

**(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: <b>2008.07.10</b>	(73) Titular(es): <b>L`AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR L`ETUDE ET L`EXPLOITATION DES PROCÉDÉS GEORGES CLAUDE 75, QUAI D`ORSAY 75007 PARIS</b> <b>FR</b>
(30) Prioridade(s): <b>2007.07.10 FR 0756398</b>	
(43) Data de publicação do pedido: <b>2010.04.21</b>	
(45) Data e BPI da concessão: <b>2011.04.20 132/2011</b>	(72) Inventor(es): <b>PHILIPPE BEAUDOIN</b> <b>FR</b> <b>GABRIEL CONSTANTIN</b> <b>FR</b> <b>PASCAL DUPERRAY</b> <b>FR</b> <b>SON HA GIANG</b> <b>FR</b> <b>BENOIT GRAND</b> <b>FR</b>
	(74) Mandatário: <b>MARIA SILVINA VIEIRA PEREIRA FERREIRA RUA CASTILHO, N.º 50, 5º - ANDAR 1269-163 LISBOA</b> <b>PT</b>

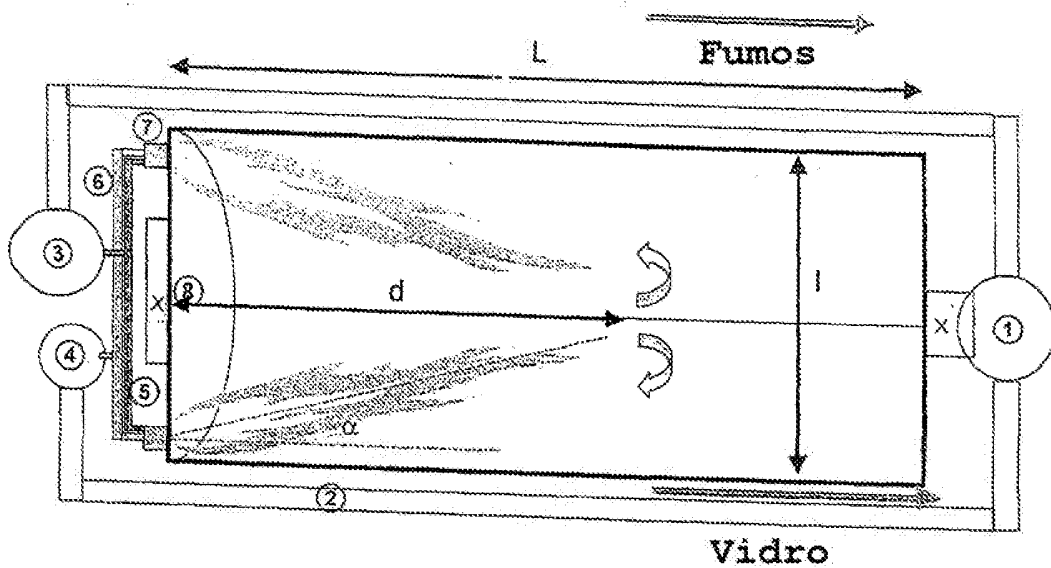
(54) Epígrafe: **FORNO E PROCESSO OXI-COMBUSTÍVEL PARA A FUSÃO DE MATÉRIAS VITRIFICÁVEIS**

(57) Resumo:  
PROCESSO DE FUSÃO DE VIDRO NUM FORNO DE CHAMAS OXICOMBUSTÃO DE FRACA CAPACIDADE COM PRÉ-AQUECIMENTO DOS REAGENTES, ASSIM COMO FORNOS DE FUSÃO DE VIDRO CORRESPONDENTE. UM A TRÊS QUEIMADORES DE OXI DE COMBUSTÃO FASEADA E/OU DE IMPULSÃO VARIADA DESEMBOCAM NA CÂMARA DE FUSÃO ATRAVÉS DA PAREDE MONTANTE.

## RESUMO

### "FORNO E PROCESSO OXI-COMBUSTÍVEL PARA A FUSÃO DE MATÉRIAS VITRIFICÁVEIS"

Processo de fusão de vidro num forno de chamas oxí-combustão de fraca capacidade com pré-aquecimento dos reagentes, assim como fornos de fusão de vidro correspondente. Um a três queimadores de oxí de combustão faseada e/ou de impulsão variada desembocam na câmara de fusão através da parede montante.



