



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 0714153-0 A2**

(22) Data de Depósito: 05/07/2007
(43) Data da Publicação: 26/12/2012
(RPI 2190)



(51) *Int.Cl.:*
F23D 14/84

(54) **Título:** QUEIMADOR COM CHAMA DE SENTIDO E/OU TAMANHO VARIÁVEIS, E MÉTODO DE EXECUTÁ-LO

(30) **Prioridade Unionista:** 06/07/2006 FR 0652847

(73) **Titular(es):** Centre National de La Recherche Scientifique (CNRS), L'Air Liquide, Société Anonyme Pour L'Etude ET L'Exploitation DES Procédés Georges Claude

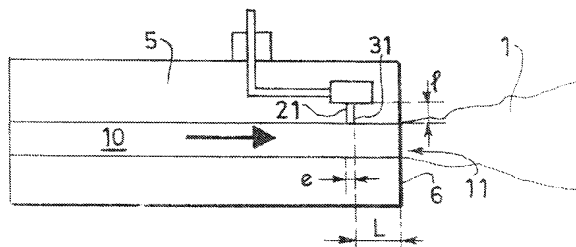
(72) **Inventor(es):** Bernard Labegorre, Bernard Zamuner, Nicolas Docquier, Thierry Poinsot, Thomas Lederlin, Vincent Faivre

(74) **Procurador(es):** Orlando de Souza

(86) **Pedido Internacional:** PCT FR2007051598 de 05/07/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/003908 de 10/01/2008

(57) **Resumo:** QUEIMADOR COM CHAMA COM DIREÇÃO E/OU ABERTURA VARIÁVEL E PROCESSO DE APLICAÇÃO. Queimador compreendendo pelo menos uma passagem (10) para injeção de pelo menos um jato primário, tal como um jato de comburente e/ou de combustível e/ou de uma pré-mistura comburente e combustível, e meios de injeção (21) de pelo menos um jato de fluido secundário (2) desembocando na referida passagem, a interação entre o jato primário e pelo menos um jato secundário permitindo fazer variar a direção e/ou a abertura da chama. Utilização do referido queimador para aquecer uma carga com a chama com direção e/ou abertura variáveis.



**QUEIMADOR COM CHAMA COM DIREÇÃO E/OU ABERTURA VARIÁVEL E
PROCESSO DE APLICAÇÃO**

A presente invenção refere-se a um queimador que permite fazer variar a direção e/ou abertura da chama, o
5 referido queimador comportando pelo menos um canal de injeção de pelo menos um jato principal ou primário e pelo menos um canal de injeção de um jato acionador ou secundário. O jato primário é tipicamente um jato de comburente e/ou de combustível e/ou de uma pré-mistura de
10 comburente-combustível.

Refere-se igualmente à utilização do referido queimador para fazer variar a direção e ou a abertura de uma chama. Refere-se igualmente a um processo de aquecimento de uma carga com a ajuda desse queimador, no
15 qual faz-se variar a direção e/ou a abertura da chama.

Contexto da invenção

A maioria dos fornos ou das caldeiras industriais utiliza queimadores que funcionam em regime de combustão de não pré-mistura, isto é, no qual o comburente e o
20 combustível chegam separadamente até o lugar de combustão. A mistura do combustível e do comburente é então realizada, em parte (adesão da chama em um bloco de abertura de forno ou de uma pré-câmara) ou em totalidade, ao interior da câmara de combustão. Esta mistura é controlada pelos
25 parâmetros de concepção e de funcionamento do queimador, e determina os desempenhos do queimador (domínio de funcionamento, transferência de calor com a carga à aquecer, emissão de poluentes, etc.). Na prática determina-se com a concepção do queimador as condições de interação
30 dos diferentes jatos ou escoamentos de comburente e de

combustível utilizado pelo queimador. Uma vez o queimador realizado, só as condições de funcionamento podem ser modificadas. Isto é igualmente verdadeiro para os queimadores ditos como "pré-mistura" nos quais a mistura
5 comburente/combustível é realizada no queimador ascendente ao fogo. Os reagentes são então injetados por um tubo único.

As condições de exploração dos processos industriais de combustão podem evoluir no tempo. É por natureza o caso
10 dos processos intermitentes, mas é também o caso dos processos contínuos pelos quais as características das cargas a aquecer podem variar de acordo com as necessidades de produção. Isso é mais geralmente o caso de qualquer unidade de produção submetida ao envelhecimento ou sensível
15 às condições variáveis de seu ambiente.

Para adaptar os desempenhos dos queimadores às condições variáveis de funcionamento, o operador dispõe mais frequentemente de dois parâmetros: a potência de funcionamento do queimador e o nível de excesso de oxidante
20 (excesso de estequiometria de oxigênio).

Certas tecnologias de combustão permitem modos discretos e em número muito limitado de funcionamento. É, por exemplo, o caso dos queimadores referidos como "com duplo impulso" que utilizam dois sistemas de injeção
25 diferentes conforme se quer operar o queimador com impulso baixo ou alto. Esses dois modos de funcionamento permitem aumentar o domínio de funcionamento ou de utilização do queimador ou modificar para um ponto de funcionamento dado o comprimento da chama.

30 Contudo, as modificações do ponto e/ou modo de

funcionamento são geralmente insuficientes para otimizar em todas as condições os desempenhos dos queimadores ou dos processos que utilizam esses queimadores. Por exemplo, a introdução cíclica em um forno de fusão de matéria sólida com temperatura ambiente vai conduzir o operador (ou o sistema de regulação) à aumentar a potência de aquecimento de maneira a obter a fusão mais rápida possível (em vista de aumentar a produtividade), mas sem degradar por tanto a carga em fusão (qualidade do produto) nem sobreaquecer o forno (duração de vida dos equipamentos). Este compromisso entre produtividade e qualidade e/ou duração de vida depende especialmente da capacidade do sistema para transferir a energia à carga, evitando superaquecimentos locais destes ou refratários do forno. Este compromisso traduz-se em um tempo de fusão abaixo do qual qualquer ganho de produtividade será contrabalançado por uma degradação da qualidade do produto ou pela redução da duração de vida do forno.

É conhecido do WO-A-9744618 um queimador comportando um jato central de combustível cercado de uma pluralidade de jatos de comburentes primários, seguidamente de uma pluralidade de jatos de comburente secundários. É assim possível em funcionamento modificar a posição da chama.

Contudo, a deflexão máxima da chama é na prática limitada à cerca de 15° da posição mediana à posição extrema (30°, no total), que não permite à chama incidente de varrer uma larga superfície de uma carga, e a construção do queimador correspondente é relativamente pesada, pois necessita de uma pluralidade de orifícios para os jatos de comburentes primários e uma pluralidades de orifícios para

os jatos de comburente secundários.

Além disso, as propriedades da chama modificam em função da sua posição dado que as propriedades da mistura variam com o ângulo de incidência (mistura "externa" ao
5 bloco queimador), o que induz uma variação das emissões poluentes, da qualidade da transferência radiante (luminosidade da chama) e do comprimento da chama (posição do pico de liberação de calor).

Objeto da invenção

10 A invenção tem por objeto um queimador que permite uma grande variação da direção e/ou abertura da chama e isto sem ter que interromper o funcionamento do queimador ou do forno. A invenção tem igualmente por objetivo permitir tal variação com um queimador robusto otimizado.

15 Breve descrição da invenção

A invenção propõe controlar a direção e/ou abertura de uma chama pela interação de um jato de fluido (chamado jato primário ou jato principal) com pelo menos um outro jato de fluido (dito jato secundário ou jato acionador), a
20 interação entre os jatos se produz ao interior dos meios liberadores deste jato principal (tubo, abertura de forno, etc.) antes que o referido jato principal desemboque dos referidos meios.

O queimador seguinte da invenção comporta uma
25 passagem para conduzir um jato primário para uma abertura principal de saída. O jato primário é tipicamente um jato contendo o combustível, o comburente ou ainda uma pré-mistura combustível-comburente. O queimador comporta igualmente pelo menos uma canalização secundária para a
30 injeção de um jato secundário. O fluido injetado pelo jato

secundário pode ou não pertencer à mesma categoria que o fluido do jato primário. O fluido injetado pelo jato secundário pode ou não ser diferente do fluido do jato primário. O jato secundário pode especialmente ser um jato
 5 inerte como o vapor de água ou os produtos de combustão, tal como fumaças recicladas.

Pelo menos uma canalização secundária desemboca sobre a passagem do jato primário por uma abertura secundária situada à montante da abertura principal de saída. A
 10 canalização secundária é posicionada em relação à passagem de maneira que ao ponto de interação (centro de inércia da superfície imaginária comum aos dois escoamentos) entre o jato secundário procedente desta canalização secundária (chamado a seguir: jato secundário correspondente) e o jato
 15 primário, o ângulo θ entre o eixo do jato secundário correspondente e o plano perpendicular ao eixo do jato primário é superior ou igual a 0° e inferior a 90° , de preferência de 0° a 80° , ainda de preferência de 0° a 45° . Quando o ângulo $\theta = 0^\circ$, o que é preferível, o eixo do jato
 20 secundário correspondente está situado em um plano perpendicular ao eixo do jato primário.

Pelo menos a abertura secundária é espaçada da abertura principal uma distância L inferior ou igual a dez vezes a raiz quadrada da seção s da abertura principal de
 25 saída, de preferência $L \leq 5\sqrt{s}$, ainda de preferência $L \leq 3\sqrt{s}$.

É conhecido dos "Proceedings of FEDSM'02 Joint US ASME-European Fluid Engineering Division Summer Meeting de 14-18 de Julho de 2002" e do artigo "Experimental and
 30 numerical investigations of jet active control for

combustion applications" de V. Faivre e Th. Poinot, Journal of Turbulence, Volume 5, Nº 1 de Março de 2004, p. 25, de utilizar uma configuração específica de quatro jatos secundários em torno de um jato principal para estabilizar uma chama graças à interação entre os jatos secundários e o jato primário. Um ângulo de dispersão mais largo é constatado.

De acordo com a invenção, o queimador é munido de meios para controlar o impulso pelo menos do jato secundário.

Como explicado mais em detalhe a seguir, a invenção permite assim variar a direção e/ou a abertura da chama procedente do queimador modificando o impulso de pelo menos um jato secundário com os referidos meios.

De preferência, os meios para controlar o impulso de pelo menos um jato secundário são os meios que permitem controlar a relação entre o impulso do jato secundário e o impulso do jato primário.

A invenção permite assim realizar uma grande variação de direção e/ou abertura de uma chama sem recorrer aos meios mecânicos, fontes potenciais de disfuncionamento, em particular em ambientes hostis, tal como as fornalhas com temperatura elevada e/ou atmosfera poluída ou corrosiva.

Os meios de controle permitem especialmente um controle ativo ou dinâmico do impulso de pelo menos um jato secundário, isto é, permitem variar o ou os impulsos sem interrupção do funcionamento do queimador/sem interrupção da chama. O aparelho seguinte a invenção permite assim uma variação igualmente dinâmica da direção e/ou abertura da chama. De preferência, o número de jatos secundários que

interagem com o jato primário para obter o efeito desejado sobre a chama será minimizado de maneira a limitar a complexidade e o custo de fabricação do queimador, mas igualmente a complexidade e o custo do sistema de
5 alimentação e de regulação das vazões dos fluidos pilotando-se os jatos secundários independentemente. Por exemplo, um efeito monodirecional pode ser obtido com um só jato secundário.

Entre os termos utilizados na presente descrição,
10 alguns merecem ser definidos mais precisamente no âmbito da invenção a fim de melhor delimitar o seu alcance:

- a direção de um jato/de uma chama é definida como sendo um vetor unitário normal à seção de passagem do fluido/da chama e orientada no sentido do escoamento, isto
15 é, a montante para a jusante.

- A "espessura e " significa a dimensão da canalização secundária na direção de escoamento do jato primário (de acordo com a seta sobre a figura 1). No caso específico desta figura 1, e representa por conseguinte o diâmetro da
20 canalização secundária 21 ao nível da abertura secundária 31 dado que esta canalização secundária 21 é cilíndrica neste exemplo.

- A "abertura" de um jato/de uma chama designa, para um jato/uma chama que desemboca de uma passagem cilíndrica
25 tal como 10 sobre a figura 1, o ângulo entre o eixo longitudinal da passagem e a geradora sobre a superfície do jato/da chama deixando a passagem. Na ausência de interação com um jato secundário a geradora é inclinada de 10 a 15° aproximadamente em relação a este eixo, essa inclinação
30 podendo atingir 70° e mais seguinte à invenção (ver figura

9A). Por extensão, o termo abertura designará o ângulo entre a direção de escoamento na passagem, quando este não tem seção circular, e a geradora.

Descrição detalhada da invenção

5 As diversas características dos modos de realização do queimador seguinte a invenção e sua utilização aparecerão mais claramente da descrição detalhada seguinte, referência feita às figuras que representam, de maneira esquemática, os exemplos de realização, dados a título não
10 limitativo, e mais particularmente:

- Figura 1: esquema do princípio de um queimador (de pré-mistura) de acordo com a invenção para o controle de uma chama por interação de jatos.

- Figura 2: regulação de um queimador de acordo com a
15 invenção montada sobre uma fornalha.

- Figuras 3A e B: queimador para o controle da direção da chama, a figura 3A sendo um corte transversal e a figura 3B um corte longitudinal de um queimador comportando quatro jatos secundários dispostos
20 respectivamente a 90° um do outro e vindo em incidência perpendicular à direção do jato primário.

- Figuras 3C, D e E: utilização de uma pastilha para transformar um bocal com jatos primário e secundário(s) paralelos em um queimador de acordo com a invenção.

25 - Figuras 4A e B: corte longitudinal e transversal de um queimador permitindo o controle da abertura de um jato resultante.

- Figura 5: utilização de um queimador para variar uma chama através de dois jatos (resultantes), um jato de
30 combustível e um jato de oxidante.

- Figura 6: queimador tipo "tubo em tubo" munido de uma abertura de forno.

- Figuras 7A, B e C: queimador com jatos separados.

5 - Figura 8: densidade do fluxo de calor da chama em função da distância ao ponto de injeção, sob diferentes incidências.

- Figuras 9A e B: variantes de realização do controle da abertura da chama.

10 - Figuras 10A e B: impacto de um parâmetro de controle sobre o desvio da chama e a transferência de calor para uma carga.

- Figura 11: ângulo de abertura da chama em função da relação de impulsos dos jatos.

15 - Figura 12: um exemplo de aplicação do sistema da invenção ao aquecimento de uma carga com mudança de incidência da chama.

- Figura 13: utilização da invenção para aquecer uma carga deslocando lateralmente a chama.

20 - Figura 14: aplicação da abertura variável de uma chama à transmissão dos gases de um forno.

- Figura 15: nível de emissão de uma chama em função de um parâmetro de controle.

- Figura 16: proteção da extremidade do queimador por uma abertura de forno.

25 - Figura 17: proteção da extremidade do queimador por um bico.

No que segue, os mesmos números de referência são utilizados, por um lado, para designar o jato primário e a passagem na qual ele escoia e, por outro lado, para designar
30 o jato secundário ou acionador e a canalização secundária

correspondente no qual este jato secundário escoar.

Sobre a Figura 1 é representado um esquema de princípio do processo de controle de uma chama em um queimador de acordo com a invenção.

5 O queimador compreende uma passagem 10 que permite conduzir o jato primário para uma abertura principal de saída 11.

O jato primário é conduzido pela passagem 10 e vem interagir com o jato secundário procedente da canalização secundária 21 de maneira a criar a jusante da abertura de saída 11 uma chama 1 de direção e/ou de abertura diferentes da direção e/ou a abertura da chama na ausência de jato secundário.

