



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

(11) PI 0918154-7 B1



(22) Data do Depósito: 04/09/2009

(45) Data de Concessão: 07/01/2020

(54) Título: RECUPERADOR DE CALOR PARA QUEIMADOR COM TUBO RADIANTE

(51) Int.Cl.: F23C 3/00; F23C 9/00; F23L 15/04.

(30) Prioridade Unionista: 10/09/2008 FR 0804970; 12/09/2008 FR 0805016.

(73) Titular(es): FIVES STEIN.

(72) Inventor(es): ALPHONSE PITOCCHO; PATRICE SEDMAK; STÉPHANE MAGNE.

(86) Pedido PCT: PCT IB2009053860 de 04/09/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/029477 de 18/03/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 04/03/2011

(57) Resumo: RECUPERADOR DE CALOR PARA QUEIMADOR COM TUBO RADIANTE Recuperador de calor (R) para queimador com tubo radiante que apresenta um conduto de queimador e um conduto de escapamento (1), o recuperador estando disposto na saída do conduto de escapamento (1), e compreendendo um trocador de calor (E) que comporta um segmento de ida (5) para dirigir o ar a pré-aquecer para uma virola (6) colocado na extremidade do recuperador do lado da chegada das emissões, e um segmento de retorno (7) se abrindo para uma canalização (8) de alimentação em ar do queimador, o conjunto sendo previsto de modo que uma parte das emissões seja arrastada por, e se misture com, o ar de combustão; o trocador de calor (E) ocupa apenas uma parte da seção transversal do conduto de escapamento (1), a outra parte (1a) da seção permanecendo livre para as emissões; o ar de combustão é aquecido pelas emissões no segmento de ida (5) e no segmento de retorno (7) que é deslocado radialmente externamente ao segmento de ida (5) e banhado nos emissões.

“RECUPERADOR DE CALOR PARA QUEIMADOR COM TUBO RADIANTE”

[0001] A invenção se refere a um recuperador para queimador com tubo radiante que apresenta um conduto de queimador e um conduto de escapamento, o queimador sendo colocado na entrada do conduto de queimador, recuperador estando disposto na saída do conduto de escapamento.

[0002] O recuperador visado pela invenção é do tipo daqueles que compreendem um trocador de calor colocado no interior de um conduto de conexão previsto para ser ligado ao conduto de escapamento a fim de assegurar um pré-aquecimento em contracorrente do ar de combustão por uma parte das emissões, o trocador comportando:

- um segmento de ida para dirigir o ar a pré-aquecer para uma virola colocada na extremidade do recuperador do lado da chegada das emissões,
 - e um segmento de retorno que se abre para uma canalização de alimentação em ar do queimador, a virola definindo um trajeto para inverter o sentido de escoamento do ar de combustão e dirigi-lo para o segmento de retorno,
- o conjunto sendo previsto de modo que uma parte das emissões seja levada pelo, e se misture com o, ar de combustão de maneira a reduzir o nível de óxidos de nitrogênio dos produtos de combustão.

[0003] Um recuperador de calor deste tipo é mostrado por FR-A-2 780.770. Geralmente, os tubos brilhantes com queimador são equipados de um sistema de recuperação de calor nas emissões de tipo trocador com aletas.

[0004] WO 2008/022722 mostra igualmente um recuperador de calor cujo segmento de ida é circundado pelo segmento de retorno. O ar de combustão é aquecido pelas emissões apenas durante o trajeto de retorno.

[0005] Os recuperadores propostos até o momento requerem ser melhorados a fim de:

- aumentar seu desempenho térmico, e a transferência de calor entre as emissões e o ar de combustão,
- aumentar a taxa de recirculação de emissões no ar de combustão de modo a reduzir as emissões de óxidos de nitrogênio e melhorar a homogeneidade de

temperatura do tubo radiante,

- limitar as perdas de carga de modo a diminuir a pressão requerida no ar de combustão, e a extração necessária nas emissões para veicular os fluidos,
- monitorar as perdas de carga,
- tornar confiável a inflamação a frio do queimador,
- e diminuir o custo de fabricação.

[0006] De acordo com a invenção, um recuperador de calor para queimador com tubo radiante apresentando um conduto de queimador e um conduto de escapamento, o queimador sendo colocado na entrada do conduto de queimador, o recuperador estando disposto na saída do conduto de escapamento, e compreendendo um trocador de calor colocado dentro de um conduto de conexão previsto para ser ligado ao conduto de escapamento a fim de assegurar um pré-aquecimento em contracorrente do ar de combustão por uma parte das emissões, o trocador comportando:

- um segmento de ida para dirigir o ar a pré-aquecer para uma virola colocada na extremidade do recuperador do lado da chegada das emissões,
- e um segmento de retorno que se abre para uma canalização de alimentação de ar do queimador, a virola definindo um trajeto para inverter o sentido de escoamento do ar de combustão e dirigi-lo para o segmento de retorno,

o trocador de calor ocupando uma parte apenas da seção transversal do conduto de conexão, a outra parte permanece livre para a passagem das emissões para uma evacuação,

o conjunto sendo previsto de modo que uma parte das emissões seja arrastada pelo, e se misture com o, ar de combustão,

é caracterizado pelo fato de que:

- o segmento de ida do trocador comporta uma pluralidade de tubos trocador, paralelos ao eixo do conduto de conexão, para a passagem do ar de combustão, as emissões trocando calor com o ar através dos tubos trocador, os dois líquidos tendo escoamentos paralelos, em sentido contrário,
- os tubos trocadores desembocam no interior da virola,

- o circuito de ar é disposto em “gancho”, o segmento de retorno sendo deslocado radialmente em relação aos tubos do segmento de ida, e as seções transversais dos tubos trocadores e o segmento de retorno situados externamente uns aos outros.

[0007] O pré-aquecimento do ar pelas emissões continua neste segmento de retorno por uma troca de calor direta que resulta da mistura do ar com emissões mais quentes e por uma troca indireta com as emissões que circulam em torno do segmento de retorno.

[0008] Vantajosamente, os tubos trocadores são agrupados em uma zona do espaço compreendida entre o segmento de retorno e o conduto de conexão, ou o conduto de escapamento. O segmento de retorno pode ser formado por um tubo de seção transversal suficiente para o escoamento do ar que provém dos tubos trocadores e da parte recirculada das emissões.

[0009] De acordo com uma primeira possibilidade, o tubo do segmento de retorno está ligado de maneira estanque à virola, a outra extremidade axial do tubo sendo fechada, o segmento de retorno se abrindo transversalmente por um ejedor colocado na frente da canalização de alimentação em ar do queimador.

[0010] De acordo com outra possibilidade, o tubo do segmento de retorno é aberto do lado da chegada das emissões e a virola comporta uma tubulação de saída dobrada na forma de cruz que agrupa as vazões dos tubos coletores e desemboca na extremidade aberta do segmento de retorno, na qual se efetua uma mistura do ar e uma parte das emissões. O segmento de retorno pode ser dobrado, em particular em ângulo reto, para sair do conduto de conexão.

[0011] O recuperador pode comportar uma canalização de entrada de ar circundada de um invólucro tubular fechado sua extremidade interna e aberta sua outra extremidade em uma câmara de entrada de ar para os tubos trocador, o invólucro tubular circundado por emissões, de modo que o ar de combustão efetue um primeiro trajeto ida retorno de pré-aquecimento antes de entrar nos tubos trocadores.

