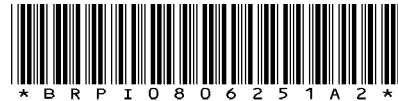




República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0806251-0 A2**



(22) Data de Depósito: 25/04/2008
(43) Data da Publicação: 30/08/2011
(RPI 2121)

(51) *Int.Cl.:*
C03B 5/04
C03B 5/193
C03B 5/235
C03B 5/20

(54) Título: **FORNO DE FUNDIÇÃO DE VIDRO E PROCESSO PARA A FUNDIÇÃO DE VIDROS**

(30) Prioridade Unionista: 12/06/2007 DE 10 2007 027 044.7

(73) Titular(es): **Beteiligungen Sorg GmbH & CO. KG**

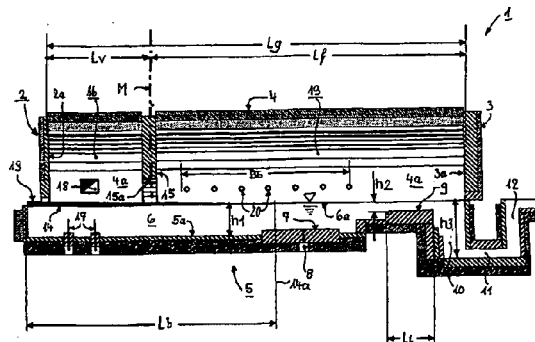
(72) Inventor(es): **Helmut Sorg**

(74) Procurador(es): **Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira**

(86) Pedido Internacional: **PCT EP2008003340 de 25/04/2008**

(87) Publicação Internacional: **WO 2008/151693 de 18/12/2008**

(57) **Resumo:** FORNO DE FUNDIÇÃO DE VIDRO E PROCESSO PARA A FUNDIÇÃO DE VIDROS. A presente invenção refere-se a um forno de fundição de vidro com uma banheira (5) e um forno superior (1) com uma cobertura de forno (4) e um comprimento interno total ("Lg"), com uma região de pré-aquecimento (16) para material de carga (14) e com uma câmara de combustão (19) com queimadores (20). Para alcançar o objetivo de apresentar um forno de fundição de vidro e um processo operacional para este, por meio dos quais sejam respeitadas as normas legais para os limites de sobrecarga do meio ambiente, sem prejudicar a rentabilidade econômica e sem que sejam necessários processos, instalações e equipes operacionais adicionais, de acordo com a invenção se propõe que: a) entre a região de pré-aquecimento (16) e a câmara de combustão (19) seja disposta uma única parede de radiação (15), através da qual o comprimento ("Lv") da região de pré-aquecimento (16) fica limitado a valores de 15 a 35% do comprimento total interno ("Lg") e o comprimento ("Lf") da câmara de combustão (19) fica expandido para valores de 65 a 85% do comprimento total interno ("Lg"); b) a região de pré-aquecimento (16) seja projetada para um pré-aquecimento do material de carga (14) exclusivamente interno ao forno c) uma fonte de gás para o gás de oxidação contenha uma porcentagem de oxigênio de no mínimo 85 por cento em volume de oxigênio, e que d) a pelo menos uma saída (18) da região de pré-aquecimento (16) para os gases de exaustão sem conexão intermediária de um permutador de calor seja conectada com a atmosfera.





Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "FORNO DE FUNDIÇÃO DE VIDRO E PROCESSO PARA A FUNDIÇÃO DE VIDROS".

A presente invenção refere-se a um forno de fundição de vidro para a fundição de vidros, especialmente do grupo dos vidros de soda cal, especialmente vidros de recipientes, ou vidro plano para processos de laminação e vidros técnicos, especialmente vidro borosilicato ou vidro neutro, com uma banheira e um forno superior com uma cobertura de forno e um comprimento interno total ("Lg"), que apresentam em conjunto uma região de pré-aquecimento para material de carga com no mínimo uma saída para gases de exaustão, uma câmara de fornalha com queimadores, uma elevação de base, uma faixa de homogeneização, uma passagem de base, bem como um canal de subida para a massa fundida de vidro, sendo que para os queimadores acha-se conectada uma fonte de gás para gás de oxidação rico em oxigênio, além de externamente uma conexão para combustíveis fósseis, e sendo que na câmara de fornalha, antes da elevação de base, está disposta no mínimo uma série de borbulhadores.

Como estado da técnica mais recente considera-se o EP 0 864 543 B1. Esse documento contém uma evidenciação detalhada dos problemas que se contrapõem bastante diametralmente na fundição de vidro, tal como passagem ruim de calor através de condutibilidade térmica ruim do material de carga e da massa fundida de vidro, a homogeneização difícil da massa fundida devido à sua alta viscosidade, o risco da evaporação de componentes de vidro voláteis devido a longos períodos de permanência em cursos de fluxo, o surgimento inevitável de óxidos nítricos na combustão de combustíveis fósseis e a sua redução devido ao aumento da porcentagem de oxigênio no gás de oxidação, a necessidade de altas temperaturas de paredes do forno, das massas fundidas de vidro e dos gases de combustão, a sobrecarga térmica e química assim condicionada dos materiais de construção minerais de forno, a sobrecarga do meio ambiente por poluentes nos gases de exaustão, especialmente devido a compostos de nitrogênio-oxigênio. Por um lado, devido ao aumento da porcentagem de oxigênio no gás de oxidação em detrimento do nitrogênio reduz-se a formação de óxido

nítrico perigoso e, por outro lado, devido a isso diminui a quantidade dos gases de combustão, de tal modo que sendo dados os volumes de forno, diminuem as velocidades de fluxo e, por conseguinte, as necessárias transições térmicas. Também a superfície total do forno, dependendo da dimensão, causa custos de energia seja devido a condução térmica e radiação, seja devido a resfriamento de componentes críticos. Isso vale também para agregados externos aquecidos.