Pelo menos uma canalização secundária 21 para a injeção de um jato secundário desemboca sobre a passagem 10 por uma abertura secundária 31. Esta canalização secundária 21 é posicionada em relação à passagem 10 de tal maneira que ao ponto de interação entre o jato secundário correspondente e o jato primário, o ângulo θ entre o eixo do jato secundário 21 e o plano perpendicular ao eixo do jato primário 10 é superior ou igual a 0° e inferior a 90° . ($\theta = 0^\circ$ sobre a figura 1).

A abertura secundária 31 é espaçada da abertura principal 11 de uma distância L, L sendo inferior ou igual a $10 \times \sqrt{s}$ (s = seção da abertura principal 11). A distância L permite influenciar o impacto dos jatos secundários sobre o jato primário com impulsos respectivos idênticos. Por exemplo, para maximizar o efeito direcional, se procurará minimizar esta distância. Geralmente para os queimadores com oxigênio e as potências desenvolvidas da ordem do mega-

Watt, o comprimento L é inferior ou igual a 20 cm, mais preferencialmente inferior ou igual a 10 cm.

O queimador comporta os meios para controlar o impulso dos jatos secundários. Estes meios podem de maneira útil serem escolhidos entre os dispositivos de controle da vazão mássica, de controle de perda de carga, de controle de seção de passagem, mas igualmente os dispositivos de controle de temperatura, de controle da composição química do fluido ou de controle de pressão.

Estes meios são de preferência meios que permitem controlar a relação entre o impulso do jato secundário e o impulso do jato primário.

Os meios de controle permitem ativar e desativar um ou vários jatos secundários (escoamento ou ausência de escoamento do jato secundário referido) de maneira a fazer variar de maneira dinâmica a direção e/ou a abertura da chama.

Os meios de controle permitem de preferência igualmente de maneira dinâmica aumentar e diminuir o impulso (não-nulo) de um ou vários jatos secundários ou aumentar e diminuir a relação entre o impulso de um jato secundário e o impulso do jato primário.

O queimador pode ser alimentado em combustível e em comburente por um canal de injeção de comburente e pelo menos um canal de injeção de combustível, dispostos concêntricamente, ou ainda por um canal de injeção de comburente e pelo menos um canal de injeção de combustível separados um do outro e de preferência paralelos um ao outro.

O queimador comporta vantajosamente um bloco de

material 5, tal como um bloco de material refratário, no qual pelo menos uma parte da passagem 10 está situada, a abertura principal de saída 11 estando situada sobre uma das faces ou superfícies do bloco: face anterior 6.

5 Sobre a Figura 1, o jato secundário é veiculado por uma canalização secundária 21 que atravessa o bloco 5, esse jato secundário desembocando de preferência sensivelmente perpendicularmente ao jato primário.

10 A interação entre o jato primário e o jato secundário acontece a uma distância L da face anterior 6 do bloco do qual desemboca a passagem 10 do jato primário, essa distância L podendo variar como indicado previamente.

15 De acordo com uma forma de realização que permite fazer variar a direção da chama ilustrada nas figuras 3A e 3B, o queimador compreende pelo menos uma canalização secundária 321, 322, 323 e 324 que é posicionada em relação à passagem 310 do jato primário de tal maneira que ao nível da abertura secundária correspondente 331, 332, 333 e 334 (isto é a abertura secundária pela qual a canalização secundária em questão desemboca sobre a passagem), o eixo do jato primário e o eixo do jato secundário correspondente são secantes ou quasi-secantes.

20 Tal disposição entre a passagem e a canalização secundária permite fazer variar o ângulo entre o eixo da chama e o eixo do jato primário a montante da abertura secundária modificando o impulso de pelo menos um jato secundário correspondente.

30 Se na ausência de jato acionador, a chama procedente da abertura principal de saída 311 é perpendicular ao plano da figura 3A, a injeção de um jato para a canalização

secundária 323, permite um desvio da chama para a direita sobre a figura 3A, isto é, no mesmo sentido que o sentido de escoamento do jato procedente de 323. Se simultaneamente, há injeção de um jato secundário pela
5 canalização secundária 324, de acordo com as quantidades de movimento relativas dos jatos procedentes de 323 e 324, poderá obter uma chama desviada em uma direção (projetado no plano da figura 3A) que pode variar continuamente entre as direções dos jatos procedentes de 323 e 324 (para a
10 direita e para baixo sobre a figura 3A).

O queimador compreende de preferência pelo menos duas canalizações secundárias que são posicionadas em relação à passagem 310 de modo que, por um lado, as duas aberturas secundárias correspondentes são situadas sobre uma mesma
15 seção transversal da passagem 310 e que, por outro lado, ao nível destas duas aberturas secundárias, os eixos dos jatos secundários correspondentes são secantes ou quasi-secantes com o eixo do jato primário. Neste caso, as duas aberturas secundárias correspondentes podem, de maneira útil, serem
20 situadas de parte e de outra do eixo do jato primário (a direito e a esquerda para as aberturas 331 e 333; inferior e superior para as aberturas 332 e 334), as duas aberturas secundárias e o eixo do jato primário estando de preferência situados um em só plano (horizontal para as
25 aberturas 331 e 333; vertical para as aberturas 332 e 334).

De acordo com outra configuração útil, ao nível das duas aberturas secundárias correspondentes, o plano definido pelo eixo do jato primário e uma das duas aberturas secundárias correspondentes é perpendicular ao
30 plano definido pelo eixo do jato primário e outro das duas

aberturas correspondentes. Por exemplo, o plano horizontal definido pelo eixo da passagem 310 e a abertura secundária 331 é perpendicular ao plano vertical definido por este eixo e a abertura secundária 332.

5 É igualmente possível combinar estas duas formas de execução. Nesse caso, como ilustrado nas figuras 3A e 3B, o queimador compreende pelo menos quatro canalizações secundárias 321, 322, 323 e 324 que são posicionadas em relação à passagem 310 de tal maneira que:

10 (1) as quatro aberturas secundárias correspondentes 331, 332, 333, 334 situam-se sobre uma mesma seção transversal da passagem 310, e

 (2) duas dessas aberturas secundárias correspondentes 331 e 333 definem um primeiro plano com o eixo do jato
15 primário e são situadas de parte e a outra deste eixo, as duas outras aberturas secundárias 332 e 334 definindo um segundo plano com o eixo do jato primário, o primeiro plano estando de preferência perpendicular ao segundo plano.

 Esta disposição permite fazer variar a direção da
20 chama de acordo com o primeiro e de acordo com o segundo plano (por exemplo, de acordo com o plano horizontal e de acordo com o plano vertical) e à escolha para uma ou outra das duas aberturas secundárias situadas em cada plano (por exemplo, para a esquerda e para a direita de acordo com o
25 plano horizontal, e para cima e para baixo de acordo com o plano vertical) e, como explicado acima, para qualquer direção intermediária.

 Ao nível das quatro aberturas secundárias correspondentes 331 a 334, os eixos dos quatro jatos
30 secundários correspondentes encontram-se de preferência, em

um mesmo plano perpendicular ao eixo do jato primário 310.

A invenção permite igualmente realizar uma interação entre o jato primário e um ou vários jatos secundários de maneira à gerar, manter ou reforçar uma rotação do jato de fluido resultante desta interação e por conseguinte da chama ao redor do seu eixo. Tal interação permite fazer variar a abertura da chama.

Como ilustrado nas figuras 4A e 4B, o queimador pode ser munido de pelo menos uma canalização secundária 421 a 424 que é posicionada em relação à passagem 410 do jato primário de tal maneira que ao nível da abertura secundária correspondente 431 a 434, o eixo do jato secundário correspondendo 421 a 424 não é coplanar ou substancialmente coplanar com o eixo do jato primário 410, este pelo menos uma canalização secundária 421 a 424 desembocando de preferência de maneira tangencial sobre a passagem 410 do jato primário. Desta maneira, a interação entre o jato primário e o jato secundário confere ao jato primário um impulso de rotação.

O queimador pode, de maneira útil, compreender duas canalizações secundárias 421 e 422 posicionadas em relação à passagem 410 do jato primário de tal maneira que ao nível das duas aberturas secundárias correspondentes 431, 432, os eixos dos dois jatos secundários correspondentes 421 e 422 não são coplanares com o eixo do jato primário 410, os dois jatos secundários estando orientados de acordo com um mesmo sentido de rotação ao redor do eixo do jato primário. Os dois jatos secundários contribuem assim para ao impulso de rotação conferido à chama.

As duas aberturas secundárias são situadas

vantajosamente sobre uma mesma seção transversal da passagem 410/em um mesmo plano perpendicular ao eixo do jato primário. Podem ser situadas de lado e outro do eixo do jato primário (aberturas 431 e 433 ou 432 e 434). Podem igualmente ser situadas de modo que o plano definido pelo eixo do jato primário e uma das duas aberturas secundárias 431 é perpendicular ao plano definido pelo eixo do jato primário e outra das duas aberturas secundárias 432.

De acordo com uma forma de execução, o queimador compreende pelo menos quatro canalizações secundárias 421 a 424 que são posicionadas em relação à passagem 410 do jato primário de maneira que ao nível das aberturas secundárias correspondentes 431 a 434, os eixos dos jatos secundários correspondentes não são substancialmente coplanares com o eixo do jato primário. Duas das aberturas secundárias correspondentes 431 e 433 são substancialmente coplanares com o eixo do jato primário 410 de acordo com um primeiro plano e situado de lado e outro do eixo do jato primário. As duas outras aberturas secundárias correspondentes 432 e 434 são substancialmente coplanares com o eixo do jato primário 410 de acordo com um segundo plano e igualmente situadas de lado e outro do eixo primário, os quatro jatos secundários correspondentes sendo orientados de acordo com um mesmo sentido de rotação ao redor do eixo do jato primário. O primeiro e o segundo plano pode especialmente ser perpendicular um em relação ao outro. É também preferível que as quatro aberturas secundárias correspondentes encontrem-se sobre uma mesma seção transversal da passagem 410.

Para conferir ao jato primário um impulso de rotação,

e assim modificar a abertura da chama, se assegurará de preferência que ao nível da abertura secundária onde interagem o jato primário e o jato secundário correspondente, por um lado, o eixo do jato secundário
5 pertence ao plano perpendicular nesse lugar ao eixo do jato primário, e por outro lado, o ângulo entre o eixo do jato secundário e a tangente à abertura secundária (ou mais exatamente à superfície imaginária da passagem do jato primário ao nível da abertura secundária) nesse plano é
10 compreendida entre 0 e 90°, de preferência entre 0 e 45°.

As figuras 4a e b mostram um exemplo de realização para o controle da abertura de uma chama. O jato primário (que se escoia da esquerda para a direita na passagem 410 sobre a figura 4a) encontra os jatos secundários
15 procedentes das canalizações secundárias 421, 422, 423 e 424 (representados sobre a figura 4b que é um corte transversal de acordo com o plano AA da figura 4a). Estes jatos secundários vêm impactar o jato primário de maneira tangencial à passagem 410, permitindo assim, de acordo com
20 os impulsos destes diferentes jatos, "abrir" mais ou menos a chama. Este efeito de abertura é essencialmente devido ao fato dos jatos secundários e o jato primário tem eixos que não se cortam, embora os jatos tenham uma interação física entre si. Isto provoca uma rotação do jato resultante e por
25 conseguinte da chama sobre o seu eixo.

É igualmente possível combinar um em só queimador a forma de realização que permite fazer variar a direção da chama seguinte a qualquer um dos modos de aplicação descritos acima com quaisquer umas das formas de realização
30 descritas acima que permitem gerar, manter ou reforçar uma

rotação do jato resultante e assim fazer variar a abertura da chama.

Para obter ao mesmo tempo um efeito direcional e rotatório, se combinará por conseguinte o ensino dos parágrafos precedentes. Para obter uma variação dinâmica dos efeitos direcionais e rotacionais, se poderá por exemplo, prever vários sistemas de injeção de jatos secundários.

Prevendo as canalizações secundárias separadas com meios de regulação do impulso do jato secundário, tal como as válvulas de alimentação, pode-se assim modificar, de maneira contínua ou descontínua, a forma e a direção do jato resultante por simples acionamento dos referidos meios de regulação (válvulas).

Para permitir ao jato secundário agir mais eficazmente possível sobre o jato primário, convém injetar o jato acionador sensivelmente perpendicularmente à direção do jato principal.

Para um funcionamento otimizado, o queimador pode compreender pelo menos uma canalização secundária posicionada em relação à passagem do jato primário de maneira que ao nível da abertura secundária correspondente, esta canalização apresenta uma espessura e uma altura I , tal como $I \geq 0,5xe$ e de preferência: $0,5xe \leq I \leq 5,0xe$ (ver figura 1). Uma altura mínima superior ou igual a $0,5xe$, permite realizar uma interação otimizada entre o jato secundário correspondente e o jato primário.

Por exemplo, a fim de realizar na prática um jato secundário tal que ao ponto de interação entre este jato secundário e o jato primário, o ângulo θ entre o eixo do

jato secundário e o plano perpendicular ao eixo do jato primário seja 0° , se preferirá que antes da abertura secundária correspondente, a canalização secundária tenha uma direção sensivelmente perpendicular ao eixo do jato primário sobre um comprimento l que será de preferência compreendido entre 0,5 e 5 vezes a espessura e (dimensão na direção do escoamento do fluido principal) e da referida condução (e é o diâmetro da condução quando esta é cilíndrica). Certamente, é igualmente possível que este comprimento I seja superior a $5e$, mas não tem então o efeito suplementar de impacto significativo do jato secundário no jato primário. Por exemplo, para um queimador com uma injeção de hidrocarbonetos gasosos nas condições ambientais e uma injeção de oxigênio, obtém-se no mínimo $I = 5$ mm para um queimador de 100 KW e $I = 50$ mm para um queimador de 10MW.

O queimador pode comportar uma abertura de forno ou uma pré-câmara de combustão (por exemplo, em cerâmica) disposta na extremidade da passagem, pelo menos uma canalização secundária estando pelo menos parcialmente disposta ao interior da abertura do forno de abertura/pré-câmara.

A passagem do jato primário pode consistir, inteiramente ou pelo menos uma parte, em uma canalização primária para a injeção do jato primário. Esta canalização primária desemboca sobre uma abertura primária.

Esta abertura primária pode coincidir com a abertura principal de saída da passagem.

Quando, como ilustrado nas figuras 3c, d e e e na figura 6, a canalização primária 308, 608 se termina antes

da abertura principal de saída 311, 611, a abertura primária 309, 609 é posicionada a montante da abertura principal 311, 611. Neste caso, pelo menos uma abertura secundária 334, 632, 634 pode ser situada entre a abertura
5 primária 309, 609 da canalização primária 308, 608 e a abertura principal 311, 611 da passagem.

A Figura 6 representa mais particularmente um exemplo de realização da invenção em um queimador do tipo tubo em tubo tendo uma pré-câmara unida ao queimador ao interior de
10 abertura de forno cerâmica na qual estabiliza-se a chama (tal como, por exemplo, descrito nos pedidos de patentes nºUS-A-5772427 e US-A-5620316 em nome da Requerente e comercializada pela Requerente) sob a denominação comercial ALGLASS. Sobre a figura, o bloco de abertura de forno 605
15 comporta uma cavidade 671 (ou pré-câmara) na qual desemboca o bi-tubo.

A passagem 610 do jato primário consiste assim em uma canalização primária 608 desembocando por uma abertura primária 609 sobre a cavidade 671, cavidade que desemboca
20 pela abertura principal de saída 611 situada sobre a face antes da abertura de forno a jusante da abertura primária 609.

Na abertura de forno (bloco) 605 do queimador são perfuradas uma pluralidade de canalizações secundárias 622, 624 desembocando sensivelmente perpendiculares ao eixo de
25 simetria X - X do queimador sobre a passagem 610, e mais particularmente sobre a cavidade, respectivamente pelas aberturas secundárias 632 e 634 situadas a uma distância L da abertura principal de saída 611.

30 O bi-tubo propriamente dito é constituído

esquemáticamente de um tubo central de injeção de combustível (de preferência), cercado por um tubo concêntrico no qual injeta-se o comburente, os dois fluidos se misturam na cavidade 671.

