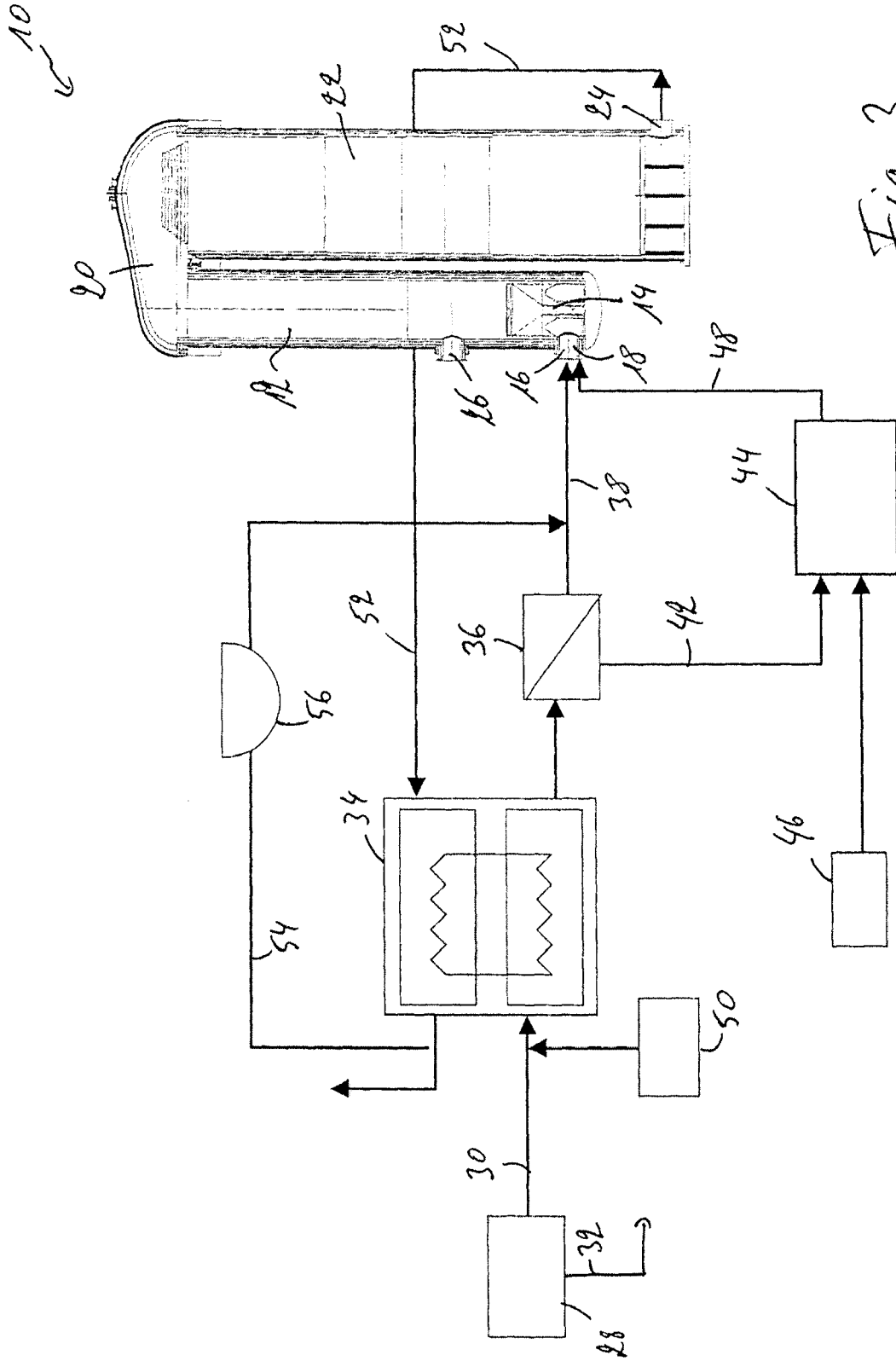


Fig. 3