[0012] A virola pode compreender uma parte cilíndrica prolongada a montante

por um funil que se conecta ao tubo de mistura, o funil comportando em sua parte central um prolongamento tubular formando injetor para o ar de combustão, este prolongamento sendo suportado por luvas orientadas radialmente colocando em comunicação um espaço anular onde desembocam os tubos do trocador e o interior do prolongamento tubular.

[0013] O recuperador é realizado vantajosamente em mecano-soldagem com elementos tubulares e peças de chapa em aço inoxidável. Uma helicóide pode ser disposta pelo menos em um tubo trocador.

[0014] Os tubos trocadores podem ser circundados por tubos invólucros, o ar de combustão circulando nos tubos trocadores enquanto as emissões circulam nas passagens anulares compreendidas entre os tubos trocadores e os tubos invólucros. Uma divisória atravessada de maneira estanque pelos tubos invólucros pode ser prevista para delimitar, na extremidade do conduto de conexão ou do conduto de escapamento, uma câmara ligada à evacuação das emissões, os tubos invólucros desembocando nesta câmara.

[0015] O recuperador pode comportar um conduto de derivação para curto-circuitar uma parte do ar frio diretamente no queimador sem passar pelo recuperador enquanto o tubo radiante não atingir a temperatura de auto inflamação do combustível, com um órgão de seccionamento previsto no ar destinado à ignição do queimador.

[0016] Os tubos trocadores podem ter diâmetros diferentes com por exemplo um diâmetro maior na parte superior e menor na parte inferior. Preferivelmente, os tubos trocadores são soldados apenas em uma extremidade, a extremidade quente ligada à virola, enquanto a outra extremidade é conectada de maneira deslizante estanque em uma parede.

[0017] Os tubos trocadores são repartidos judiciosamente de maneira a otimizar as seções de passagem dos fluidos, por exemplo seguindo um arco de círculo centrado no eixo do conduto de escapamento, e a reduzir a perda de carga sobre emissões que circulam na seção livre.

[0018] De acordo com uma variante, o conjunto dos tubos trocadores é

circundado por uma parede envoltória, e as emissões circulam na zona compreendida entre a superfície externa dos tubos trocadores e a parede envoltória. Esta variante é melhor adaptada ao funcionamento de gases de siderurgia (tipo gás de forno a coque e gases de altos fornos) em função dos grandes volumes de emissões gerados.

[0019] A invenção consiste, postas a parte as disposições expostas acima, em diversas outras disposições que serão mais explicitamente postas em questão a seguir a propósito de exemplos de realização descritos com referência aos desenhos anexados, mas que não são de modo algum limitativos. Nestes desenhos:

[0020] Fig. 1 é um corte esquemático vertical parcial de um forno equipado de um queimador com recuperador de calor.

[0021] Fig. 2 é um corte esquemático axial vertical com partes externas de um recuperador de calor de acordo com a invenção.

[0022] Fig. 3 é uma vista esquemática da direita em relação à Fig. 2, em maior escala.

[0023] Fig. 4 é uma vista esquemática em corte no nível do injetor 18 de acordo com Fig. 3,

[0024] Fig. 5 é uma vista semelhante à Fig. 4 de uma variante de realização.

[0025] Fig. 6 é uma vista semelhante à Fig. 4 de outra variante de realização.

[0026] Fig. 7 é um corte esquemático axial vertical, de acordo com a linha VII-VII da Fig. 8, de uma variante do recuperador de calor de acordo com a invenção com partes retiradas.

[0027] Fig. 8 é uma seção, em maior escala, de acordo com a linha VIII-VIII da Fig. 7, e

[0028] Fig. 9 é uma vista em perspectiva, em corte axial vertical, de uma outra variante do recuperador de acordo com a invenção.

[0029] Referindo-se aos desenhos, notadamente à Fig. 1, pode-se ver um queimador B com tubo radiante T. O tubo T comporta um conduto de queimador Tb na entrada do qual é instalado o queimador B. O tubo T atravessa uma parede P de

um forno, se estende na câmara do forno, e surge através da parede por um conduto de escapamento 1. O queimador B é alimentado em combustível por um conduto Bc. A chama do queimador B se desenvolve no tubo radiante T e as emissões (gases de combustão) percorrem este tubo para assegurar o aquecimento do forno. As emissões são dirigidas, no tubo T, para o conduto 1.

[0030] Um recuperador de calor R é disposto na saída do conduto de escapamento 1. Como visível na Fig. 2, o recuperador R compreende um trocador de calor E colocado dentro de um conduto de conexão 1b previsto para ser ligado por flange (não representado na Fig. 2) ao conduto de escapamento a fim de assegurar um pré-aquecimento em contracorrente do ar de combustão por uma parte 2 das emissões que partem do escapamento.

[0031] O ar frio de combustão entra por uma extremidade 3 do trocador E seguindo o sentido da seta 4 e é dirigido, por um segmento de ida 5 do trocador para uma virola 6 colocada na extremidade do recuperador do lado da chegada das emissões. O trocador E comporta um segmento de retorno 7 que se abre para uma canalização 8 de alimentação em ar do queimador. A virola 6 define um trajeto para inverter o sentido de escoamento do ar de combustão que provém do segmento de ida 5 e dirigi-lo para o segmento de retorno 7.

[0032] O conjunto é previsto de modo que uma parte 9 das emissões de combustão seja arrastada pelo ar de alimentação do queimador e misturada com este ar na canalização 8.

[0033] O trocador de calor E ocupa apenas uma parte da seção transversal do conduto de conexão 1b, ou do conduto de escapamento 1, como bem visível na Fig. 2. A outra parte 1a da seção transversal permanece livre. O segmento de retorno 7 do trocador é deslocado radialmente em relação ao segmento de ida 5. Os segmentos de ida 5 e retorno 7 são respectivamente externos uns aos outros. O segmento de retorno 7 é banhado na parte 9 emissões.

[0034] O ar de combustão é aquecido, durante o trajeto de ida 5, pelas emissões através da parede do segmento de ida 5 contornado pelas emissões. O reaquecimento do ar pelas emissões continua durante o trajeto de retorno através

da parede do segmento de retorno 7.

[0035] A parte montante do recuperador, situada no nível da virola 6, é prevista para separar as emissões entre a parte 2 que será evacuada por uma saída 10 e pela parte 9 que será misturada ao ar de combustão. A saída 10, como ilustrado na Fig., é munida de um flange de conexão B2 com uma chaminé (não representada). A parte 9 das emissões circula na seção livre 1a entre o trocador E e a superfície interna do conduto de conexão 1b, ou do conduto de escapamento 1.

[0036] O recuperador comporta uma passagem D para guiar a parte 2 das emissões desde a montante do trocador E até a saída 10.

[0037] Como mostrado por Fig. 2 e 3, o segmento de ida 5 do trocador comporta uma pluralidade de tubos trocadores 11, paralelos ao eixo geométrico do conduto 1b e do conduto 1. Os centros das seções retas dos tubos 11, de acordo com um primeiro exemplo de realização, são dispostos sobre um arco de círculo centrado no eixo do conduto 1 como visível na Fig. 3 e 4, este arco de círculo se estendendo por cerca de um pouco mais de 180°. Os tubos trocadores 11 são previstos para a passagem de um dos líquidos: ar de combustão ou emissões. No exemplo ilustrado na Fig. 2 a 4, os tubos trocadores 11 são previstos para a passagem do ar de combustão e atravessam, de maneira estanque, uma parede de fundo transversal 12 que fecha a parte a jusante (conforme o sentido de escoamento das emissões) do conduto 1b. A entrada do ar de combustão comporta uma caixa de distribuição (não representada) que comunica com as diferentes extremidades 3 dos tubos 11 em projeção externa da parede 12. Neste local a estanqueidade é assegurada de maneira deslizante sobre os tubos 11 de maneira a não reter as dilatações térmicas. Isto permite assim um alongamento dos tubos independentes uns dos outro.