Uma solução desse problema foi vista também em se evitar paredes de radiação no forno superior, que são bem conhecidas do demais estado da técnica. O tipo de forno segundo a EP 0 864 543 B1, conhecido como "Boro-Oxi-Melter" no jargão do ramo, foi aprovado como sendo o melhor durante muitos anos. No entanto, nesse meio tempo, tornaram-se drasticamente mais rigorosas as normas oficiais para o consumo específico de energia e para a sobrecarga do meio ambiente tanto devido ao consumo de energia, como devido aos gases de exaustão, seja no caso dos fornecedores de energia, seja devido ao funcionamento do próprio forno de fundição de vidro, de tal modo que as correlações complexas acima tiveram que ser repensadas.

Na produção de vidros, não apenas razões econômicas tornam obrigatórios conceitos para as instalações de fundição nos quais o aproveitamento do calor, a transição de calor para o material de fundição e as perdas de calor de toda a instalação esgotam tudo o que permitem as atuais experiências e conhecimentos do ponto de vista técnico. Junta-se a isso o fato de que a emissão de óxidos nítricos nos gases de exaustão está nitidamente restringida devido aos valores limites legais e no futuro será ainda mais restringida. Além do caráter econômico, a emissão de gases motrizes torna-se cada vez mais importante. Para isso contribui o dióxido de carbono proveniente da combustão dos combustíveis fósseis na instalação de fundição. As quantidades são atribuídas aos operadores. As emissões que ultrapassam as quantidades prescritas causam penalidades para o operador.

Para as instalações de fundição aquecidas por fósseis sabe-se que uma recuperação de calor a partir dos gases de exaustão e, por conse-

guinte, um pré-aquecimento do ar, entram de modo decisivo na capacidade de lucro da instalação de fundição. Um alto grau de recuperação de calor significa a mesma coisa que altas temperaturas de combustão. O ar fornecido ao combustível resulta em uma alta temperatura de flamas. Isso também é uma das principais causas para a formação do óxido nítrico que polui o meio ambiente. Sabe-se que com uma recuperação de calor regenerativa ao contrário de uma recuperação de calor recuperativa são obtidas temperaturas nitidamente mais elevadas de pré-aquecimento de ar. No entanto, as emissões de óxidos nítricos são então correspondentemente altas.

10 Para mesmo assim se poder apresentar uma instalação de fundição com aquecimento recuperativo que seja econômica quanto ao consumo de energia, foi desenvolvido um dispositivo segundo a EP 0 638 525 B1 que entrou na terminologia especializada sob a designação de "LoNOx Melter". Uma construção especial da câmara de combustão com duas paredes de radiação internas, bem como uma recuperação de calor para o aquecimento do ar de combustão em um permutador de calor externo e a eliminação de eletrodos de base na região de alimentação de carga são as características essenciais dessa tecnologia. Com isso é possível um consumo de energia específico que é comparável a uma instalação de fundição bastante eficiente com recuperação de calor regenerativa. No entanto, essa tecnologia tem a desvantagem de que é necessário não apenas o permutador de calor externo para a transmissão de calor para o ar de combustão, como também um grande comprimento de banheira e uma grande profundidade de banheira, bem como uma configuração complexa do forno superior, respectivamente da cobertura da banheira. Uma grande profundidade de banheira deve-se ao fato de que a massa fundida de vidro quente na região da base tem que ser reconduzida até a parte de alimentação de carga, para compensar o efeito dos eletrodos de base que lá faltam. No entanto, com a estrutura complexa por todo o comprimento de forno e com a grande superfície acha-se correlacionada uma correspondente perda de calor para o meio ambiente, a qual não pode ser reduzida substancialmente por meio da usual atenuação de calor. Devido a isso, toda a instalação fica sobrecarregada pelos custos

de investimento e de operação.

Alternativamente a essa solução, que no entanto só se refere à emissão de óxidos nítricos, existe a possibilidade de produzir a combustão na instalação de fundição com combustível fóssil e oxigênio quase puro ou oxigênio com um grau de pureza de no mínimo 90%. Os valores assim obtíveis para a emissão de óxidos nítricos situam-se na corrente de massas das substâncias poluentes, no que se refere ao vidro fundido, em uma ordem de grandeza que é possível com recuperação de calor recuperativa. Nessa solução também é desvantajoso o fato de que rentabilidade econômica não é melhorada. Reconhecidamente, o consumo de energia pode ser reduzido com a mudança para um aquecimento com combustível-oxiênio, porém não na medida em que também sejam compensados os custos para a geração do oxigênio, tal como são usuais para a operação de uma instalação de fundição com combustão de gás-ar com recuperação de calor regenerativa. Nesse caso, um fator importante é o teor de calor dos gases de exaustão que saem da câmara de combustão. Usualmente, esses gases de exaustão com o seu teor de calor não são mais usados para uma recuperação de calor, pois a energia é reconduzida diretamente à instalação de fundição.