DESCRIÇÃO

**"FORNO E PROCESSO OXI-COMBUSTÍVEL PARA A FUSÃO DE MATÉRIAS  
VITRIFICÁVEIS"**

A invenção refere um processo e um forno oxi-combustível para a fusão de matéria vitrificável e a obtenção de vidro fundido.

A invenção refere especialmente um forno de fusão tendo uma capacidade ou tiragem inferior ou igual a 400 toneladas de vidro fundido por dia. Tais fornos de fusão são por exemplo utilizados na fabricação de vidro oco e de vidraria diversa onde alimentam as máquinas de moldagem de vidro fundido.

A invenção refere mais particularmente um tal forno de fusão dito «de chama». Num forno de chama, pelo menos uma parte da energia de fusão é fornecida por pelo menos uma chama na câmara de fusão, a dita pelo menos uma chama sendo realizada por meio de um queimador.

O documento anterior US-A-3592622 descreve um processo permitindo aumentar a temperatura do vidro num forno de fusão afinado aquecido por combustão aero sem aumento correspondente da temperatura da abóbada do forno.

De acordo com US-A-359622, isso é realizado pela adição ao forno de energia térmica auxiliar fornecida por uma chama não luminosa gerada por um queimador de oxi. A dita chama é dirigida no sentido do comprimento do forno e para baixo de modo a permitir uma combustão substancialmente completa antes que os produtos de combustão entrem em contacto com a superfície do vidro fundido.

O documento anterior US-A-359622 divulga em particular um tal forno de fusão afinação com uma câmara de um comprimento de 36 pés (cerca de 10,1 m) que é aquecido por queimadores aero montados de modo espaçados nas paredes laterais.

A fim de aumentar a temperatura do vidro, a dita câmara está munida de dois queimadores de oxí na parede montante.

Os eixos dos dois queimadores de oxí convergem a uma distância de 12 a 14 pés (cerca de 3,7 a 4,3 m) da parede montante. A energia térmica auxiliar fornecida por esses dois queimadores de oxí eleva-se a 10,5% aproximadamente a energia térmica total do forno.

Para reduzir as emissões poluentes, tais como os  $\text{NO}_x$ , e para limitar o consumo energético dos fornos de fusão de chama, é possível substituir o ar, como comburente, para a combustão, por um gás rico em oxigénio. Tais fornos são chamados fornos de chama oxí-combustível ou fornos oxí-combustíveis. A combustão por meio de um gás rico em oxigénio é chamada oxí-combustão e os queimadores funcionando com um gás rico em oxigénio como comburente são chamados queimadores de oxí.

Nos fornos de fusão oxí-combustíveis, a configuração dos queimadores é geralmente constituída por um número de queimadores colocados sobre uma parte do comprimento do forno e dirigidos perpendicularmente ao eixo do forno/da câmara de combustão. A potência de cada um dos queimadores está individualmente ajustada, ou ajustada por grupo de queimadores, para estabelecer o perfil térmico desejado no forno. A potência total dos queimadores está ajustada em função da tiragem do forno.

Outras configurações de queimadores foram propostas.

Existem assim igualmente fornos de fusão ditos «em u» nos quais (1) a configuração dos queimadores é constituída por um número muito fraco de queimadores (tipicamente um ou dois) dirigidos em suma de modo paralelo ao eixo longitudinal do forno e (2) a ou as aberturas de saída de fumos estão posicionadas de modo a criarem uma ou umas chamas em forma de u.

A presente invenção tem por finalidade fornecer um processo oxí-combustível melhorado pela fusão de matérias vitrificáveis num forno de capacidade limitada, assim como um forno de fusão melhorado com capacidade limitada apto para ser utilizado num tal processo.

A presente invenção refere mais particularmente um processo para a obtenção de vidro fundido pela fusão de matérias vitrificáveis numa câmara de fusão.

A câmara de fusão é definida por uma parede montante (igualmente chamada empena do lado da enfora ou parede traseira e em inglês: «back wall»), uma parede jusante (igualmente chamada empena de saída ou parede dianteira e em inglês: «front wall»), paredes laterais uma soleira e uma abóbada. Tem uma superfície interna inferior ou igual a 200 m<sup>2</sup> e o seu eixo longitudinal estende-se entre a parede montante e a parede jusante. A câmara de fusão constitui uma zona a montante do lado da parede montante e uma zona a jusante do lado da parede jusante.