[0038] De acordo com Fig. 2 a 4, os tubos trocadores 11 são circundados individualmente pelos tubos invólucros 13 coaxiais que atravessam, de maneira estanque, uma divisória 14 fechando o conduto 1b a montante da saída 10. Uma câmara de evacuação 15 é formada entre a divisória 14 e a parede 12, esta câmara 15 se comunicando com a saída 10. Os tubos invólucros 13 são dispostos a uma certa distância radial da superfície interna do conduto 1, e se detêm antes da

parede 12 de maneira a desembocar na câmara 15. Em sua outra extremidade, os tubos invólucros 13 se detêm a distância de uma parede transversal de fundo 6a da virola 6 de modo que um espaço anular 16 seja formado entre a extremidade a montante de cada tubo 13 e a virola 6, permitindo a entrada da parte 2 das emissões nas passagens anulares D compreendidas entre a superfície externa dos tubos trocadores 11 e a superfície interna dos tubos invólucros 13. A parte 2 evacuada das emissões sai na extremidade a jusante dos tubos 13 e escapa pela saída 10.

[0039] De acordo com o exemplo de realização Fig. 3, a virola 6 apresenta um contorno em arco de círculo, à distância radial da superfície interna do conduto 1b. Os tubos trocadores 11 desembocam dentro da virola 6. As extremidades dos tubos 11 são, de preferência, soldadas contra a parede 6a perfurada de orifícios à direita de cada tubo 11.

[0040] O segmento de retorno 7 é formado por um tubo cilíndrico 17 de eixo geométrico paralelo ao eixo geométrico do conduto 1b. A seção transversal do tubo 17 é, de preferência, pelo menos igual à soma das seções transversais dos tubos trocadores 11. A parede 6a comporta um orifício de comunicação com o tubo 17 ligado de maneira estanque, de preferência por soldagem, a esta parede 6a. A outra extremidade axial do tubo 17 é fechada por uma parede 17a, próxima da divisória 14.

[0041] Em sua extremidade próxima da parede 17a, o tubo 17 é munido de um ejedor transversal 18 de ar pré-aquecido. Este ejedor é formado por um orifício troncônico de seção reta decrescente para o exterior, visando soprar o ar pré-aquecido em direção ao queimador via a canalização 8. O ejedor 18 para a uma certa distância do conduto 1b ou do conduto 1 de modo que uma zona anular 19 esteja presente entre a saída do ejedor 18 e a entrada do conduto 8. O ar que sai do ejedor 18 cria um efeito de aspiração da parte 9 das emissões e arrastando-a no conduto de alimentação 8.

[0042] O trocador E pode ser realizado inteiramente com tubos e chapas de aço inoxidável.

[0043] O funcionamento do recuperador R é o seguinte.

[0044] O ar frio para a combustão circula, e se aquece, nos tubos trocadores 11 em contracorrente da parte 2 das emissões quentes que se escoam nas passagens D entre os tubos 11 e os tubos invólucros 13. O sentido de circulação do ar pré-aquecido é invertido na virola 6 e o ar retorna para o ejeter 18 de acordo com o segmento de retorno 7 que se encontra na parte 9 emissões quentes. O pré-Aquecimento do ar continua neste segmento de retorno 7. O ar pré-aquecido sai pelo ejeter 18 e se mistura com a parte 9 das emissões arrastada na condução 8.

[0045] Fig. 5 mostra uma variante de realização segundo a qual o conjunto dos tubos trocadores 11, nos quais circula o ar de combustão pré-aquecer, é circundado por um invólucro externo 20 comum. As emissões circulam na passagem D compreendida entre o invólucro externo 20 e a superfície externa dos tubos 11. O segmento de retorno 7 é equipado do ejeter 18. O conjunto do trocador E Fig. 5 é instalado no conduto de conexão 1b ou no conduto 1 de escapamento. Esta configuração admite maiores volumes de emissões em função de sua baixa perda de carga e se presta consequentemente bem para a utilização com os combustíveis pobres de siderurgia.

[0046] Fig. 6 mostra outra variante de realização com uma disposição dos tubos trocadores diferente para aumentar a superfície de troca sem aumento da perda de carga das emissões recicladas. Os tubos trocadores 11, 13 são reagrupados em uma zona do espaço compreendida entre o segmento 7 e o conduto 1. Esta configuração permite aumentar o número de tubos trocadores na condução de escapamento e permite um pré-aquecimento maior do ar de combustão sem reduzir a proporção de emissões recirculada.

[0047] As vazões de emissões e ar de combustão que circulam nos tubos trocadores são constantes para o conjunto das variantes de realização de acordo com a invenção porque dependem apenas do regime de funcionamento do queimador. Com um tubo suplementar de acordo com a variante Fig., a velocidade de escoamento dos gases nos tubos é ligeiramente menor, mas a superfície de troca é maior. A superfície sendo preponderante sobre a velocidade para o nível de

troca por convecção, em nossa gama de funcionamento, resulta uma eficácia térmica maior do trocador de acordo com o exemplo de realização Fig. 6 apesar de uma menor velocidade de escoamento das emissões e do ar de combustão.

[0048] Compreende-se facilmente que uma otimização é necessária para obter melhor comprometimento entre a superfície de troca (número, diâmetro e comprimento dos tubos) e as velocidades de escoamento de modo a obter um bom equilíbrio entre obstrução e perdas de carga.

[0049] Na variante de realização de acordo com Fig. 6, o segmento de retorno 7 não está mais centrado na condução de escapamento mais deslocado para baixo de modo que os tubos trocadores se encontrem nas parte superiores.

[0050] O funcionamento dos trocadores Fig. 5 e 6 é semelhante a este do trocador Fig. 2 a 4.

[0051] Vantajosamente, está previsto de curto-circuitar (by-passar) uma parte do ar frio diretamente ao queimador sem passar pelo recuperador enquanto o tubo radiante não atingir a temperatura auto-inflamação do combustível. Este sistema curto-circuito (by-pass) necessita do emprego de um órgão de seccionamento 21 (Fig.) sobre o ar destinado à ignição do queimador.

[0052] Referenciando-se às Figs. 7 e 8, pode-se ver outra variante de realização do recuperador de acordo com a invenção. Os elementos desempenhando um mesmo papel que estes descritos nas realizações precedentes são designados pelas mesmas referências numéricas eventualmente afetadas de uma apóstrofe '.