Para se levar em consideração as causas e resultados que atuam parcialmente de forma contrária, no respeito e no cumprimento das normas contra sobrecargas do meio ambiente a desperdício de energia, para se melhorar o balanço de energia por meio de recuperação de calor já foi proposto várias vezes usar o excesso de calor no gás de exaustão para pré-aquecer em permutadores de calor externos as substâncias sólidas, ou seja, o conglomerado, respectivamente o material de carga, e os gases de oxidação para a combustão antes da introdução na banheira de fundição de vidro.

Permutadores de calor externos são aparelhos caros e que precisam de manutenção, os quais, por sua vez, também causam perdas de calor, pois não se conhece um isolamento térmico absoluto e impenetrável. Além disso, ocorre que devido ao aquecimento já ocorre uma pré-fundição de alguns componentes do aglomerado, fazendo com que as superfícies de

permuta de calor sejam coladas e que no caso de contato direto do gás de exaustão com o aglomerado, além da pré-fundição de determinados componentes também ocorre uma desagregação, respectivamente determinados componentes do aglomerado são arrastados, fazendo com que o teor de poeira dos gases de exaustão seja aumentado de modo insuportável, respectivamente que se tornem novamente necessários os filtros para poeira que são muito caros. Uma colagem é ainda mais facilitada devido à água que está contida no material de carga e que é convertida em vapor de água, mas que também pode estar contida nos gases de combustão.

10 Assim, por exemplo, o autor U. Trappe, em seu trabalho "Verfahrenstechnische Möglichkeiten zur Aufwärmung von Gemenge und Glasscherben mittels Abgas" (possibilidades técnicas processuais para o aquecimento de aglomerados e cacos de vidro por meio de gás de exaustão), divulgado no comunicado HGV nº 1524, em agosto de 1983, afirma que se
15 conhece o procedimento de empregar gases de exaustão de forno também em transportadores helicoidais para o pré-aquecimento do material de carga na contracorrente. No entanto, no resumo é observado expressamente que especialmente no caso do aquecimento de aglomerados é preciso levar em consideração que também há o risco de uma desagregação e, consequentemente, de uma modificação da composição do aglomerado.

20 Pela US 5.807.418 é conhecido o procedimento segundo o qual no emprego de oxidantes com maior porcentagem de oxigênio, tanto o material de carga, a matéria bruta de vidro, quanto também os diferentes gases tais como o ar, oxigênio e gás de combustão fóssil, são pré-aquecidos em
25 permutadores de calor externos por meio de gases de combustão retirados, e nesse caso uma região particularmente pequena de alimentação de carga é delimitada por uma parede de radiação. Isso requer vários circuitos para os gases e uma série de tubulações. Devido ao fato de que para isso e para os permutadores de calor de grande volume não há nenhum isolante absolutamente "vedado ao calor", então não é possível evitar um maior consumo
30 de gás de combustão e uma perda de calor para o meio ambiente, sendo que a isso se acresce o fato de que uma retirada prematura de gases de

combustão também representa uma fonte de perdas para a câmara de combustão.

Por isso, a invenção tem como objetivo apresentar um forno de fundição de vidro e um processo operacional, nos quais as causas e resultados que agem parcialmente em sentido contrário, mediante o respeito e o cumprimento das normas legais contra sobrecargas do meio ambiente a desperdício de energia, sejam levados em uma direção em comum no máximo possível sem o emprego de permutadores térmicos externos, e sejam evitadas uma pré-fundição de componentes do aglomerado e uma colagem entre eles e com as superfícies de permuta de calor, bem como uma desagregação. Além disso, pretende-se evitar o arrasto de determinados componentes do aglomerado e o teor de poeira dos gases de exaustão e, consequentemente, também uma influência sobre a qualidade do vidro. Nesse caso, pretende-se abaixar a emissão de óxidos nítricos já pelo lado primário na instalação de fundição, sem que a rentabilidade econômica seja prejudicada e sem que sejam necessários processos adicionais, instalações adicionais e pessoal adicional.

Esse objetivo é alcançado no forno de fundição de vidro apresentado ao início devido ao fato de que:

- a) entre a região de pré-aquecimento e a câmara de combustão acha-se disposta uma única parede de radiação com uma aresta inferior sobre o material de carga, através da qual o comprimento "Lv" da região de pré-aquecimento fica limitado a valores de 15 a 35% do comprimento total interno "Lg" e o comprimento "Lf" da câmara de combustão fica expandido para valores de 65 a 85% do comprimento total interno;
- b) a região de pré-aquecimento está projetada para um pré-aquecimento do material de carga exclusivamente interno ao forno;
- c) a fonte de gás para o gás de oxidação contém uma porcentagem de oxigênio de no mínimo 85 por cento em volume de oxigênio, e
- d) a pelo menos uma saída da região de pré-aquecimento para os gases de exaustão sem conexão intermediária de um permutador de calor está conectada com a atmosfera.

Por meio da invenção esse objetivo é alcançado e são apresentados um forno de fundição de vidro e um processo operacional para isso, nos quais as causas e resultados parcialmente contrários, mediante o respeito e cumprimento das normas legais contra sobrecargas do meio ambiente a desperdício de energia, são levados para uma direção em comum no máximo possível sem o emprego de permutadores de calor externo e são evitadas uma pré-fundição de componentes do aglomerado e uma colagem entre eles e com as superfícies de permuta de calor, bem como uma desagregação.

Além disso, são evitados o arrasto de determinados componentes de aglomerado e o teor de poeira dos gases de exaustão e, consequentemente, também uma influência sobre a qualidade do vidro. Além disso, a emissão de óxidos nítricos é diminuída já pelo lado primário na instalação de fundição, sem que seja prejudicada a rentabilidade econômica e sem que sejam necessários processos adicionais, instalações adicionais e pessoal adicional. Em particular, o consumo específico de energia, no que se refere à tonelada de massa fundida de vidro, é reduzido consideravelmente pela invenção.