No processo conforme a invenção, enfornam-se matérias vitrificáveis na zona a montante. Fundem-se as matérias

vitrificáveis com obtenção de vidro fundido fornecendo energia de fusão na câmara de fusão. Evacua-se o vidro fundido na zona a jusante.

Fornece-se pelo menos 70% da energia de fusão por dois queimadores de oxigénio. Os dois queimadores de oxigénio desembocam na câmara de fusão através da parede montante e estão situados de um e de outro lado do plano vertical compreendendo o eixo longitudinal da câmara de fusão (quer dizer o plano vertical no qual se situa o dito eixo longitudinal). Para fornecer estes pelo menos 70% da energia de fusão, alimentam-se os dois queimadores de oxigénio com combustível e com comburente e injecta-se o combustível e o comburente na câmara de fusão por meio desses dois queimadores de oxigénio de modo a criar duas chamas e fumos. Cada uma das duas chamas apresenta um eixo de injeção. O comburente é um comburente rico em oxigénio e em particular um comburente cujo teor de oxigénio é de pelo menos 70% de vol.

Evacuam-se os fumos da câmara de fusão por pelo menos uma abertura de evacuação de fumos.

A invenção caracteriza-se especialmente por os eixos de injeção das duas chamas se juntarem a uma distância  $d$  da parede montante entre  $1/3$  e  $3/4$  do comprimento  $L$  da câmara de fusão.

A superfície interna da câmara de fusão é de preferência de 10 a 90 m<sup>2</sup>.

O comburente tem de preferência um teor de oxigénio de pelo menos 80% de vol.

Os dois queimadores de oxigênio de preferência estão posicionados simetricamente de um e de outro lado relativamente ao plano vertical compreendendo o eixo longitudinal da câmara de fusão.

Os eixos de injeção das duas chamas juntam-se de preferência a uma distância  $d$  da parede montante de cerca de  $2/3$  do comprimento  $L$  da câmara (entre  $7/12$  e  $9/12$  do comprimento  $L$  da câmara).

Os eixos de injeção das duas chamas juntam-se de preferência no plano vertical compreendendo o eixo longitudinal da câmara de fusão.

Por eixo de injeção de uma chama compreende-se a orientação ou a direcção inicial da chama, quer dizer na saída do queimador.

O processo conforme a invenção apresenta numerosas vantagens.

Foi com efeito constatado que, num forno com uma tal superfície interna, o processo conforme a invenção com a orientação das duas chamas tal como descrita acima, com especialmente eixos de injeção que se juntam no forno, permite uma melhor eficácia da transferência térmica para a carga, permitindo assim realizar uma tiragem (em inglês: «pull rate») mais elevada do forno e/ou uma qualidade melhor do vidro fundido, especialmente no que refere a homogeneidade da composição e da temperatura do vidro fundido à saída do forno, ou ainda realizar economias de combustível.

Esta orientação das duas chamas com um ponto de encontro que cria uma zona de combustão de alta temperatura melhora especialmente o controlo dos escoamentos do vidro em fusão no banho de vidro e sua homogeneidade. Esta orientação permite igualmente aumentar o tempo de permanência dos fumos na parte de cima da carga, melhorando deste modo a transferência térmica para a carga e diminuir a temperatura dos fumos à saída do forno.

Visto que, para uma potência dada, os volumes de gás (especialmente de comburente e de fumos) em oxi-combustão são fortemente reduzidos relativamente aos volumes de gás em combustão aero, o risco de arrastamento de matérias vitrificáveis ou de componente do vidro fundido com a chama e os fumos, considerando a orientação das duas chamas, é reduzido, e em consequência, o risco de danos das paredes da câmara de fusão e de perdas de matérias vitrificáveis e/ou componentes.

Uma outra vantagem da presente invenção é que é possível proceder a uma manutenção de um dos dois queimadores, ou dos dispositivos de alimentação de combustível e/ou de comburente de um dos dois queimadores, sem ter de se interromper a fusão e logo sem arrefecimento do forno que pode levar a esvaziar o banho de fusão de matérias vitrificáveis e de vidro fundido, evitando assim tempos de paragem e perdas de produção importantes.

A presença de dois queimadores de oxi desembocando na câmara de fusão através da parede montante permite, quando um dos queimadores de oxi é posto fora de função para a sua manutenção ou para a manutenção dos seus meios de alimentação, até mesmo para a manutenção dos meios para o pré-aquecimento do combustível e/ou do comburente

alimentados no dito queimador de oxigênio, de poder balançar a potência sobre o outro dos dois queimadores de oxigênio.