[0053] Sua descrição será retomada ou será efetuada apenas sucintamente. Os tubos trocadores 11 se estendem, no conduto de conexão 1b, desde uma parede de extremidade 12' situada à esquerda da Fig. 7, que atravessam de maneira estanque, com possibilidade de deslizamento, para desembocar em uma câmara G de entrada de ar para os tubos 11. Estes tubos trocadores 11 não são contornados de tubos invólucros coaxiais. De acordo com a Fig. 7 o conduto 1b é munido de um flange B1 de conexão ao conduto 1. O trocador E faz projeção em parte para além do flange B1, e esta parte em projeção é envolvida na condução 1 coaxial ao conduto 1b. Como visível na Fig. 8, os tubos 11 são agrupados em um espaço na

forma de crescente compreendido entre a parede do conduto 1, ou de acordo com o caso do conduto 1 b, e o tubo 17' que forma o segmento de retorno 7.

[0054] A virola 6' é em forma de tronco de cone, com uma grande base constituída pela placa 6'a que comporta aberturas que correspondem às seções dos tubos 11. Estes tubos 11 são soldados na placa 6'a para desembocar de maneira estanque dentro da virola 6'. A pequena base da virola 6' é conectada a uma tubulação 22 na forma de cruz, constituindo uma saída dobrada a 180° que agrupa os fluxos de ar que provêm dos diversos tubos 11.

[0055] A extremidade 23 do segmento de retorno 7 (tubo 17') é aberta em frente à extremidade 24 da cruz 22. O ar que sai da cruz 22 entra no tubo 17' e se mistura com a parte 9 das emissões, provindo da parte superior, que entra neste tubo 17'. A mistura do ar com uma parte das emissões permite baixar a taxa de oxigênio no combustível com efeito uma diminuição do NO_x formado durante a combustão. Esta mistura contribui igualmente para aquecer o ar.

[0056] Uma parte das emissões passa no espaço livre 2 situado em torno da virola 61, entre esta virola e a superfície interna do conduto 1 ou do conduto 1b. Esta parte de emissões se escoam em torno dos tubos 11, notadamente no espaço 1a, em direção da saída 10, em contracorrente do ar dos tubos 11. O tubo 17' é circundado igualmente por emissões que se dirigem para a saída 10.

[0057] O tubo 17' sai lateralmente do conduto de conexão sendo dobrado em ângulo reto de acordo com um cotovelo 25 prolongado por uma tubulação de saída 26 munida, em sua extremidade livre, de um flange 27 de conexão com a tubulação de ar (não representada) do queimador.

[0058] A entrada de ar nos tubos 11 pode acontecer diretamente na câmara G. No entanto, no exemplo de realização representado, a entrada de ar é efetuada por uma canalização 28 que atravessa a parede 12' e que é circundada, no espaço onde se encontram as emissões, por um invólucro tubular 29, fechado em sua extremidade interna, próxima ao cotovelo 25. A canalização 28 pára antes da extremidade interna do invólucro tubular 29 e está aberta de maneira a permitir ao ar que entra efetuar uma mudança de direção a 180° para retornar para uma

abertura da parede 12' em torno do qual é fixado de maneira estanque o invólucro tubular 29.

[0059] Como o invólucro 29 é circundado de emissões, o ar que circula em retorno entre a canalização 28 e a parede interna do invólucro 29 sofre um primeiro pré-aquecimento antes de chegar na câmara G.

[0060] Esta ida e volta efetuada pelo ar que entra no duplo tubo constituído pela canalização 28 e o invólucro tubular 29 é opcional. Ela permite quando está presente uma economia de energia e uma melhora do rendimento, ao preço de um aumento da perda de carga.

[0061] Para melhorar o rendimento e favorecer as trocas, pode-se prever, dentro dos tubos 11 como ilustrado na Fig. 8, lâminas 30 metálicas trançadas em helicoidal.

[0062] O funcionamento do reaquecedor das Figs. 7 e 8 é semelhante a este descrito a propósito das figuras precedentes.

[0063] As setas traçadas na Fig. 7 permitem seguir os trajetos do ar e das emissões.

[0064] De acordo com a variante opcional, o ar que entra pela canalização 28, após ter feito uma ida e volta, retorna na câmara G e penetra nos tubos trocadores 11, ao número de treze de acordo com o exemplo Fig. 8. O ar se aquece nestes tubos 11 por troca de calor com as emissões que passam pela superfície externa dos tubos 11, em contracorrente. O ar assim aquecido é recolhido na virola 6' e faz meia-volta na parte 22 para entrar no tubo 17'. É neste local que a recirculação de fumaça se opera. Deslocando-se assim o injetor formado pela cruz 22 na extremidade do recuperador, aproveita uma eficácia máxima do efeito de recirculação.

[0065] Os treze tubos 11 são cobertos nos emissões que passam naturalmente antes na parte inferior constituindo uma passagem preferencial. A fim de limitar as passagens preferenciais das emissões e melhor preencher o espaço disponível, os tubos 11 podem ter diâmetros diferentes, por exemplo, um diâmetro maior na parte superior e menor na parte inferior da seção transversal. O número de tubos 11 será

adaptado igualmente de acordo com as dimensões do recuperador.

[0066] As dilatações diferenciais entre tubos 11 podem se operar pois estes últimos são soldados apenas do único lado quente, correspondendo à placa 6'a. Do outro lado os tubos 11 são conectados de maneira deslizante na parede 12' constituída de preferência por três placas separadas por uma junta isolante.

[0067] Referenciando-se à Fig. 9, pode-se ver outro exemplo de realização de um recuperador de calor de acordo com a invenção. Os elementos idênticos ou semelhantes aos elementos já descritos precedentemente são designados pelas mesmas referências, eventualmente seguidas de " e sua descrição será retomada ou efetuada apenas sucintamente.

[0068] Na Fig. 9, parece que recuperador R comporta um corpo 31 cilíndrico coaxial ao conduto de escapamento 1 ligado a este corpo. A entrada de ar de combustão 3, prevista sobre a parte não visível do corpo situada de outro lado do plano de corte vertical, apresenta um eixo geométrico horizontal ortogonal ao eixo geométrico do corpo 31 e ao conduto 1. A saída 10 da solda dos produtos de combustão apresenta um eixo geométrico vertical e é orientada para baixo enquanto a saída 8 da mistura constituída do ar de combustão e de uma parte dos produtos de combustão é oposta diametralmente à saída 10. A entrada 3 e as saídas 8 e 10 são munidas de um colar que forma flange de conexão a uma canalização.

[0069] Como visível na Fig. 9, o corpo 31 comporta divisórias internas que separam diferentes zonas que comunicam com a entrada 3 e as saídas 8 e 10. A entrada 3 comunica com uma câmara interna 3a determinada por uma divisória cilíndrica 32 que apresenta um fundo transversal 32a atravessado de maneira suficientemente estanque pelo segmento de retorno 7" formado pelo tubo de mistura 17 que se prolonga a jusante para além do fundo 32a. Uma tampa 33 coaxial ao tubo 17 é fixada ao corpo 31, notadamente por um flange não representado, para cobrir a extremidade a jusante do tubo 17. O espaço anular compreendido entre a superfície externa do tubo 17 e a superfície interna da tampa 33 comunica com o orifício 8 de saída da mistura de ar de combustão e de produtos de combustão. O

sentido de escoamento desta mistura é invertido 180° na saída do tubo 17 para se dirigir para a saída 8.

