



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 1013105-1

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 1013105-1

(22) Data do Depósito: 02/06/2010

(43) Data da Publicação Nacional: 05/04/2016

(51) Classificação Internacional: C03B 5/235.

(30) Prioridade Unionista: US 61/184944 de 08/06/2009.

(54) Título: QUEIMADOR, FORNO, E MÉTODO PARA AQUECER UM FORNO.

(73) Titular: AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC., Sociedade Norte-Americana. Endereço: 7201 Hamilton Blvd., Allentown, PA 18195-1501, ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA(US)

(72) Inventor: MARK DANIEL D'AGOSTINI; MICHAEL EDWARD HABEL; MATTHEW JAMES WATSON.

(87) Publicação PCT: WO 2010/144286 de 16/12/2010

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 02/06/2010, observadas as condições legais

Expedida em: 12/11/2019

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

QUEIMADOR, FORNO, E MÉTODO PARA AQUECER UM FORNO

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção se refere a queimadores oxi-combustível para uso em fornos de alta temperatura, por exemplo, fornos de vidro.

[0002] Fornos de vidro regenerativos que queimam ar-combustível são bem conhecidos. Fornos de vidro regenerativos têm múltiplas aberturas regeneradoras de ar-combustível para produzir chamas de combustão para fusão de vidro. Características de projeto básicas de fornos de vidro são descritas em várias referências, por exemplo, "Glass Furnaces, Design Construction and Operation", por Wolfgang Trier, traduzido por K.L. Loewenstein, Society of Glass Technology, Sheffield, UK, 2000, e "The Handbook of Glass Manufacture", 3ª Ed., Vols. 1&2, por Fay Tooley (ed.), Ashlee Publishing Co. (New York), 1984, ambas incorporadas por referência.

[0003] A conversão de uma ou mais aberturas de regenerador para queima de oxi-combustível pode ser desejável para retrabalhar o forno para um forno híbrido, tal como descrito na patente norte americana US 6.519.973, aqui incorporada por referência.

[0004] Terminar a queima de ar-combustível e substituir a entrada de energia por queima de oxi-combustível tem seus desafios. Uma vez que o forno foi inicialmente projetado como um forno de ar-combustível, é difícil encontrar locais adequados para colocar queimadores oxi-combustível. Um local onde queimadores oxi-combustível foram instalados é no gargalo da abertura da abertura do regenerador.

[0005] A parte de trás da abertura pode ser bloqueada, ou de

outra forma obstruída, para restringir ou impedir fluxo de ar quente do regenerador para a abertura. Um furo pode ser feito na parte superior, na parte inferior ou nos lados do gargalo da abertura para a instalação do queimador oxi-combustível. O queimador oxi-combustível é, então, inserido através deste furo e no gargalo da abertura. O queimador oxi-combustível tem que ser projetado para descarregar combustível e oxigênio para o espaço de combustão do forno. Isto requer que o queimador tenha um cotovelo ou curva para mudar a direção do fluxo do combustível e do oxidante. Um problema com a instalação de um queimador através do gargalo da abertura é que o tamanho do furo para inserir o queimador é pequeno a fim de manter a integridade estrutural do gargalo da abertura.

[0006] Quando o queimador é instalado através de um furo na parte superior ou na parte inferior do gargalo da abertura de regenerador, o queimador terá uma seção geralmente vertical para transportar o combustível e o oxigênio através do furo e uma seção geralmente horizontal para descarregar o combustível e o oxigênio no espaço de combustão do forno de vidro com uma seção de cotovelo entre a seção geralmente vertical e a seção geralmente horizontal. Quando o queimador é instalado através de uma parede lateral de um gargalo de abertura de regenerador, o queimador pode ter duas seções geralmente horizontais com uma seção de cotovelo entre as duas seções geralmente horizontais.

[0007] Um problema com a instalação de um queimador oxi-combustível no gargalo da abertura de regenerador é que o queimador oxi-combustível precisará ter o bocal de descarga próximo à seção de cotovelo, o que requer uma mudança abrupta ou marcada na direção do fluxo em uma posição perto do bocal

de descarga. Uma seção horizontal longa terminando no bocal de descarga dentro da abertura é problemática por causa de limitações de espaço na abertura do regenerador. Além disso, uma seção horizontal longa terminando no bocal de descarga é problemática, porque ela exigiria um corte de furo grande na parede da abertura que podem impactar o aço estrutural circundando a abertura. A mudança abrupta ou marcada na direção de fluxo em uma posição perto do bocal de descarga provoca queda de pressão alta e turbulência do fluxo deixando o bocal. A turbulência provoca rápida mistura e, consequentemente combustão perto do bocal resultando em chamas curtas. A combustão perto do bocal é indesejável por causa de superaquecimento do bocal e, quando o queimador é utilizado como um queimador de abertura passante, superaquecimento do refratário no gargalo da abertura.

BREVE SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0008] A presente invenção se refere a um queimador apropriado para converter queima de ar-combustível usando uma abertura de regenerador em queima oxi-combustível, enquanto resolve os problemas acima mencionados. A presente invenção também se refere a um forno com o queimador e o método para aquecimento de um forno usando o queimador. O método pode ser usado durante um reparo de regenerador, para prolongar a vida útil do forno e/ou para aumentar a taxa de produção de um forno existente.

[0009] O queimador compreende uma primeira camisa de fluido de resfriamento com um diâmetro externo equivalente, D , um primeiro conduto de oxidante disposto em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da primeira camisa de fluido de resfriamento e um conduto de

combustível.

[00010] O primeiro conduto de oxidante tem uma entrada, uma primeira porção a jusante da entrada do primeiro conduto de oxidante, uma porção de curva a jusante da primeira porção do primeiro conduto de oxidante e uma segunda porção a jusante da porção curva do primeiro conduto de oxidante.

[00011] A porção de curva tem um ângulo de curvatura, α , de 45° a 120° . O ângulo de curvatura, α , pode ser de 60° a 110° .

[00012] A segunda porção do primeiro conduto de oxidante termina em uma extremidade de saída e tem um eixo de fluxo e um comprimento, L. A segunda porção pode ter uma seção transversal circular.

[00013] O conduto de combustível tem uma entrada, uma primeira porção a jusante da entrada, uma porção de curva e uma segunda porção. A primeira porção do conduto de combustível está disposta em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da primeira porção do primeiro conduto de oxidante. A porção de dobra do conduto de combustível está disposta em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da porção de curva do conduto de oxidante. A segunda porção do conduto de combustível termina em uma extremidade de saída e tem um eixo de fluxo. A segunda porção do conduto de combustível está disposta em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da segunda porção do primeiro conduto de oxidante. A segunda porção do conduto de combustível pode ter uma seção transversal circular.

[00014] O eixo de fluxo da segunda porção do primeiro conduto de oxidante pode ser reto e pode ser substancialmente paralelo ou substancialmente coincidente com o eixo de fluxo da segunda

porção do conduto de combustível.

[00015] Uma passagem de oxidante é formada ou definida entre a segunda porção do conduto de combustível e a segunda porção do primeiro conduto de oxidante. A passagem de oxidante tem uma seção de entrada, uma seção de transição a jusante da seção de entrada e uma seção de saída a jusante da seção de transição. A seção de entrada tem uma área de seção transversal, A_i . A seção de saída tem uma área de seção transversal, A_o .

L/D varia de 0,8 a 7 ou varia de 1,4 a 7, e A_i/A_o varia 1,3 a 5.

[00016] A segunda porção do primeiro conduto de oxidante pode ter uma superfície interna convexa na seção de transição da passagem de oxidante.

[00017] A segunda porção do conduto de combustível define uma passagem de combustível em que a passagem de combustível tem uma seção de entrada, uma seção de transição a jusante da seção de entrada e uma seção de saída a jusante da seção de transição. A seção de entrada da segunda porção do conduto de combustível tem uma área de seção transversal, A_{fi} , e a seção de saída da segunda porção do conduto de combustível tem uma área de seção transversal, A_{fo} , em que A_{fi}/A_{fo} pode ser de 1,0 a 5 ou de 1,37 a 5.

[00018] A segunda porção do conduto de combustível pode ter uma superfície externa côncava na seção de transição da passagem de oxidante.

[00019] A segunda porção do conduto de combustível pode ter uma superfície interna côncava e uma superfície interna convexa na seção de transição da passagem de combustível, em que a superfície interna convexa do conduto de combustível

está a jusante da superfície interna côncava do conduto de combustível.

[00020] A extremidade de saída da segunda porção do primeiro conduto de oxidante poderá se projetar da extremidade de saída da segunda porção do conduto de combustível por 0,2 cm a 3 cm.

[00021] O queimador pode ainda compreender um segundo conduto de oxidante em relação de afastamento fixo para a segunda porção do primeiro conduto de oxidante.

[00022] O segundo conduto de oxidante pode ser disposto em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da primeira camisa de fluido de resfriamento. O queimador pode ainda compreender uma segunda camisa de fluido de resfriamento e o segundo conduto de oxidante pode ser disposto em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da segunda camisa de fluido de resfriamento. O segundo conduto de oxidante pode ter uma entrada, uma primeira porção a jusante da entrada do segundo conduto de oxidante, uma porção de curva a jusante da primeira porção do segundo conduto de oxidante e uma segunda porção a jusante da porção de curva do segundo conduto de oxidante.

[00023] A porção de curva do segundo conduto de oxidante tem um ângulo de curvatura, β , o ângulo de curvatura β dentro de 15° do ângulo de curvatura α , e uma segunda porção a jusante da porção de curva do segundo conduto de oxidante, a segunda porção do segundo conduto de oxidante terminando em um bocal e tendo um eixo de fluxo, a segunda porção do segundo conduto de oxidante em relação de afastamento fixo para a segunda porção do primeiro conduto de oxidante.

[00024] O ângulo de curvatura, β , pode estar dentro de 2° do ângulo de curvatura, α , e o eixo de fluxo da segunda porção do

segundo conduto de oxidante pode ser substancialmente paralelo ao eixo de fluxo da segunda porção do primeiro conduto de oxidante.

[00025] O bocal do segundo conduto de oxidante tem uma entrada e uma saída. A extremidade de saída da segunda porção do primeiro conduto de oxidante poderá se projetar da saída do bocal da segunda porção do segundo conduto de oxidante por 0,2 cm a 3 cm. A entrada pode ter uma seção transversal circular e uma área de seção transversal, A_{ni} , e a saída pode ter uma seção transversal não circular e uma área de seção transversal, A_{no} , em que a saída do bocal tem uma razão largura para altura de 1,5 a 5. A_{ni}/A_{no} pode variar de 1,25 a 5.

[00026] O bocal do segundo conduto de oxidante pode ter uma altura convergente e uma largura divergente.

[00027] O bocal do segundo conduto de oxidante pode ter uma superfície convexa de transição entre a seção transversal circular e a seção transversal não circular.

[00028] O forno compreende um regenerador, uma câmara de combustão do forno e um gargalo de abertura de regenerador conectando o regenerador à câmara de combustão do forno. O gargalo de abertura de regenerador define uma abertura e uma abertura de porta em uma parede do forno. O forno também compreende um queimador de acordo com as características descritas acima. O queimador penetra através do gargalo de abertura de regenerador e na abertura e o queimador é disposto para dirigir um combustível e um gás oxidante através da abertura de porta e para o forno.

[00029] O forno também compreende um depósito de tanque de fusão disposto abaixo e adjacente à câmara de combustão do forno, uma extremidade de carregamento para introduzir

ingredientes formadores de vidro no depósito de tanque de fusão e uma extremidade de descarregamento para retirar um produto de vidro do depósito de tanque de fusão. O forno também compreende uma abertura de exaustão em uma parede do forno para retirar produtos de combustão da câmara de combustão do forno.

[00030] Em uma modalidade, o segundo conduto de oxidante penetra na parede do forno em uma posição abaixo da abertura de porta e é disposto para dirigir o oxidante para o forno.

[00031] O método para aquecer um forno compreende obstruir um fluxo de ar para a abertura terminando um fluxo de um combustível para um queimador ar-combustível associado com a abertura, instalar um queimador como descrito acima, de modo que o queimador penetre através do gargalo da abertura do regenerador e na abertura, passar um refrigerante através da primeira camisa de fluido de resfriamento e, se presente, através da segunda camisa de fluido de resfriamento, introduzir um primeiro gás oxidante no forno através do primeiro conduto de oxidante e introduzir o combustível ou outro combustível no forno através do conduto de combustível, queimar o combustível ou o outro combustível com o primeiro gás oxidante para formar produtos de combustão e retirar os produtos de combustão da câmara de combustão do forno através de uma exaustão.

[00032] O método pode compreender continuar o fluxo de ar através da abertura em uma quantidade superior a 5% a menos do que ou igual a 25% do ar estequiométrico necessário para combustão do combustível que passa pelo queimador. O método pode ainda compreender introduzir o primeiro gás oxidante ou um segundo gás oxidante no forno através de um segundo conduto

de oxidante para queimar o combustível ou outro combustível.

BREVE DESCRIÇÃO DAS VÁRIAS VISTAS DOS DESENHOS

[00033] A FIG. 1 mostra um queimador de abertura passante com uma lança de gradação de oxidante na abertura.

[00034] A FIG. 2 mostra um queimador de abertura passante instalado em um gargalo de abertura de regenerador de um forno com uma lança de gradação de oxidante sob a abertura.

[00035] A FIG. 3 mostra uma vista ampliada da extremidade de descarga do primeiro conduto de oxidante e o conduto de combustível.

[00036] A FIG. 4 mostra uma vista ampliada da extremidade de descarga de uma lança de gradação de oxidante sob a abertura.

[00037] A FIG. 5 é um gráfico de fluxo de calor normalizado em função da distância do bocal do queimador em um forno de teste.

[00038] A FIG. 6 é um gráfico de resultados de modelagem mostrando temperatura de chama de pico em função do comprimento de bocal não dimensional.

[00039] A FIG. 7 é um gráfico de resultados de modelagem mostrando temperatura de chama em função da distância da saída do bocal do queimador.

[00040] A FIG. 8a é um gráfico de contorno de intensidade de velocidade dos resultados de modelagem.

[00041] A FIG. 8b é um gráfico de contorno de intensidade de velocidade dos resultados de modelagem.

[00042] A FIG. 9 é um gráfico de resultados de modelagem mostrando comprimento de chama em função de comprimento de bocal não dimensional.

[00043] A FIG. 10 é um gráfico de resultados de modelagem mostrando a temperatura em função da razão da área de passagem

de oxigênio.

[00044] A FIG. 11 é um gráfico de resultados de modelagem mostrando temperatura em função da razão da área de passagem de oxigênio.

[00045] A FIG. 12 é um gráfico de resultados de modelagem mostrando temperatura de chama em função da distância da saída do bocal do queimador.

[00046] A FIG. 13 é um gráfico de resultados de modelagem mostrando o desvio da velocidade do segundo oxidante em função da razão da área de passagem do segundo oxidante.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[00047] Os artigos "um" e "uma", conforme usados neste documento, significam um ou mais quando aplicado a qualquer característica nas modalidades da presente invenção descritas no relatório descritivo e nas reivindicações. O uso de "um" e "uma" não limita o significado a uma característica única, a menos que tal limite seja expressamente indicado. O artigo "o" precedendo substantivos singulares ou plurais ou frases substantivas denota uma determinada característica especificada particular, ou características especificadas particulares, e pode ter uma conotação singular ou plural, dependendo do contexto no qual ele é usado. O pronome "qualquer" significa um, alguns ou todos indiscriminadamente de qualquer quantidade.