5 Neste exemplo de realização, tem-se, a montante das aberturas secundárias 632, 634, uma mistura dos comburentes e combustíveis (e eventualmente de produtos de combustão) injetados co-axialmente pelos tubos. A direção e/ou a abertura da chama são em seguida reguladas pela ação, e
10 mais particularmente pelo impulso controlado, de pelo menos um jato acionador 622, 624.

 Para o funcionamento ótimo do queimador seguinte a invenção, a passagem do jato primário apresentará ao nível de pelo menos uma abertura secundária uma passagem fluídica
15 não-obstruída ou pelo menos substancialmente não-obstruída no prolongamento de pelo menos uma canalização secundária correspondente, a fim de permitir uma interação eficaz entre pelo menos um jato secundário correspondente e o jato primário. Tipicamente, a seção transversal da passagem do
20 jato primário definirá uma passagem fluídica não-obstruída ou pelo menos substancialmente não-obstruída ao nível de pelo menos uma abertura secundária. Isto é ilustrado na figura 6 onde o tubo central que conduz o combustível termina ao nível da abertura primária e por conseguinte bem
25 antes das aberturas secundárias.

 As figuras 3c, d e e mostram uma outra forma de execução do queimador, na qual a canalização primária 308 termina antes da abertura principal de saída 311.

 A Figura 3c representa uma variante de realização
30 similar à figura 3B com entretanto uma realização na qual

se dispõe dois canais paralelos (canalização primária 308 e
canalização secundária 324) em um bocal 345, os dois canais
308 e 324 desembocando sobre a face antes do bocal. Sobre
esta face anterior, tendo uma pastilha 342 que permite
5 orientar o jato secundário da canalização secundária 324
para o jato primário que sai da canalização primária 308, e
mais particularmente perpendicular ou sensivelmente
perpendicular ao jato primário. Desta maneira, pode-se
fazer desviar a chama, por exemplo na direção indicada pela
10 seta 344 sobre a figura 3c. (A direção 344 da chama vai
depende da relação dos impulsos dos jatos primário e
secundário). Pode-se assim, fazendo variar o impulso do
jato secundário com a ajuda dos meios de controle, obter
uma direção de chama variável permitindo varrer com a chama
15 qualquer superfície, tal como a superfície de um banho
líquido a aquecer.

A figura 3d é uma vista explodida do bocal 345 sobre
o qual vem fixar-se a pastilha 342 (por meios não
representados sobre esta figura), sob forma aqui por um
20 lado cilíndrico lateral oco 350 que vai se apoiar sobre a
extremidade do bocal 345, enquanto a abertura 346 na
pastilha vem posicionar-se onde desemboca a canalização
primária 308.

A figura 3e representa o fundo (interior) desta
25 pastilha 342 cuja face interna 349 comporta uma cavidade
347 na qual o jato secundário procedente da canalização
secundária 324 vai repartir-se depois vir encontrar
sensivelmente perpendicular ao jato primário procedente da
canalização primária 308 pelo intermédio da fenda 348 acima
30 da abertura principal de saída 346. A chama 344 (figura 3c)

procedente desta abertura 346 vai assim encontrar-se desviada para baixo (em relação às figuras 3c, d e e).

Deve notar-se que a possibilidade de utilizar uma pastilha para conferir a orientação desejada para um ou
5 vários jatos secundários antes dos seus pontos de interação respectivos com o jato primário, não é limitada aos jatos secundários orientados de maneira a fazer variar a direção da chama, mas se aplique igualmente aos jatos secundários descritos acima que permitem fazer variar a abertura da
10 chama.

A invenção refere-se igualmente a um processo para controlar de maneira dinâmica ou ativa os desempenhos de um sistema de combustão ou de um queimador com a ajuda de um ou vários jatos secundários, vindo impactar um jato
15 primário a fim de modificar o escoamento do jato e de produzir uma chama cuja direção e/ou a abertura pode ser modificada em função das características (especialmente direção e quantidade de movimento) dos jatos primários e/ou secundários. Este processo pode ser utilizado para
20 controlar em ciclo fechado ou ciclo aberto os desempenhos de um sistema de combustão utilizando injeções de jatos fluidos (fluido, gasoso ou dispersão sólida).

A Figura 2 representa um processo de regulação dos desempenhos de um queimador de acordo com a invenção 210,
25 montado sobre uma fornalha 212.

Os detectores 214, 216 e 217 medem respectivamente as grandezas que caracterizam os produtos de combustão, as condições do funcionamento da combustão ou da fornalha e o funcionamento do queimador. Estas medidas são transmitidas
30 com a ajuda das linhas 218, 219 e 220 ao controlador 215.

Este último, em função de instruções dadas para estas grandezas características, determina os parâmetros de funcionamento dos jatos secundários de maneira a manter as grandezas características aos seus valores de referência e
5 transmite com a ajuda da linha 221 estes parâmetros aos elementos de comando 211 do queimador.

O queimador seguinte a invenção compreende vantajosamente meios para controlar os impulsos dos jatos primário e/ou secundário, ou ainda os meios para controlar
10 a relação dos impulsos do jato primário e do ou dos jato(s) secundário(s). Essa relação é uma função da relação da seção da passagem do jato primário e as seções das canalizações secundárias, a relação das vazões nas canalizações secundárias sobre a vazão do jato resultante
15 alimentando a chama e a relação das densidades dos fluidos do jato primário e do ou dos jatos secundários. (Nos parágrafos seguintes, quando considera-se a variação de uma dessas relações, duas outras são consideradas como constantes).

20 Mais o valor da relação da seção da passagem e a seção de uma canalização secundária ao nível da abertura secundária correspondente aumenta, maior (as vazões respectivas constantes) o jato secundário correspondente a um impacto importante no jato primário. Escolherá-se de
25 preferência, uma relação de seções compreendida entre 5 e 50 mais preferencialmente entre 15 e 30.

A relação da vazão do conjunto dos jatos secundários sobre a vazão total variará tipicamente entre 0 (ausência de jatos secundários) e 0,5 e de preferência entre 0 e 0,3;
30 mais preferencialmente entre 0 e 0,15; sabendo que mais

essa relação de vazões é importante, mais o desvio e/ou a abertura da chama será importante.

A relação da densidade de cada fluido que constitui dos jatos secundários sobre a densidade do fluido do jato primário permite controlar o impacto dos jatos secundários. Mais o valor dessa relação é fraco, mais o efeito do jato secundário sobre o jato primário, com vazão constante, será importante. Por razões práticas, utilizará-se frequentemente o mesmo fluido nos jatos secundários e no jato primário (relação igual ao unidade). Para aumentar (a vazão mássica constante) os efeitos dos jatos secundários utilizará-se um fluido de massa volúmico mais fraco que a do fluido no jato primário. A natureza do fluido nos jatos secundários será escolhida em função da aplicação visada. Pode-se utilizar por exemplo, para controlar o desvio de um jato de ar, uma mistura de ar e de hélio (de densidade inferior) ou para aumentar a transmissão dos produtos de combustão em uma chama cujo combustível é o propano, controlar o jato principal de combustível e/ou comburente com um jato secundário de vapor de água. De uma maneira geral, a relação das densidades (ou das massas volúmicas) do fluido mais denso sobre o fluido menos denso pode variar entre 1 e 20, de preferência entre 1 e 10, mais preferencialmente entre 1 e 5. A geometria da seção de injeção da passagem e/ou das canalizações secundárias, poderá ser de formas diversas e especialmente circular, quadradas, retangular, triangular, oblongas, multilóbulos, etc. A geometria dessas seções de injeção influencia o desenvolvimento das instabilidades do jato resultante/da chama. Por exemplo, um jato na saída de um injetor de forma

triangular será mais um instável que o procedente de um injetor de forma circular, esta instabilidade favorecendo a mistura do jato resultante com o meio circundante. Do mesmo modo um injetor de forma oblonga favorecerá em um campo próximo do injetor o desenvolvimento não simétrico do jato com a diferença de um injetor de forma circular ou quadrada.

No que diz respeito às propriedades físico-químicas do fluido utilizado para realizar os jatos secundários, podem ser escolhidas para controlar certas propriedades do escoamento resultante. Por exemplo, poderá-se modificar a reatividade de uma mistura de jatos principais combustível (por exemplo, gás natural), comburente (por exemplo, o ar) por utilização de oxigênio (ou outro comburente), e/ou de hidrogênio (ou outro combustível).

Coloca-se na extremidade da passagem do jato primário, exatamente antes do ponto de interação dos jatos primário e secundário(s), um bocal comportando um convergente/divergente (ainda chamado de tubagem Laval na literatura), poderá-se à saída do divergente obter (de maneira conhecida em si na literatura) um jato de fluido primário e um jato resultante, por exemplo, um jato de oxigênio, supersônico que poderá então ser de direção variável (eventualmente de abertura variável mas perdendo geralmente a sua velocidade supersônica, o que permite alternar as velocidades subsônicas e supersônicas em certos processos). A tubagem de Laval pode igualmente ser disposta sobre o jato resultante antes da abertura principal de saída.

De acordo com uma variante do processo, utiliza-se

pelo menos dois jatos secundários, de maneira a obter uma variação da direção da chama em um plano (por exemplo, para a esquerda e a direita, ou para cima e baixo). É igualmente possível utilizar pelo menos dois jatos secundários de
5 maneira a obter uma variação da direção da chama em pelo menos dois planos secantes. Estas duas variantes, sozinhas ou em combinação permitem varrer pelo menos uma parte de uma superfície, tal como a superfície de uma carga.

Utilizando um jato secundário cujo eixo não é secante
10 ou quasi-secante com o eixo do jato primário, a abertura da chama acima da carga pode ser variada, unicamente ou em combinação com uma varredura.

Prevê-se de preferência os meios para controlar a quantidade de movimento do jato primário e/ou pelo menos do
15 jato secundário.

Deve notar-se que, embora no que precede, o queimador e o processo foram ilustrados acima fazendo referência à uma forma de aplicação com só um jato primário que faz-se interagir com um ou vários jatos secundários, é evidente
20 que a presente invenção cobre igualmente tal queimador para criar uma ou várias chamas incluindo a abertura de forno e/ou a direção são variáveis a partir de uma multitude de jatos primários que interagem com um ou vários jatos secundários.

A figura 5 ilustra como o queimador seguinte a invenção permite realizar uma chama variável a partir de dois jatos primários: um jato primário de combustível e um jato primário de oxidante. Cada jato primário interage com um ou vários jatos secundários. Os dois jatos resultantes
25
30 procedentes do queimador, e por conseguinte igualmente a

chama, tendo uma direção e/ou uma abertura variável graças a essa interação.

A figura 5a mostra esquematicamente o jato resultante de combustível 61 sobreposto do jato resultante de oxidante 62, na situação onde nenhum desses jatos é controlado por uma interação com um ou vários jatos secundários. A figura 5b mostra esses mesmos jatos resultantes, mas em uma situação onde esses são controlados ou desviados em oposição (jatos convergentes). O jato 60 é desviado para baixo pelo jato secundário 62 enquanto o jato 61 é desviado para cima pelo jato secundário 63, dirigido ascendente (contrariamente ao 61). A figura 5c mostra os resultantes em uma situação onde esses jatos são controlados ou desviados no mesmo sentido (para cima sobre a figura): os jatos secundários 63 e 65 agem ascendente respectivamente sobre os jatos principais 61 e 60, o que gera jatos resultantes todos dois dirigidos para cima. Esses três exemplos permitem obter chamas de direção e de morfologia (comprimento, nivelamento, etc.) muito diferentes. A chama 64 será muito larga no plano horizontal mediano dos dois jatos, enquanto a chama 67 será fortemente desviada para cima.

De acordo com a invenção, ao ponto de interação entre o jato secundário e o jato primário, o eixo do jato secundário feito com o plano perpendicular ao eixo do jato primário um ângulo que é inferior a 90° , e de preferência igual a 0° . No entanto, como ilustrado nas figuras 3C e D, por razões de obstrução, os canais alimentando esses jatos são frequentemente substancialmente paralelos. Para reorientar o escoamento secundário ao nível da zona de

interação dos dois escoamentos, pode-se fixar à extremidade de um queimador com canais paralelos, uma peça de extremidade seguidamente designada pastilha de injeção, cuja função é transformar a direção do jato secundário inicialmente paralelo ao jato primário, em um jato secundário que vem impactar o jato primário, o eixo do referido jato secundário estando de preferência situado em um plano perpendicular ao eixo do jato primário. Contudo, a utilização do queimador para os processos a temperatura muito elevada ($T > 1000^{\circ}\text{C}$) pode conduzir a um superaquecimento e uma degradação da pastilha de injeção.

Para se livrar desse tipo de problema, irá se procurar no dimensionamento da pastilha de injeção a redução da superfície frontal do queimador submetido à radiação na câmara com alta temperatura. Para isso, procurará-se limitar a relação l/e .

Pode-se igualmente utilizar uma das duas soluções ilustradas nas figuras 16 e 17. A primeira solução (figura 16) consiste em colocar o queimador 500 em uma peça refratária 501 cuja geometria e a posição relativa queimador/abertura de forno protegerão o primeiro de uma radiação muito importante. A posição ou a retirada do queimador na abertura de forno deve ser suficiente para protegê-lo da radiação mas não deve portanto limitar a amplitude direcional da chama. Para isso, poderá-se modificar a geometria da abertura de forno eliminando uma parte deste de acordo com a linha 160 pontilhada sobre a figura 16 de acordo com o ângulo α .

De preferência, a relação R/d será compreendida no intervalo 0,3 a 3, enquanto o ângulo α pertencerá ao

intervalo $[0^\circ, 60^\circ]$.

A segunda solução consiste em trazer uma peça refratário do tipo bico diretamente sobre o nariz do queimador (onde situa-se a abertura principal de saída) como ilustrado sobre a figura 17. Essa solução permite se livrar da presença de uma abertura de forno com geometria complexa. As dimensões do bico são tais que não limitam a amplitude direcional do injetor. Isto significa em particular que a espessura f do bico é baixa (inferior ao diâmetro do jato principal) ou ainda que o material utilizado para realizar esse bico com uma condutibilidade térmica muito baixa. Escolherá-se, por exemplo, a alumina.

A invenção refere-se igualmente um processo para aquecer uma carga com a ajuda de um queimador, no qual faz-se variar a direção (e/ou a abertura) da chama em relação à carga. Como já mencionado acima, a invenção permite especialmente utilizar um ou pelo menos dois jatos secundários, de maneira a obter uma variação da direção da chama em um plano (por exemplo, para a esquerda e a direita, ou para cima e a baixo). É igualmente possível utilizar pelo menos dois jatos secundários de maneira a obter uma variação da direção da chama em pelo menos dois planos secantes. Essas duas variantes, sozinhas ou em combinação permitem varrer pelo menos uma parte da superfície da carga.

De acordo com uma forma de realização, o aquecimento da carga é como, em uma primeira fase, dirige-se a chama em direção da carga e em que, uma segunda fase, dirige-se a chama sensivelmente paralelamente à carga.

Em particular, durante a primeira fase, o ângulo de

injeção da chama pode ser compreendido entre cerca de 90° e 5° , tipicamente entre cerca de 90° e 10° . Durante a segunda fase o ângulo de injeção da chama é tipicamente compreendido entre cerca de 5° e 0° .

5 De preferência, o ângulo de injeção da chama durante a primeira fase é compreendido entre 5° e 75° , mais preferencialmente de 25° a 45° .

A figura 8 mostra três perfis de fluxos de calor transferido por uma chama a uma carga de acordo com o
10 ângulo de incidência da chama sobre a carga em função da distância ao ponto de injeção dos reagentes da chama. Observa-se um forte aumento do fluxo de calor transferido à carga com o aumento da incidência da chama. Para uma incidência nula ($\alpha = 0$ - ver figura 12), o fluxo de calor é
15 sensivelmente constante sobre todo o comprimento da chama; para uma incidência de 15° , o fluxo transferido aumenta muito rapidamente, depois um pouco menos rápido a partir do ponto A, enquanto que para uma incidência de chama de 30° , o fluxo transferido aumenta extremamente rapidamente até o
20 ponto B, depois mais rapidamente sensivelmente até o ponto A, a partir do qual a transferência diminui.