[0070] A virola 6" (Fig. 9) comporta uma parte cilíndrica 34. A extremidade a jusante desta parte 34 é formada por uma coroa circular 35 apertada sobre o tubo 17 e contornada apertada pela parte 34. Os tubos trocadores 11 são repartidos em torno do tubo de mistura 17, paralelamente a este último, e desembocam na virola 6" por aberturas previstas na coroa 35. Em sua outra extremidade, os tubos 11 desembocam através de uma coroa circular 36 na câmara de entrada de ar 3a. A extremidade a montante da parte cilíndrica 34 é munida de um funil 37 cujo contorno periférico a montante 37a é redobrado a 180°. A parede do funil 37 forma uma saia sensivelmente troncônica a partir da borda dobrada 37a e assegura uma conexão entre a borda superior da parte 34 e o tubo de mistura 17 de menor diâmetro. O tubo 17 constituindo o segmento de retorno é deslocado radialmente para o interior em relação aos tubos 11 que o contornam.

[0071] Um prolongamento tubular 38 formando injetor, em projeção no tubo 17, é coaxial ao funil 37 do qual é tornado solidário pelas luvas ocas 39, orientadas radialmente, abertas em cada extremidade. As luvas 39 desembocam para o exterior no espaço onde desembocam os tubos 11 e, para o interior, no prolongamento 38 pelas aberturas de forma alongada. O prolongamento tubular 38 é fechado, do lado a montante, por uma ogiva 40 que dirige a parte recirculada dos produtos de combustão para o tubo 17 por passagens que contornam as luvas 39 e compreendidas entre a superfície interna do funil 37 e a superfície externa do elemento tubular 38.

[0072] Os tubos trocadores 11 podem ser soldados apenas em sua extremidade fria, a virola 6" podendo ser mantida pelo tubo interno 17.

[0073] O funcionamento do recuperador Fig. 9 é semelhante a este descrito nas figuras precedentes.

[0074] O ar de combustão circula em contracorrente nos tubos 11 paralelamente ao tubo 17, penetra na parte cilíndrica 34 e depois se escoia radialmente para o interior pelas luvas 39 no elemento tubular 38 e é injetado axialmente no tubo 17 em

sentido oposto ao escoamento nos tubos 11.

[0075] Os produtos de combustão passam para parte no espaço anular 2 para a saída 10 e, para outra parte, diretamente nas passagens entre as luvas 39, com um mínimo de perdas de carga para se misturar nos tubos 17 com o ar de combustão. No exemplo da Fig. 9, a virola 6" compreende três luvas 39 dispostas a 120°.

[0076] Um encolhimento de seção na extremidade do injetor 38 provoca um aumento da velocidade do ar que provoca uma aspiração dos produtos de combustão.

[0077] O ar de combustão circula nos tubos 11 em sentido oposto aos produtos de combustão que circulam na seção 2 e melhora consequentemente as trocas térmicas entre os dois líquidos e o perfil de temperatura do recuperador, diminuindo os desvios de temperatura entre uma extremidade e a extremidade oposta.

[0078] Os riscos de ruptura encontrados sobre os recuperadores clássicos são logicamente diminuídos em função do modo de recuperação em contracorrente que provoca choques térmicos menos violentos.

[0079] Por fim, o fato de não mais utilizar peça de fundição permite diminuir o risco de ruptura.

[0080] O recuperador/queimador pode ser isolado termicamente durante a fabricação, de modo que não exista prever um isolamento térmico sobre o sítio. A montagem sobre sítio é reduzida a três flanges de conexão 27, B1, B2.

[0081] O recuperador de acordo com a invenção permite ao mesmo tempo aumentar a troca de calor ar/emissões, bem como a taxa de emissões recirculadas, passando na canalização de alimentação 8. A utilização de tubos retos para o trocador causa perdas de carga limitadas e dominadas.

[0082] A escolha dos diferentes diâmetros de tubos é condicionada, ao mesmo tempo, pelos desempenhos térmicos, pelas perdas de carga em linha (espessura dos tubos) mas igualmente pela facilidade de abastecimento dos tubos. Para este fato, convirá optar por tubos padrões do comércio.

[0083] A parte 9 das emissões dispõe de uma seção livre 1a grande de modo que a velocidade ali permaneça reduzida. Enquanto a perda de carga global nas

emissões de combustão varia pouco, qualquer que seja a geometria do circuito regresso, esta age diretamente sobre a taxa de recirculação das emissões modificando a perda de carga na parte das emissões que circulam na seção livre 1a.

[0084] Quanto maior o volume de emissões recirculados maior a velocidade dos gases no tubo radiante. Este aumento de velocidade conduz, no entanto, à baixa variação da perda de carga no tubo.

[0085] A concepção de acordo com a invenção permite separar as emissões a montante do trocador, o que acarreta:

- a colocação em velocidade das emissões nas passagens em torno dos tubos trocadores 11, para aumentar a eficácia das trocas térmicas;
- uma limitação das perdas de carga nas emissões recicladas com crescimentos da eficácia do ejetor 18.

[0086] O emprego de tubos 11, 13, 17, 17' de acordo com a invenção permite monitorar as velocidades dos fluidos e consequentemente fixar as trocas térmicas e a perda de carga de maneira reprodutível, o que não é geralmente o caso com recuperadores clássicos fabricados em fundição com diferenças notáveis nas seções de passagem em função das tolerâncias de fabricação.

[0087] A circulação em contracorrente melhora a troca térmica entre os fluidos reduzindo ao mesmo tempo os problemas mecânicos por diminuição do gradiente de temperatura entre as emissões e o ar de combustão na entrada do recuperador.

[0088] A concepção tubular permite, além disso, alongar o recuperador o que se traduz em uma maior superfície de troca e uma melhor recuperação de calor.

[0089] O recuperador da invenção, fabricado por mecano-soldagem, é mais leve do que um recuperador fabricado em fundição. Além disso, a qualidade do aço inoxidável resistente ao calor pode ser ajustada para cada componente do conjunto recuperador de acordo com o nível de temperatura ao qual está submetido, o que permite reduzir globalmente o preço material do recuperador.

REIVINDICAÇÕES

1. Recuperador de calor para queimador com tubo radiante que apresenta um conduto de queimador e um conduto de escapamento (1), o queimador sendo colocado na entrada do conduto de queimador, o recuperador estando disposto na saída do conduto de escapamento, e compreendendo um trocador de calor (E) colocado dentro de um conduto de conexão (1b) previsto para ser ligado ao conduto de escapamento (1) a fim de assegurar um pré-aquecimento em contracorrente do ar de combustão por uma parte (2) das emissões, o trocador (E) comportando:

- um segmento de ida (5) para dirigir o ar para pré-aquecer para uma virola (6, 6', 6'') colocado a extremidade recuperador do lado da chegada das emissões,

- e um segmento de retorno (7, 7'') se abrindo para uma canalização (8) de alimentação em ar do queimador, a virola (6, 6', 6'') definindo um trajeto para inverter o sentido de escoamento do ar de combustão e dirigi-lo para o segmento de retorno,

o conjunto sendo previsto de modo que uma parte das emissões seja arrastada por, e se misture com, o ar de combustão,

o trocador de calor ocupando uma parte apenas da seção transversal do conduto de conexão, a outra parte permanecendo livre para a passagem das emissões para uma evacuação, caracterizada pelo fato de que:

- o segmento de ida (5) do trocador comporta uma pluralidade de tubos trocadores (11), paralelos ao eixo do conduto de conexão (1 b), para a passagem do ar de combustão, as emissões trocando calor com o ar através dos tubos trocador, os dois fluidos tendo escoamentos paralelos, em sentido contrário,

- os tubos trocadores (11) desembocam dentro da virola (6, 6', 6''),

- o circuito de ar é disposto em "gancho", o segmento de retorno (7, 7'') sendo deslocado radialmente em relação aos tubos do segmento de ida (5) e as seções transversais dos tubos trocadores e o segmento de retorno situados externamente uns dos outros.