[00048] A frase "pelo menos uma porção" significa "uma parte ou todos".

[00049] Para fins de simplicidade e clareza, descrições detalhadas de dispositivos, circuitos e métodos bem conhecidos são omitidas, de modo a não obscurecer a descrição da presente invenção com detalhes desnecessários.

[00050] A presente invenção se refere a um queimador. Mais especificamente, a invenção se refere a um queimador oxi-combustível usado para substituir a queima ar-combustível por queima oxi-combustível em um forno de vidro tendo aberturas de regenerador ar-combustível. O queimador é particularmente adequado para pelo menos parcialmente converter uma abertura de regenerador de queima ar-combustível para queima oxi-combustível. Por causa da geometria de uma abertura de regenerador de forno de vidro, o queimador utilizado para tal conversão requer uma mudança abrupta ou marcada na direção de fluxo em uma posição perto do bocal de descarga.

[00051] A abertura de regenerador pode ser temporariamente convertida de queima ar-combustível para queima oxi-combustível para casos em que o regenerador associado precisa ser reparado. A abertura de regenerador pode ser convertida para queima oxi-combustível em uma base mais permanente para tirar proveito dos benefícios de oxi-combustível. Várias das aberturas mais próximas da extremidade de batelada do forno de vidro podem ser convertidas para queima oxi-combustível para melhorar a fusão em batelada pelas chamas oxi-combustível.

[00052] Com referência agora aos desenhos, em que números de referência semelhantes se referem a elementos semelhantes em todas as várias vistas. A FIG. 1 mostra um queimador 1 de acordo com uma modalidade da invenção e a FIG. 2 mostra uma seção de um forno 100 compreendendo um gargalo de abertura de regenerador 105 e um queimador 101 instalado no gargalo de abertura de regenerador.

[00053] Queimadores 1 e 101 compreendem uma primeira camisa de fluido de resfriamento 10, um primeiro conduto de oxidante 20 e um conduto de combustível 40. A primeira camisa de fluido

de resfriamento 10 tem um diâmetro externo equivalente, D , que para o caso de uma seção transversal circular é igual ao diâmetro externo e para uma seção transversal não circular é igual a 4 vezes a área da seção transversal externa da camisa dividida pelo perímetro externo. O primeiro conduto de oxidante 20 é disposto em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da primeira camisa de fluido de resfriamento 10 e o conduto de combustível 40 é disposto em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro do primeiro conduto de oxidante 20. Geralmente concentricamente significa que o eixo de um conduto é comum ao eixo do outro conduto ou ligeiramente deslocado por até 2 cm.

[00054] Uma camisa de fluido de resfriamento é uma cobertura ou revestimento externo, como uma cobertura que envolve um espaço intermediário através do qual um fluido de controle de temperatura pode circular. O fluido de resfriamento pode ser água. Camisas de fluido de resfriamento, por exemplo, camisas refrigeradas a água, são bem conhecidas na arte de queimadores e combustão. Detalhes do projeto da camisa de fluido de resfriamento não são críticos para a invenção. Um técnico no assunto pode facilmente selecionar e/ou modificar um projeto adequado de camisa de fluido de resfriamento em relação àqueles conhecidos na arte.

[00055] A primeira camisa de fluido de resfriamento 10 é necessária para evitar que o queimador superaqueça. Quando o queimador é inserido em uma abertura de regenerador de forno de vidro, o calor do forno irradiará para a superfície externa do queimador. Quando o queimador é operado, a chama proveniente do queimador irradiará de volta para o queimador.

Água ou outro fluido de resfriamento é introduzido na entrada 11 da primeira camisa de fluido de resfriamento 10 e flui em torno do primeiro conduto de oxidante 20 incluindo a área em torno da extremidade de descarga de combustível e oxidante. A água ou outro fluido de resfriamento é retirado da saída 13 da primeira camisa de fluido de resfriamento 10.

[00056] Como usado aqui, um condutor é qualquer meio para transportar um fluido, por exemplo, um tubo, uma tubulação, um duto ou semelhantes. A primeira camisa de fluido de resfriamento 10, o primeiro conduto de oxidante 20 e o conduto de combustível 40 são fabricados de um metal, de preferência, um aço inoxidável. Um técnico no assunto pode facilmente selecionar materiais adequados de construção para o queimador.

[00057] Um conduto de oxidante é um conduto destinado a transportar um gás oxidante e conectado a uma fonte de oxidante. Um gás oxidante é qualquer gás compreendendo mais de 21% em volume de oxigênio. Oxigênio de grau industrial tendo uma concentração de oxigênio de 80% em volume a 100% em volume é um gás oxidante, como é a corrente de descarga gasosa de uma planta de nitrogênio, tipicamente tendo uma concentração de oxigênio de 60% em volume a 80% em volume. Oxidantes também podem ser misturas de ar e oxigênio industrial ou de corrente de descarga tendo concentração de oxigênio entre 22% em volume e 28% em volume ou entre 28% em volume e 60% em volume. O conduto de oxidante pode ser projetado para transportar oxigênio grau industrial utilizando materiais compatíveis com oxigênio grau industrial.

[00058] Um conduto de combustível é um conduto destinado a transportar um combustível. Um conduto de combustível é conectado a uma fonte de combustível. O combustível pode ser

um combustível gasoso, por exemplo, gás natural, propano ou outros hidrocarbonetos gasosos, hidrogênio, monóxido de carbono ou combinações dos mesmos. Ou o combustível pode ser líquido, por exemplo, óleo destilado N.º 1, óleo combustível destilado N.º 2, combustível diesel, biodiesel e seus subprodutos (tal como glicerol), querosene, óleo combustível N.º 4, óleo residual N.º 5, óleo combustível residual N.º 6, óleo combustível tipo Bunker-C e outros conhecidos por uma pessoa versada na técnica. O combustível líquido pode ser atomizado por qualquer um de vários meios conhecidos por uma pessoa versada na técnica.

[00059] O primeiro conduto de oxidante 20 tem uma entrada 21 para receber um gás oxidante, uma primeira porção 23 a jusante da entrada 21, uma porção de curva 25 a jusante da primeira porção 23 e uma segunda porção 27 a jusante da porção de curva 25. O gás oxidante pode ser oxigênio de grau industrial.

[00060] A montante e a jusante são definidos em relação ao fluxo pretendido de um fluido, por exemplo, o combustível ou o oxidante. A extremidade a montante corresponde à extremidade mais próxima da entrada onde o fluido é introduzido no dispositivo e a extremidade a jusante corresponde à extremidade de saída ou de onde o fluido sai do dispositivo.

[00061] A entrada 21 pode incluir um acessório de desconexão rápida ou outro acessório adequado para conectar a fonte de gás oxidante ao queimador.

[00062] A primeira porção 23 pode ter uma seção transversal circular. A primeira porção 23 pode também ter espaçadores para assegurar concentricidade entre a primeira porção do primeiro conduto de oxidante e a primeira porção do conduto de combustível.

[00063] A porção de curva 25 tem um ângulo de curvatura, α , de 45° a 120° . O ângulo de curvatura, α , pode ser de 60° a 110° . O ângulo de curvatura é definido como o ângulo suplementar do ângulo incluído. O ângulo incluído, que é menor que 180° , é o ângulo definido entre uma seção reta de uma primeira porção de um conduto e uma seção reta de uma segunda porção do conduto. O ângulo incluído para o primeiro conduto de oxidante é definido entre uma seção reta da primeira porção do primeiro conduto de oxidante e uma seção reta da segunda porção do primeiro conduto de oxidante. O ângulo de curvatura, α , como mostrado na FIG. 1 e FIG. 2, é o ângulo suplementar ao ângulo incluído para o primeiro conduto de oxidante. Um ângulo de curvatura de 0° corresponde a nenhuma curva, isto é, reto. Um ângulo de curvatura de 180° corresponde a uma curva em forma de "U".

[00064] A curva na porção de curva 25 pode ser suave, tendo um raio como mostrado na FIG. 2, ou como mostrado na FIG. 1 a curva pode ter um ângulo agudo.

[00065] A segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20 termina em uma extremidade de saída 29 e tem um eixo de fluxo 22 e um comprimento, L. A segunda porção 27 pode ter uma seção transversal circular.

[00066] Um eixo de fluxo corresponde a uma linha na direção de fluxo que passa através dos centros geométricos de seções transversais do conduto, onde as seções transversais se situam em planos perpendiculares à linha. O eixo de fluxo pode incluir uma linha curva. Para este queimador, pelo menos uma seção do eixo de fluxo é uma seção de linha reta.

[00067] Para a finalidade desta divulgação, o comprimento, L, da segunda porção do primeiro conduto de oxidante corresponde

à seção de linha reta do eixo de fluxo entre a porção de curva e a extremidade de saída, como mostrado na FIG. 1 e FIG. 2.

[00068] O conduto de combustível 40 tem uma entrada 41 para receber um combustível, uma primeira porção 43 a jusante da entrada 41, uma porção de curva 45 e uma segunda porção 47.

[00069] A entrada 41 pode incluir um acessório de desconexão rápida ou outro acessório adequado para conectar a fonte de combustível ao queimador.

[00070] Como mostrado na FIG. 1 e FIG. 2, a primeira porção 43 do conduto de combustível 40 é disposta em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da primeira porção 23 do primeiro conduto de oxidante 20. A porção de curva 45 é disposta em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da porção de curva 25.

[00071] A curva na porção de curva 45 pode ser suave, tendo um raio como mostrado na FIG. 2, ou ter um ângulo agudo como mostrado na FIG. 1. A porção de curva 45 será compatível com a porção de curva 25.

[00072] A segunda porção 47 termina em uma extremidade de saída 49 e tem um eixo de fluxo 42. A segunda porção 47 é disposta em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20. A segunda porção 47 pode ter uma seção transversal circular.

[00073] A segunda porção 47 do conduto de combustível pode ser concêntrica com a segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20, de modo que o eixo de fluxo 42 e o eixo de fluxo 22 sejam ambos retos e sejam substancialmente paralelos ou substancialmente coincidentes. O eixo de fluxo 42 e o eixo de fluxo 22 são coincidentes na FIG. 1.

[00074] O termo "paralelo" significa que se estende na mesma direção, em qualquer lugar equidistante e não se encontrando. Com respeito ao eixo de fluxo 22 e ao eixo de fluxo 42, substancialmente paralelo significa afastado com um desvio máximo de distância de espaçamento de 2 cm.

[00075] O termo "coincidente" significa ocupando o mesmo espaço ou local. Com respeito ao eixo de fluxo 22 e eixo de fluxo 42, substancialmente coincidente significa coincidente dentro de 2 cm.

[00076] Uma passagem de oxidante 50 é formada ou definida entre a segunda porção 47 do conduto de combustível 40 e a segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20. A passagem de oxidante 50 tem uma seção de entrada 51, uma seção de transição 53 a jusante da seção de entrada 51 e uma seção de saída 55 a jusante da seção de transição 53. A seção de entrada 51 tem uma área de seção transversal, A_1 . A seção de saída 55 tem uma área de seção transversal, A_0 . A área de seção transversal, A_0 é projetada para fornecer uma velocidade de gás oxidante de cerca de 30 m/s a cerca de 150 m/s nas taxas de fluxo de gás oxidante de projeto.

[00077] A mudança abrupta ou marcada na direção do primeiro fluxo de oxidante em uma posição perto do bocal de descarga pode ser descrita pela relação entre o comprimento, L , e o diâmetro externo equivalente, D , da primeira camisa de fluido de resfriamento. É desejável maximizar a razão L/D para minimizar a não uniformidade no perfil de velocidade do primeiro oxidante no bocal de descarga, já que a não uniformidade de velocidade é uma causa primária de combustão acelerada perto do bocal de descarga, o que pode levar a temperaturas de chama excessivamente altas e, daí, a danos ou

falhas no queimador. No entanto, um comprimento curto é necessário para instalação do conjunto do queimador no espaço limitado disponível em uma abertura de regenerador de um forno de vidro. A L/D máxima permitida com base no espaço disponível é estimada em 7,0.

[00078] Uma solução para alcançar uma distribuição de fluxo aceitável com uma L/D curta é colocar um dispositivo estático de mistura na segunda porção da primeira passagem de oxidante. Um dispositivo estático de mistura é uma obstrução fixa colocada no campo de fluxo que promove redistribuição de fluxo, aumentando localmente a mistura e difusão turbulenta geralmente através da dissipação de pressão estática. Um exemplo comum de um dispositivo estático de mistura é uma chapa perfurada; isto é, uma chapa que atravessa a seção transversal de fluxo compreendendo uma pluralidade de pequenos furos distribuídos através da chapa e através da qual o fluxo deve passar.

[00079] Infelizmente, tanto a dissipação de pressão estática quanto a geração de mistura/difusão turbulenta são características de fluxo indesejáveis neste caso. Primeiro, aumentar a turbulência da corrente de oxidante resulta em mistura mais rápida entre oxidante e combustível, o que leva a uma exacerbação do problema de temperatura de chama excessivamente alta perto do bocal do queimador. Em segundo lugar, a dissipação de pressão estática leva a um requisito de pressão de alimentação mais alta para o oxidante. Em alguns casos, o requisito de pressão de alimentação mais alta não pode ser satisfeito, enquanto que em outros casos ele acrescenta custos de capital e de operação consideráveis devido à necessidade de instalar e operar um ou mais

compressores de gás. Para a modalidade deste queimador compreendendo um segundo conduto de oxidante em relação de espaço fixo para o primeiro conduto de oxidante: $0,8 \leq L/D \leq 7$. Para modalidades do queimador onde o segundo conduto de oxidante não está incluído: $1,4 \leq L/D \leq 7$.

[00080] Uma característica do presente queimador que tende a distribuir uniformemente e endireitar o fluxo do oxidante e evitar a mistura precoce do oxidante e do combustível no forno sem as características indesejáveis acima citadas de um dispositivo estático de mistura é a redução da área de seção transversal da passagem de oxidante 50 da seção de entrada 51 para a seção de saída 55. Esta redução da área de seção transversal da primeira passagem de oxidante é conseguida através da seção de transição 53. Para melhoria da distribuição de fluxo do primeiro oxidante, é desejável maximizar a razão de área de seção transversal de entrada para saída. No entanto, para uma dada velocidade do primeiro oxidante na saída, um aumento da relação A_i/A_o requer um aumento no tamanho da área de seção transversal de entrada. Os limites práticos no valor superior desta razão devido à restrição de espaço disponível na abertura do regenerador é $A_i/A_o = 5$. Para este queimador, $1,3 \leq A_i/A_o \leq 5$.

[00081] Como mostrado na FIG. 1, FIG. 2 e ampliado na FIG. 3, a segunda porção 27 do conduto de oxidante 20 pode ter uma superfície interna convexa na seção de transição 53 da passagem de oxidante 50.

[00082] Como mostrado na FIG. 1, FIG. 2 e ampliado na FIG. 3, a segunda porção 47 do conduto de combustível 40 pode ter uma superfície externa côncava na seção de transição 53 da passagem de oxidante 50. Estas curvaturas convexas e côncavas

ajudam a endireitar o fluxo do oxidante, de modo que ele se alinhe com o eixo 22 da corrente do primeiro oxidante quando ele se aproximar da extremidade de saída 29, enquanto diminuindo simultaneamente a geração e difusão de vórtices turbulentos.