A potência do queimador posto fora de função pode parcialmente ou totalmente ser compensada pelo outro dos dois queimadores.

O teor de oxigênio do comburente é vantajosamente superior a 85% de vol, de preferência de pelo menos 90% de vol, mais de preferência de pelo menos 95% de vol, até mesmo de pelo menos 99% de vol.

De acordo com uma forma de realização particularmente vantajosa que aumenta a flexibilidade do processo e do forno conforme a invenção, os dois queimadores de oxigênio são queimadores de oxigênio de chama orientável, quer dizer queimadores de oxigênio que permitem fazer variar a orientação do eixo de injeção da chama. Tais queimadores de chama orientável estão especialmente descritos nos pedidos de patentes WO 2008/003908 e FR 2903479 de Sociedade O AR LÍQUIDO. A utilização desse tipo de queimadores permite especialmente deslocar o ponto na câmara de fusão onde os eixos de injeção das duas chamas se juntam. Isso permite por exemplo ter em conta mudanças na tiragem do forno e/ou na composição das matérias vitrificáveis.

De preferência, transporta-se pelo menos uma parte dos fumos evacuados para meios de recuperação de calor.

É possível melhorar ainda mais o balanço energético do processo de fusão pré-aquecendo pelo menos uma parte dos reagentes (comburente e/ou combustível), em particular pelo menos uma parte do comburente, a montante dos dois queimadores. O dito pré-aquecimento é vantajosamente

efectuado nos meios de recuperação de calor, e especialmente utilizando um ou uns permutadores de calor. Esses permutadores de calor estão tipicamente colocados no circuito de evacuação dos fumos a jusante do forno.

Esta técnica de pré-aquecimento dos reagentes permite um ganho de cerca de 10% sobre os consumos de oxigénio e de combustível. O ganho exacto é função do nível de temperatura atingido pelos reagentes, do design do forno e do tipo de queimador utilizado.

A fim de tornar a implantação de uma tal tecnologia da oxicomcombustão de reagentes quentes interessante e rentável para os fornos de pequena dimensão, apesar da complexidade da sua aplicação, do preço da instalação relativamente à economia geral e do obstáculo da instalação do pré-aquecimento, propõe-se, de acordo com um dos modos de realização da invenção, que os meios de recuperação de calor constituam pelo menos um primeiro permutador de calor situado no exterior da câmara de fusão e essencialmente atrás da parede montante na qual os dois queimadores de oxi estão montados e que se pré-aqueça pelo menos uma parte, e de preferência a totalidade, do comburente fornecido aos dito dois queimadores de oxi no pelo menos um primeiro permutador de calor por troca térmica com um fluido térmico.

A invenção, torna assim possível beneficiar do ganho energético trazido pela técnica do pré-aquecimento dos reagentes num forno com uma câmara de fusão de fraca capacidade, e isso com uma aplicação relativamente simples, um preço razoável da instalação e sem demasiado obstáculo.

É de notar que no presente contexto, o termo «câmara de fusão» cobre igualmente as câmaras de fusão/afinação.

O processo conforme a invenção é realizado com uma câmara de fusão sendo uma câmara de fraca capacidade. A câmara apresenta tipicamente uma capacidade ou tiragem inferior ou igual a 400 toneladas de vidro fundido por dia, de preferência de 50 a 200 toneladas por dia. Isso corresponde geralmente a uma câmara tendo uma superfície interna (= comprimento L x largura l) inferior ou igual a  $200 \text{ m}^2$ , e de preferência de 10 a  $90 \text{ m}^2$ .

No que segue, o termo «câmara de fraca capacidade» refere-se a uma câmara de acordo com qualquer uma das descrições acima.

Cada um dos dois queimadores de oxigênio está munido de meios de alimentação de combustível permitindo regular o fluxo do combustível enviado ao dito queimador.

Foi constatado em particular que é possível nas câmaras de fraca capacidade realizar uma boa cobertura da carga (matérias vitrificáveis e vidro fundido) pelas chamas e um bom perfil térmico com dois queimadores de oxigênio de combustão faseada e/ou de impulsão variável montados na parede montante.