2. Recuperador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os tubos trocadores (11) são agrupados em uma zona do espaço compreendido entre o segmento de retorno (7, 7") e o conduto de conexão (1b) ou o conduto de escapamento (1).

3. Recuperador de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o segmento de retorno (7, 7") é formado por um tubo (17, 17') de seção transversal suficiente para o escoamento do ar que provém dos tubos trocadores (11) e da parte recirculada das emissões.

4. Recuperador de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o tubo (17) do segmento de retorno está ligado de maneira estanque à virola, a outra extremidade axial do tubo (17) estando fechada, o segmento de retorno (7) se abrindo transversalmente por um ejetor (18) colocado na frente da canalização (8) de alimentação em ar do queimador.

5. Recuperador de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o tubo (17') do segmento de retorno está aberto (23) do lado da chegada das emissões e que a virola (6') comporta uma saída (22) dobrada na forma de cruz agrupando as vazões dos tubos coletores e desembocando na extremidade aberta (23) do segmento de retorno, no qual se efetua uma mistura do ar e uma parte das emissões.

6. Recuperador de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o segmento de retorno (7), sua saída do conduto de conexão, é dobrado (25).

7. Recuperador de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que comporta uma canalização de entrada de ar (28) circundada de um invólucro tubular (29) fechado em sua extremidade interna e aberta, em sua outra extremidade, em uma câmara (G) de entrada de ar para os tubos trocador, o invólucro tubular (29) sendo circundado por emissões, de modo que o ar de combustão efetue um primeiro trajeto de ida retorno de pré-aquecimento antes de entrar nos tubos trocadores (11).

8. Recuperador de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3,

caracterizado pelo fato de que a virola (6") compreende uma parte cilíndrica (34) prolongada a montante por um funil (37) que se conecta ao tubo de mistura (17), o funil comportando em sua parte central um prolongamento tubular (38) formando um injetor para o ar de combustão, este prolongamento sendo suportado por luvas (39) orientadas radialmente colocando em comunicação um espaço onde desembocam os tubos (11) do trocador e o interior do prolongamento tubular (38).

9. Recuperador de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que é realizado em mecano-soldagem com elementos tubulares e peças de chapa de aço inoxidável.

10. Recuperador de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que um helicoidal (30) está disposto pelo menos em um tubo trocador (11).

11. Recuperador de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que os tubos trocadores (11) são contornados pelos tubos invólucros (13), o ar de combustão circulando nos tubos trocadores (11) enquanto as emissões circulam nas passagens anulares (D) compreendidas entre os tubos trocadores (11) e os tubos invólucros (13).

12. Recuperador de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que uma divisória (14) atravessada de maneira estanque pelos tubos invólucros (13) está prevista para delimitar, na extremidade do conduto de conexão, uma câmara (15) ligada à evacuação das emissões, os tubos invólucros (13) desembocando nesta câmara.

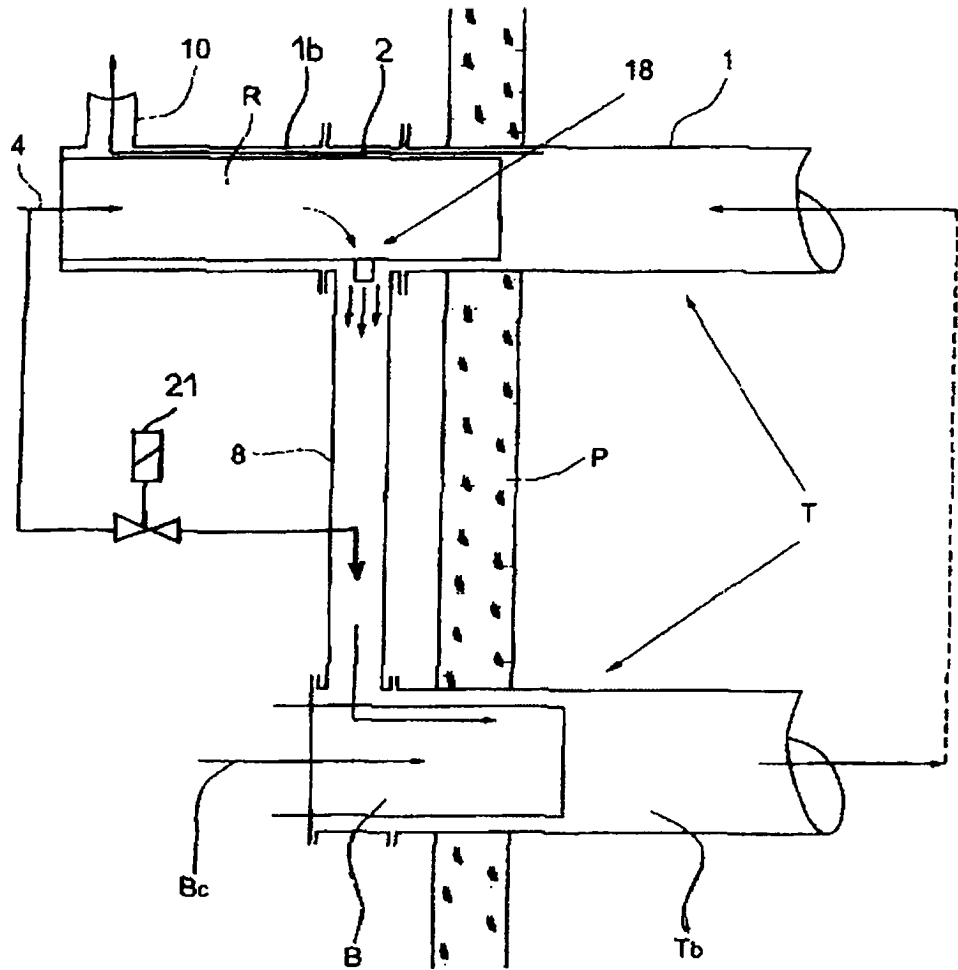
13. Recuperador de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o conjunto dos tubos trocadores (11) é circundado por uma parede envoltória (20), e as emissões circulam na zona compreendida entre a superfície externa dos tubos trocadores e a parede envoltória.