As figuras 9A e B representam o ângulo de abertura da chama em função da relação da vazão dos jatos secundários (acionadores) sobre a vazão do jato primário (jato
25 principal).

Sobre a figura 9A, as curvas C1 e C2 representam respectivamente o ângulo de abertura em função da relação das vazões acionadores/jato principal. C1 refere-se a uma configuração CONF1 na qual os acionadores são
30 perpendiculares ao jato principal e desembocam a uma

distância h da abertura principal de saída e C2 corresponde a uma configuração idêntica a CONF1, mas com uma distância $2xh$ em vez de h entre as aberturas secundárias e a abertura principal de saída. Essas duas curvas mostram que a
 5 abertura da chama é mais importante quando o impacto entre os acionadores e o jato principal está mais próximo da abertura principal de saída.

A figura 9b ilustra as variações do ângulo de abertura em função da relação das vazões dos acionadores e
 10 do jato principal: a curva C3 corresponde à configuração CONF3 com os acionadores que impactam o jato principal a 90° (isto é, seguindo um plano perpendicular ao eixo do jato principal: $\theta=0^\circ$), a uma distância $2xh$ da abertura principal de saída (similar a CONF2), enquanto a curva C4
 15 corresponde à configuração CONF4 idêntica a CONF3, à exceção do ângulo de incidência α dos acionadores que é de 45° em relação ao eixo do jato principal (isto é, o ângulo θ entre o eixo dos acionadores e o plano perpendicular ao eixo do jato principal = $90^\circ - \alpha = 45^\circ$). Observa-se que
 20 quando os jatos acionadores são perpendiculares ao jato principal (CONF3: $\theta=0^\circ$), obtém-se, todas as coisas iguais além disso, uma abertura da chama mais importante que quando o ângulo de incidência α dos jatos acionadores é mais baixo (aqui 45°) (CONF4: $\theta=45^\circ$).

25 A figura 9 representa o ângulo de desvio (em graus) em função da relação da vazão dos jatos acionadores e da vazão do jato principal, expressa em percentagem. Sobre a figura 10A são representadas quatro curvas, todas as coisas iguais além disso, para as quais a vazão do jato principal
 30 é respectivamente de 200 l/min, 150 l/min, 100 l/min e 50

l/min. Observa-se que essas quatro curvas são quase confundidas, o que mostra bem que o desvio da chama não é função da vazão do jato principal.

A figura 10B representa a transferência de calor a uma carga: fluxo de calor liberado por um queimador de acordo com a invenção, no qual faz-se variar a relação da vazão dos jatos acionadores sobre a vazão do jato principal (representado aqui também em percentagem da vazão do jato principal), igualmente para o jato de combustível que para o jato de comburente (queimador com injeção separada). Cada jato inicialmente injetado paralelamente acima da carga é progressivamente desviado na direção da carga, o que aumenta a transferência de calor à carga.

A Figura 11 representa uma curva do ângulo de abertura da chama em função da relação de impulso dos jatos.

Essa curva traz o conjunto dos dados experimentais obtidos para o controle da abertura. O ângulo de abertura medido é relatado em função do parâmetro físico J que é a relação dos impulsos específicos dos jatos acionadores e do jato principal. Essa relação se escreve como o produto da relação das massas volúmicas (fluido acionador sobre fluido principal) e a relação do quadrado da velocidade dos jatos acionadores e o quadrado da velocidade do jato principal). O fluido principal é o mesmo para todas as experiências, enquanto diferentes fluidos foram utilizados para os acionadores. Esses fluidos diferentes principalmente pela sua massa volúmica (da massa volúmica maior à menor: CO_2 , Ar, mistura Ar Hélio). Observa-se que todos os pontos experimentais (independentemente das vazões e os fluidos

utilizados) se alinham sobre uma direita. Isso mostra que o parâmetro físico que controla a abertura é efetivamente a relação dos impulsos específicos definidos acima.

Exemplos

5 Os exemplos seguintes permitem melhor compreender a invenção e como pode ser utilizada.

Na figura 7 um exemplo de um queimador com injeções separadas de diferentes fluidos é mostrado mais em detalhe.

10 O queimador com injeções separadas 101, comporta uma fileira superior de injetores de oxigênio 112 sob a forma de jatos e de injetores de gás natural (combustível) 125 sob a forma de jatos, o conjunto dos injetores que encontram na massa refratária 121 (figura 7C).

15 A parte habitualmente metálica 102 do queimador 101 está situada sobre a parte direita da figura 7A e se prolonga pelos tubos 107 e 109 de injeção de gás oxigênio, por um lado, 207 e 209 de injeção de gás natural, por outro lado sobre a esquerda da figura 7A.

20 Sobre essa figura, prevê-se duas alimentações independentes de oxigênio (ou comburente qualquer) 104 e 106 alimentando respectivamente as caixas 103 e 105 respectivamente ligadas aos tubos 109 e 107, o oxigênio escoia pelos tubos 110 e 108.

25 A extremidade 111 dos tubos é aumentada sobre a figura 7B, com a ajuda daquela que é explicada da interação dos jatos principais 108 e acionador 110. Na extremidade dos tubos 107 e 109 é disposto um canal 127 que prolonga o canal 110 de escoamento do jato acionador. A parede 109 prolonga-se pelas paredes 113, inclinadas para cima, 114, horizontal e 115 vertical (sobre a figura), enquanto um
30

volume central 126 permite delimitar um canal 127 no momento inclinado para cima, horizontal depois vertical (isto é, a 90° em relação ao canal de escoamento gasoso 108 e desembocando nesse pela abertura 120). A parte vertical do canal 127 tem uma altura L, definida acima, permitindo de se assegurar à ortogonalidade dos jatos 110 e 108 ao nível de 120 (naturalmente, se escolher um ângulo de interseção dos jatos diferente de 90°, o canal 127 terá a inclinação desejada e o seu comprimento L permanecendo nos limites previstos acima). A parte metálica do queimador termina por uma parede 123, vertical no caso presente, limitando o canal 127, a parte metálica exposta à radiação térmica da fornalha em utilização. Para assegurar a longevidade dessa extremidade dos tubos de injeção, poderá-se prever um elemento de proteção, por exemplo em alumina, resistente à temperaturas elevadas, vindo, por exemplo, se ajustar sobre essa extremidade metálica para protegê-la e tendo uma abertura igual a abertura 112 (figura 7C).

O sistema de alimentação em combustível 204, 206, 203, 205 é semelhante ao sistema de alimentação comburente descreve acima com um canal principal 207, um canal acionador 209 delimitando os jatos principais de combustível 208 e acionadores de combustível 210, todos alojados em uma abertura cilíndrica 222 da abertura de forno 221 (similar à 122 para o oxidante). As extremidades 124 e 125 são similares às 123 e 112. Previu-se o mesmo sistema de injeção de jato acionador de combustível na extremidade de 207 e 209 como representado sobre a figura 7B, dimensionado em função das características do combustível.

Em geral, no entanto, se preferirá prever somente um jato acionador por injetor sobre o fluido tendo o impulso mais elevado (em geral o comburente no caso de um queimador), o jato assim desviado provocando ele mesmo o desvio do outro jato ao exterior do queimador. Em tal caso certamente, será disposto geralmente o jato (ou a fileira de jatos) de impulso mais elevado acima do jato de impulso menos elevado, de modo que, sem ação do jato acionador sobre o jato de impulso mais elevado, o queimador emite uma chama orientada geralmente horizontalmente, enquanto quando o jato acionador (que vem agir na parte superior e inferior sobre o jato principal de quantidade de movimento mais elevada) vem agir sobre o jato principal, esse é dirigido, como explicado acima, para baixo (progressivamente, de acordo com a relação dos impulsos) e provocado com ele o segundo jato de impulso menos elevado (aqui o combustível) formando uma chama que pode assim passar de uma posição horizontal a uma posição inclinada em direção da carga a aquecer, situada sob a chama do queimador. Acrescentando um jato acionador de lado e de outro do jato principal a 90° (ou qualquer outro ângulo entre 0° e 180°) do referido jato acionador ilustrado sobre a figura 7a, (isto é, sobre uma horizontal ao nível de 123 sobre a figura 7c, perpendicularmente a A-A) isso permite então deslocar a chama sobre a carga a aquecer da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda, cobrindo assim substancialmente toda a superfície a aquecer.

De acordo com a invenção, o jato acionador faz com o jato principal um ângulo que é superior à zero. Por razões de obstrução, os dois canais que conduzindo esses jatos são

alimentados geralmente por um sistema de alimentação coaxial (canais paralelos - ver figura 7).

A invenção vai ser abaixo ilustrada no caso de um queimador útil para aquecer uma carga qualquer que pode ser
5 uma carga metálica ou qualquer outra carga que deve ser fundida e/ou conduzida a uma temperatura elevada, seguidamente mantida a esta, por exemplo uma carga de metal ferroso ou não ferroso, de materiais sólidos para a produção de vidro, para o cimento ou pelo contrário uma
10 carga que deve ser seca a partir de um banho líquido.

Especialmente é possível utilizar a invenção sobre uma ferramenta de tratamento de aço em um forno elétrico com arco, por exemplo da maneira seguinte: esse tipo de ferramenta comporta geralmente uma chama (habitualmente
15 subsônica) que permite aquecer o metal, fazê-lo fundir, especialmente ao início de uma fusão. Esta chama como explicado no presente pedido, pode ser de direção variável equipando cada jato principal (comburente, combustível, pré-mistura) ou pelo menos um jato principal de um jato
20 acionador que vem fazer variar a sua direção e/ou sua abertura, de maneira a poder deslocar essa chama sobre a carga sem necessitar de meios mecânicos pesados que modificam a direção do corpo do queimador. Essas ferramentas são frequentemente munidas igualmente de lanças
25 de injeção de carvão pulverizado, geralmente injetado com a ajuda de gás vetor em uma lança. Munindo essa lança de uma canalização de injeção de um jato secundário, por exemplo um gás idêntico ao gás "propulsor" do carvão pulverizado, poderá-se assim fazer variar a direção (igualmente a
30 abertura do jato como para qualquer fluido) do jato de

carvão pulverizado (ou de óleo combustível líquido pulverizado) a fim de favorecer um encontro rápido do jato de combustível pulverizado com a chama ou pelo contrário afastar esse jato da chama.

5 Os exemplos seguintes são relativos ao controle da transferência de calor por um queimador de acordo com a invenção para uma carga, por exemplo metálica, em um processo de fusão de uma carga.

Um forno de fusão de alumínio é geralmente equipado
10 de um ou vários queimadores sobre uma ou várias das paredes laterais que cercam a bacia de fusão do forno, dispostos acima a linha de flutuação do metal quando este último é fundido completamente (líquido). O eixo da chama, quando essa é horizontal, está situado em uma altura compreendida
15 de 10 e 100 cm em relação a essa linha de flutuação, de preferência entre 40 e 80 cm.

• Exemplo 1: caso de matéria sólida no forno:

Utiliza-se queimadores de acordo com a invenção de modo que a incidência de chama seja variável. (Entende-se
20 por incidência, o ângulo da chama em relação à horizontal). Quando a incidência é nula, a chama é horizontal. Quando a incidência não é nula, a chama é inclinada sob a horizontal e dirigida para o fundo da bacia de fusão do forno.

Os queimadores injetam cada jato de fluido na câmara
25 do forno, mas pode-se utilizar este tipo de injetor somente para o fluido (comburente ou combustível) de impulso mais forte quando esse pode interagir com o de menor impulso de maneira a obter o desvio desejado da chama, tipicamente, o comburente no caso de um queimador ar/combustível gasoso,
30 ou oxigênio/combustível gasosos.

Na primeira parte do ciclo de fusão do alumínio, quando o metal está majoritariamente presente ao estado sólido, regula-se a direção da chama de modo que essa tenha uma incidência não nula (eixo da chama entre 5° e 75° , de preferência entre 25° e 45°). Esse ajuste permite melhorar consideravelmente a transferência térmica do queimador e por conseguinte reduzir a duração da fusão (como explicado com a ajuda da figura 10).

Quando a maior parte dos blocos de metal sólido é fundida, regula-se a direção da chama de maneira a ter um ângulo de incidência nulo. A chama é por conseguinte paralela à linha de flutuação do metal líquido. Este ajuste permite continuar a transferir a energia à carga e terminar a fusão do metal ou refinar limitando o aquecimento do metal já fundido e por conseguinte, sua oxidação pela chama ou os produtos de combustão.

Entre as posições extremas da chama descritas acima (incidência livre e incidência nula), pode-se igualmente durante a primeira parte do ciclo adotar um ajuste intermediário, estático, onde a incidência da chama é compreendida entre 5° e 30° , de preferência entre 10° e 25° , para obter um compromisso entre cobertura da carga do forno pela chama (superfície projetada da chama sobre o banho) e intensidade da transferência térmica. A figura 12 ilustra as posições extremas da chama em relação à carga.

A figura 12a é uma vista superior de um forno de fusão de alumínio equipado de dois queimadores de acordo com a invenção produzindo duas chamas posicionadas acima do banho de metal.

A chaminé do forno permite a evacuação das fumaças

produzidas pelas chamas.

As figuras 12b e 12c representam uma vista de lado do mesmo forno, ao nível da chama.

Sobre a figura 12b, a chama é inclinada de um ângulo α em relação à horizontal, de preferência quando o metal sólido está ainda presente sobre o banho metálico, enquanto sobre a figura 12c, a chama é posicionada em incidência nula ($\alpha = 0$).

Entre as posições extremas da chama (incidência livre e incidência nula), pode-se igualmente durante a primeira parte do ciclo fazer variar de maneira periódica o ângulo de incidência da chama. Por exemplo, o operador do forno pode fazer variar a incidência entre 0° a 45° seguidamente retornar a 0° .

De preferência, pilotará-se o queimador com uma caixa de comando que permite modular de maneira periódica a relação de controle do queimador, isto é a relação dos impulsos dos jatos principal e acionador(es) e por conseguinte a incidência da chama sobre o banho. O sinal de comando da caixa de comando poderá ser sinusoidal, triangular, quadrado, etc. com uma frequência variável de 0,05 Hz a 100 Hz, de preferência triangular a uma frequência de 0,1 a 10 Hz. A variação periódica da posição da chama permite de homogeneizar a transferência de calor ao interior do forno e assim fazer fundir mais rapidamente os elementos sólidos.

• Exemplo 2: homogeneizar a transferência de energia à carga:

Utiliza-se os queimadores de acordo com a invenção de modo que a orientação da chama em um plano horizontal possa

ser modificada no pedido em função da relação de controle de cada queimador como ilustrado sobre a figura 13.

Cada jato de fluido é injetado na câmara do forno pela inclinação de um queimador de acordo com a invenção, mas para os jatos situados em um mesmo plano horizontal ou planos horizontais pouco espaçados um do outro (de um a dois diâmetros de jato), pode-se contentar de utilizar somente esses injetores para os jatos periféricos quando esses podem interagir com os outros jatos a desviar.

A variação da orientação horizontal pode fazer-se nos dois sentidos esquerda e direita seja equipando cada jato principal de dois jatos acionadores laterais, seja equipando cada jato principal periférico de um só jato acionador, capaz de acionar o jato principal no sentido horizontal, mas de sentidos opostos um ao outro. Pode-se igualmente desequilibrar o injetor principal de modo que com uma relação de controle nula, a chama seja naturalmente desviada (à direita ou esquerda) em relação ao eixo $X - X'$ do queimador sobre a figura 13, e fazer então variar a orientação da chama aumentando progressivamente a relação de controle do sistema de comando (isto é, obter um jato de acordo com o eixo $X - X'$ com uma relação de controle não nulo).