No curso de outras configurações da invenção é particularmente vantajoso que - separadamente ou em combinação:

- na região de pré-aquecimento na base da banheira esteja disposta no mínimo uma fileira de eletrodos;
- os borbulhadores fiquem dispostos próximos à extremidade da região dos queimadores antes da elevação da base;
- os borbulhadores fiquem dispostos em uma placa de retenção, cujo lado superior sobressai para cima para além da base de banheira;
- a base de banheira esteja configurada decaindo na direção da elevação de base;
- a base de banheira esteja configurada ascendendo na direção da elevação de base;
- a evolução da base de banheira ocorra em degraus;
- o nível de enchimento construtivo "h₂" do vidro sobre a eleva-

ção de base situe-se entre 25 e 50% do nível de enchimento construtivo "h1" na banheira, imediatamente antes da elevação de base;

- a região de homogeneização atrás da elevação de base possua um nível de enchimento construtivo "h3", o qual é 0,8 vezes até 2,0 vezes o nível de enchimento "h1", imediatamente antes da elevação de base;

- os queimadores estejam dispostos em uma região de queimador "Bb", a qual termina antes da elevação de base;

- entre a banheira e o forno superior esteja disposta uma abertura de alimentação de carga, e/ou que

- o comprimento "Ll" da elevação de base na direção de fluxo situa-se entre 0,5 e 15% do comprimento total "Lg".

A invenção se refere também a um processo para a fundição de vidros, especialmente do grupo vidros de soda cal, especialmente vidro para recipiente, ou vidro plano para processos de laminação e vidros técnicos, especialmente vidro borossilicato ou vidro neutro, a partir de material de carga em um forno de fundição de vidro com um comprimento total interno "Lg", uma banheira, uma abertura de alimentação de carga, uma região de pré-aquecimento e uma câmara de combustão, sendo que o material de alimentação sem pré-aquecimento externo é dosado para dentro da abertura de alimentação de carga e sobre a massa fundida de vidro e é aquecido delimitado dentro da região de pré-aquecimento a um comprimento "Lv" que se situa entre 15 e 35% do comprimento total "Lg" e por uma única parede de radiação, sendo que o material de alimentação

a) é aquecido desde cima por gases de combustão e gases dos borbulhadores provenientes da câmara de combustão, gases estes que abaixo da parede de radiação retornam para a região de pré-aquecimento e saem da região de pré-aquecimento através de pelo menos uma saída, e

b) é reconduzido desde baixo através da porcentagem da massa fundida de vidro que é transportada para cima por meio dos borbulhadores e depois, imediatamente abaixo do material de alimentação, na direção da abertura de alimentação de carga, sendo que os gases de combustão são gerados por queimadores na câmara

de combustão a partir de combustíveis fósseis e de um gás de oxidação, o qual contém no mínimo 85% de oxigênio, sendo que além disso a câmara de combustão, do outro lado da parede de radiação, possui um comprimento "Lf" entre 65 e 85% do comprimento total "Lg" e sendo que a massa fundida de vidro é conduzida inicialmente através de uma série de borbulhadores e depois por cima de uma elevação de base para uma região de homogeneização.

Nesse caso, é particularmente vantajoso que - separadamente ou em combinação:

- 10 - a massa fundida de vidro, em caso de necessidade, seja aquecida por baixo por eletrodos e/ou que
- a massa fundida de vidro seja conduzida por sobre a elevação de base para um comprimento entre 0,5 e 15% do comprimento total "Lg".

O efeito do aquecimento duplo do material de alimentação por cima e por baixo será explicado do modo que se segue. Por um lado, por meio da combustão com um oxidante que apresente uma porcentagem de oxigênio maior em relação ao ar, obtém-se temperaturas mais elevadas das flamas e, por outro lado, no entanto, são diminuídas as quantidades específicas de gás de exaustão e - no caso de um volume inalterado da câmara de combustão - também as velocidades de fluxo. Desse modo resulta a situação em que a introdução de calor na região da combustão, ou seja, das flamas que radiam, é relativamente alta, e que na região fora das flamas e aqui na região da alimentação de material ocorre uma introdução de calor relativamente menor. A isso devem ser referidas as propostas conhecidas - por exemplo segundo a US 5.807.418 - que propõem a disposição de permutadores de calor externos para o pré-aquecimento de material de alimentação e gases. O objeto da invenção segue então um outro caminho mais vantajoso devido ao emprego de borbulhadores e gases de borbulhadores: o gás de borbulhador gera, através de cada ponto de entrada, uma forte impulsão na massa fundida de vidro, fazendo com que seja reforçado o retorno para a extremidade de alimentação do forno abaixo do material de alimentação e o seu "sub-calor". Ao mesmo tempo, no entanto, o gás de borbulhador, em sua

ascensão, é aquecido ao menos no essencial para a temperatura da massa fundida de vidro, que nesse ponto geralmente apresenta o maior valor. Então, contudo, o gás de borbulhadores se mistura com os gases de queimadores devido ao efeito de redemoinho destes gases, fazendo com que a
5 quantidade de gás e a velocidade de fluxo dessa mistura por sobre o material de alimentação sejam aumentadas na direção do final da alimentação e, conseqüentemente, também a influência do "sobrecalor". Essa introdução de calor bastante eficaz ocorre exclusivamente dentro do forno e portanto pelo caminho mais curto e desse modo melhora o balanço térmico e reduz o dis-
10 pêndio construtivo, o dispêndio operacional e de manutenção e a suscetibilidade a interferências de toda a instalação de fundição de vidro. Nesse caso permanece a pequena porcentagem de óxidos nítricos nos gases de exaustão.