[00083] A segunda porção 47 do conduto de combustível 40 forma ou define uma passagem de combustível 60. A passagem de combustível 60 tem uma seção de entrada 61, uma seção de transição 63 a jusante da seção de entrada 61 e uma seção de saída 65 a jusante da seção de transição 63. A seção de entrada da segunda porção do conduto de combustível tem uma área de seção transversal, A_{fi} , e uma seção de saída da segunda porção do conduto de combustível tem uma área de seção transversal, A_{fo} .

[00084] Similar à segunda porção do primeiro conduto de oxidante, uma característica do queimador que tende a endireitar o fluxo do combustível e evitar mistura turbulenta acelerada do oxidante e do combustível no forno é a redução na área de seção transversal da passagem de combustível 60 da seção de entrada 61 para a seção de saída 65. Para melhoria da distribuição de fluxo de combustível, é desejável maximizar a razão de área de seção transversal da entrada para a saída. No entanto, para uma dada velocidade de combustível na saída, um aumento na razão A_{fi}/A_{fo} exige um aumento no tamanho da área de seção transversal de entrada. Os limites práticos sobre o valor superior desta razão devido à restrição de espaço disponível na abertura do regenerador são A_{fi}/A_{fo} igual a 5. Para este queimador, $1,0 < A_{fi}/A_{fo} \leq 5$ ou $1,37 \leq A_{fi}/A_{fo} \leq 5$. Com base nas taxas de queima esperadas (isto é, taxas de fluxo de combustível), a área de seção transversal, A_{fo} é projetada para

proporcionar uma velocidade de combustível de cerca de 25 m/s a cerca de 150 m/s.

[00085] Como mostrado na FIG. 1 e na FIG. 2, a segunda porção 47 do conduto de combustível 40 pode ter uma superfície interna côncava e uma superfície interna convexa na seção de transição da passagem de combustível 60, onde a superfície interna convexa está a jusante da superfície interna côncava do conduto de combustível 60. Esta geometria ajuda a realinhar o fluxo na superfície interna da passagem de combustível com o eixo de fluxo 42, enquanto minimiza a geração e a difusão de vórtices turbulentos na corrente de combustível. Alinhando os fluxos do primeiro oxidante e de combustível ao longo de seus respectivos eixos e, simultaneamente, minimizando a geração e a difusão de vórtices turbulentos, estes recursos agem para reduzir a taxa de mistura do combustível e oxidante quando eles descarregam para o forno. Como foi relatado anteriormente, isto é importante para proteger o componente de metal do queimador de danos por altas temperaturas causados por uma chama oxi/combustível curta.

[00086] Como mostrado na FIG. 1 e FIG. 2, a extremidade de saída 29 da segunda porção 27 do conduto de oxidante 20 se projeta da extremidade de saída 49 da segunda porção 47 do conduto de combustível 40. A extremidade de saída 29 pode se projetar da extremidade de saída 49 por 0,2 cm a 3 cm. Projetar significa sobressair ou se estender para fora da superfície circundante ou contexto.

[00087] A extremidade de saída 49 do conduto de combustível 40 é recuada da extremidade de saída 29 do conduto de oxidante 20 para proteger a extremidade de saída 49 de radiação da chama proveniente do queimador e do ambiente de alta

temperatura do forno de vidro. O conduto de oxidante 20, incluindo a extremidade de saída 29 do conduto de oxidante, é resfriado pelo fluido de resfriamento que circula através da primeira camisa de fluido de resfriamento 10.

[00088] O conduto de combustível 40, por outro lado, é resfriado pelo fluxo do oxidante passando através da passagem de oxidante. Recuando a extremidade de saída 49, a extremidade de saída 49 será exposta a menos radiação térmica e superaquecimento pode ser evitado. No caso da extremidade de saída 49 ser recuada demais, o combustível e o oxidante podem reagir dentro do queimador, causando danos ao queimador devido ao superaquecimento do conduto de oxidante. Um bom equilíbrio entre a blindagem da extremidade de saída 49 contra a radiação térmica e a mistura do combustível e do oxidante é fornecido pela extremidade de saída 29 que se projeta da extremidade de saída 49 por 0,2 cm a 3 cm.

[00089] O queimador pode também incluir gradação de oxidante. A gradação de oxidante no contexto desta divulgação significa reter uma porção do oxigênio de combustão da primeira corrente de oxidante, de modo que ela possa ser distribuída em um "estágio" posterior da combustão do combustível. Como mostrado na FIG. 1, a lança de gradação pode ser parte do queimador colocado na abertura do regenerador, chamada de lança dentro da abertura, e/ou como mostrado na FIG. 2, a lança de gradação pode ser uma parte separada colocada abaixo da abertura de regenerador, chamada de uma lança abaixo da abertura. A gradação de oxidante é considerada como fornecendo um meio de ajustar a chama no forno.

[00090] O oxigênio de gradação age para baixar a temperatura de pico da chama oxi/combustível. O abaixamento da temperatura

de pico reduz o risco de dano ao queimador devido à alta temperatura e também reduz a taxa de mistura de combustível e oxidante. A redução da taxa de mistura de combustível e oxidante retarda o processo de combustão, assim, resultando em uma chama mais longa, o que é mais desejável. Além disso, a gradação cria uma região de combustão rica em combustível ou pobre em oxigênio dentro da chama. A região rica em combustível promove a formação de partículas sólidas ricas em carbono (fuligem) que intensificam a transferência de calor radiante da chama para a fusão de vidro, e também leva à redução de emissões de NOx. Existe um limite prático, no entanto, para o grau de gradação que pode ser empregado com segurança e eficácia. Este limite será tipicamente ajustado pelo momento da chama, que diminui à medida que a quantidade de oxigênio de gradação é aumentada. Se o momento da chama é muito baixo, a chama se tornará instável no forno e pode, por exemplo, traçar em direção à coroa do forno (teto) onde ela poderia danificar o refratário da coroa.

[00091] A colocação e orientação do oxigênio de gradação também afetam a chama do queimador. Oxidante de gradação que é introduzido imediatamente abaixo do primeiro bocal de oxidante/combustível tem certas características desejáveis. Por exemplo, o oxidante de gradação introduzido neste local se mistura com o combustível a jusante do bocal do queimador, e, daí, é substancialmente não diluído por gás do forno. Além disso, a gradação neste local é eficaz na intensificação da combustão da porção inferior da chama de queimador principal. Isto resulta em energia radiante da chama sendo preferencialmente dirigida para baixo em direção à fusão de vidro, ao invés de para cima em direção à coroa. Se existir

preocupação com superaquecimento da abertura, o bocal de gradação na abertura pode ser dirigido para baixo em direção ao piso da abertura onde ele fornece resfriamento convectivo dessa superfície. Alternativamente, se houver espaço insuficiente disponível para acomodar tanto o bocal do queimador quanto a lança dentro da abertura, então, é permitido localizar um bocal de oxigênio de gradação em outros lugares, por exemplo, abaixo da abertura, mas acima da superfície da fusão de vidro.

[00092] A inclusão de gradação de oxidante tanto abaixo da abertura de regenerador quanto na abertura de regenerador dá ao operador flexibilidade para efetuar aquecimento da fusão de vidro, superaquecimento do refratário da abertura de regenerador e emissões de poluentes, tais como NO_x. Experimentos foram realizados em um forno de teste de abertura única. Resultados experimentais verificaram o efeito substancial da quantidade e da localização de gradação de oxidante na transferência de calor, temperatura de abertura e temperatura do teto do forno. A Figura 5, por exemplo, indica que um fluxo de calor muito maior para o piso do forno é obtido com 80% de gradação de oxidante na abertura em comparação com os casos "sem gradação" e 80% de gradação abaixo da abertura. Embora estes dados forneçam tendências representativas, a quantidade ideal e a localização de gradação de oxidante são mais bem determinadas com base na geometria específica do forno e nas condições de operação.

[00093] Como mostrado na FIG. 2, o queimador pode incluir uma lança de gradação de oxidante abaixo da abertura 90 que é colocada em relação de afastamento fixo para a segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20. A lança de gradação de

oxidante abaixo da abertura é usada para direcionar uma corrente de oxidante sob uma chama produzida pela introdução de combustível e oxidante do conduto de combustível 40 e do primeiro conduto de oxidante 20, respectivamente.

[00094] A lança de gradação de oxidante abaixo da abertura 90 tem uma entrada 91 para receber o primeiro gás oxidante ou um segundo gás oxidante. O primeiro gás oxidante e o segundo gás oxidante podem ser oxigênio de grau industrial da mesma fonte ou de fontes diferentes.

[00095] A entrada 91 pode incluir um acessório de desconexão rápida ou outro acessório adequado para conectar o abastecimento de gás oxidante à lança de gradação de oxidante abaixo da abertura 90.

[00096] A lança de gradação de oxidante abaixo da abertura 90 pode não precisar de uma camisa de fluido de resfriamento. O fluxo de gás oxidante através da lança de gradação de oxidante abaixo da abertura pode ser suficiente para manter o bocal da lança de gradação de oxidante abaixo da abertura frio. O gás oxidante introduzido na lança de gradação de oxidante abaixo da abertura 90 será geralmente o mesmo gás oxidante que é introduzido no primeiro conduto de oxidante 20, por exemplo, oxigênio de grau industrial. No entanto, o gás oxidante introduzido na lança de gradação de oxidante abaixo da abertura pode ser um gás oxidante diferente daquele introduzido no primeiro conduto de oxidante 20.

[00097] O queimador pode incluir uma lança de gradação de oxidante na abertura mostrada na FIG. 1 como segundo conduto de oxidante 80 que é colocada em relação de afastamento fixo para a segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20. O segundo conduto de oxidante 80 é usado para direcionar uma

corrente de oxidante sob a chama.

[00098] Uma vez que a lança de gradação de oxidante na abertura está na abertura do regenerador, ela exigirá resfriamento. O segundo conduto de oxidante 80 pode ser disposto em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da primeira camisa de fluido de resfriamento 10 ou uma segunda camisa de fluido de resfriamento opcional 70, como mostrado na FIG. 1.

[00099] O queimador pode ainda compreender uma segunda camisa de fluido de resfriamento opcional 70 e um segundo conduto de oxidante 80 dispostos em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da segunda camisa de fluido de resfriamento opcional 70. A segunda camisa de fluido de resfriamento 70 pode ser necessária para evitar que o bocal da lança de oxidante superaqueça por causa de aquecimento radiante da chama e do forno. Água ou outro fluido de resfriamento é introduzido na entrada 71 da segunda camisa de fluido de resfriamento opcional 70 e flui em torno do segundo conduto de oxidante 80, incluindo a área em torno da extremidade de descarga de oxidante. A água ou outro fluido de resfriamento é retirado da saída 73 da segunda camisa de fluido de resfriamento opcional 70.

[000100] O segundo conduto de oxidante 80 tem uma entrada 81 para receber o gás oxidante ou um segundo gás oxidante, uma primeira porção 83 a jusante da entrada 81, uma porção de curva 85 a jusante da primeira porção 83 e uma segunda porção 87 a jusante da porção de curva 85. O primeiro gás oxidante e o segundo gás oxidante podem ser oxigênio de grau industrial de fontes iguais ou diferentes.

[000101] A entrada 81 pode incluir um acessório de desconexão

rápida ou outro acessório adequado para conectar o abastecimento de gás oxidante para à lança de oxidante para o queimador.

[000102] A primeira porção 83 pode ter uma seção transversal circular e pode ser fisicamente fixada, por exemplo, por soldagem, à superfície externa da primeira porção do primeiro bocal de oxidante.

[000103] A parte de curva 85 tem um ângulo de curvatura, β , onde o ângulo de curvatura, β , está dentro de 15° do ângulo de curvatura, α . O ângulo de curvatura, β , pode ser de 60° a 110° . A segunda porção 87 do segundo conduto de oxidante 80 pode ser inclinada para cima ou para baixo em relação à segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20. O ângulo incluído para o segundo conduto de oxidante 80 é definido entre uma seção reta da primeira porção 81 do segundo conduto de oxidante 80 e uma seção reta da segunda porção 85 do segundo conduto de oxidante 80. O ângulo de curvatura, β , é o ângulo suplementar ao ângulo incluído para o segundo conduto de oxidante.

[000104] A segunda porção 87 do segundo conduto de oxidante 80 termina em um bocal e tem um eixo de fluxo 82. A segunda porção 87 do segundo conduto de oxidante 80 está em relação de afastamento fixo para a segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20. A segunda camisa de fluido de resfriamento opcional 70 e o segundo conduto de oxidante 80 podem ser soldados juntos ou de outra forma fixados como parte do conjunto de queimador.

[000105] O ângulo de curvatura, β , pode estar dentro de 2° do ângulo de curvatura, α . O eixo de fluxo 82 da segunda porção 87 do segundo conduto de oxidante 80 pode ser substancialmente

paralelo ao eixo de fluxo 22 da segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20. Com respeito ao eixo de fluxo 82 e ao eixo de fluxo 22, substancialmente paralelo significa afastado e equidistante até dentro de 10% da distância de afastamento máximo.

[000106] Como mostrado na FIG. 1, a extremidade de saída 29 da segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20 pode sobressair da saída 89 do bocal. A extremidade de saída 29 pode se projetar da saída 89 por 0,2 cm a 3 cm. O bocal do segundo conduto de oxidante 80 pode ser recuado em relação à extremidade de saída 29 da segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20 para permitir que a primeira camisa de resfriamento e/ou a segunda porção 27 do primeiro conduto de oxidante 20 blindem o bocal da radiação da chama e/ou do forno.

[000107] Como mostrado na FIG. 1 e em detalhes na FIG. 4, o bocal da segunda porção 87 do segundo conduto de oxidante 80 tem uma entrada 88, uma seção de transição e uma saída 89. A entrada 88 pode ter uma seção transversal circular e uma área de seção transversal, A_{ni} , e a saída 89 tem uma seção transversal não circular e uma área de seção transversal, A_{no} . A saída 89 do bocal pode ter uma razão de largura para altura ("W" para "H") de 1,5 a 5. Para efeitos desta divulgação, a razão de largura para altura da saída 89 é medida na face de saída do bocal. A largura é a maior dimensão em relação à altura.

[000108] Para este bocal, A_{ni}/A_{no} , pode ser de 1,25 a 5. Uma razão de área maior do que o limite inferior indicado é essencial para minimizar não uniformidade de fluxo de oxidante na saída do bocal, que podem levar a fluxo separado ou

reverso, aumentando o risco de corrosão do bocal, obstrução e falha prematura. Uma razão de área menor do que o limite superior é necessária para evitar ou uma velocidade excessivamente alta do segundo oxidante ou um conduto do segundo oxidante inaceitavelmente grande.

[000109] O bocal pode ter uma altura convergente e uma largura divergente. A altura convergente ajuda a reduzir a área de seção transversal que é necessária para evitar a separação de fluxo. A largura divergente aumenta a amplitude da corrente secundária emergente, de modo que ela é mais larga do que a chama criada pelo primeiro oxidante e combustível. Isto aumenta a uniformidade da mistura abaixo do oxidante de gradação e abaixo da chama. A segunda porção 87 do segundo conduto de oxidante 80 pode ter uma superfície interna convexa perto da saída 89. A superfície interna convexa permite a transição rápida e suave do fluxo de saída para uma orientação que é paralela ao eixo principal de fluxo 82. O semiângulo da divergência na dimensão de largura pode ser de 5° a 15° .

[000110] Bocais são comumente descritos como "convergentes" (estreitando de uma dimensão ampla para uma dimensão menor na direção do fluxo) ou "divergentes" (expandindo de uma dimensão menor para uma dimensão maior na direção de fluxo). Um bocal de Laval tem uma seção convergente seguida por uma seção divergente e é muitas vezes chamado de um bocal convergente-divergente.