A utilização de um ou vários queimadores com orientação de chama variável permite aumentar a cobertura da carga por deslocamento da chama em um plano horizontal.

(A expressão em relação de controle utilizada acima é definida como sendo a relação das vazões do jato acionador e do jato principal, sabendo que o impulso de um jato de fluido pode se controlar simplesmente pela variação da

abertura de uma válvula, o aumento da abertura de uma válvula proporcional ao aumento da vazão do jato, todas as coisas iguais além disso).

Quando as relações de controle do/dos queimador(es) são nulos, a orientação da chama está situada no eixo natural do queimador e a chama cobre uma porção da carga. Quando uma das relações de controle é não nula, a posição da chama é desviada e a chama cobre uma outra porção da carga.

10 A figura 13 ilustra um exemplo de deslocamento horizontal de uma chama acima de uma carga; cada jato principal 130, 132 (comburente ou combustível) é munido de um jato acionador 131, 133; sobre a figura 13a, a relação de controle CR do jato 130 é nula, isto é, que nenhum
15 fluido é injetado no canal 131; a relação de controle CR do jato 132 é em contrapartida positiva, o que quer dizer que de fato 133 age ascendente sobre a figura 13a, o jato acionador 133 desvia o jato principal 132 para cima sobre a figura, isto é, para a esquerda em relação a o eixo X - X'
20 do queimador.

Sobre a figura 13b, as relações de controle dos dois jatos principais 130 e 132 sendo nulas, ($CR = 0$), não tem jatos acionadores em ação e a chama se propaga de acordo com o eixo X - X'.

25 Sobre a figura 13c, pelo contrário da figura 13a, a relação de controle CR do jato 130 e o jato é positiva o que provoca uma derivação da chama para baixo sobre a figura (para a direita vista de cima), o jato principal 132 e o jato acionador 133 tendo uma relação de controle nula
30 (sem jato 133).

Assim, cada queimador pode cobrir uma porção de carga maior favorecendo a homogeneidade da transferência térmica e permitindo limitar a formação eventual de pontos quentes se os materiais refratários encontram-se no banho (por exemplo, resíduos à base de alumina, reciclados ou durante a formação por oxidação do metal durante a fusão), e favorecer globalmente a transferência térmica que permite acelerar o processo de fusão com potência constante, ou reduzir o consumo energético com tempo de fusão constante.

- 10 • Exemplo 3: chama com incidência variável sobre a carga e que varre lateralmente a carga.
- Exemplo 4: regulação em ciclo fechado:

Este exemplo de realização da invenção permitindo controlar o deslocamento ao mesmo tempo horizontal e vertical da chama em função, por exemplo, de diferentes parâmetros de funcionamento do forno, dados por diferentes tipos de detectores instalados sobre o forno, e especialmente os detectores de fluxos de calor, de temperatura, ou eventualmente de composição química (por exemplo, diodo laser do tipo TDL).

- Um ciclo de regulação do qual o detector é um dispositivo de medida que permite obter uma imagem da transferência térmica à carga ou da oxidação do banho de alumínio, essa informação permitindo diminuir ou aumentar a transferência à carga agindo sobre a vazão do jato acionador, como esclarecido acima.

- Um ciclo de regulação da posição de chama baseada na medida da temperatura do banho, quando uma porção pelo menos do banho está presente ao estado líquido. Enquanto a temperatura de banho for inferior a um valor T_c ,

compreendido entre 650 e 750°C, por exemplo, para o alumínio, a chama deve permanecer em incidência não nula sobre o banho para maximizar a transferência de calor. Quando se aproxima do valor T_c , aumenta-se progressivamente a chama para afastar do banho, tanto mais que o valor alvo é atingido, a fim de limitar os riscos de oxidação da carga. Regula-se seguidamente a incidência da chama para manter a temperatura ao seu valor alvo.

- Um ciclo de regulação da posição da chama baseado sobre a medida do fluxo térmico:

Esse fluxo térmico pode eventualmente ser avaliado pela inclinação de uma diferença de temperaturas lida entre dois termopares mergulhados no banho com duas profundidades diferentes, mas sobre uma mesma geradora perpendicular ao fundo do forno.

O fluxo térmico pode igualmente ser deduzido das transferências térmicas calculadas através do fundo do forno, sempre por medida da diferença de temperatura no seu centro. Sendo dada maior resistividade do fundo, constituído de materiais refratários, é mais fácil obter um gradiente de temperatura significativo.

O fluxo térmico pode também ser seguido graças a um fluxômetro disposto, por exemplo, em arco da câmara de fusão. De fato, todas as coisas iguais além disso, qualquer diminuição do fluxo percebido pelo arco e observado pelo fluxômetro, corresponderá pelo menos parcialmente a um aumento do fluxo de calor transmitido à carga. (Se interessa menos ao valor absoluto do fluxo térmico transmitido à carga (ou perdas das paredes) que à evolução temporal do sinal que lhe corresponde).

A fusão da carga começará com uma chama em incidência livre na carga, essa incidência sendo conservada enquanto o fluxo transmitido à carga continuará elevado. Dado que este fluxo diminui, revelador de um aumento da temperatura da carga e da diminuição da sua capacidade de absorção térmica, aumenta-se progressivamente a chama para remover do banho, a fim de limitar os riscos de oxidação ou superaquecimento da carga.

- Um ciclo de regulação da posição da chama baseado sobre a medida da composição das fumaças com a saída do forno ou ao interior do forno, por exemplo, antes do coletor das fumaças do forno, acima do banho, entre chama em incidência e o banho de alumínio, etc. para a detecção de uma ou várias espécies reveladoras da oxidação do banho de alumínio tal como o CO:

a. A composição das fumaças pode ser medida de maneira conhecida em si por extração seguida de análise (analísadores clássicos, TDL ou outro) ou in-situ por absorção (diodo laser ou outro) ou por sonda eletroquímica.

b. A fusão começa com uma chama em incidência livre sobre a carga, e essa incidência é conservada enquanto o ou os traçadores da oxidação da carga são estáveis e em baixa quantidade. Dado que a concentração do ou dos traçadores da oxidação aumenta, elevando-se progressivamente a chama para remover do banho, a fim de limitar a concentração do ou dos traçadores, e por conseguinte a oxidação da carga, agindo sobre o jato principal pelo intermédio do jato acionador como explicado acima.

c. Além disso, a posição da chama pode ser regulada para atingir um valor de referência seguidamente manter uma

referência precisa de concentração no traçador de oxidação. Pode-se de fato fixar um limiar de concentração para não exceder e ajustar permanentemente a incidência da chama para atingir.

5 É necessário notar todos os casos que quando a carga é composta pelo menos em parte de sólido frio, pode-se orientar livremente a chama em incidência sobre a carga dado que enquanto as temperaturas continuem modestas, por exemplo, inferiores a 600°C para o alumínio a taxa de
10 oxidação continua a ser baixa. Quando a carga tornou-se essencialmente líquida, a regulação utilizada torna-se importante para evitar a subida na temperatura do metal e a oxidação desse. Para uma aplicação da invenção ao aquecimento de um material diferente do alumínio, por
15 exemplo, para aquecer um banho de vidro, etc., os mesmos princípios de regulação se aplicam, para as temperaturas e critérios que são diferentes de um material ao outro, mas que são em si, bem conhecidos do homem de ofício.

• Exemplo 5: controle das emissões:

20 Todas as técnicas primárias de redução das emissões de óxidos de nitrogênio dos queimadores ou das fornalhas industriais utilizam as propriedades locais dos escoamentos dos fluidos ou da chama para limitar sua formação. Em particular visam reduzir a temperatura ou as concentrações
25 dos reagentes (combustível, oxigênio) ou os tempos de permanência dos reagentes na chama e/ou nos produtos de combustão. Uma dessas técnicas consiste em provocar suficientemente gases queimados nos reagentes ou na chama para baixar as temperaturas, a concentração dos reagentes
30 ou redução do tempo de permanência. Para isso dimensiona-se

o queimador de maneira a obter os jatos de combustível e/ou de comburente com grande velocidade (forte impulso) e suficientemente distantes para obter a taxa máxima de transmissão ou de recirculação de gás queimado compatível com uma boa estabilização da chama. O limite de estabilização se detecta com o aparecimento de resíduos não queimados nos produtos de combustão como o monóxido de carbono para os hidrocarbonetos. Em certas condições pode-se obter um regime de combustão "sem chama" particularmente favorável à redução das emissões.

A limitação desta técnica e das tecnologias de combustão que a utilizam é que a taxa de transmissão dos gases queimados é fixada pelas dimensões do queimador e as condições de funcionamento. Consequentemente os desempenhos em termo de emissões podem se degradar muito significativamente logo que se afaste dessas condições, mas igualmente quando se modifica o combustível ou que os escoamentos próprios ao forno ou à fornalha contribuem de maneira significativa para as propriedades das chamas.

A invenção permite adaptar em funcionamento as propriedades das chamas e em particular a taxa de recirculação de gases queimados, o que permite minimizar em todas as circunstâncias as emissões de poluentes e finalmente otimizar os desempenhos dos queimadores.

• Exemplo 6: queimador de pré-mistura constituído de um injetor colocado em uma fornalha.

Utiliza-se jatos acionadores tais como foram descritos acima para modificar em funcionamento o ângulo de abertura do jato de fluido principal (ou de vários jatos). Nesse caso, o jato principal é uma pré-mistura gasosa de

combustível e de comburente. A abertura do jato mede o nível de transmissão do meio ambiente para este último, pode medir-se pelo ângulo entre o eixo do jato e a direita tangente à fronteira entre o jato e o meio ambiente. (Essa
5 fronteira pode se definir como o lugar no jato onde a concentração do fluido injetado torna-se nula).

A abertura do jato é controlada pela relação entre a vazão do jato acionador e a vazão total do jato resultante. Quando essa relação de controle é nula mede-se um nível de
10 emissão N1 (figura 15). Essa relação de controle é de fato a relação dos impulsos dos jatos como explicado acima.

Aumenta-se então o parâmetro de controle de maneira a aumentar a transmissão de gases queimados no jato e diluir assim a mistura combustível injetada. Essa diluição vai
15 conduzir à, por um lado, redução da temperatura e por outro lado, concentração dos reagentes na chama. As emissões de NOx vão por conseguinte diminuir até atingir um nível N2 (figura 15). Se aumenta-se ainda o valor do parâmetro de controle, a temperatura e as concentrações dos reagentes
20 tornam-se muito baixas para assegurar uma boa estabilização da chama: vê-se então aparecer resíduos não queimados nos produtos de combustão. As emissões de óxidos de nitrogênio estão então a um nível N3 e as emissões de resíduos não queimados a um nível 13 muito elevado. Reduz-se então o
25 parâmetro de controle até obter o nível ótimo das emissões NO e IO (interseção das curvas NOx e resíduos não queimados sobre a figura 15). Esta situação ótima poderá ser obtida manual (controle passivo) ou de preferência por um dispositivo de controle ativo. Esse dispositivo integrado
30 dos detectores para a medida das emissões dos óxidos de

nitrogênio e resíduos não queimados, um aparelho automático que utiliza a lógica de controle esclarecida acima e os elementos de comando das vazões do jato principal e do(s) jato(s) acionador(es) pelo menos um injetor. O aparelho
5 automático determinará o valor do parâmetro de controle que minimiza as emissões de óxidos de nitrogênio e de resíduos não queimados. O controle ativo torna-se indispensável logo que o número de parâmetros a otimizar é superior ou igual a dois. Por exemplo pode-se ao mesmo tempo querer minimizar
10 as emissões de poluentes pelo aumento da taxa de diluição da chama pelos gases queimados e maximizar a transferência à carga por inclinação da chama para a carga.

- Exemplo 6: queimador em combustão não pré-mistura

Se a tecnologia de combustão é do tipo não pré-
15 mistura então o controle pode se exercer indiferentemente sobre o combustível, o comburente ou os dois de uma maneira análoga ao exemplo 5.

Se necessário, combinará-se os efeitos de abertura (transmissão do meio ambiente) e de desvio dos jatos (jato
20 de combustível e de comburentes divergentes) e especialmente para aumentar o impacto da diluição da chama e maximizar a redução das emissões.

REIVINDICAÇÕES

1. Queimador, compreendendo:

- uma passagem para conduzir um jato primário de comburente ou de combustível ou de uma pré-mistura
5 comburente-combustível para uma abertura principal de saída,

- pelo menos uma canalização secundária para a injeção de um jato secundário, no qual:

- pelo menos a canalização secundária desemboca sobre
10 a passagem por uma abertura secundária situada a montante da abertura principal e é posicionada em relação à passagem de maneira que ao ponto de interação entre o jato secundário correspondente e o jato primário, o ângulo θ entre o eixo do jato secundário correspondente e o plano
15 perpendicular ao eixo do jato primário é superior ou igual a 0° e inferior a 90° , de preferência de 0° a 80° , ainda de preferência de 0° a 45° e em que

- pelo menos uma abertura secundária é espaçada da abertura principal de uma distância L inferior ou igual a
20 dez vezes a raiz quadrada da seção s da abertura principal, de preferência $L \leq 5\sqrt{s}$, ainda de preferência $L \leq 3\sqrt{s}$,

caracterizado pelo fato de que:

- o queimador comporta meios de regulação de impulso de cada jato secundário correspondente,

25 o referido queimador permite fazer variar a direção e/ou a abertura da chama modificando o impulso de pelo menos um jato secundário correspondente.

2. Queimador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os meios de regulação
30 controlam a relação entre o impulso de cada jato secundário

correspondente e o impulso do jato primário.

3. Queimador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos uma canalização secundária posicionada em relação à passagem de tal maneira que ao nível da abertura secundária correspondente, os eixos do jato primário e do referido jato secundário são secantes ou quasi-secantes a fim de poder fazer variar o ângulo da chama à saída do queimador em relação ao eixo do jato primário ascendente da abertura secundária correspondente.

4. Queimador, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que compreendendo pelo menos duas canalizações secundárias posicionadas em relação à passagem de tal maneira que as duas aberturas secundárias correspondentes são situadas em um mesmo plano perpendicular ao eixo do jato primário e que ao nível dessas duas aberturas secundárias correspondentes, os eixos dos jatos secundários correspondentes são secantes ou quasi-secantes com o eixo do jato de fluido primário.

5. Queimador, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que as duas aberturas secundárias correspondentes são coplanares com o eixo do jato primário ao nível das duas aberturas secundárias e situadas de lado e outro deste eixo do jato primário.

6. Queimador, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o plano definido pelo eixo do jato primário ao nível das duas aberturas secundárias correspondentes e uma das duas aberturas secundárias correspondentes é perpendicular ao plano definido pelo eixo do jato primário e a outra das duas aberturas secundárias

correspondentes.

7. Queimador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4, 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos quatro canalizações secundárias posicionadas em relação à passagem de tal maneira que as quatro aberturas secundárias correspondentes encontram-se em um mesmo plano perpendicular ao eixo do jato primário e que ao nível dessas quatro aberturas secundárias os eixos dos jatos secundários correspondentes são secantes ou quasi-secantes com o eixo do jato primário, duas dessas aberturas secundárias correspondentes estando coplanares com o eixo do jato primário de acordo com um primeiro plano e situadas de lado e outro desse eixo, as duas outras aberturas secundárias correspondentes estando coplanares com o eixo do jato primário de acordo com um segundo plano e situadas de lado e outro desse eixo.

8. Queimador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma canalização secundária é posicionada em relação à passagem de tal maneira que ao nível da abertura secundária correspondente o eixo do jato de fluido secundário correspondente não está substancialmente coplanar com o eixo do jato de fluido primário a fim de poder gerar, manter ou reforçar uma rotação do jato de fluido resultante ao redor do seu eixo, e assim de fazer variar a abertura da chama à saída do queimador.

9. Queimador, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos duas canalizações secundárias posicionadas em relação à passagem

de tal maneira que os eixos dos jatos secundários correspondentes não são substancialmente coplanares com o eixo do jato primário e que os jatos secundários correspondentes são orientados de acordo com um mesmo
5 sentido de rotação ao redor do eixo do jato primário.