Um exemplo de execução do objeto da invenção e de seu funcionamento e outras vantagens será explicado detalhadamente a seguir com
15 base na única figura. Esta mostra um corte longitudinal vertical através do centro de um forno de fundição de vidro.

Um forno superior 1 possui, pelo lado da alimentação, uma primeira parede frontal 2 e, pelo lado da evacuação, uma segunda parede frontal 3, entre as quais se estende uma cobertura de forno 4 abaulada. A cobertura de forno 4 continua, de ambos os lados, em paredes laterais perpendiculares 4a, das quais aqui só é visível a traseira. Sob o forno superior 1 encontra-se uma banheira 5, que serve para o recebimento e para o tratamento de uma massa fundida de vidro 6, cujo espelho de massa fundida está indicado em 6a. A banheira 5 possui uma base de banheira 5a, a partir da qual
20 uma placa de retenção 7 se projeta para cima com uma série de borbulhadores 8. Em seguida, a base de banheira 5a continua, em degraus, em uma elevação de base 9 e a essa elevação de base 9 segue-se uma região de homogeneização 10, uma passagem de base 11 e um canal de subida 12.

30 Sob a aresta inferior da parede frontal 2 e sobre o espelho de massa fundida 6a encontra-se uma abertura de alimentação 13, a qual pode se estender por toda a largura da banheira 5. O material de carga 14, que

aqui é fornecido sem pré-aquecimento externo, acha-se representado por uma cunha preta esguia, a qual termina na linha 14a. O comprimento dessa região dentro do forno é chamado de comprimento de alimentação L_b .

5 Nesse caso, têm particular importância a disposição e a posição espacial de uma única parede de radiação perpendicular 15, a qual parte da cobertura de forno 4 e, por meio de uma aresta inferior 15a, que pode ter forma de arco, termina por sobre o material de carga 14. Nesse caso, a distância do vértice da aresta inferior 15a pode ser escolhida entre 500 e 1500 mm, dependendo do tamanho do forno. Para facilitar a descrição, à parede
10 de radiação 15 atribui-se um plano central perpendicular virtual M. O comprimento total interno L_g do forno pode ser aproximadamente até 25 m e a largura interna pode ser aproximadamente até 10 m, embora esses valores não sejam limites críticos.

Os borbulhadores 8 são responsáveis pelo fato de que a partir
15 deles subam gases de borbulhador sob a forma de fileiras de bolhas, as quais provocam uma forte impulsão da massa fundida de vidro 6 e, especialmente, geram um forte refluxo de uma quantidade parcial da massa fundida de vidro 6 imediatamente abaixo do espelho de massa fundida 6a e do material de carga 14 na direção da abertura de alimentação 13. Os gases de
20 borbulhador bastante aquecidos, depois de saírem da massa fundida de vidro 6 são arrastados através do redemoinho do gás das flamas e são misturados com estes e, desse modo, reforçam o efeito de aquecimento dos gases de flamas sobre a massa fundida 6 e sobre o lado superior do material de carga 14, tal como já foi descrito mais acima.

25 Nesse caso, é importante o fato de que a parede de radiação 15, no que se refere ao seu plano central M, possui uma distância L_v em relação ao lado interno 2a da parede frontal 2, distância esta que se situa entre 15 e 35% do comprimento total L_g . Devido a isso forma-se uma região de pré-aquecimento 16, a qual é relativamente curta em comparação com o estado
30 da técnica. Nessa região de pré-aquecimento 16, na massa fundida de vidro 6 podem se encontrar eletrodos adicionais 17, que podem ficar dispostos na base de banheira 5a verticalmente em pelo menos uma fileira transversal ao

eixo longitudinal do forno, tal como mostrado no desenho, embora alternativamente também possa fixar horizontalmente nas paredes laterais da banheira 5. Igualmente, na região de pré-aquecimento 16 encontra-se no mínimo uma saída 18 em pelo menos uma parede lateral 4a para os gases de borbulhador e de combustão conduzidos abaixo da parede de radiação 15. Devido a isso, dentro de um trecho relativamente curto correspondente a L_v , ao material de carga 14 são fornecidas desde baixo e desde cima correspondentes quantidades de calor dosadas, mas suficientes, fazendo com que o equilíbrio térmico seja melhorado de modo correspondente.

10 A parede de radiação 15 e o lado interno 3a da segunda parede frontal 3 possuem uma distância L_f na qual se localiza uma câmara de combustão 19. Esta se caracteriza por duas fileiras de queimadores 20, que estão dispostos nas paredes opostas 4a do forno superior 1 em uma distribuição equidistante dentro da região de queimadores Bb. Devido à ação dos
15 queimadores 20 e à radiação das superfícies de parede da câmara de combustão 19, o material de carga 14 e a massa fundida de vidro 6 são aquecidos cada vez mais, até que a temperatura da massa fundida na elevação de base 9 atinja um máximo predeterminado. Os gases de queimador fluem para fora da câmara de combustão 19, abaixo da parede de radiação 15,
20 para dentro da região de pré-aquecimento 16 e a partir desta, através da no mínimo uma saída 18, para dentro de pelo menos uma chaminé, não-mostrada. Na continuação do cálculo de comprimento acima resulta que a distância L_f forma uma relação de comprimentos de 65 a 85% em relação ao comprimento total L_g . A relação do comprimento L_l da elevação de base em
25 relação ao comprimento total L_g é convenientemente selecionada entre 0,5 e 15%.