[000111] Bocais convergentes aceleram fluidos subsônicos. Se a razão de pressão do bocal é alta o suficiente o fluxo atingirá a velocidade sônica no ponto mais estreito (ou seja, o estrangulamento do bocal). Nesta situação, o bocal é dito ser "estrangulado".

[000112] O bocal descrito neste documento difere do bocal tipo *de Laval*. O bocal tipo *de Laval* tem uma seção convergente seguida por uma seção divergente em contraste com o presente bocal tendo uma largura divergente e uma altura convergente.

[000113] O queimador é projetado para ser inserido em uma abertura de regenerador como mostrado na FIG. 2. Um furo deve ser cortado no gargalo de abertura de regenerador para fornecer um local para inserir o queimador. O furo pode ser cortado em cima, em baixo (soleira) ou nos lados do gargalo da abertura. De preferência, o furo é cortado em baixo ou no piso do gargalo da abertura.

[000114] O queimador pode ser inserido na abertura por um furo cortado na parte inferior do gargalo da abertura, de preferência em uma orientação substancialmente vertical, como mostrado na FIG. 2. O queimador pode incluir uma placa de montagem 95 para posicionar e fixar o queimador no gargalo da abertura. O queimador descarrega o combustível e gás oxidante em um plano substancialmente horizontal no espaço de combustão do forno.

[000115] O queimador pode ser operado de uma variedade de maneiras para controlar a temperatura e a distribuição de fluxo de calor, tanto no tanque de vidro quanto na abertura de regenerador. Isto é conseguido principalmente através de ajuste na distribuição de oxigênio, o uso estratégico de que fornecem customização da chama, luminosidade e estabilidade, e também pode auxiliar no resfriamento da superfície da abertura.

[000116] O queimador pode ser operado introduzindo um combustível gasoso através do conduto de combustível 40, introduzindo uma ou mais correntes de gás oxidante através de

dois ou mais dentre o primeiro conduto de gás oxidante 20, uma lança de gradação de oxidante na abertura (segundo conduto de oxidante 80) e uma lança de gradação de oxidante abaixo da abertura 90.

[000117] A presente invenção também se refere a um forno 100, uma porção do qual é mostrada na FIG. 2. Enquanto o forno de acordo com a presente invenção é mostrado com o queimador de acordo com a FIG. 2, o queimador de acordo com a FIG. 1 pode também ser usado em conjunto com o forno e um técnico no assunto pode claramente adaptar a descrição para o queimador de acordo com a FIG. 1. O forno compreende um regenerador 125, uma câmara de combustão de forno 135 e um gargalo de abertura de regenerador 105 conectando o regenerador 125 à câmara de combustão de forno 135. O gargalo de abertura de regenerador 105 define uma abertura 110 e uma abertura de porta 115 em uma parede 120 do forno 100. O forno compreende também um queimador de acordo com as características descritas acima. O queimador penetra através do gargalo de abertura de regenerador 105 e na abertura 110 e o queimador é disposto para dirigir um combustível e um oxidante para o forno 100.

[000118] O gargalo de abertura de regenerador 105 compreende um arco de abertura (superior), soleira de abertura (inferior) e paredes laterais, tipicamente construídos de tijolo refratário. O gargalo de abertura de regenerador define uma passagem ou porta entre um regenerador e a abertura de porta ou boca de porta do forno. Como usado aqui, a abertura é a passagem e se distingue da abertura de porta.

[000119] Um regenerador é um dispositivo de recuperação de calor que utiliza transferência de calor regenerativa e é bem conhecido na arte. Detalhes de regeneradores podem ser

encontrados em "Glass Furnaces, Design Construction and Operation", por Wolfgang Trier, traduzido por K.L. Loewenstein, Society of Glass Technology, Sheffield, UK, 2000, e "The Handbook of Glass Manufacture", 3ª Ed., Volumes 1 & 2, por Fay Tooley (ed.), Ashlee Publishing Co. (New York), 1984.

[000120] Como usado aqui, um gargalo de abertura de regenerador é qualquer conduto que serve ou serviu anteriormente para transferir ar de combustão de um regenerador para um espaço de combustão em um forno.

[000121] O forno pode incluir um queimador incluindo toda ou qualquer característica descrita acima para o queimador.

[000122] Em uma modalidade, como mostrado na FIG. 1, uma lança de gradação na abertura pode ser usada no forno.

[000123] Em uma modalidade, como mostrado na FIG. 2, um conduto 90 penetra na parede do forno 120 em uma posição debaixo da abertura de porta 115 e é disposto para dirigir o oxidante para o forno. O conduto 90 é uma lança de gradação de oxidante abaixo da abertura. O conduto está "embaixo" da abertura de porta se uma linha desenhada verticalmente para cima da lança intercepta a abertura. Verticalmente significa para cima ou para baixo, prumo.

[000124] O forno pode incluir tanto uma lança de gradação de oxidante na abertura quanto uma lança de gradação de oxidante abaixo da abertura.

[000125] O forno compreende também um depósito de tanque de fusão disposto abaixo e adjacente à câmara de combustão de forno, uma extremidade de carregamento para introduzir ingredientes formadores de vidro no depósito de tanque de fusão e uma extremidade de descarga para retirar um produto de vidro do depósito de tanque de fusão. Ingredientes formadores

de vidro são carregados no depósito de tanque de fusão do forno e são fundidos pelo calor das chamas de combustão na câmara de combustão do forno. O vidro fundido escoar da extremidade de carregamento para a extremidade de descarga e é retirado como um produto do forno. O vidro fundido retirado sofre operações de formação para formar o vidro em chapa de vidro, fibra de vidro, recipientes ou outro produto desejado.

[000126] O forno também compreende uma abertura de exaustão em uma parede do forno para retirar produtos de combustão da câmara de combustão do forno. Combustível e oxidante são introduzidos através do queimador no gargalo de abertura de regenerador na câmara de combustão do forno, queimam para formar uma chama e transferem calor para os ingredientes formadores de vidro e o vidro fundido. Produtos de combustão da reação do combustível e oxidante são removidos da câmara de combustão do forno através da abertura de exaustão.

[000127] A presente invenção também se refere a um método de aquecer um forno, por exemplo, durante um reparo de regenerador. Depois de operar um forno por um longo período de tempo, o pacote ou retentores de transferência de calor no regenerador podem se tornar obstruídos com voláteis condensados do forno de vidro ou de outra forma degradados. O forno ainda precisa ser aquecido quando uma abertura de ar-combustível é retirada de serviço para reparar o regenerador. De preferência, calor suficiente é fornecido para manter a produção de vidro.

[000128] O método também pode ser usado para estender a vida de um forno sem reparar o regenerador degradado ou para aumentar a taxa de produção de um forno existente.

[000129] O queimador descrito acima pode ser usado em um

método para aquecer um forno enquanto um regenerador é reparado, para prolongar a vida útil do forno sem reparar o regenerador e/ou para aumentar a taxa de produção de um forno existente.

[000130] O método para aquecer um forno compreende obstruir um fluxo de ar para a abertura, terminar um fluxo de um combustível para um queimador ar-combustível associado com a abertura, instalar um queimador como descrito acima, de modo que o queimador penetre através do gargalo de abertura de regenerador e na abertura, passar um refrigerante através da primeira camisa de fluido de resfriamento, introduzir um primeiro gás oxidante no forno através do primeiro conduto de oxidante e introduzir o mesmo combustível que foi utilizado durante a operação ar-combustível anterior ou um combustível diferente no forno através do conduto de combustível.

[000131] O método também compreende queimar o combustível selecionado com o primeiro gás oxidante para formar produtos de combustão e retirar os produtos de combustão da câmara de combustão do forno através de uma exaustão.

[000132] Durante um reparo de regenerador, o fluxo de ar através dessa porção do empacotamento retentor do regenerador terá que ser interrompido, de modo que os retentores degradados podem ser removidos e retentores substitutos instalados. O regenerador pode ser um projeto de caixa aberta ou um projeto compartimentalizado. O fluxo de ar pode ser obstruído ou bloqueado de outra forma nessa parte inferior do regenerador. Também pode ser desejável obstruir ou de outra forma bloquear o fluxo de ar na extremidade a montante da abertura de regenerador.

[000133] O gargalo de abertura de regenerador pode ser cortado

ou de outra forma modificado para fornecer um furo para instalar o queimador. O furo no gargalo de abertura de regenerador pode ser na parte inferior ou soleira do gargalo de abertura de regenerador como mostrado na FIG. 2. O furo também pode ser cortado em cada um dos lados do gargalo da abertura de regenerador ou do arco ou na parte superior do gargalo de abertura de regenerador.

[000134] O queimador pode ser instalado de modo que o queimador penetre através do gargalo de abertura de regenerador na abertura. A distância da extremidade de saída da segunda porção do primeiro conduto de oxidante e a distância da extremidade de saída da segunda porção do conduto de combustível de qualquer uma das paredes de gargalo de abertura pode ser ajustada pela posição da placa de montagem 95.

[000135] Geralmente um refrigerante, de preferência água, será passado através da primeira camisa de fluido de resfriamento durante a instalação do queimador no gargalo de abertura de regenerador para evitar superaquecimento do queimador enquanto ele está sendo instalado.

[000136] Depois de instalado, um primeiro gás oxidante será introduzido no forno através do primeiro conduto de oxidante e um combustível será introduzido no forno através do conduto de combustível. O combustível pode ser o mesmo combustível que foi utilizado para a operação anterior de ar-combustível ou um combustível diferente pode ser usado, se desejado. O combustível pode ser gás natural.

[000137] O método pode ainda compreender a introdução do primeiro gás oxidante ou de um segundo gás oxidante no forno através de um segundo conduto de oxidante.

[000138] O método pode ainda compreender a introdução de uma quantidade de ar através da abertura de regenerador. O ar pode vir através do regenerador ou de outra fonte. O ar assim introduzido tem pelo menos três efeitos benéficos. Primeiro, ele purga a abertura de gases e particulados de forno recirculados, minimizando assim a corrosão e acúmulo de partículas dentro da abertura. Em segundo lugar, ele acrescenta momento à chama. Finalmente, ele permite a redução do fluxo de oxidante para o queimador, o que por sua vez reduz os custos operacionais e reduz a taxa de combustão perto do bocal do queimador. A taxa de combustão mais lenta geralmente estende e intensifica a região luminosa da chama, aumentando assim a transferência de calor radiante. Até 25% da necessidade de oxigênio estequiométrico para o queimador podem ser fornecidos por fluxo de ar através da abertura. Com parte da necessidade de oxigênio sendo fornecida por ar através da abertura, 95% a menos de cerca de 75% da quantidade estequiométrica de oxidante necessário para combustão completa do combustível para o queimador podem ser fornecidos pelo primeiro gás oxidante e/ou segundo gás oxidante.

[000139] O regenerador pode, então, ser reparado enquanto a operação do queimador fornece aquecimento para o forno e a produção de vidro continua.

[000140] Caso contrário, o forno pode continuar a operação neste modo sem reparar o regenerador até o final da campanha do forno.

[000141] Alguns limites para as faixas de parâmetros do queimador foram determinados por considerações geométricas (isto é, espaço disponível) do queimador e da abertura de um forno de vidro regenerativo. Para ajudar a determinar outros

limites para estas faixas, modelagem Computational Fluid Dynamics (CFD) foi usada, como descrito no exemplo a seguir.

Exemplo

[000142] Modelagem CFD foi usada para isolar e examinar os efeitos de parâmetros de projeto e operacionais de fenômenos mecânicos e térmicos do fluido de queimador. Um queimador e segundo oxidante associado, conforme ilustrado na FIG. 1, serviram como a configuração de modelagem base. Parâmetros variados durante o esforço de modelagem, juntamente com suas respectivas faixas, são fornecidos na Tabela 1. Observem que enquanto o fluxo de oxidante de gradação, isto é a porcentagem do fluxo de oxidante total (primeiro mais segundo), não é um parâmetro de projeto para o queimador, ele foi incluído neste documento uma vez que a sua variação dentro do exemplo ajuda a realçar ainda mais os efeitos dos outros parâmetros. O combustível foi assumido como gás natural que é modelado como 100% metano.

[000143] Por razões práticas, apenas os resultados CFD mais salientes são apresentados.

Tabela 1

Parâmetro	Mínimo	Máximo
Comprimento adimensional do queimador, L/D	0,8	2,7
Razão de área de seção transversal de fluxo de primeiro oxidante, A_i/A_0	1,0	1,9
Razão de área de seção transversal de fluxo de combustível, A_{fi}/A_{f0}	1,0	1,9
Razão de área de seção transversal de fluxo de segundo conduto de	1,0	1,55

oxidante, A_{ni}/A_{n0}		
Fluxo de oxidante de gradação (% de fluxo de oxidante total)	20%	80%

[000144] A variação do comprimento adimensional do queimador, L/D , foi realizada com as razões de primeiro oxidante e área de seção transversal de fluxo na área de combustível em seus valores máximos (ver Tabela 1). Resultados estão resumidos nas FIGS. 6 a 9.

[000145] Por exemplo, o efeito de L/D na temperatura de chama de pico é ilustrado na FIG. 6. Observem que, embora a tendência para o caso de gradação de 20% mostre um aumento gradual e relativamente pequeno na temperatura quando L/D é reduzida, a temperatura de chama de pico para o caso de gradação de 80% aumenta em quase 100K para 80% de oxidante quando L/D é diminuída de 2,7 para 1,4, então, declina quando L/D é ainda diminuída para 0,8. Uma vez que o aumento da temperatura de chama de pico é inferior a 100K para L/D variando de 0,8 a 2,7 e L/D maior que 2,7 teria uma temperatura de chama de pico ainda mais baixa, L/D de 0,8 a 7 é adequada. O queimador é operável através de uma faixa de L/D de 0,8 a 7.

[000146] Um exame mais próximo da temperatura de chama para casos que envolvem 80% de gradação é dado na FIG. 7 que compara a distribuição de temperatura de chama para L/D igual a 0,8, 1,4 e 2,7. Primeiro será observado que a temperatura de pico para todos os três casos ocorre relativamente perto do bocal do queimador; daí, excursões no valor de pico potencialmente expõem o metal do queimador a danos por alta temperatura. Além disso, para L/D igual a 1,4 e 2,7, a

temperatura de chama aumenta inicialmente, atingindo um valor de pico a uma distância de aproximadamente 0,5 m da saída do bocal. No entanto, para L/D igual a 0,8, a temperatura de pico ocorre a uma distância de menos de 0,2 m da saída do bocal, assim aumentando ainda mais o risco de superaquecimento do bocal. Também é de interesse que a temperatura da chama para o caso de L/D igual a 0,8 imediatamente diminua após o pico ser atingido, chegando a um mínimo local que está entre 150 e 200K inferior aquele que ocorre para os outros dois casos. Estas características sugerem uma mudança mais radical nas propriedades da chama ocorrendo entre L/D igual a 1,4 e 0,8 do que ocorrendo de L/D igual a 2,7 e 1,4.