10. Queimador, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que as duas aberturas secundárias correspondentes são situadas de lado e outro do eixo do jato primário.

10 11. Queimador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma canalização secundária é posicionada em relação à passagem de maneira que ao nível da abertura secundária correspondente a
15 canalização secundária apresenta uma espessura e e uma altura l , a altura l sendo superior ou igual a $0,5$ vezes a espessura e , de preferência compreendida entre $0,5 \times e$ e $5 \times e$.

20 12. Queimador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 11, caracterizado pelo fato de que compreende os meios para controlar a relação dos impulsos do jato de fluido principal e do jato de fluido secundário.

25 13. Queimador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ou 12, caracterizado pelo fato de que compreende um bloco de material no qual pelo menos uma parte da passagem está situada, a abertura principal estando situada sobre uma das faces ou superfícies do bloco.

30 14. Queimador, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ou 13, caracterizado pelo fato de que compreende meios para controlar os impulsos dos jatos primários e/ou secundários.

15 15. Queimador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que compreende um abertura de forno disposta à extremidade da passagem e pelo menos uma canalização secundária desembocando sobre a passagem por uma abertura secundária situada na abertura de forno.

10 16. Processo caracterizado pelo fato de ser para aquecer uma carga por meio de uma chama, a referida chama sendo produzida utilizando um queimador de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 ou 15.

15 17. Processo, de acordo a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que se faz variar a direção e/ou a abertura da chama fazendo interagir um jato primário com pelo menos um jato secundário.

20 18. Processo, de acordo a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o jato primário é um jato contendo o comburente ou o combustível ou uma pré-mistura de comburente e combustível.

25 19. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16, 17 ou 18, caracterizado pelo fato de que se faz variar a direção da chama a fim de varrer pelo menos uma parte da superfície da carga.

30 20. Processo, de acordo com a reivindicação 19, Processo, de acordo a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que se faz variar a direção da chama em pelo menos dois planos secantes a fim de varrer menos uma parte da

superfície da carga.

21. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16, 17, 18, 19 ou 20, caracterizado pelo fato de que em uma primeira fase, dirige-se a chama em
5 direção da carga e que em uma segunda fase, dirige-se a chama sensivelmente paralelamente à carga.

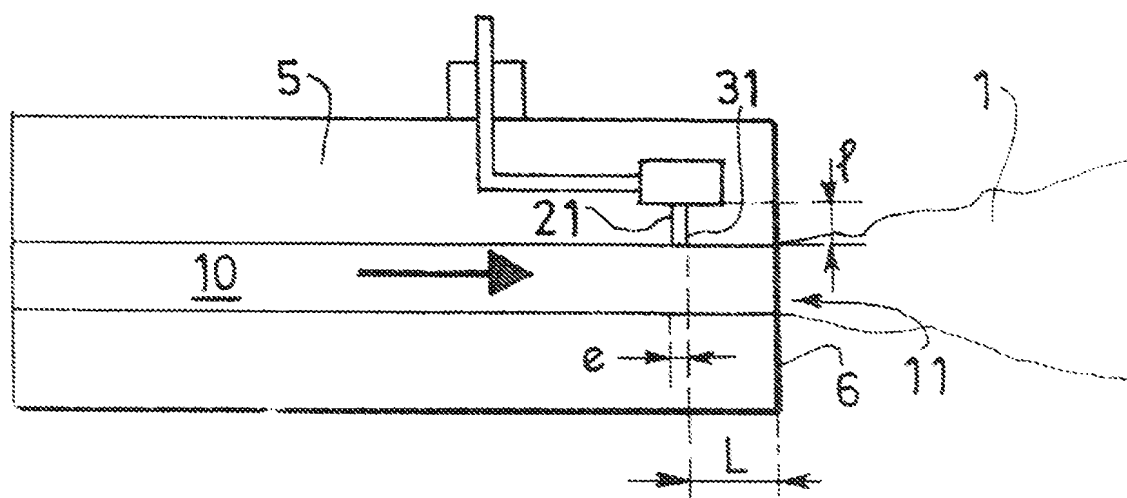


FIG. 1

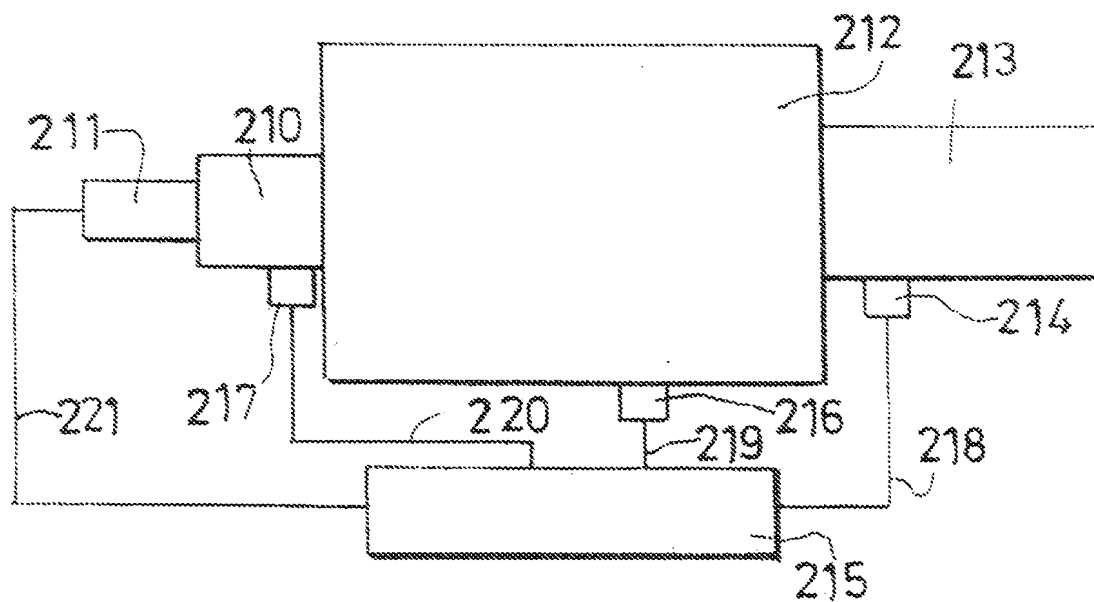


FIG. 2

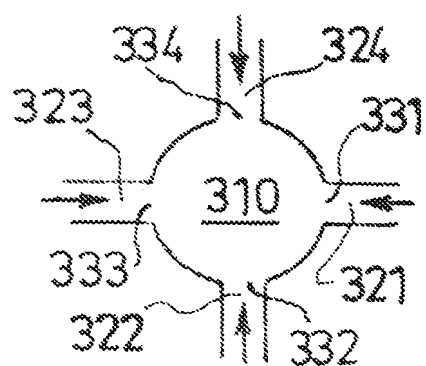


FIG. 3A

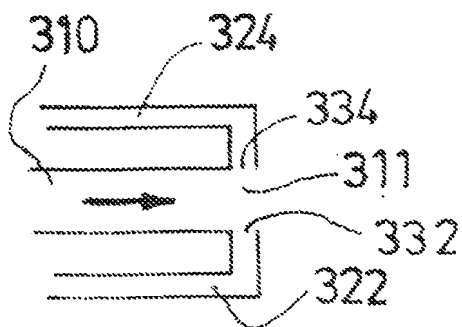


FIG. 3B

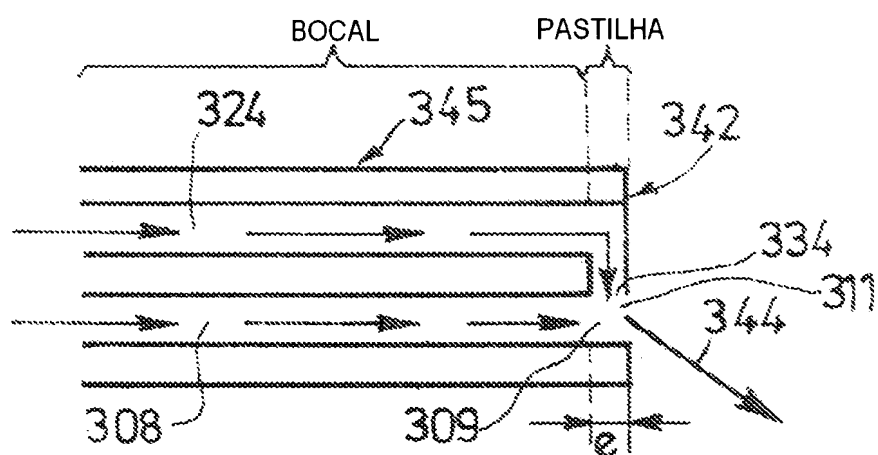


FIG. 3c

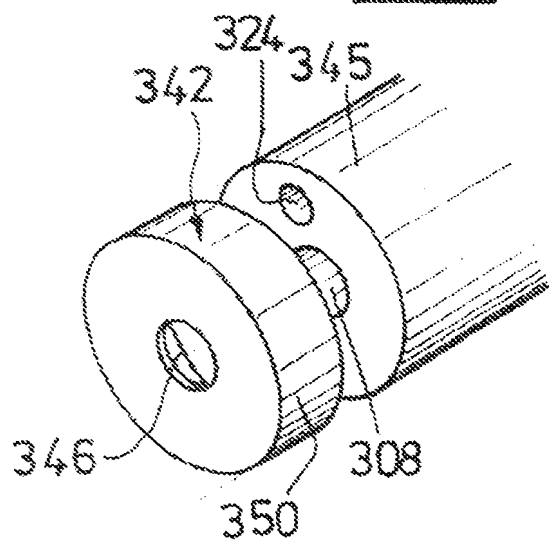


FIG. 3d

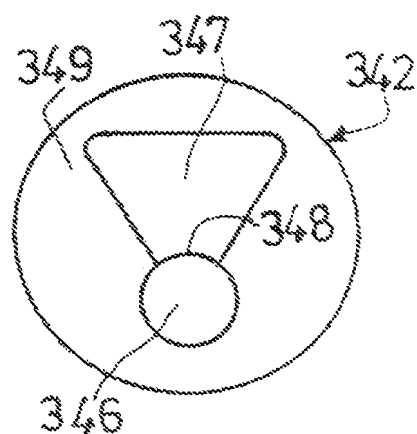


FIG. 3e

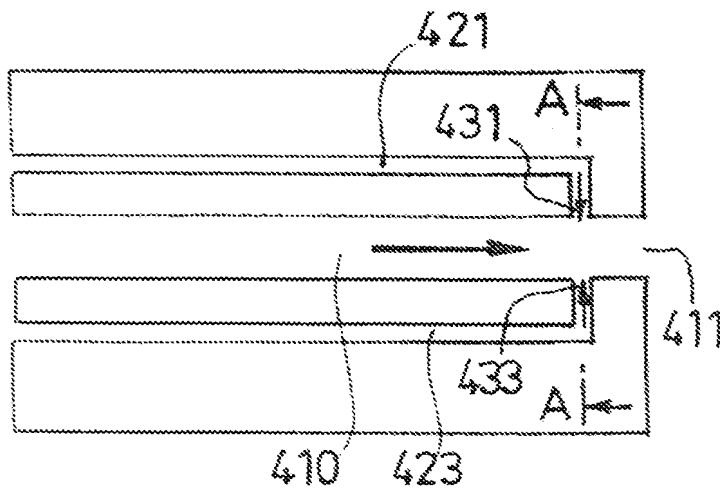


FIG. 4a

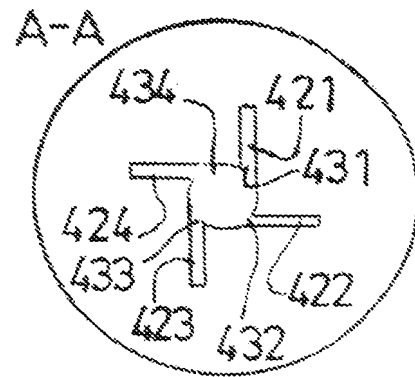


FIG. 4b

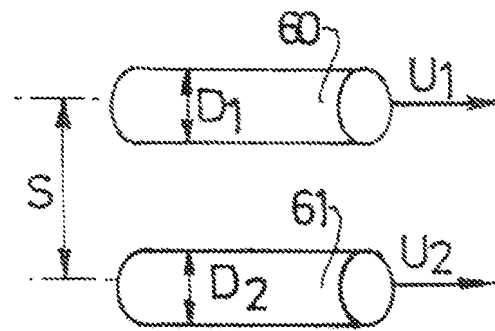


FIG. 5a

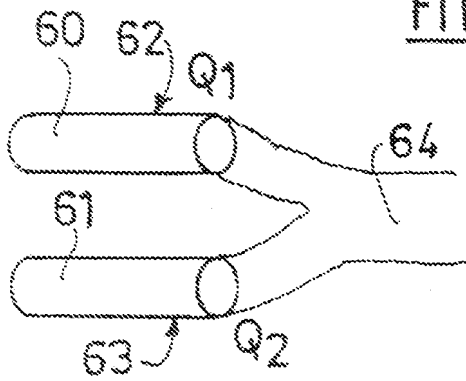


FIG. 5b

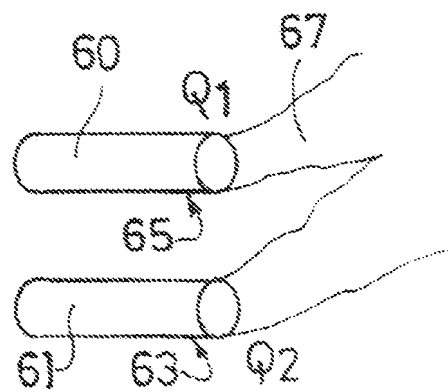
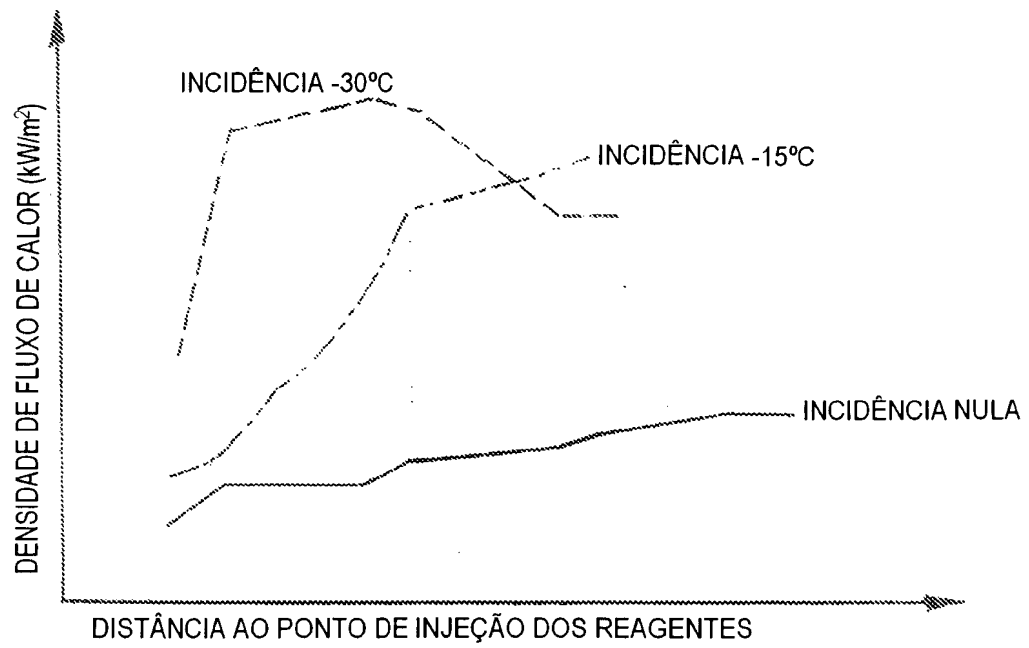
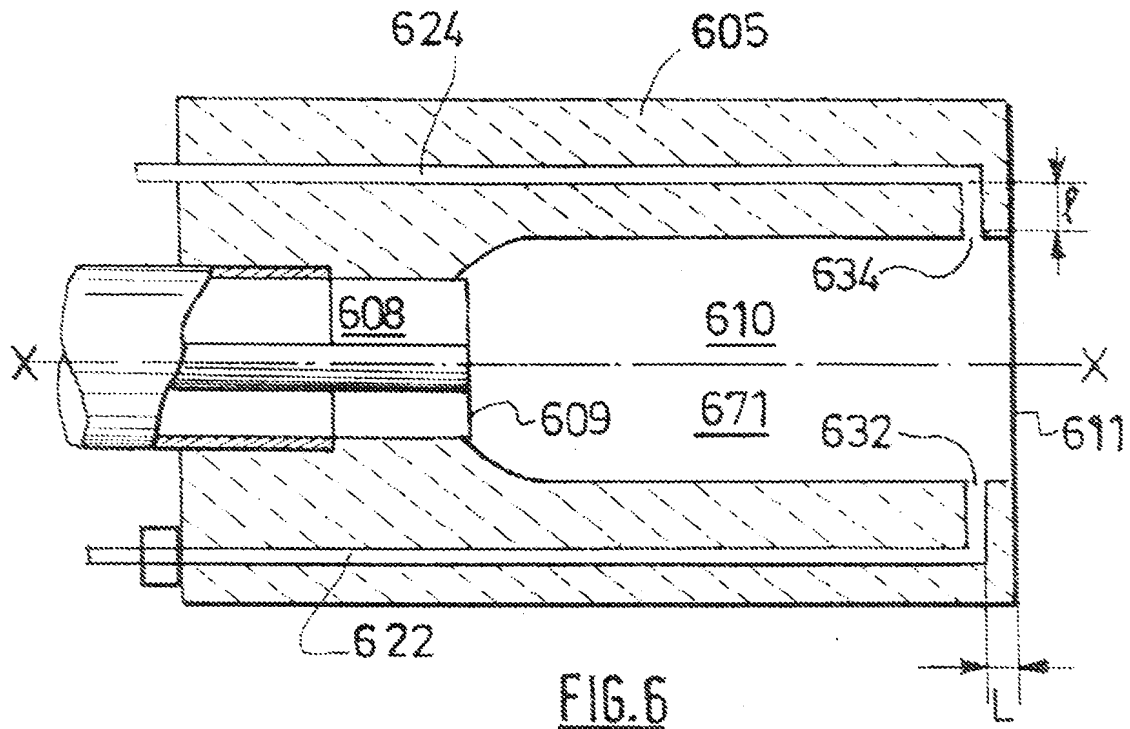