Dentro da região de queimadores Bb, sobre cada lado da câmara de combustão 19, estão dispostos, por exemplo, sete queimadores 20, sendo que a região de queimadores Bb termina antes da elevação de base
30 9, pois sobre esta há suficiente calor de radiação à disposição.

Devido ao efeito de transporte vertical dos borbulhadores 8 e eventualmente também dos eletrodos 17, forma-se na região de superfície

da massa fundida de vidro 6 um refluxo do vidro na direção dos eletrodos 17 e um fluxo de base no sentido oposto a partir dos eletrodos 17 na direção dos borbulhadores 8. Esse efeito de fluxo favorece as passagens de calor, especialmente da massa fundida de vidro 6 para o material de carga 14, tal como já foi descrito mais acima.

A respeito dos níveis de enchimento cabe expor o seguinte: h_1 é o nível de enchimento da massa fundida de vidro sobre a base de banheira 5a. O nível de enchimento h_1 pode se modificar ao longo do comprimento da banheira, dependendo de se a base de banheira apresenta uma descida ou uma subida na direção da elevação de base, sendo que descida e subida também podem ser configuradas em forma de degraus.

O nível de enchimento h_2 da massa fundida de vidro sobre a elevação de base 9 situa-se vantajosamente entre 25 e 50% de h_1 imediatamente antes da elevação de base 9. O nível de enchimento na região de pré-aquecimento 16 é no máximo tão alto quanto o nível de enchimento imediatamente antes da elevação de base, sendo que a relação pode se situar entre 80 e 100%. Na direção do fluxo, atrás da elevação de base 9, para o nível de enchimento h_3 na faixa de homogeneização 10 escolhe-se vantajosamente um valor que se situa entre 0,8 vezes e 2 vezes h_1 imediatamente antes da elevação de base 9.

O núcleo da invenção consiste em um forno de massa fundida de vidro com uma banheira 5 e um forno superior 1 com uma cobertura de forno 4 e um comprimento interno total " L_g ", com uma região de pré-aquecimento 16 para material de carga 14 e com uma câmara de combustão 19 com queimadores 20 e borbulhadores 8. Para alcançar o objetivo mencionado, de acordo com a invenção se propõe que: a) entre a região de pré-aquecimento 16 e a câmara de combustão 19 esteja disposta uma única parede de radiação 15, através da qual o comprimento " L_v " da região de pré-aquecimento 16 é limitado a valores de 15 a 35% do comprimento interno total " L_g ", e o comprimento " L_f " da câmara de combustão 19 é expandido para valores de 65 a 85% do comprimento interno total " L_g "; b) a região de pré-aquecimento 16 seja projetada para um pré-aquecimento do material de

- carga 14 exclusivamente interno ao forno; c) uma fonte de gás para o gás de oxidação contenha uma porcentagem de oxigênio de no mínimo 85% em volume de oxigênio, e que d) no mínimo uma saída 18 da região de pré-aquecimento 16 para os gases de exaustão, sem intercalação de um permutador de calor, seja conectada com a atmosfera.

LISTA DE NÚMEROS DE REFERÊNCIA

- | | | |
|----|-----|---------------------------|
| | 1 | forno superior |
| | 2 | parede frontal |
| | 2a | lado interno |
| 10 | 3 | parede frontal |
| | 3a | lado interno |
| | 4 | cobertura do forno |
| | 4a | paredes laterais |
| | 5 | banheira |
| 15 | 5a | base de banheira |
| | 6 | massa fundida de vidro |
| | 6a | espelho da massa fundida |
| | 7 | placa de retenção |
| | 8 | Borbulhador |
| 20 | 9 | elevação de base |
| | 10 | faixa de homogeneização |
| | 11 | passagem de base |
| | 12 | canal de subida |
| | 13 | abertura de alimentação |
| 25 | 14 | material de carga |
| | 14a | linha |
| | 15 | parede de radiação |
| | 15a | aresta inferior |
| | 16 | região de pré-aquecimento |
| 30 | 17 | eletrodos |
| | 18 | saída |
| | 19 | câmara de combustão |

	20	queimador
	Bb	região de queimadores
	h1	nível de enchimento da banheira 5
	h2	nível de enchimento da elevação de base 9
5	h3	nível de enchimento da faixa de homogeneização 10
	Lb	comprimento de alimentação
	Lf	distância
	Lg	comprimento total
	LI	comprimento da elevação de base 9
10	Lv	distância
	M	plano central