[000147] Uma explicação para a mudança nas propriedades da chama pode ser deduzida dos perfis de velocidade da saída do bocal dos casos de L/D igual a 1,4 e 0,8 fornecidos nas FIG. 8a e 8b, respectivamente. Em particular, embora a trajetória da mistura combustível/primeiro oxidante permaneça essencialmente inalterada para os dois casos, a trajetória do segundo oxidante é significativamente alterada quando L/D é variada. Ou seja, para L/D igual a 1,4, a trajetória do segundo oxidante é essencialmente paralela aquela da corrente de primeiro oxidante/combustível. No entanto, quando L/D é reduzida para 0,8, o fluxo de oxidante de gradação, tendo comprimento de desenvolvimento insuficiente desenvolvimento dentro do segundo bocal de oxidante, é angulado para cima em direção à chama principal por aproximadamente 4 graus. Isto leva a uma rápida convergência entre a chama e o oxidante secundário, que quando combinado com o volume relativamente grande do segundo oxidante (80% do total de oxidante como oxidante de gradação) gera mistura acelerada perto da ponta do

queimador, fazendo com que a temperatura de pico seja localizada mais próxima do bocal e a temperatura mínima subsequente seja menor do que para os outros casos. O efeito prático destas descobertas é que quando o queimador compreende um segundo conduto de oxidante, o valor mínimo de L/D deve ser maior ou igual a 1,4. No entanto, uma vez que as características da corrente de combustível/primeiro oxidante não são grandemente afetadas pela alteração de L/D igual a 1,4 para 0,8, quando o queimador não compreende o segundo conduto de oxidante, o valor mínimo de L/D deve ser maior ou igual a 0,8.

[000148] O efeito de L/D no comprimento de chama, ilustrado na FIG. 9, reforça as conclusões tiradas das FIGS. 6 a 8. Esta figura mostra como a redução de L/D leva ao encurtamento da chama, presumivelmente devido ao desenvolvimento insuficiente de perfis de velocidade de reagente dentro do queimador e dos bocais de lança e gradação que levam a mistura acelerada. O efeito de encurtamento de chama de L/D entre 1,4 e 0,8 para o caso de 80% de gradação de oxidante é particularmente grave e pode ser novamente atribuído à rápida convergência entre os fluxos de bocal principal e secundário previamente descrita.

[000149] A variação da razão de área de primeiro oxidante foi realizada com comprimentos adimensionais de queimador, L/D , de 0,8 e 1,4. Temperatura de chama de pico se mostrou sensível à razão de área do primeiro oxidante. A FIG. 10 mostra a temperatura de pico em função de A_1/A_0 para L/D igual a 1,4, e para 20% e 80% de gradação de oxidante. Um aumento de temperatura de pico da ordem de 190K ocorre para 80% de gradação enquanto um aumento de temperatura de pico de 230K ocorre para 20% de gradação quando a razão de área A_1/A_0 é

reduzida 1,9 para 1,0. Para o último caso, o aumento da temperatura de pico se intensifica quando A_i/A_0 é reduzida de 1,3 para 1,0. Resultados semelhantes são apresentados para o caso de L/D igual a 0,8 na FIG. 11. Como na FIG. 10, a temperatura de pico aumenta drasticamente quando A_i/A_0 é reduzida abaixo de 1,3. Para todos os casos, a temperatura de chama de pico mais alta atinge um valor na faixa de 2600 a 2650K a A_i/A_0 igual a 1,0.

[000150] Detalhes adicionais comparando as distribuições de temperatura de chama para o caso de 80% de gradação com A_i/A_0 igual a 1,0 e 1,9 são apresentados na FIG. 12. As distribuições de temperatura para ambos os casos novamente mostram o valor de pico característico perto da saída do queimador. Notem, no entanto, que a localização do pico muda de uma distância de aproximadamente 0,4 m do bocal do queimador a A_i/A_0 igual a 1,9 para aproximadamente 0,2 m do bocal para A_i/A_0 igual a 1,0. Uma vez que é a combinação de temperatura de pico e localização de pico que define o risco relativo de superaquecimento do bocal, conclui-se que os valores de A_i/A_0 menores que 1,3 devem ser evitados.

[000151] O mecanismo pelo qual o efeito de variar a razão de área de oxidante altera as propriedades da chama é através do perfil de velocidade de saída do primeiro oxidante. Ou seja, diminuindo a razão A_i/A_0 aumenta a má distribuição do primeiro fluxo de oxidante na saída do bocal do queimador, dessa forma gerando excesso de turbulência e cisalhamento que aumentam a temperatura de chama de pico e encurtam o comprimento de chama. Uma maneira de quantificar a má distribuição de velocidade é calcular um desvio de velocidade definido como o desvio padrão da velocidade local do valor médio da seção

transversal. Definido como tal, um desvio de velocidade mais alto corresponde a um maior grau de não uniformidade que, para a presente invenção, leva a uma taxa de mistura mais alta indesejável entre combustível e primeiro oxidante. Os desvios de velocidade correspondentes à razão de área do primeiro oxidante A_i/A_0 igual a 1,0, 1,3 e 1,9; L/D igual a 1,4; 20% de gradação, estão listados na Tabela 2. A magnitude dos desvios, normalizados como uma porcentagem da velocidade na seção transversal média, indica uma duplicação da não uniformidade do primeiro oxidante quando a razão A_i/A_0 é reduzida de 1,9 para 1,0. Além disso, ela mostra um aumento relativamente pequeno no desvio de velocidade quando A_i/A_0 é reduzida de 1,9 para 1,3, em comparação com um aumento bastante grande quando A_i/A_0 é reduzida de 1,3 para 1,0, ainda indicando a necessidade de manter a razão de área do primeiro oxidante A_i/A_0 em ou acima de 1,3.

Tabela 2

Razão de Área do Primeiro Oxidante, a A_i/A_0	Desvio de Velocidade (% da velocidade média)
1,0	21,5
1,3	13,9
1,9	10,7

[000152] Sobre a razão da área de combustível A_{fi}/A_{f0} , diminuindo este parâmetro sobre a faixa 1,9 a 1,0 tem um efeito qualitativamente similar na temperatura de chama de pico quando a mudança na razão de área do primeiro oxidante (através dos mesmos limites). A magnitude do efeito, no entanto, é menor. Por exemplo, com L/D igual a 0,8, a redução da razão de área de combustível de 1,9 a 1,0 rendeu um aumento

de 70K da temperatura de chama de pico, ao passo que o aumento da temperatura de chama produzido pela mesma redução na razão de área do primeiro oxidante foi de 250K (ver FIG. 11).

[000153] A menor sensibilidade das características de chama à razão da área do bocal de combustível em comparação com aquela da razão de área do primeiro oxidante é rastreável pelo fato de que o perfil de velocidade de saída do bocal de combustível não é tão sensível às mudanças de razão de área como é o perfil de velocidade de saída do primeiro oxidante. Conforme documentado na Tabela 3, os desvios de velocidade de combustível na saída do bocal para a razão de área de combustível A_{fi}/A_{fo} igual a 1,0 e 1,9 são menos de metade dos comparáveis para o primeiro oxidante (ver Tabela 2). As razões de área de combustível A_{fi}/A_{fo} menores que 1,0 são indesejáveis, pois elas estão propensas a efeitos de separação de fluxo instável. Daí, com base em modelagem CFD qualquer razão de área de bocal de combustível A_{fi}/A_{fo} maior ou igual a 1,0 é aceitável nesta invenção. No entanto, medições e observações de propriedades de chama feitas durante testes de protótipo de laboratório indicam que o desempenho do queimador é ainda melhorado através do uso de uma razão de área de combustível maior do que 1,37 e também com um contorno côncavo a convexo, como ilustrado na Figura 3.

Tabela 3

Razão de Área de Combustível, A_{fi}/A_{fo}	Desvio de Velocidade (% da velocidade média)
1,0	9,4
1,9	4,8

[000154] A razão de área de seção transversal de fluxo,

A_{ni}/A_{n0} , do segundo conduto de oxidante fortemente influencia a distribuição de velocidade do segundo oxidante deixando o bocal que, por sua vez, pode afetar tanto o desempenho quanto a durabilidade do sistema de queimador. Para as condições de interesse desta invenção, $1,0 \leq A_{ni}/A_{n0} \leq 1,55$, os resultados de modelagem CFD verificaram o forte efeito sobre a distribuição de velocidade. A Figura 13 mostra que o desvio de velocidade do oxidante secundário aumenta drasticamente quando a razão de área, A_{ni}/A_{n0} , é reduzida abaixo de um valor de aproximadamente 1,25, como indicado pela inclinação aumentada da curva. Embora os resultados sugiram que o efeito sobre o desempenho de combustão é relativamente menor através desta faixa, a quebra do perfil de velocidade de saída do bocal em razões de área abaixo deste valor crítico leva a regiões de velocidade de saída muito baixa que são propensas a instabilidades que podem levar fluxo separado ou reverso. Isto aumenta o risco de corrosão e obstrução do bocal e é susceptível de conduzir à necessidade de manutenção mais frequente e taxas de falhas mais altas. Como tal, a razão de área aceitável mínima A_{ni}/A_{n0} , para o segundo bocal de oxidante desta invenção é de 1,25.

- REIVINDICAÇÕES -

1. QUEIMADOR, caracterizado por compreender:

uma primeira camisa de fluido de resfriamento(10) com um diâmetro externo equivalente, D ;

um primeiro conduto de oxidante(20) disposto em relação afastada fixa e geralmente concentricamente dentro da primeira camisa de fluido de resfriamento(10), o primeiro conduto de oxidante(20) tendo:

uma entrada(21);

uma primeira porção(23) a jusante da entrada(21) do primeiro conduto de oxidante(20);

uma porção de curva(25) a jusante da primeira porção(23) do conduto de oxidante(20), a porção de curva(25) do primeiro conduto de oxidante(20) tendo um ângulo de curvatura, α , de 45° a 120° ; e

uma segunda porção(27) a jusante da porção de curva(25) do primeiro conduto de oxidante(20), a segunda porção(27) do primeiro conduto de oxidante(20) terminando em uma extremidade de saída(29) e tendo um eixo de fluxo(22) e um comprimento, L ; e

um conduto de combustível(40) tendo:

uma entrada(41);

uma primeira porção(43) a jusante da entrada(41) do conduto de combustível(40), em que a primeira porção(43) do conduto de combustível(40) está disposta em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da primeira porção(43) do primeiro conduto de oxidante(20);

uma porção de curva(45) em que a porção de curva do conduto de combustível está disposta em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da porção de

curva(25) do primeiro conduto de oxidante(20); e

uma segunda porção(47) terminando em uma extremidade de saída(49) e tendo um eixo de fluxo(42) em que a segunda porção(47) do conduto de combustível(40) está disposta em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro da segunda porção(27) do primeiro conduto de oxidante(20), dessa forma definindo uma passagem de oxidante(50) entre a segunda porção(47) do conduto de combustível(40) e a segunda porção(27) do primeiro conduto de oxidante(20);

em que a passagem de oxidante(50) tem uma seção de entrada(51), uma seção de transição(53) a jusante da seção de entrada(51) e uma seção de saída(55) a jusante da seção de transição(53), em que a seção de entrada(51) tem uma área de seção transversal, A_i , a seção de saída(55) tem uma área de seção transversal, A_0 , e

em que $0,8 \leq L/D \leq 7$ e $1,3 \leq A_i/A_0 \leq 5$

em que geralmente concentricamente significa que o eixo de um conduto é comum ao eixo do outro conduto ou ligeiramente deslocado por até 2 cm.

2. Queimador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a segunda porção do conduto de combustível definir uma passagem de combustível em que a passagem de combustível tem uma seção de entrada, uma seção de transição a jusante da seção de entrada e uma seção de saída a jusante da seção de transição, em que a seção de entrada da segunda porção do conduto de combustível tem uma área de seção transversal, A_{fi} , e a seção de saída da segunda porção do conduto de combustível tem uma área de seção transversal, A_{f0} , em que $1,0 < A_{fi}/A_{f0} \leq 5$.

3. Queimador, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por a segunda porção do conduto de combustível ter uma superfície interna côncava e uma superfície externa convexa na seção de transição da passagem de combustível, em que a superfície interna convexa do conduto de combustível está a jusante da superfície interna côncava do conduto de combustível.

4. Queimador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a extremidade de saída da segunda porção do primeiro conduto de oxidante se projetar da extremidade de saída da segunda porção do conduto de combustível por 0,2 cm a 3 cm.

6. Queimador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ainda compreender:

uma segunda camisa de fluido de resfriamento opcional; e

um segundo conduto de oxidante disposto em relação de afastamento fixo e geralmente concentricamente dentro de pelo menos uma dentre a primeira camisa de fluido de resfriamento e a segunda camisa de fluido de resfriamento, o segundo conduto de oxidante tendo:

uma entrada;

uma primeira porção a jusante da entrada do segundo conduto de oxidante;

uma porção de curva a jusante da primeira porção do segundo conduto de oxidante, a porção de curva do segundo conduto de oxidante tendo um ângulo de curvatura, β , o ângulo de curvatura β dentro de 15° do ângulo de curvatura α ; e

uma segunda porção a jusante da porção de curva do segundo conduto de oxidante, a segunda porção do segundo

conduto de oxidante terminando em um bocal e tendo um eixo de fluxo, a segunda porção do segundo conduto de oxidante em relação de afastamento fixo para a segunda porção do primeiro conduto de oxidante;

em que $1,4 \leq L/D \leq 7$.

6. Queimador, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por o ângulo de curvatura, β estar dentro de 2° do ângulo de curvatura, α , e em que o eixo de fluxo da segunda porção do segundo conduto de oxidante é substancialmente paralelo ao eixo do fluxo da segunda porção do primeiro conduto de oxidante, em que substancialmente paralelo significa afastado com um desvio máximo de distância de espaçamento de 2 cm

7. Queimador, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o bocal ter uma entrada e uma saída e em que a extremidade de saída da segunda porção do primeiro conduto de oxidante se projetar da saída do bocal da segunda porção do segundo conduto de oxidante por 0,2 cm a 3 cm.

8. Queimador, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por o bocal da segunda porção do segundo conduto de oxidante ter uma entrada e uma saída em que a entrada tem uma seção transversal circular e uma área de seção transversal, A_{ni} , e a saída tem uma seção transversal não circular e uma área de seção transversal, A_{no} , em que a saída do bocal tem uma razão de largura para altura de 1,5 a 5.

9. Queimador, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por $1,25 \leq A_{ni}/A_{no} \leq 5$.

10. Queimador, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por o bocal ter uma altura convergente e uma largura divergente.

11. Queimador, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por o bocal ter uma superfície convexa de transição entre a seção transversal circular e a seção transversal não circular.

12. Queimador, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por $60^\circ < \alpha < 110^\circ$ e $60^\circ < \beta < 110^\circ$.

13. Queimador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o eixo de fluxo da segunda porção do primeiro conduto de oxidante ser reto e ser substancialmente paralelo ou substancialmente coincidente com o eixo de fluxo da segunda porção do conduto de combustível.

14. FORNO, caracterizado por compreender:

um regenerador(125);

uma câmara de combustão de forno(135);

um gargalo de abertura de regenerador(105) conectando o regenerador(125) à câmara de combustão do forno(135), o gargalo de abertura de regenerador(105) definindo uma abertura(110) e uma abertura de porta(115) em uma parede(120) do forno(100); e

um queimador(1) de qualquer uma das reivindicações 1 a 13, o queimador penetrando através do gargalo de abertura de regenerador(105) e na abertura(110), o queimador(1) disposto para dirigir um combustível e um oxidante para a câmara de combustão do forno(135).

15. Forno, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por ainda compreender:

um depósito de tanque de fusão disposto abaixo da câmara de combustão do forno, o depósito de tanque de fusão tendo uma extremidade de carga para introduzir ingredientes formadores de vidro no depósito de tanque de fusão e uma

extremidade de descarga para retirar um produto de vidro do depósito de tanque de fusão; e

uma abertura de exaustão na parede ou em outra parede do forno para retirar produtos de combustão da câmara de combustão do forno.