FIG. 5c



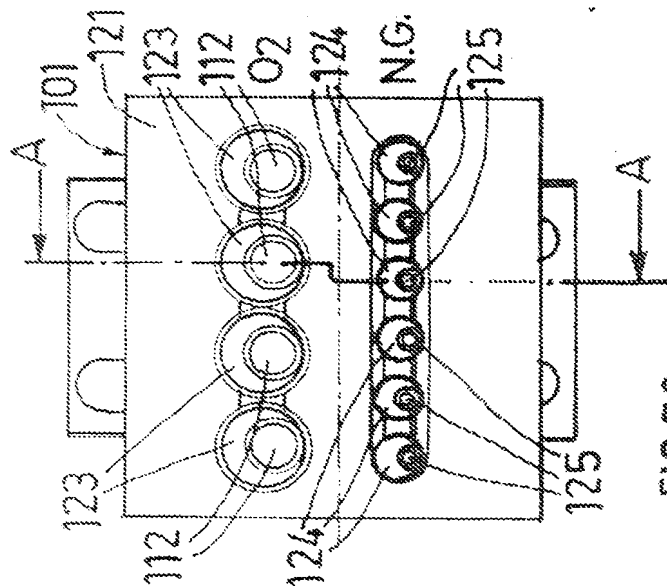


FIG. 7C

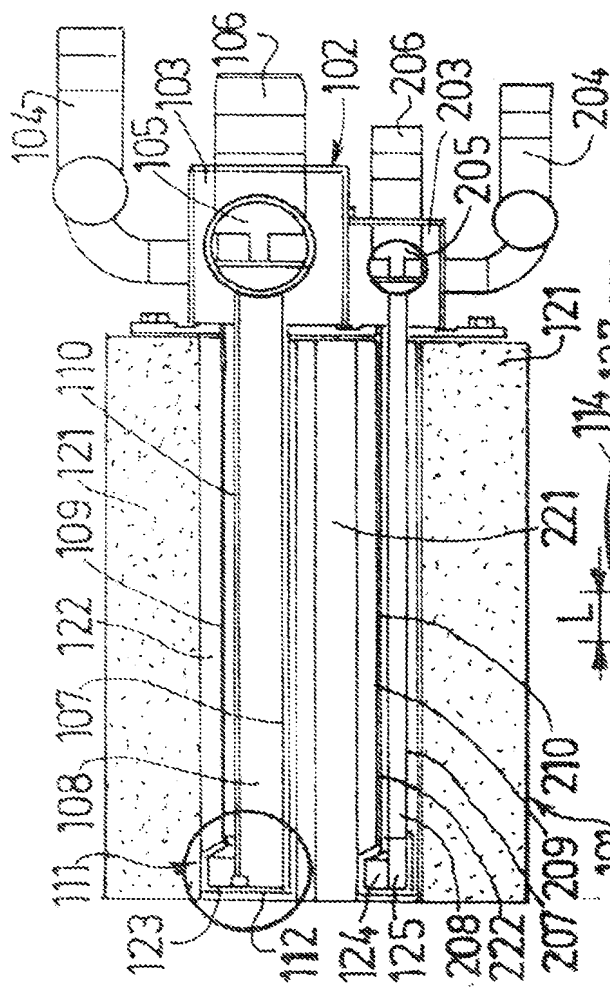


FIG. 7A

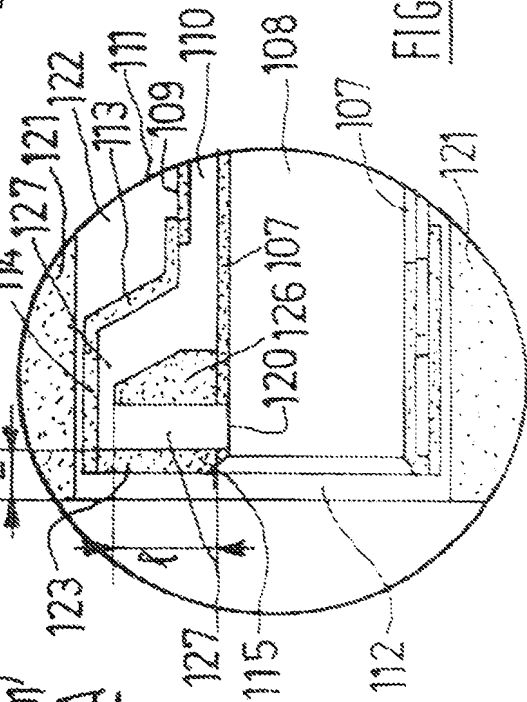


FIG. 7B

ÂNGULO DE ABERTURA
JATO

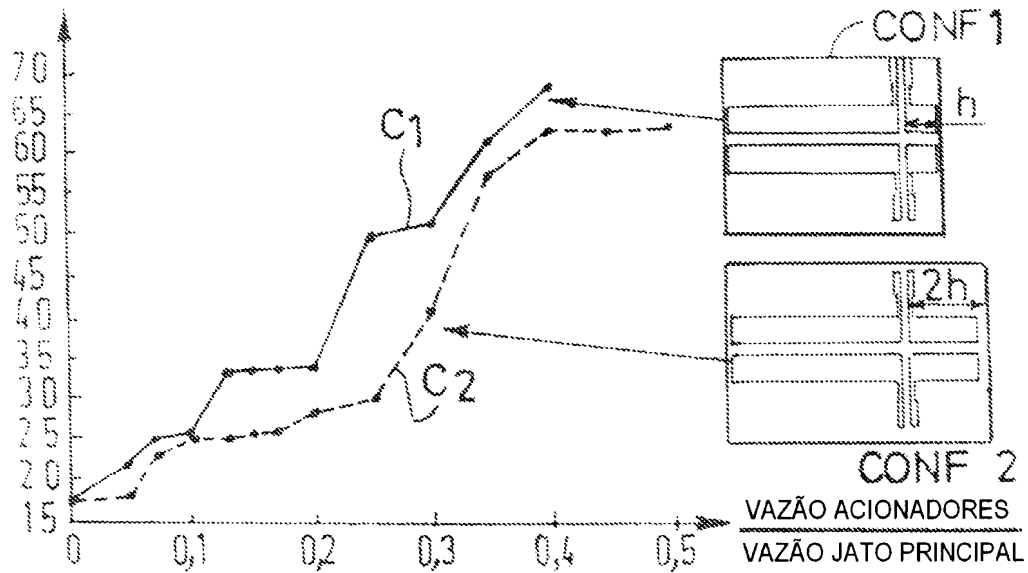


FIG. 9A

ÂNGULO DE ABERTURA
JATO

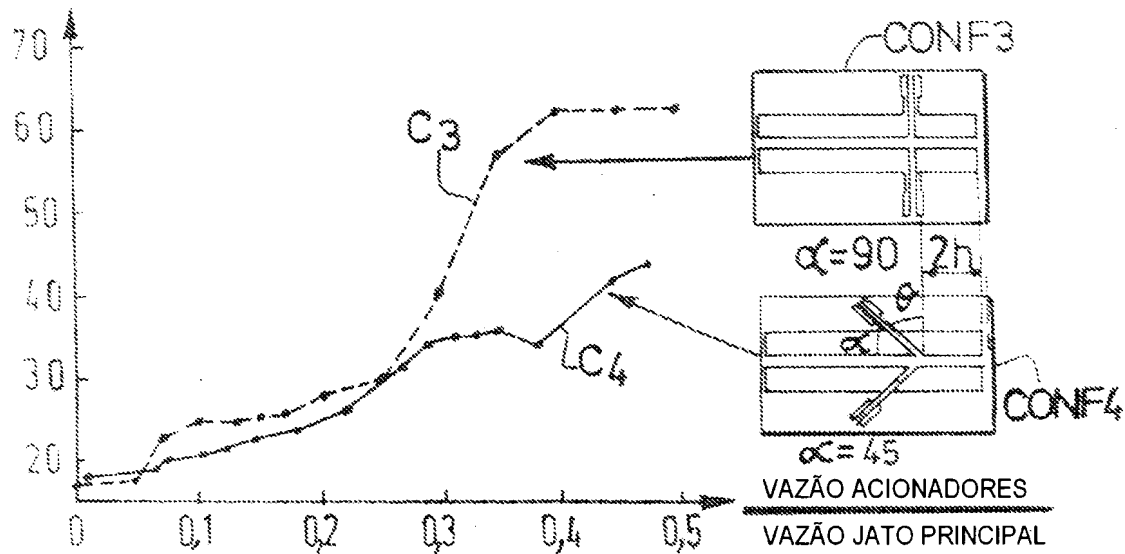
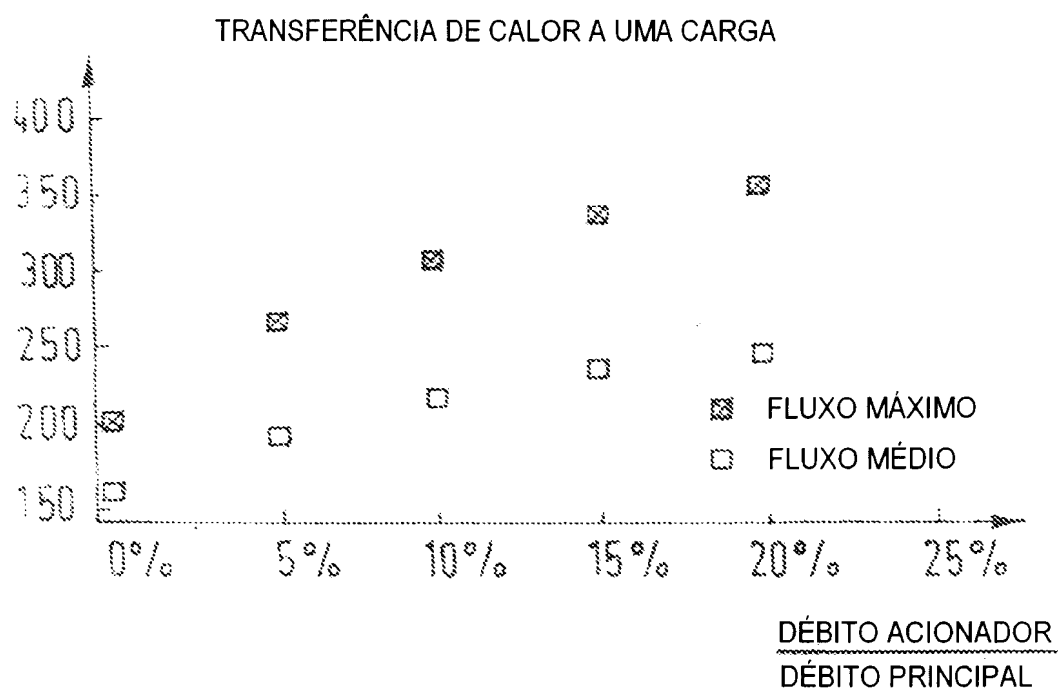
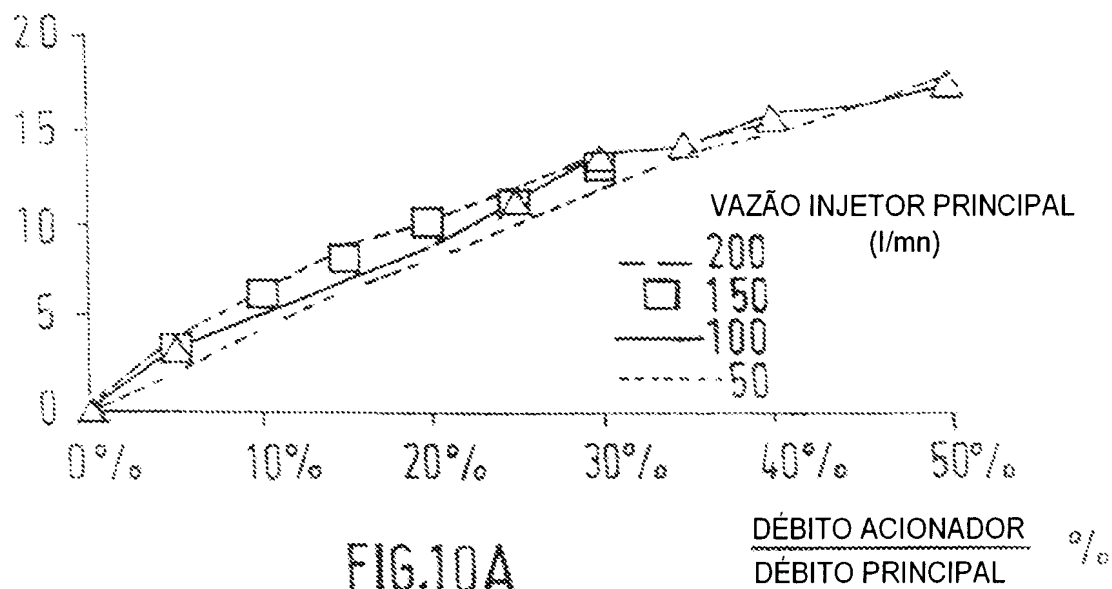
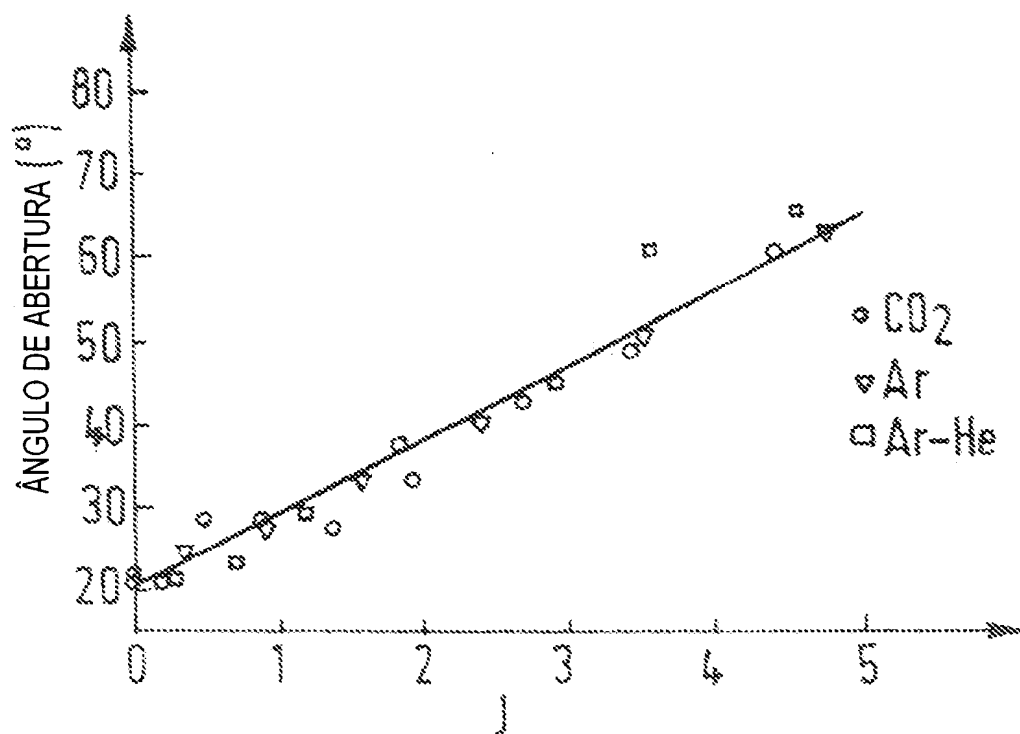
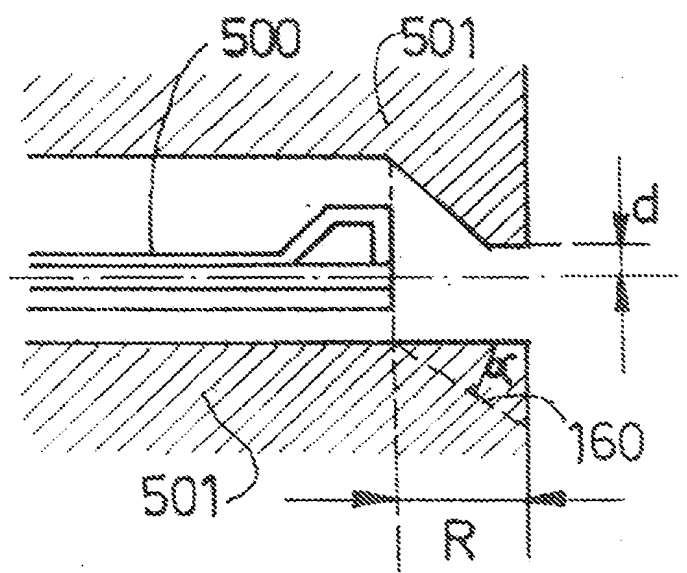