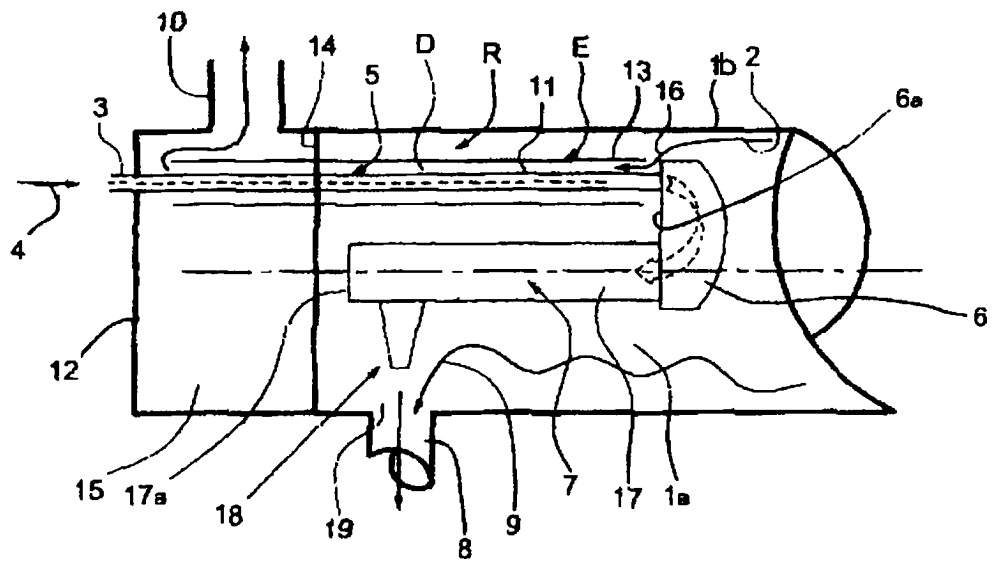
14. Recuperador de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado pelo fato de que comporta um conduto de derivação para curto-circuitar uma parte do ar frio diretamente no queimador sem passar pelo recuperador enquanto o tubo radiante não atingir a temperatura de auto-inflamação

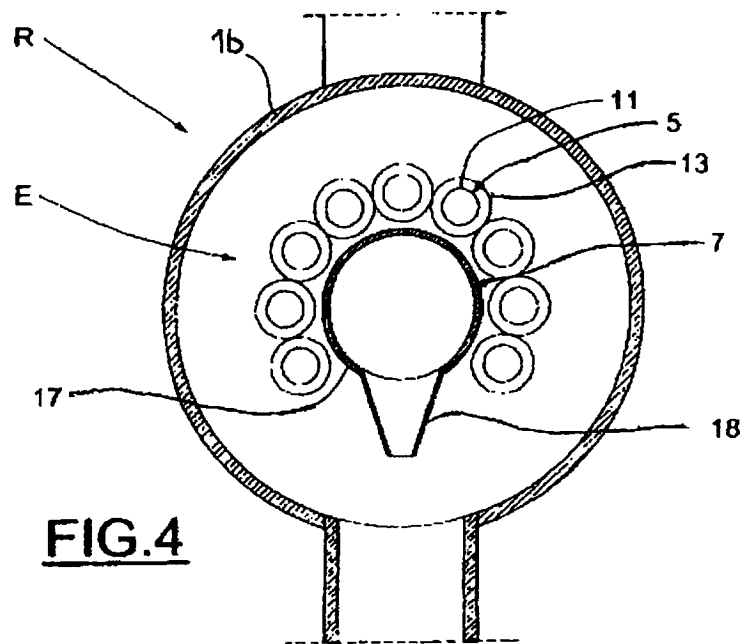
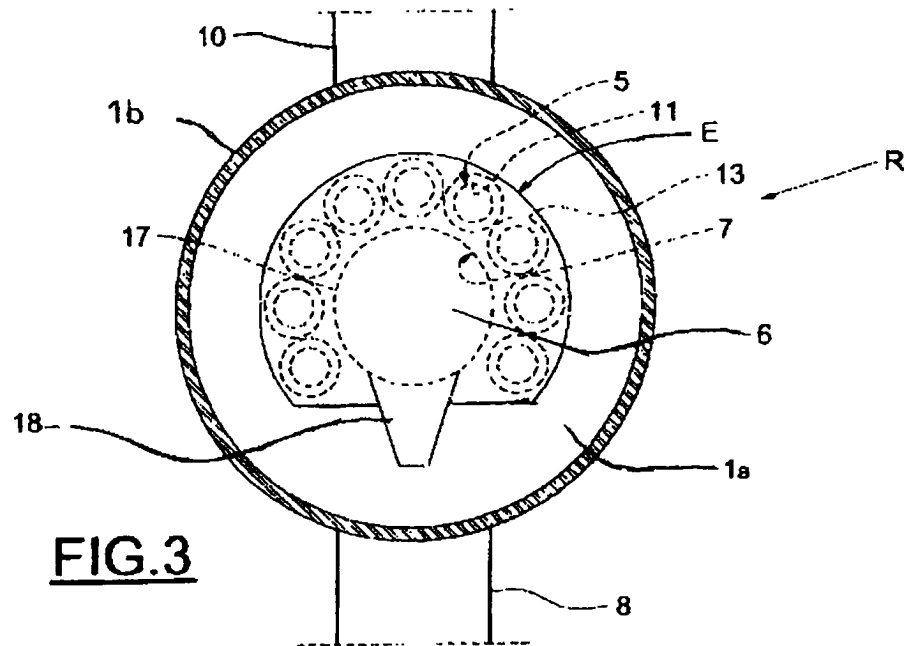
do combustível, com um órgão de seccionamento (21) previsto sobre o ar destinado à ignição do queimador.

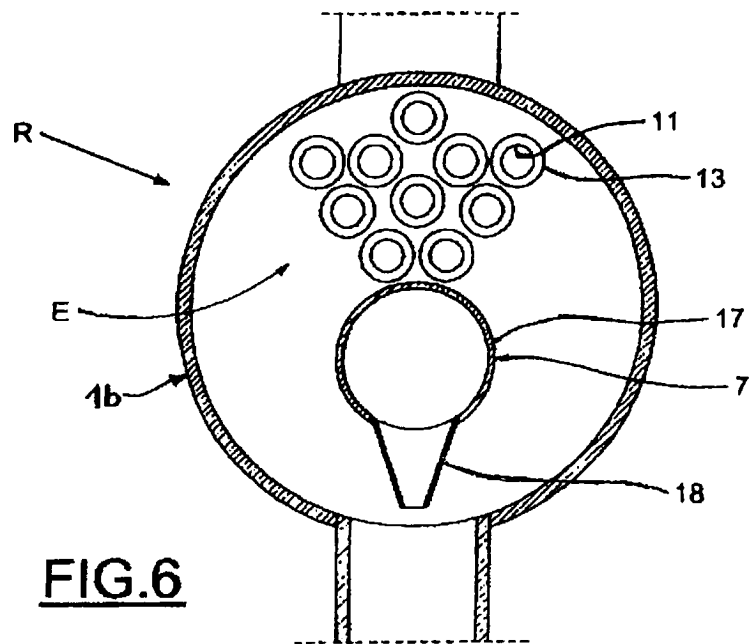
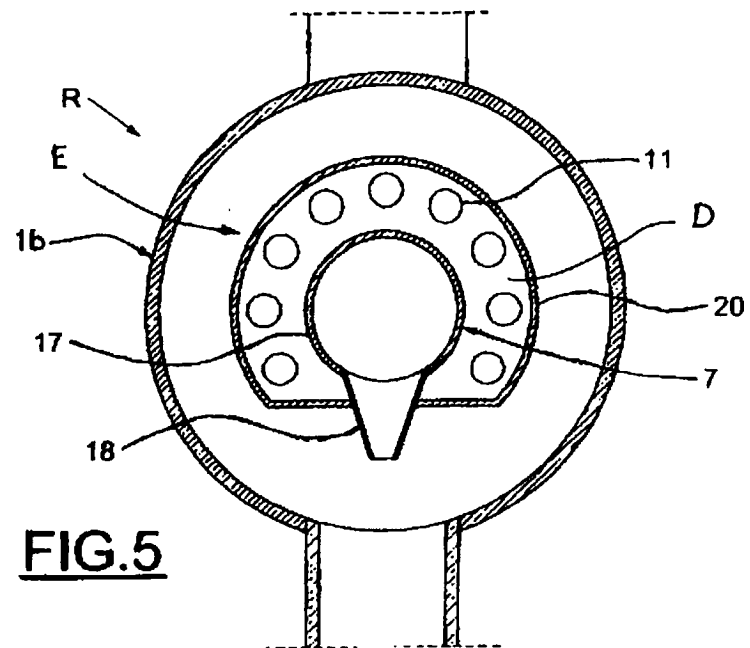
15. Recuperador de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que os tubos trocadores têm diâmetros diferentes, o diâmetro maior na parte superior e o menor na parte inferior.