16. FORNO, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por compreender:

um queimador da reivindicação 4, em que a primeira camisa de resfriamento, o primeiro conduto de oxidante e o conduto de combustível penetram através do gargalo de abertura de regenerador e na abertura, o primeiro conduto de oxidante disposto para dirigir um oxidante para o forno, o conduto de combustível disposto para dirigir um combustível para o forno e em que o segundo conduto de oxidante penetra na parede do forno em uma posição abaixo da abertura de porta, o segundo conduto de oxidante disposto para dirigir o oxidante para o forno.

17. Forno, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por ainda compreender:

um depósito de tanque de fusão disposto abaixo da câmara de combustão do forno, o depósito de tanque de fusão tendo uma extremidade de carregamento para introduzir ingredientes formadores de vidro no depósito de tanque de fusão e uma extremidade de descarga para retirar um produto de vidro do tanque de fusão; e

uma abertura de exaustão na parede ou em outra parede do forno para retirar produtos de combustão da câmara de combustão do forno.

18. MÉTODO PARA AQUECER UM FORNO, o forno(100) tendo um gargalo de abertura de regenerador(105) conectando um

regenerador(125) a uma câmara de combustão do forno(135), o gargalo de abertura de regenerador(105) definindo uma abertura(110) e uma abertura de porta(115) em uma parede(120) do forno, o método caracterizado por compreender:

obstruir um fluxo de ar para a abertura(110);

terminar um fluxo de um combustível para um queimador ar-combustível associado com a abertura;

instalar um queimador(1) definido por qualquer uma das reivindicações 1 a 13, de modo que o queimador penetre através do gargalo de abertura de regenerador(105) e da abertura;

passar um refrigerante através da primeira camisa de fluido de resfriamento(10) e, se presente, através da segunda camisa de fluido de resfriamento;

introduzir um primeiro gás oxidante na câmara de combustão do forno(135) através do primeiro conduto de oxidante(20);

introduzir o combustível ou outro combustível na câmara de combustão do forno(135) através do conduto de combustível;

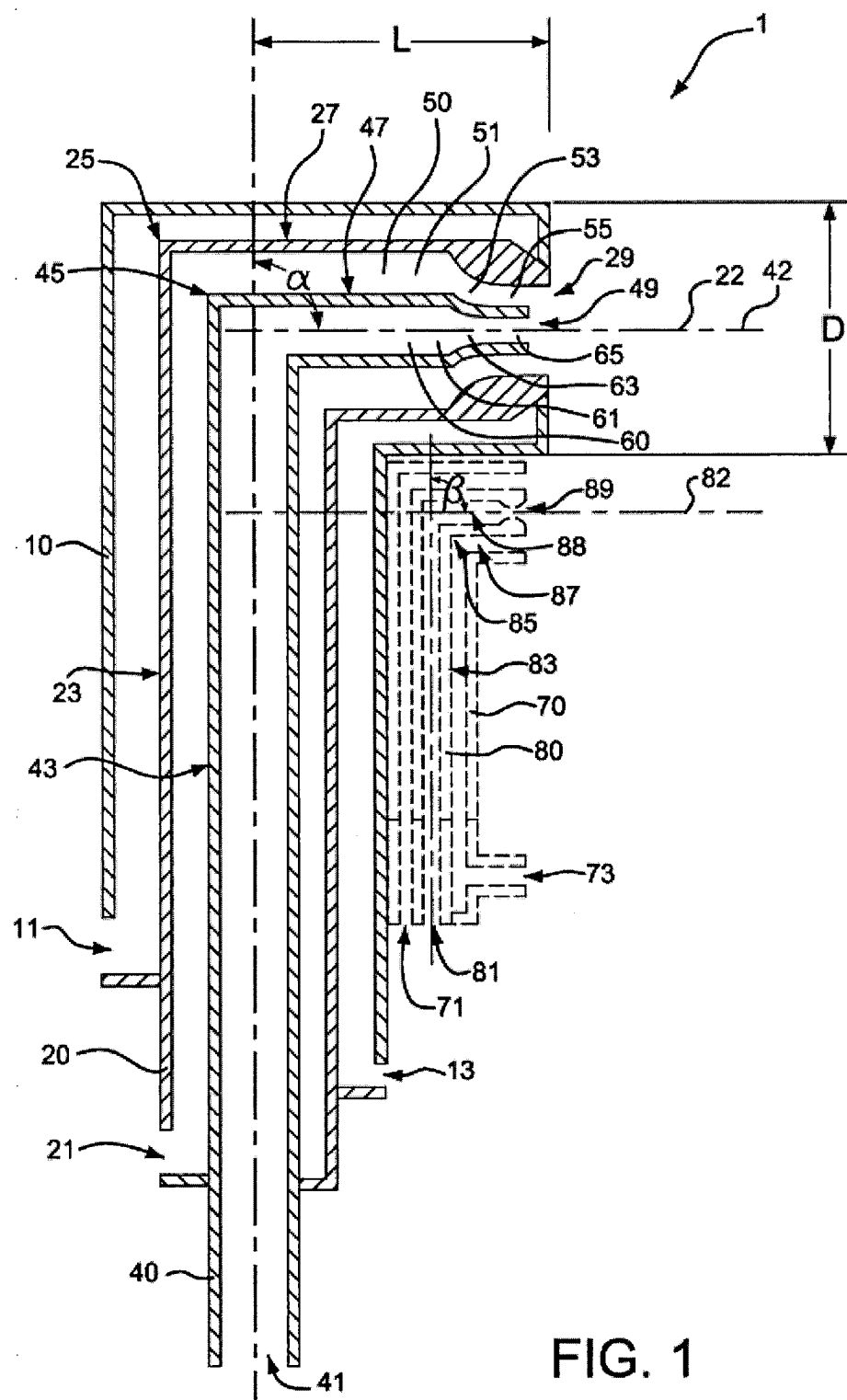
queimar o combustível ou o outro combustível com o primeiro gás oxidante para formar produtos de combustão; e

retirar os produtos de combustão da câmara de combustão do forno(135) através de uma exaustão.

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por ainda compreender continuar o fluxo de ar através da abertura em uma quantidade superior a 5% a menos do que ou igual a 25% do ar estequiométrico necessário para combustão do combustível ou de outro combustível passando pelo queimador.

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado o queimador ser definido por qualquer uma das reivindicações 4 a 11 e 13 e ainda compreender:

introduzir o primeiro gás oxidante ou um segundo gás oxidante na câmara de combustão do forno através do segundo conduto de oxidante.