REIVINDICAÇÕES

1. Forno de fundição de vidro para a fundição de vidros, especialmente do grupo dos vidros de soda cal, especialmente vidros de recipientes, ou vidro plano para processos de laminação e vidros técnicos, especialmente vidro borossilicato ou vidro neutro, com uma banheira (5) e um forno superior (1) com uma cobertura de forno (4) e um comprimento interno total ("Lg"), que apresentam em conjunto uma região de pré-aquecimento (16) para material de carga (14) com no mínimo uma saída (18) para gases de exaustão, uma câmara de combustão (19) com queimadores (20), uma elevação de base (9), uma faixa de homogeneização (10), uma passagem de base (11), bem como um canal de subida (12) para a massa fundida de vidro (6), sendo que para os queimadores (20) acha-se conectada uma fonte de gás para gás de oxidação rico em oxigênio, além de externamente uma conexão para combustíveis fósseis, e sendo que na câmara de combustão (19), antes da elevação de base (9), está disposta no mínimo uma série de borbulhadores (8), caracterizado pelo fato de que:

a) entre a região de pré-aquecimento (16) e a câmara de combustão (19) acha-se disposta uma única parede de radiação (15) com uma aresta inferior sobre o material de carga (14), através da qual o comprimento ("Lv") da região de pré-aquecimento (16) fica limitado a valores de 15 a 35% do comprimento total interno ("Lg") e o comprimento ("Lf") da câmara de combustão (19) fica expandido para valores de 65 a 85% do comprimento total interno ("Lg");

b) a região de pré-aquecimento (16) está projetada para um pré-aquecimento do material de carga (14) exclusivamente interno ao forno;

c) a fonte de gás para o gás de oxidação contém uma porcentagem de oxigênio de no mínimo 85 por cento em volume de oxigênio, e que

d) a pelo menos uma saída (18) da região de pré-aquecimento (16) para os gases de exaustão sem conexão intermediária de um permutador de calor está conectada com a atmosfera.

2. Forno de fundição de vidro de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que na região de pré-aquecimento (16) na base

de banheira (5a) está disposta no mínimo uma fileira de eletrodos (17).

3. Forno de fundição de vidro de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os borbulhadores (8) estão dispostos próximos ao final da região de queimadores (Bb) antes da elevação de base (9).

5 4. Forno de fundição de vidro de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que os borbulhadores (8) estão dispostos em uma placa de retenção (7), cujo lado superior sobressai para cima por sobre a base de banheira (5a).

10 5. Forno de fundição de vidro de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a base de banheira (5a) está projetada caindo na direção da elevação de base (9).

6. Forno de fundição de vidro de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a base de banheira (5a) está projetada subindo na direção da elevação de base (9).

15 7. Forno de fundição de vidro de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 e 6, caracterizado pelo fato de que a evolução da base de banheira (5a) ocorre em degraus.

20 8. Forno de fundição de vidro de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o nível de enchimento construtivo ("h2") do vidro sobre a elevação de base (9) situa-se entre 25 e 50% do nível de enchimento construtivo ("h1") na banheira (5) imediatamente antes da elevação de base (9).

25 9. Forno de fundição de vidro de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a faixa de homogeneização (10), atrás da elevação de base (9), possui um nível de enchimento construtivo ("h3"), o qual é de 0,8 vezes até 2,0 vezes o nível de enchimento ("h1") imediatamente antes da elevação de base.

30 10. Forno de fundição de vidro de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os queimadores (20) estão dispostos em uma região de queimadores ("Bb"), que termina antes da elevação de base (9).

11. Forno de fundição de vidro de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que entre a banheira (5) e o forno superior (1) es-

tá disposta uma abertura de alimentação (13).

12. Forno de fundição de vidro de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o comprimento da elevação de base (9) na direção do fluxo situa-se entre 0,5 e 15% do comprimento total ("Lg").

5 13. Processo para a fundição de vidros, especialmente do grupo vidros de soda cal, especialmente vidro para recipiente, ou vidro plano para processos de laminação e vidros técnicos, especialmente vidro borosilicato ou vidro neutro, a partir de material de carga (14) em um forno de fundição de vidro com um comprimento total interno ("Lg"), uma banheira (5), uma
10 abertura de alimentação de carga (13), uma região de pré-aquecimento (16) e uma câmara de combustão (19), sendo que o material de alimentação (14) sem pré-aquecimento externo é dosado para dentro da abertura de alimentação de carga (13) e sobre a massa fundida de vidro (6) e é aquecido sendo delimitado dentro da região de pré-aquecimento (16) a um comprimento
15 ("Lv") que se situa entre 15 e 35% do comprimento total ("Lg") e por uma única parede de radiação (15), sendo que o material de alimentação (14)

a) é aquecido desde cima por gases de combustão e gases dos borbulhadores provenientes da câmara de combustão (19), gases estes que abaixo da parede de radiação (15) retornam para a região de pré-
20 aquecimento (16) e saem da região de pré-aquecimento (16) através de pelo menos uma saída (18), e

b) é reconduzido desde baixo através da porcentagem da massa fundida de vidro (6) que é transportada para cima por meio dos borbulhadores (8) e depois, imediatamente abaixo do material de alimentação (14), na
25 direção da abertura de alimentação de carga (13), e sendo que os gases de combustão são gerados por queimadores (20) na câmara de combustão (19) a partir de combustíveis fósseis e de um gás de oxidação, o qual contém no mínimo 85% de oxigênio, sendo que além disso a câmara de combustão (19), do outro lado da parede de radiação (15), possui um comprimento ("Lf")
30 entre 65 e 85% do comprimento total ("Lg") e sendo que a massa fundida de vidro (6) é conduzida inicialmente através de uma série de borbulhadores (8) e depois por cima de uma elevação de base (9) para uma faixa de homoge-

neização (10).

14. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a massa fundida de vidro (6), em caso de necessidade, é aquecida por baixo por meio de eletrodos (17).

5 15. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a massa fundida de vidro (6) é conduzida para um comprimento entre 0,5 e 15% do comprimento total ("Lg") sobre a elevação de base (9).