A combustão faseada é uma combustão em duas zonas de combustão sucessivas. Na primeira zona de combustão, um dos reagentes (combustível ou comburente) é injectado numa quantidade inferior à quantidade estequiométrica para a combustão. Nesta primeira zona, há pois uma combustão rica em combustível (no caso de injeção subestequiométrica de comburente e mais particularmente de oxigênio) ou combustão rica em oxigênio (no caso de injeção subestequiométrica de combustível). O complemento do reagente injectado de

subestequiometria é injectado à distância da primeira zona de combustão, criando assim uma segunda zona de combustão na qual o complemento do reagente injectado de subestequiometria reage com o resíduo da combustão da primeira zona e especialmente com o resíduo nos fumos do outro reagente.

Geralmente, o reagente injectado de subestequiometria na primeira zona de combustão é o comburente.

Queimadores de combustão faseada, igualmente chamados «de jactos separados» podendo vantajosamente serem utilizados no processo e o forno conforme a invenção são especialmente descritos em WO-A-02/081967, WO-A-2004/094902 e WO-A-2005/059440 em nome da requerente e são comercializados pela sociedade requerente sob a denominação comercial ALGASS<sup>TM</sup> SUN.

Os queimadores de oxigénio de combustão faseada apresentam as vantagens seguintes:

- uma potência flexível, podendo especialmente ser adaptada à variação de tiragem requerida pelo forno,
- um comprimento de chama regulável.

Esses queimadores permitem em particular fazer variar a extensão da chama independentemente da potência de funcionamento e assim repartir o aquecimento sobre o comprimento da câmara.

Os queimadores de impulsão variável, constituindo ou não um lança oxigénio para reforçar a flexibilidade, permitem ajustar a extensão da chama pela regulação da velocidade de injeção dos reagentes (comburente e combustível). Os queimadores de impulsão faseada permitem igualmente fazer variar a extensão da chama independentemente da potência de

funcionamento. O combustível é geralmente um combustível gasoso.

Queimadores de impulsão variável podendo vantajosamente serem utilizados no processo e o forno conforme a invenção são especialmente descritos em FR-A-2837916, EP-A-1195557 EP-A-0763692 e EP-A-1016825 em nome da requerente e são comercializados pela sociedade requerente sob as denominações comerciais AGLASS<sup>TM</sup> VM.

É de notar que, embora a invenção permita realizar uma boa cobertura do banho, e portanto da carga (matérias vitrificáveis e vidro fundido) pelas duas chamas e um bom perfil com os dois queimadores de oxigênio montados na parede montante, isso não exclui a presença de outros queimadores e/ou injectores ou lanças de combustível e/ou de comburente na câmara de fusão e especialmente na zona a jusante, e especialmente na zona de afinação no caso de uma câmara de fusão afinação.

Todavia, os dois queimadores de oxigênio montados na parede montante fornecem de modo útil pelo menos 80% da energia de fusão na câmara.

É particularmente considerado fornecer pelo menos 90%, até mesmo a totalidade da energia de fusão na câmara por meio desses dois queimadores de oxigênio montados na parede montante.

Graças ao posicionamento dos dois queimadores de oxigênio na parede montante, é possível posicionar o pelo menos um primeiro permutador de calor para o pré-aquecimento de pelo menos uma parte do comburente desses queimadores de oxigênio essencialmente e de preferência inteiramente atrás da parede montante (vista do interior da câmara ou

posicionando-se diante da parede jusante) e de limitar deste modo o obstáculo.

O pelo menos um primeiro permutador de calor situado atrás da parede montante pode ser um permutador directo atravessado por fumos evacuados e no qual pelo menos uma parte do comburente é pré-aquecida por troca térmica com os ditos fumos, os ditos fumos sendo neste caso o fluido de transferência do calor. Esta solução, embora com um custo razoável, não parece no entanto trazer um nível de segurança suficiente.

De preferência, o pelo menos um permutador de calor situado atrás da parede montante é de preferência um permutador de calor indirecto. Neste caso, a pelo menos uma parte do comburente é pré-aquecido por troca térmica com um fluido de transferência do calor além dos fumos, o dito fluido de transferência do calor tendo por sua vez recuperado da energia térmica dos fumos por uma segunda troca térmica.

A troca térmica entre pelo menos uma parte do comburente e o fluido de transferência do calor e a troca térmica entre o fluido de transferência do calor e os fumos podem ser realizadas num mesmo (primeiro) permutador de calor ou em dois permutadores separados, pelo menos o permutador para troca térmica entre o fluido de transferência do calor e o comburente (primeiro permutador) estando posicionado essencialmente atrás da parede montante.