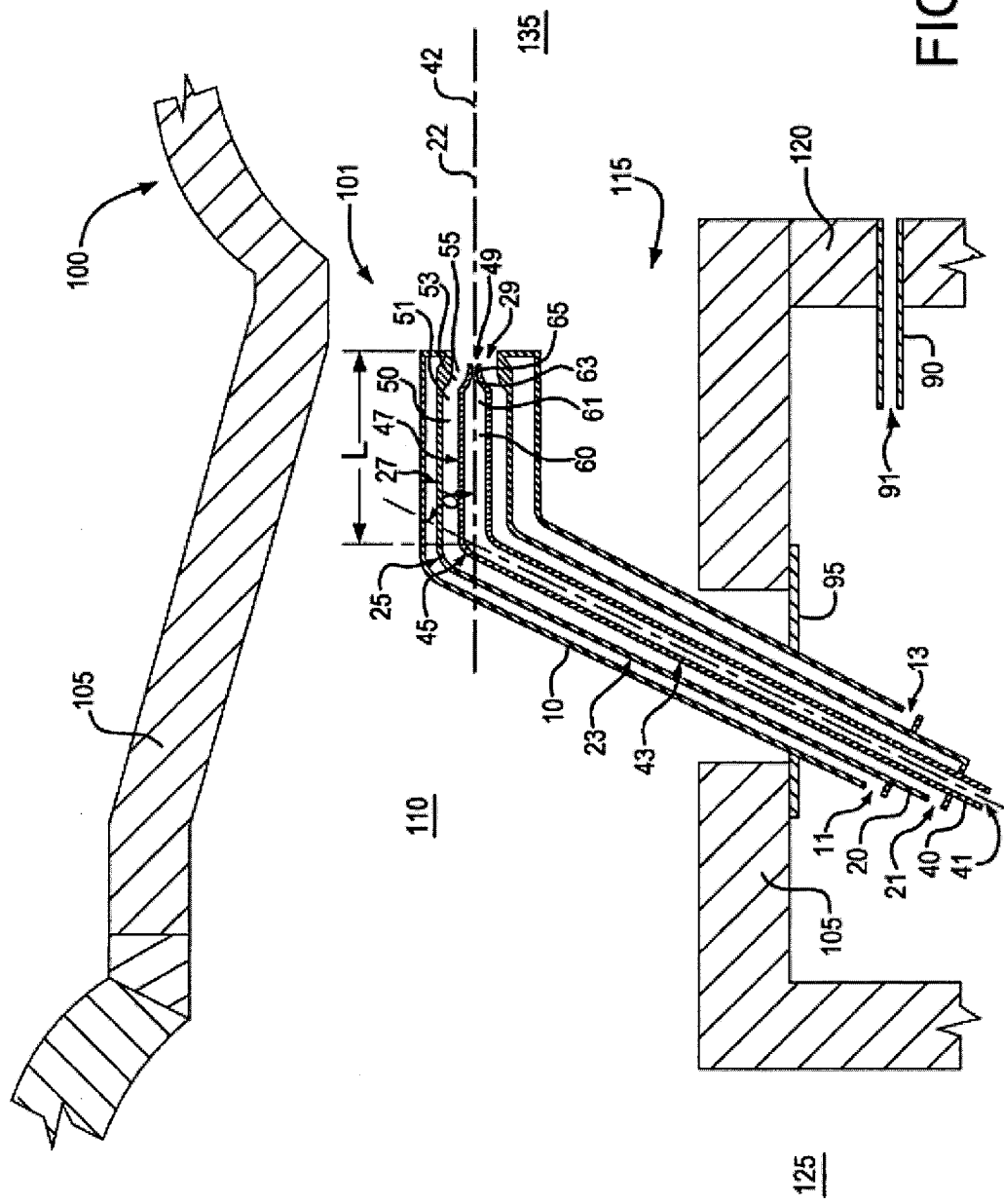


FIG. 2

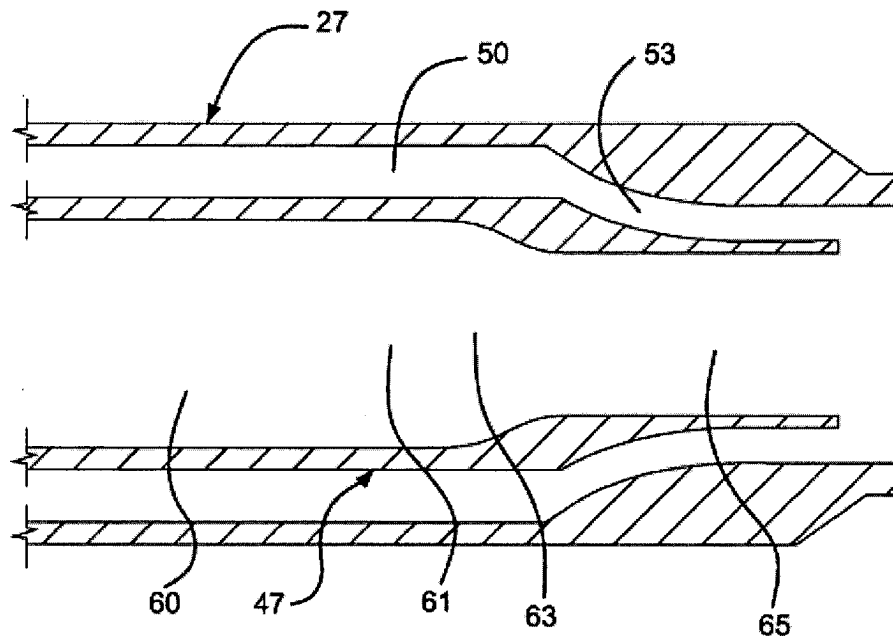


FIG. 3

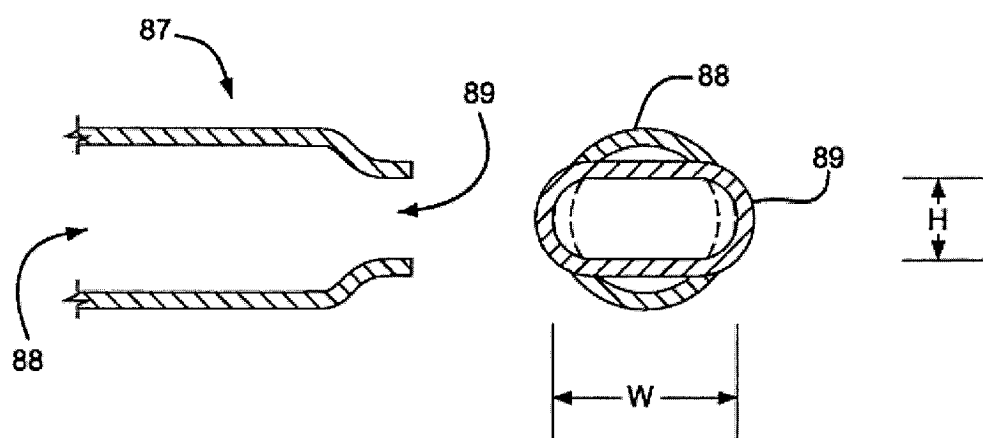


FIG. 4

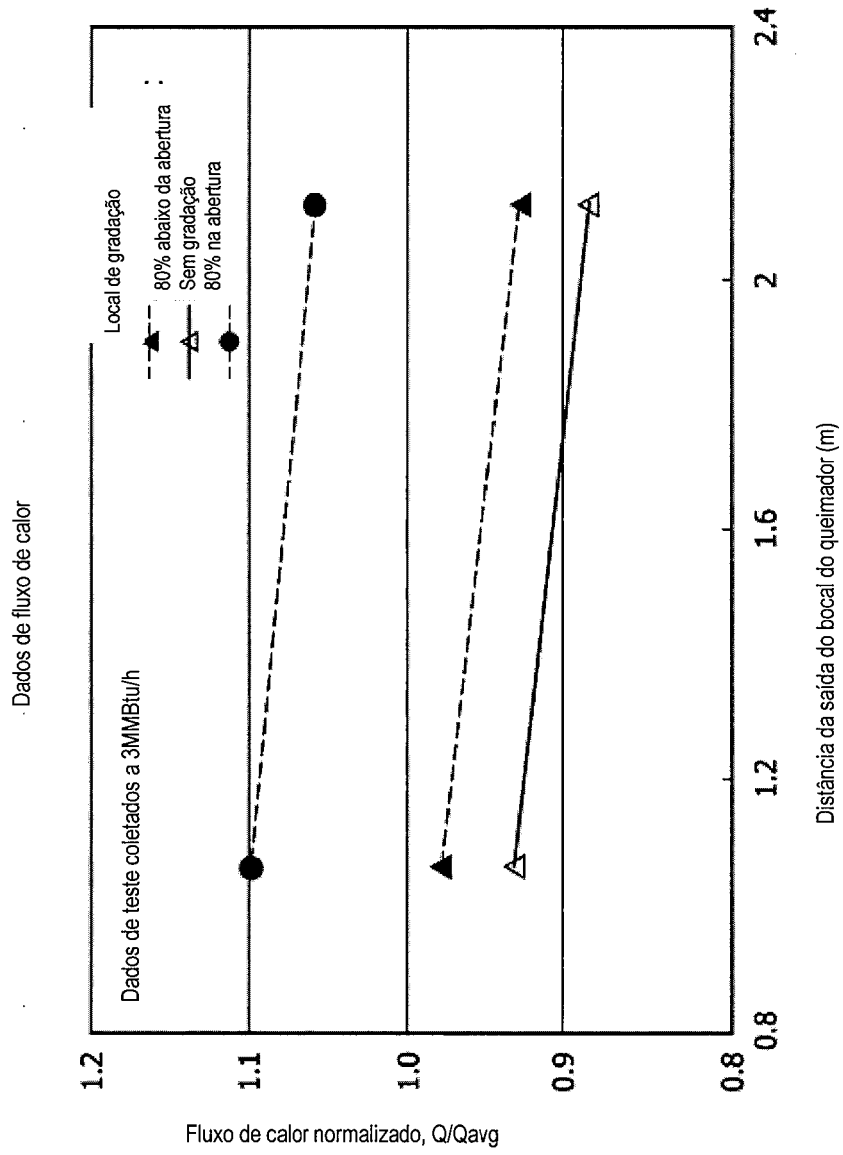


FIG. 5

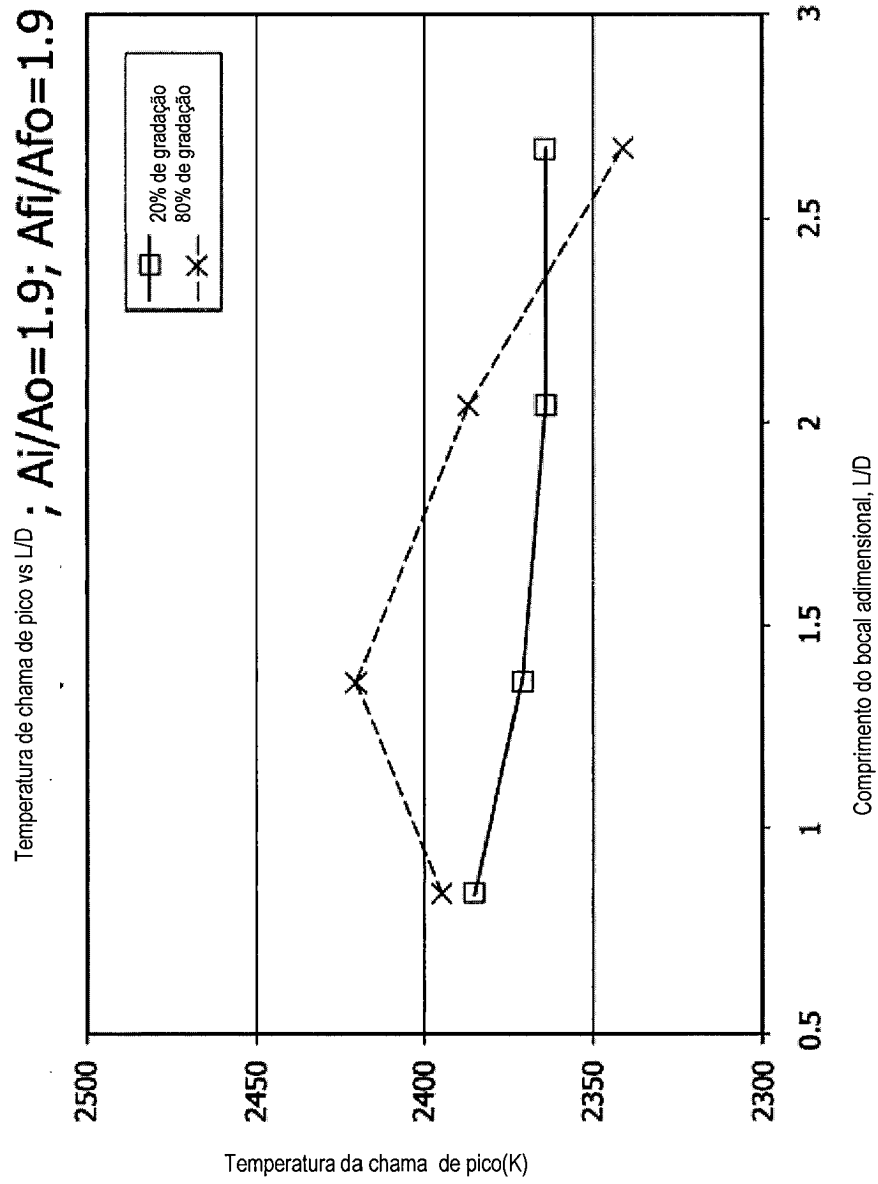


FIG. 6

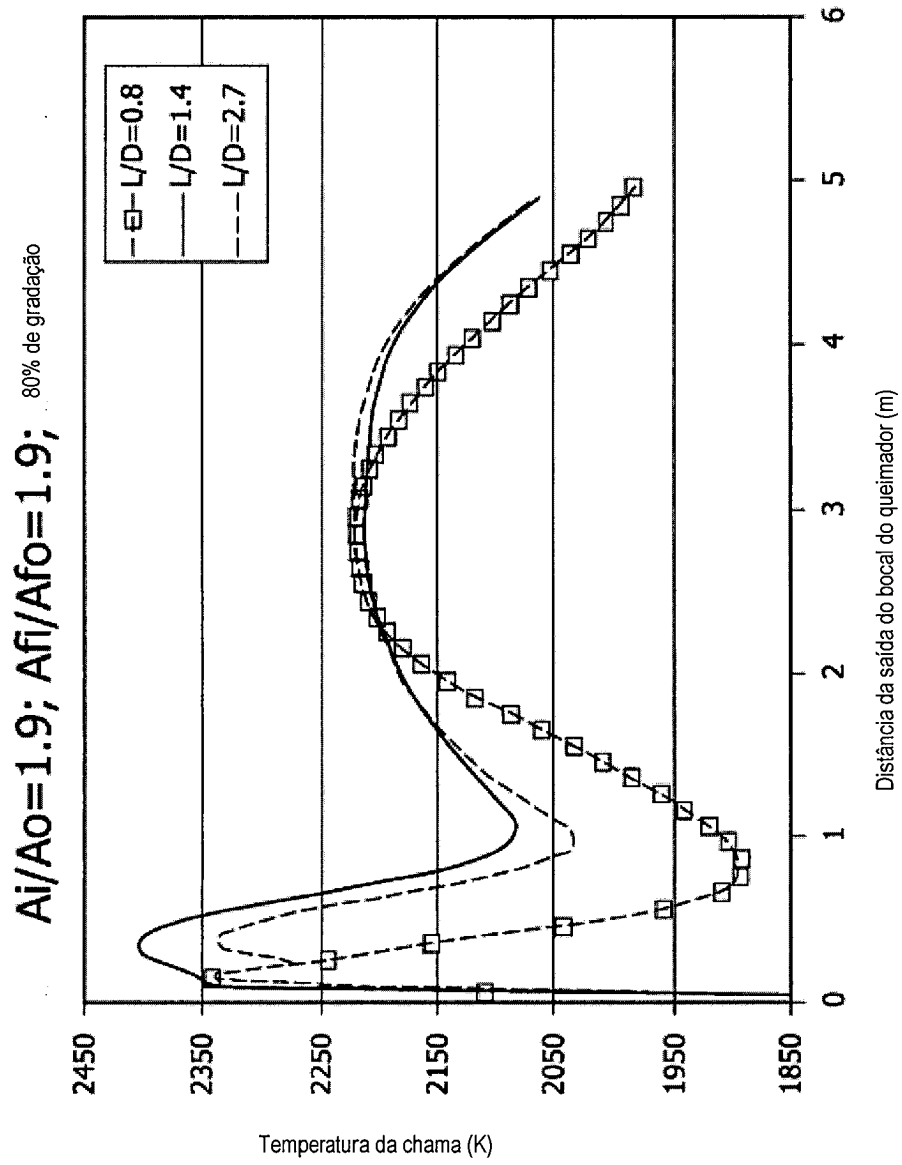


FIG. 7

FIG. 8a

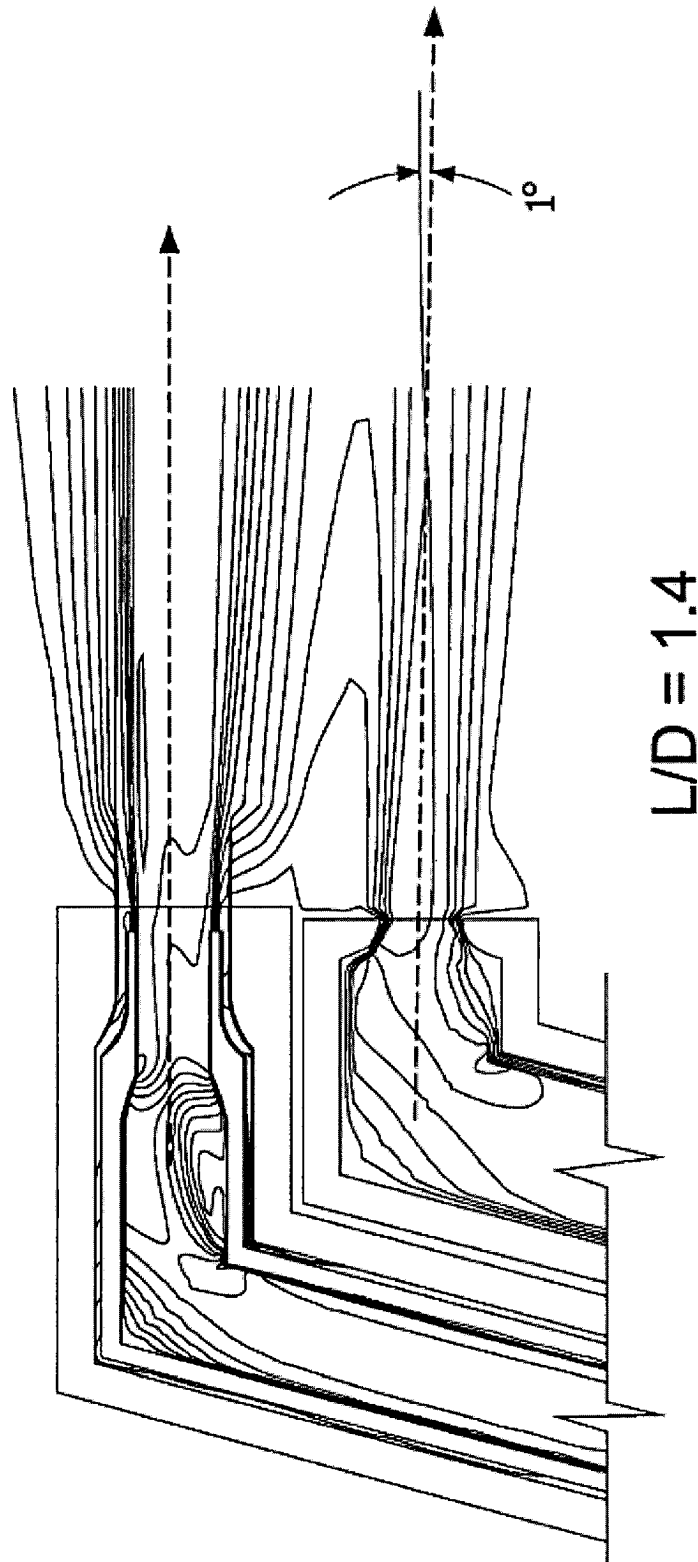
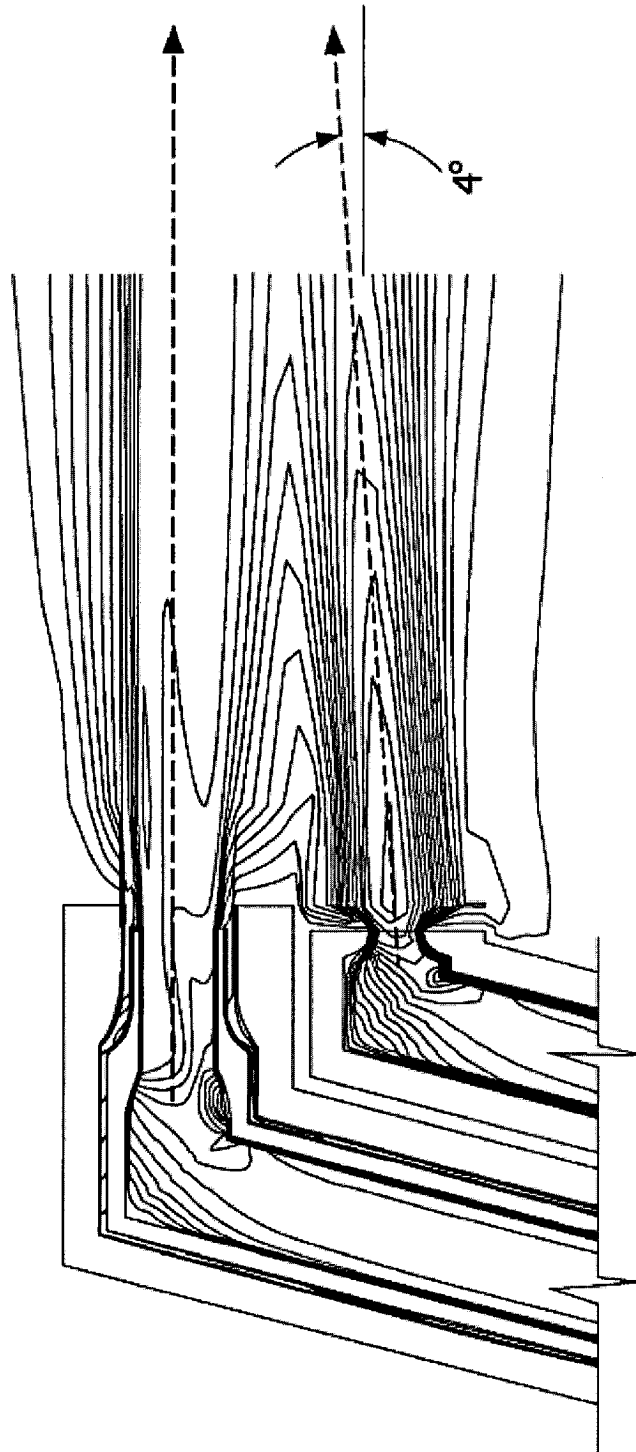