FIG. 9B



FIG.11FIG.16

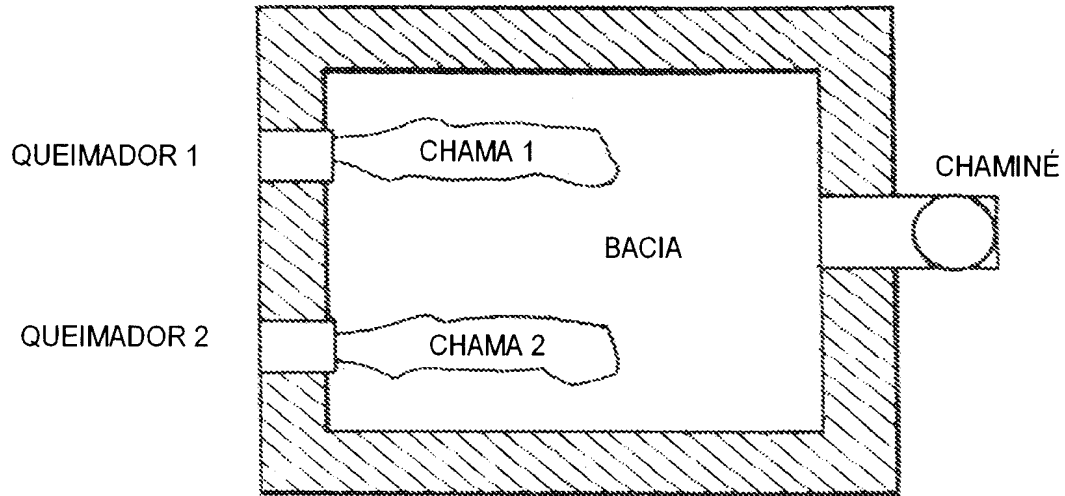


FIG.12A

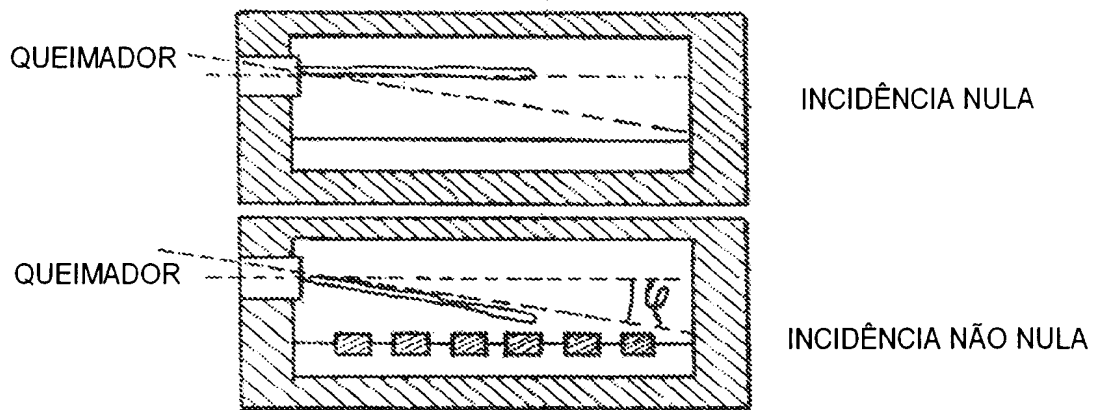


FIG.12B

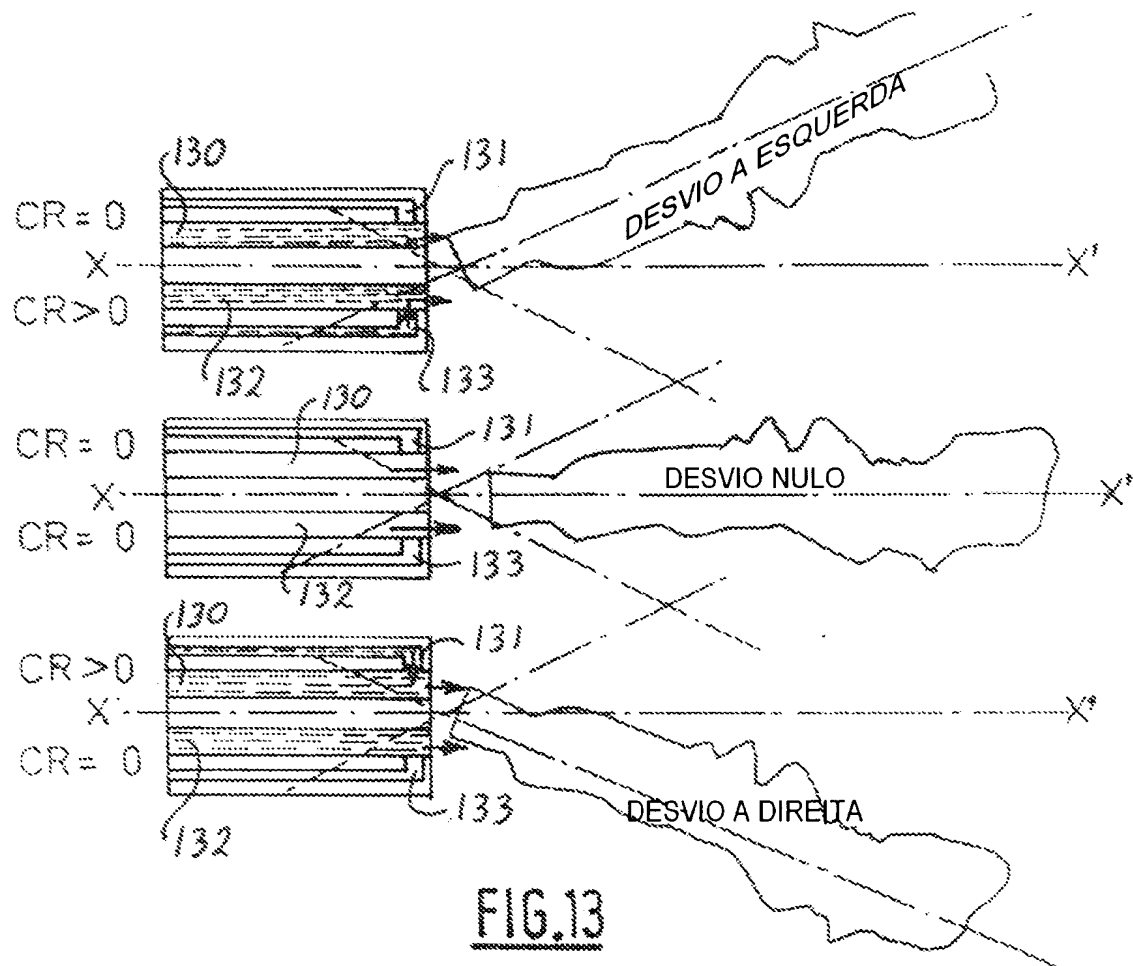


FIG.13

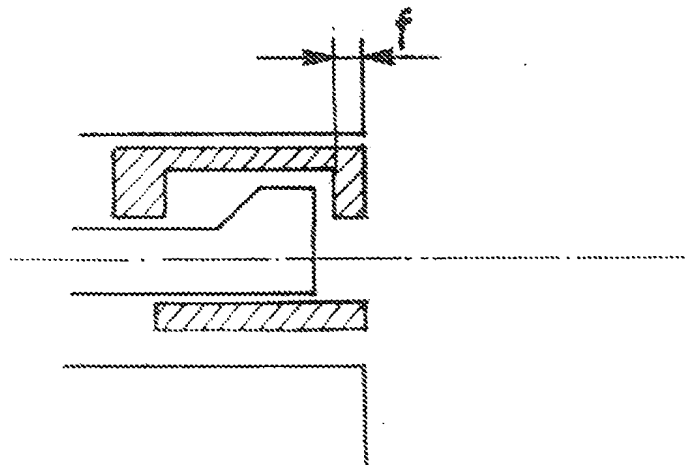


FIG.17

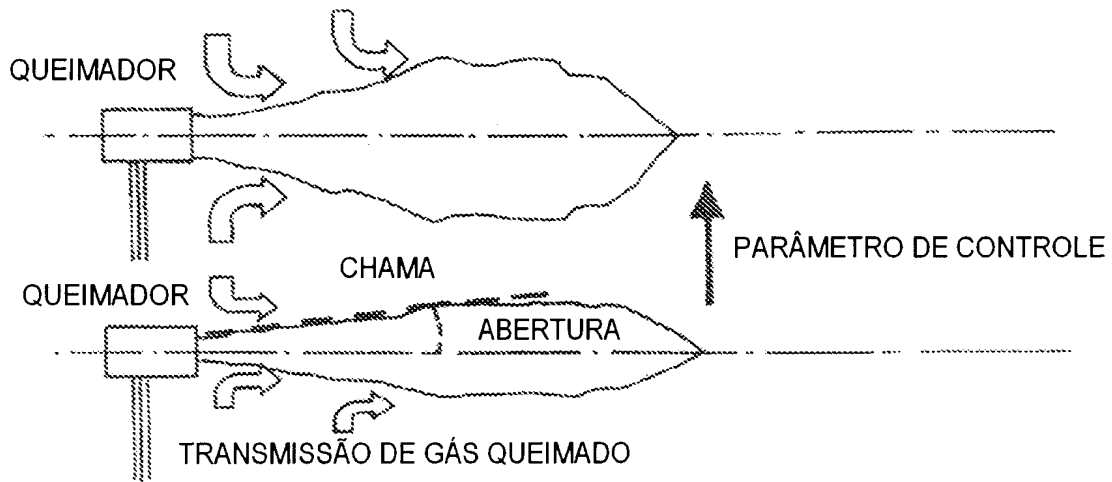


FIG.14

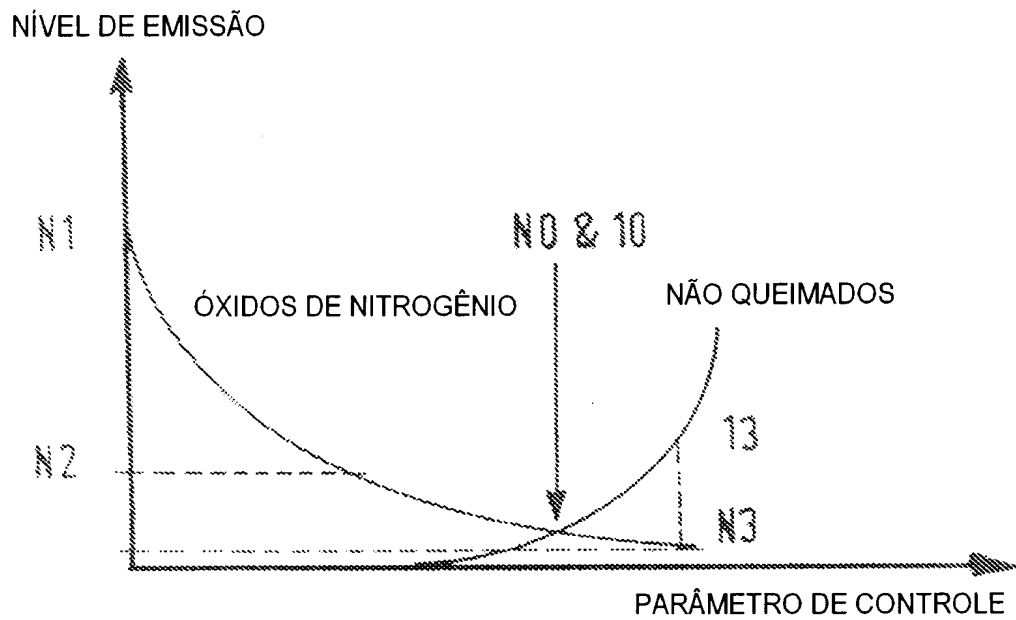


FIG.15

RESUMO**QUEIMADOR COM CHAMA COM DIREÇÃO E/OU ABERTURA VARIÁVEL E
PROCESSO DE APLICAÇÃO**

Queimador compreendendo pelo menos uma passagem (10)
5 para injeção de pelo menos um jato primário, tal como um
jato de comburente e/ou de combustível e/ou de uma pré-
mistura comburente e combustível, e meios de injeção (21)
de pelo menos um jato de fluido secundário (2) desembocando
na referida passagem, a interação entre o jato primário e
10 pelo menos um jato secundário permitindo fazer variar a
direção e/ou a abertura da chama. Utilização do referido
queimador para aquecer uma carga com a chama com direção
e/ou abertura variáveis.