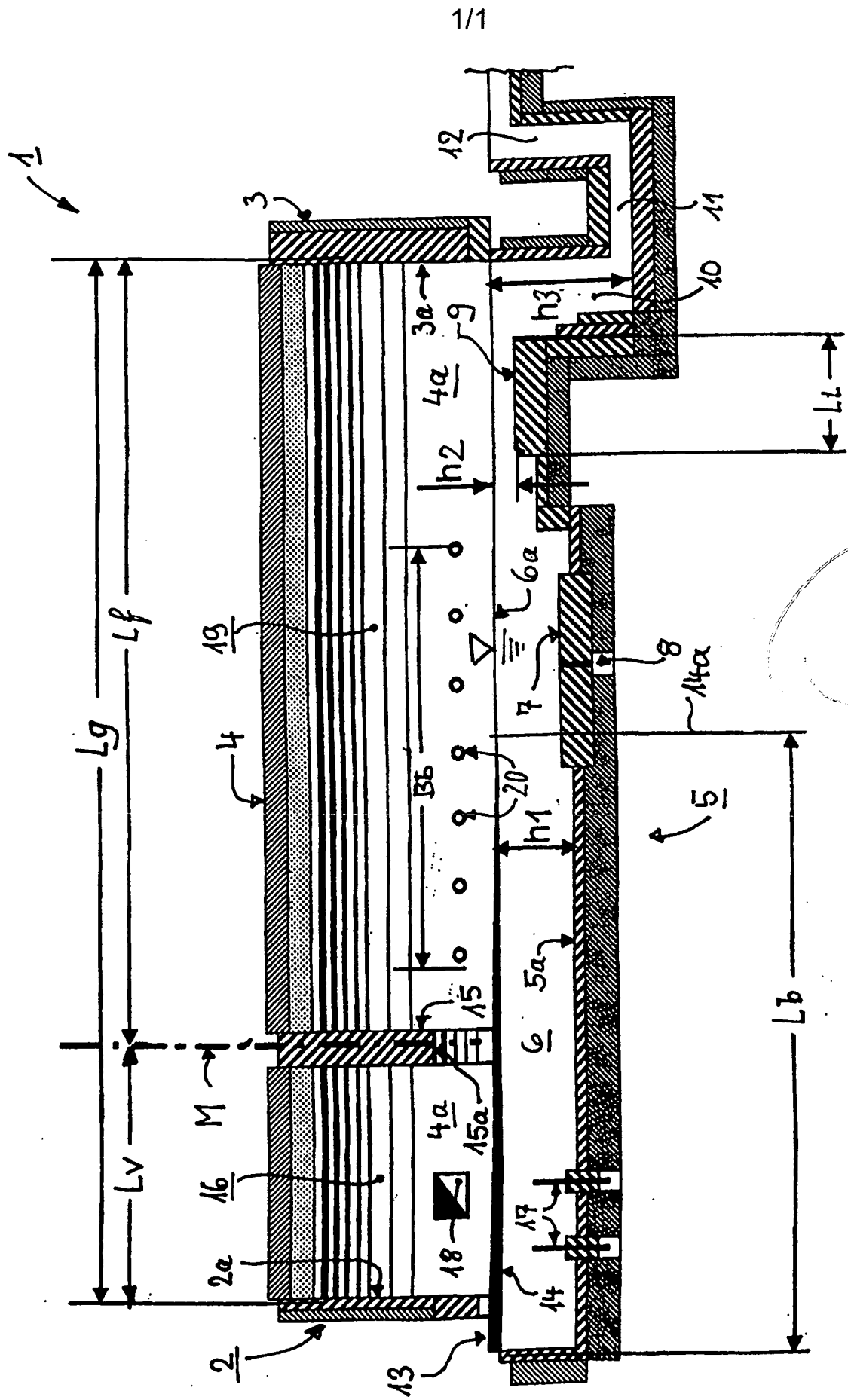


Fig. 1

RESUMO

Patente de Invenção: **"FORNO DE FUNDIÇÃO DE VIDRO E PROCESSO PARA A FUNDIÇÃO DE VIDROS"**.

A presente invenção refere-se a um forno de fundição de vidro com uma banheira (5) e um forno superior (1) com uma cobertura de forno (4) e um comprimento interno total ("Lg"), com uma região de pré-aquecimento (16) para material de carga (14) e com uma câmara de combustão (19) com queimadores (20). Para alcançar o objetivo de apresentar um forno de fundição de vidro e um processo operacional para este, por meio dos quais sejam respeitadas as normas legais para os limites de sobrecarga do meio ambiente, sem prejudicar a rentabilidade econômica e sem que sejam necessários processos, instalações e equipes operacionais adicionais, de acordo com a invenção se propõe que:

a) entre a região de pré-aquecimento (16) e a câmara de combustão (19) seja disposta uma única parede de radiação (15), através da qual o comprimento ("Lv") da região de pré-aquecimento (16) fica limitado a valores de 15 a 35% do comprimento total interno ("Lg") e o comprimento ("Lf") da câmara de combustão (19) fica expandido para valores de 65 a 85% do comprimento total interno ("Lg");

b) a região de pré-aquecimento (16) seja projetada para um pré-aquecimento do material de carga (14) exclusivamente interno ao forno;

c) uma fonte de gás para o gás de oxidação contenha uma porcentagem de oxigênio de no mínimo 85 por cento em volume de oxigênio, e que

d) a pelo menos uma saída (18) da região de pré-aquecimento (16) para os gases de exaustão sem conexão intermediária de um permutador de calor seja conectada com a atmosfera.