FIG. 8b



$L/D = 0.8$

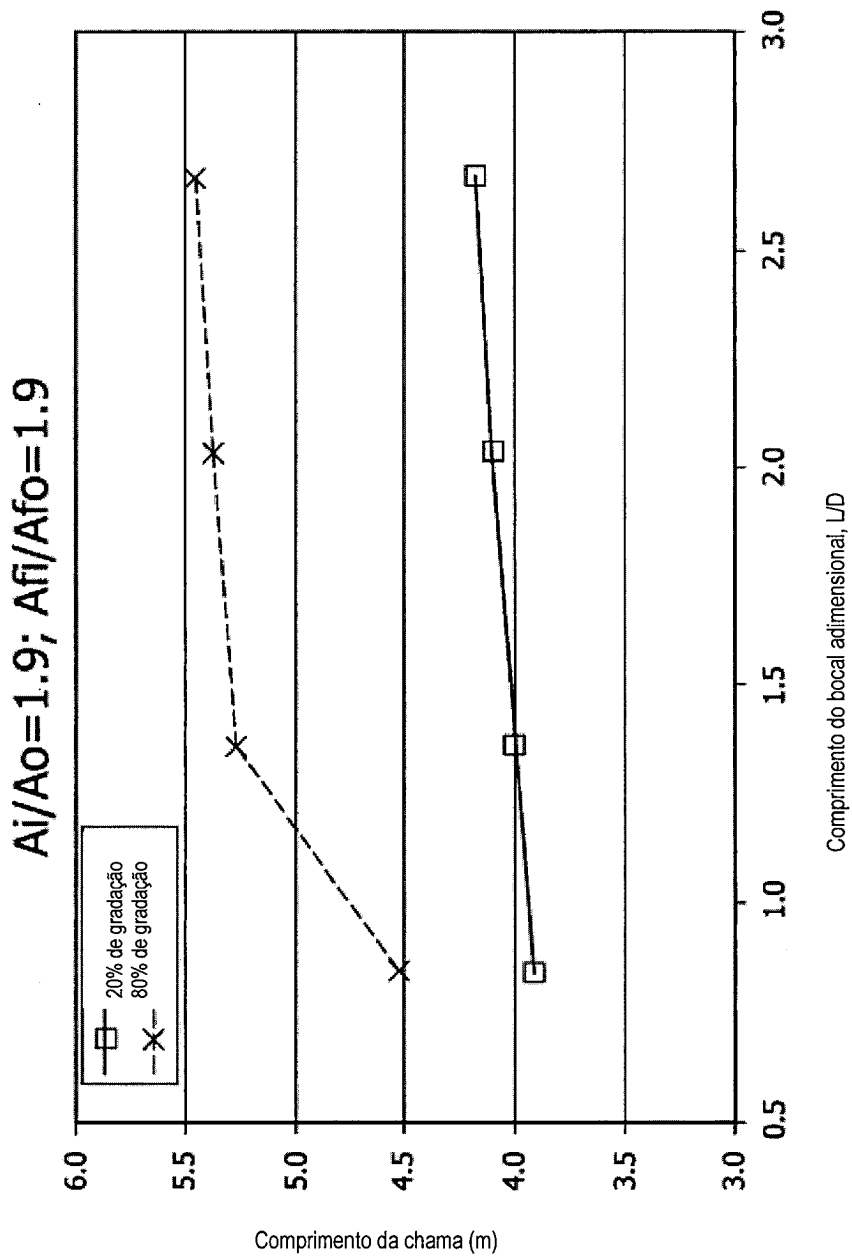


FIG. 9

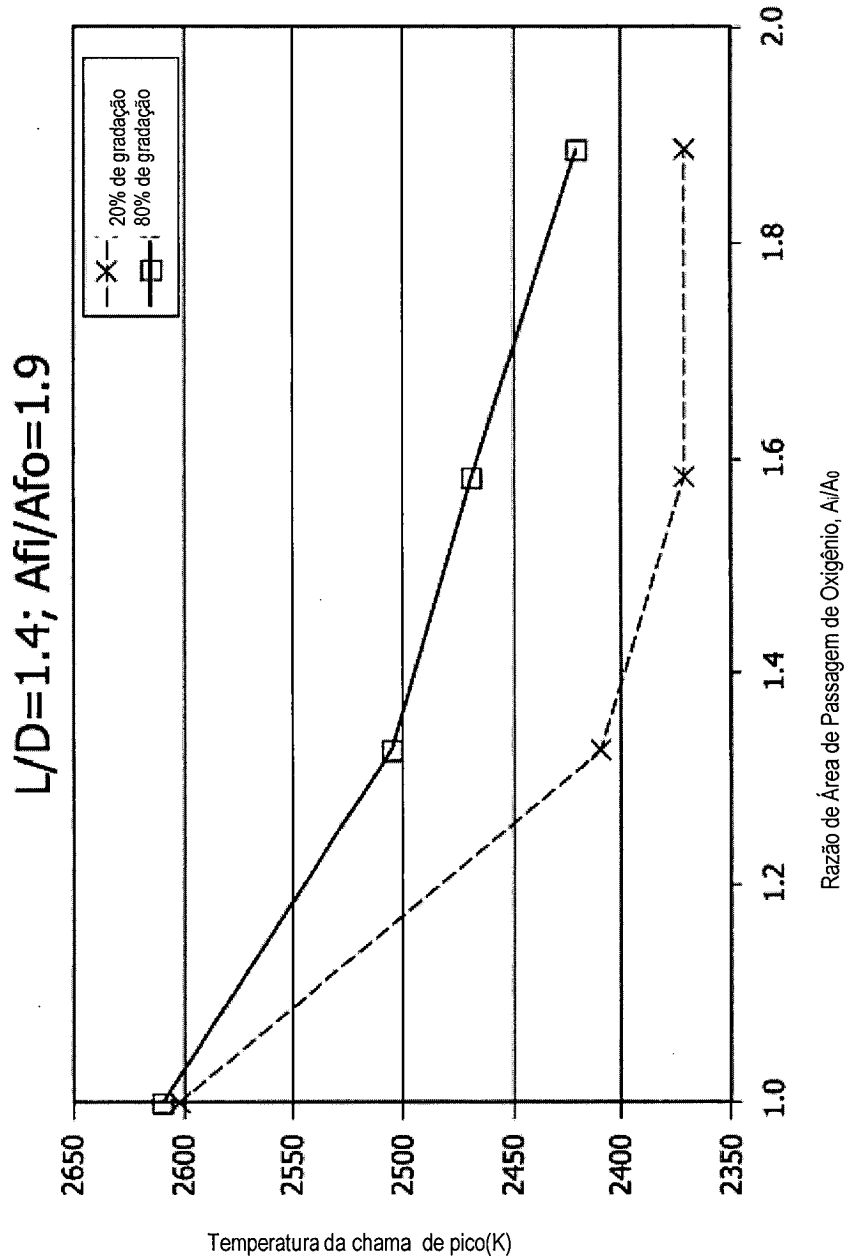


FIG. 10

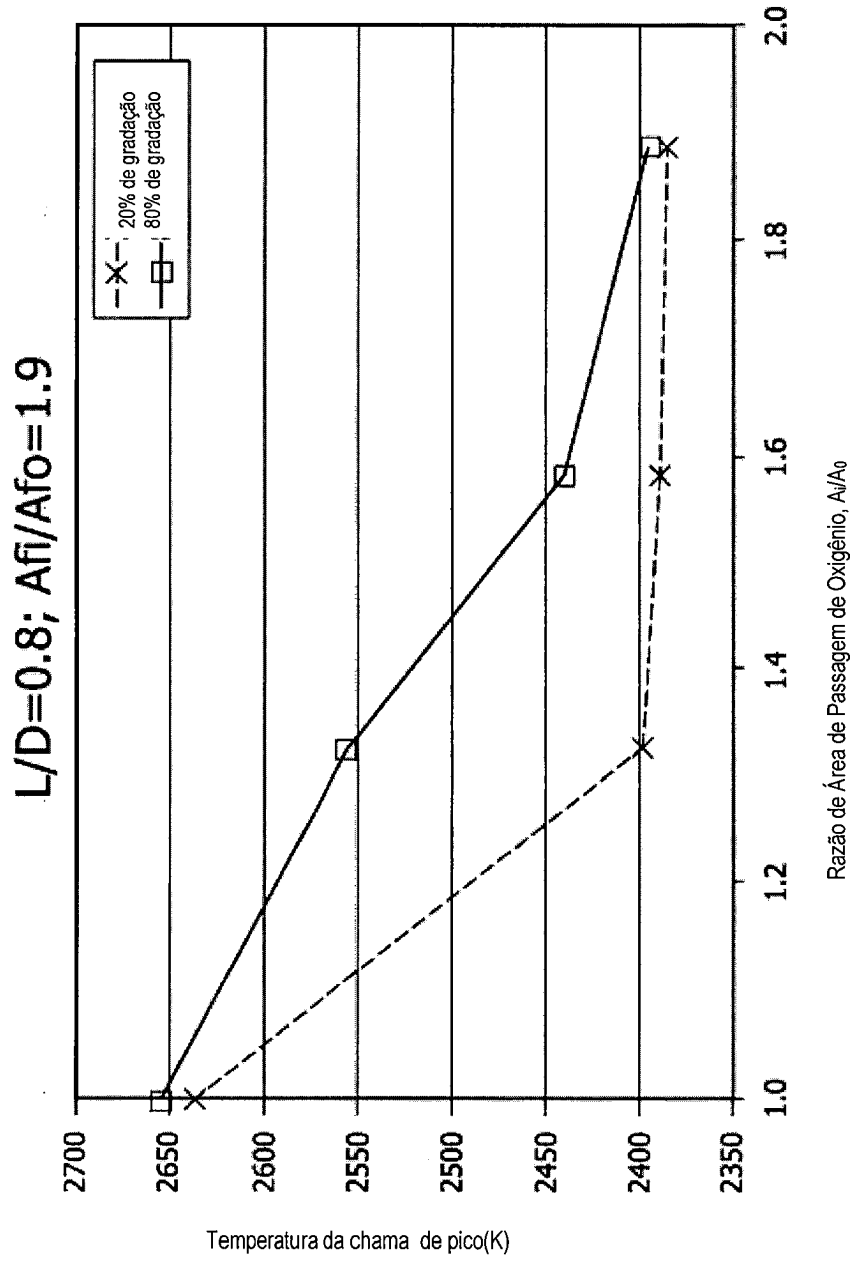


FIG. 11

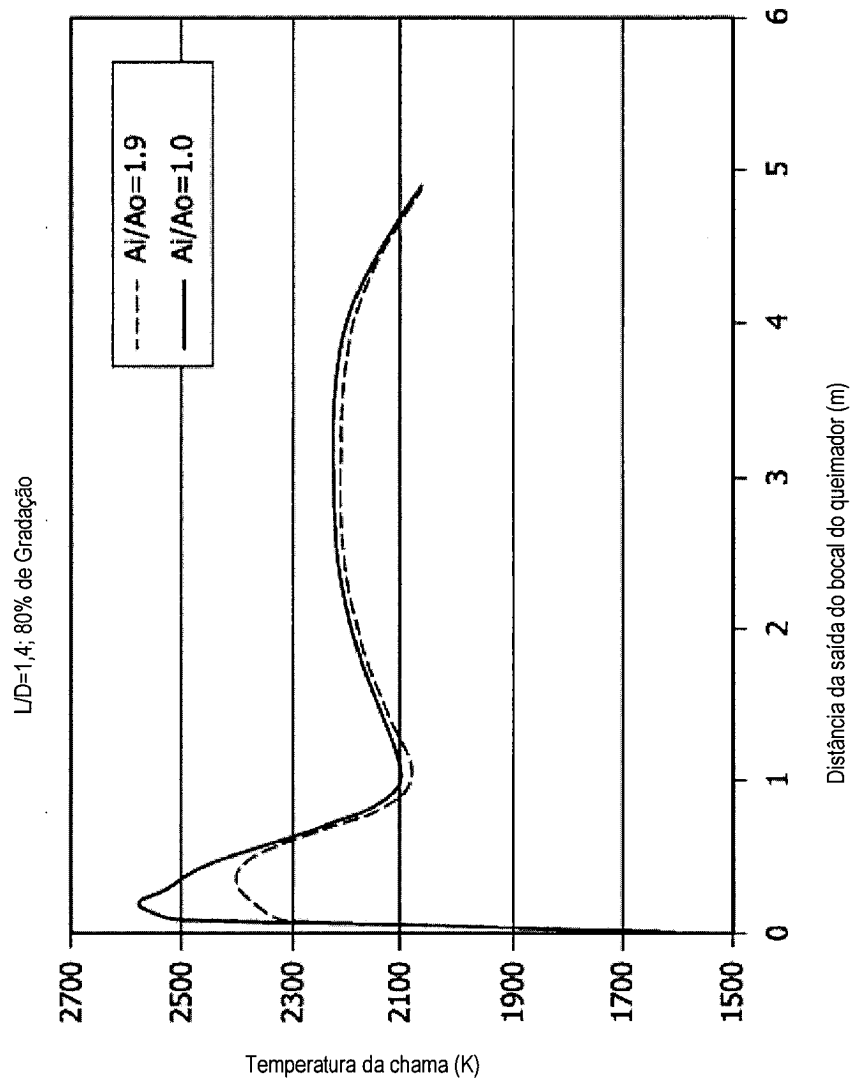


FIG. 12

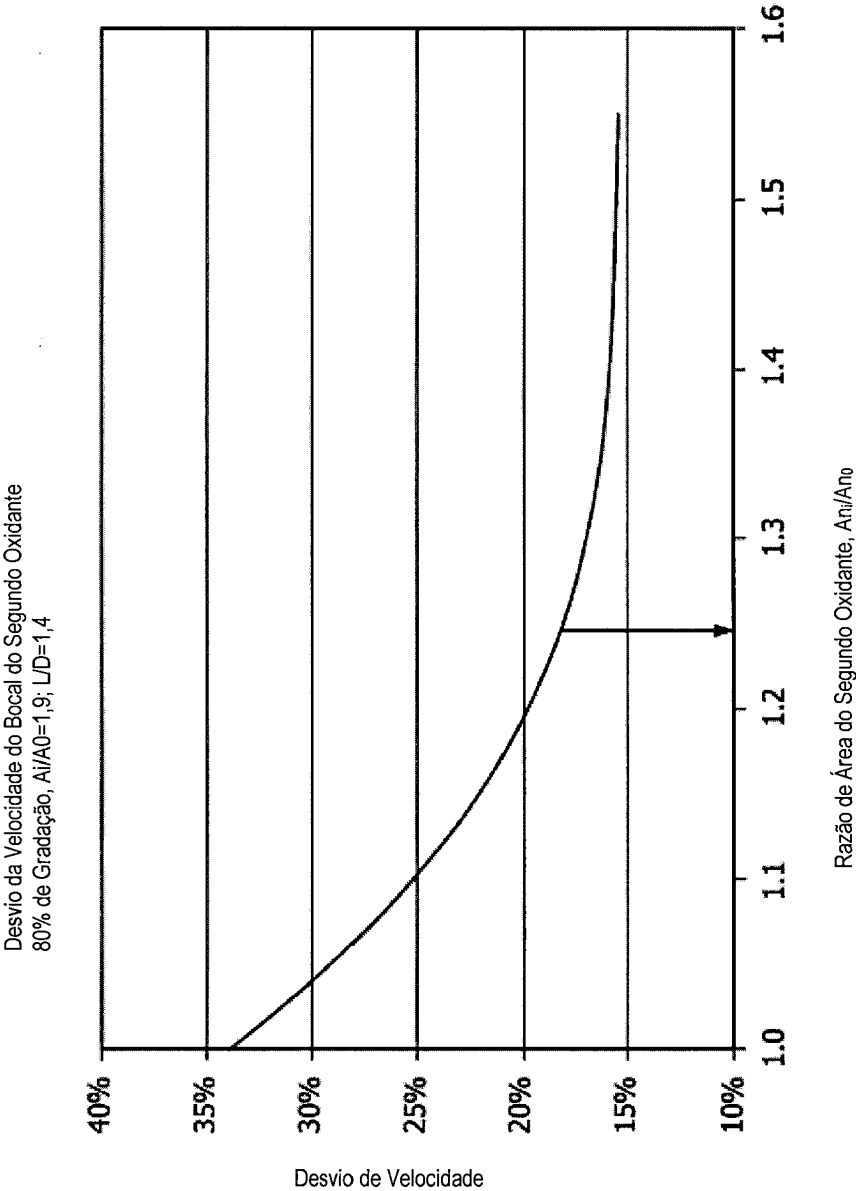


FIG. 13