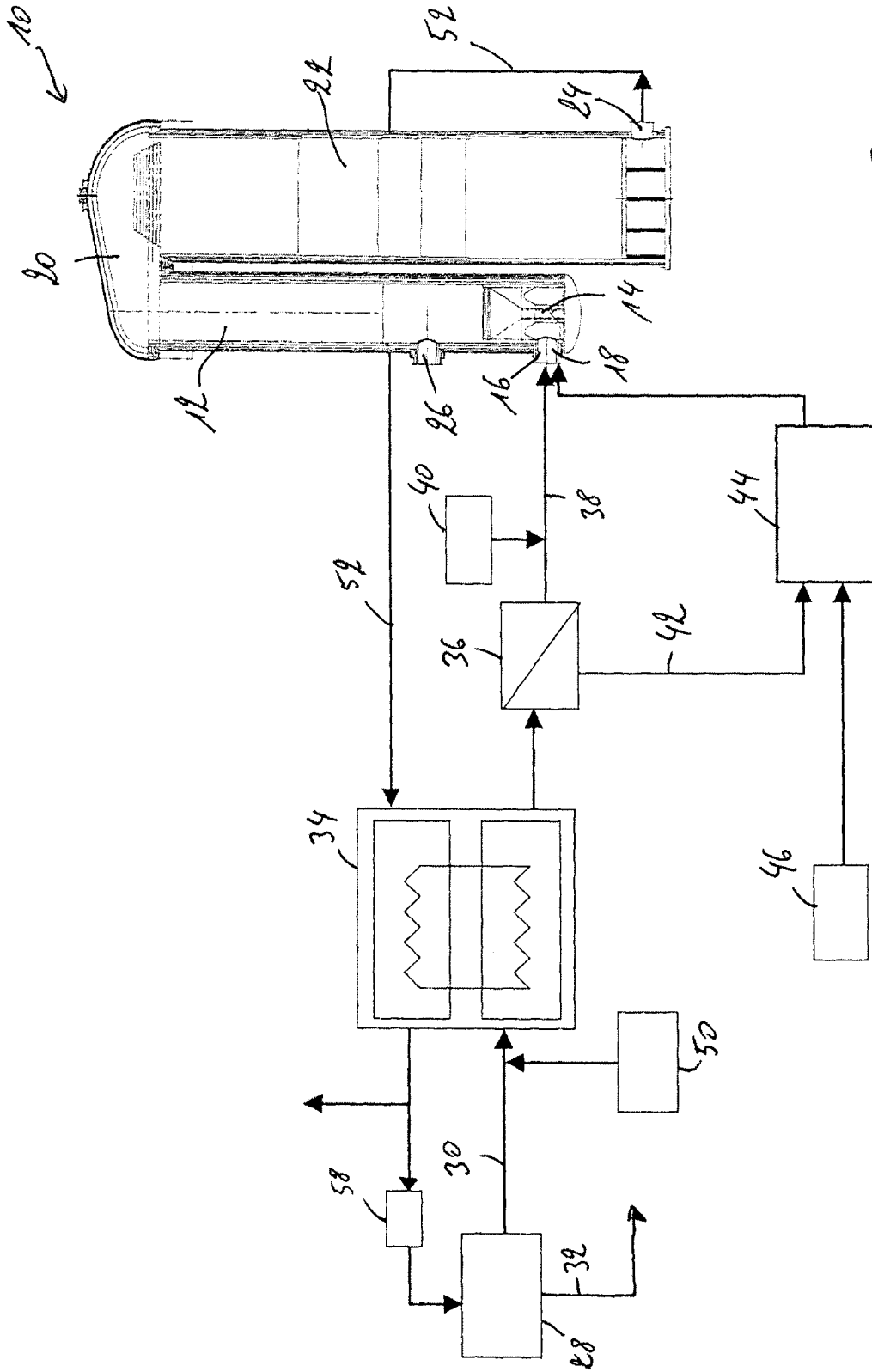


Fig. 4