16. Recuperador de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizado pelo fato de que os tubos trocadores são soldados apenas em uma extremidade, a extremidade quente ligada à virola, enquanto a outra extremidade está conectada de maneira deslizante estanque em uma parede.

FIG.1

FIG. 2





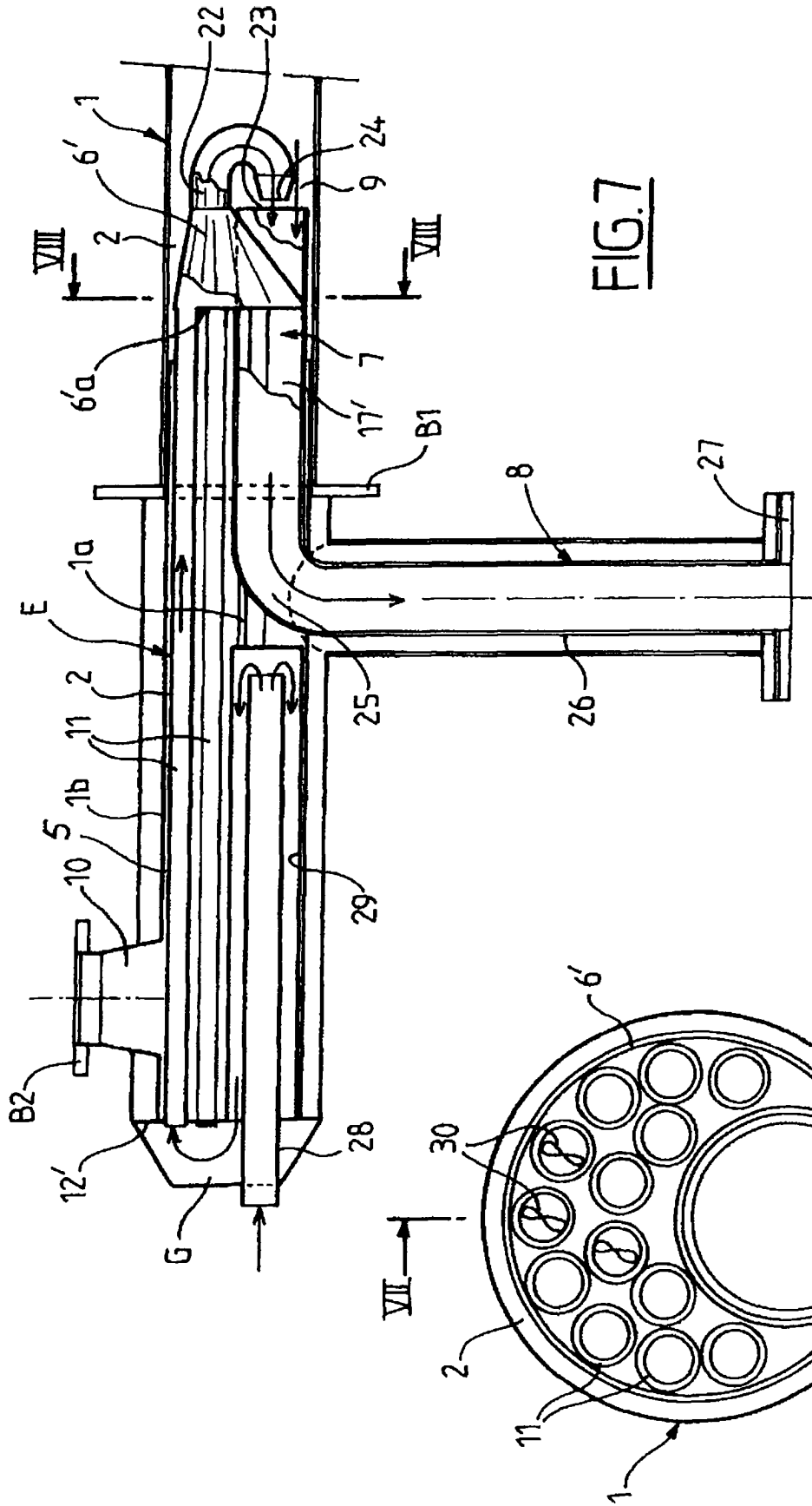


FIG. 7

FIG. 8

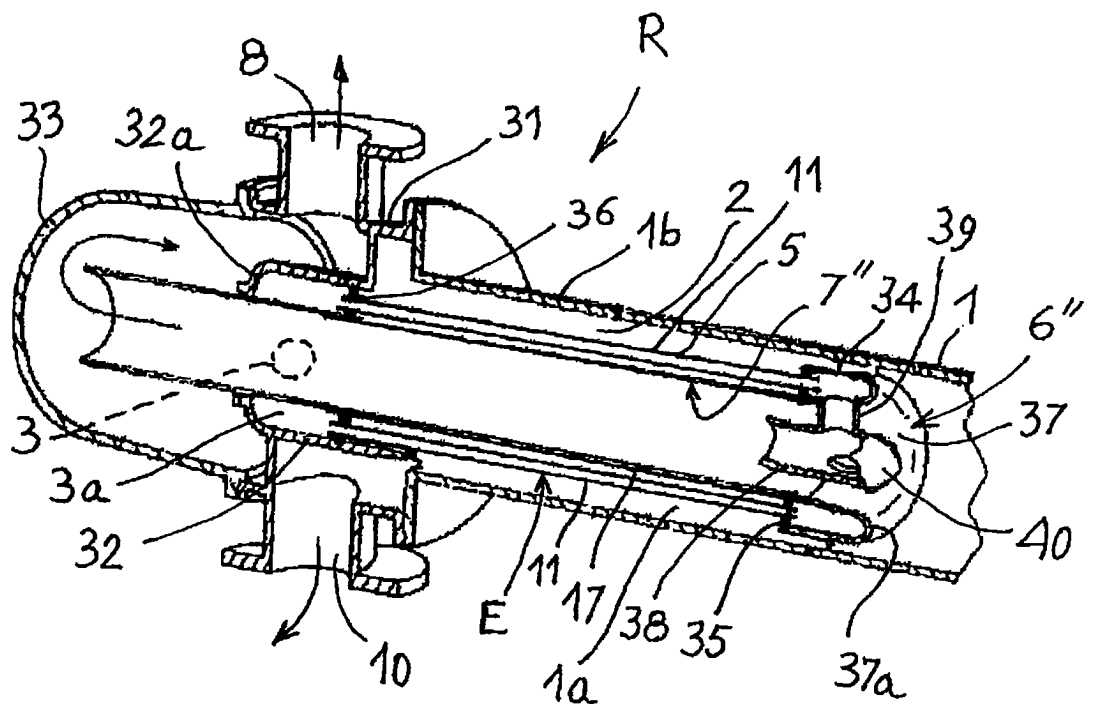


FIG.9