US-A-6071116 e US-A-6250916 da sociedade Air Liquide descrevem dispositivos para a troca de calor indirecta podendo vantajosamente serem utilizados no quadro da presente invenção.

De preferência, pré-aquece-se igualmente pelo menos uma parte, e de preferência a totalidade, do combustível antes da sua alimentação aos dois queimadores de oxí em pelo menos um primeiro permutador de calor situado no exterior da câmara e essencialmente atrás da parede montante. As considerações acima referindo o pré-aquecimento do comburente aplicam-se igualmente ao pré-aquecimento do combustível.

O processo pode ser realizado com diversos combustíveis. Os combustíveis gasosos são preferidos.

A pelo menos uma parte do dito comburente é, como descrito acima, vantajosamente pré-aquecida por troca térmica indirecta com os fumos evacuados, o que permite aumentar a fiabilidade e a segurança do processo.

Para aumentar o ganho energético, é igualmente possível pré-aquecer pelo menos uma parte do dito combustível por troca térmica com um fluido de transferência do calor no pelo menos um primeiro permutador de calor, esse pré-aquecimento sendo igualmente de preferência realizado por troca térmica indirecta com os fumos evacuados.

A troca térmica indirecta pode ser realizada num só permutador de calor no qual um fluido de transferência do calor é aquecido por troca térmica directa com os fumos evacuados e o comburente, e eventualmente o combustível, são aquecidos por troca térmica directa com o fluido de transferência do calor assim aquecido. Todavia, é muitas vezes útil efectuar as duas trocas térmicas directas em dois permutadores separados.

Deste modo conforme uma forma de realização do processo, um fluido de transferência do calor, tal como o ar ou um gás

inerte, é aquecido por troca térmica com pelo menos uma parte dos fumos evacuados em pelo menos um segundo permutador de calor situado na proximidade da pelo menos uma abertura de evacuação. O fluido de transferência do calor aquecido é conduzido para o pelo menos um primeiro permutador de calor situado atrás da parede montante onde tem lugar o pré-aquecimento de pelo menos uma parte do dito comburente e eventualmente pelo menos uma parede do dito combustível.

Conforme uma forma de realização alternativa do processo, a pelo menos uma parte dos fumos evacuados é conduzida para pelo menos um segundo permutador de calor situado na proximidade da parede montante, este pelo menos um segundo permutador de calor especialmente podendo igualmente ser posicionado essencialmente atrás da parede montante. Um fluido de transferência do calor, tal como o ar ou um gás inerte, é aquecido por troca térmica com pelo menos uma parte dos fumos evacuados no pelo menos um segundo permutador de calor. O fluido de transferência do calor aquecido é conduzido para o pelo menos um primeiro permutador de calor situado atrás da parede montante para o pré-aquecimento de pelo menos uma parte do dito comburente e eventualmente pelo menos uma parte do dito combustível.

A presente invenção refere igualmente um forno para a fusão de matérias vitrificáveis e a obtenção de vidro fundido permitindo realizar o processo descrito acima.

O forno conforme a invenção constitui uma câmara de fusão definida por uma parede montante, uma parede jusante, paredes laterais, uma soleira e uma abóbada constituindo uma zona a montante do lado da parede montante e uma zona a jusante do lado da parede jusante. Esta câmara tem uma superfície interna inferior ou igual a 200 m<sup>2</sup>.

O forno de fusão compreende igualmente pelo menos uma abertura de enforamento de matérias vitrificáveis situada na zona a montante, pelo menos uma abertura de saída de vidro fundido estando situada na zona a jusante.

O forno conforme a invenção compreende também pelo menos uma abertura de evacuação de fumos e de meios para a recuperação de calor dos fumos evacuados.

O forno compreende igualmente dois queimadores de oxigênio que desembocam na câmara de fusão através da parede montante e que estão situados de um lado e de outro do plano vertical compreendendo o eixo longitudinal da câmara de fusão. Cada um desses dois queimadores de oxigênio está equipado com meios de alimentação de comburente e com meios de alimentação de combustível.

O forno conforme a invenção caracteriza-se especialmente por os dois queimadores de oxigênio que desembocam na câmara de fusão através da parede montante estarem aptos para fornecerem pelo menos 70% da energia na câmara de fusão e constituem injectores de comburente e de combustíveis de modo a poder realizar duas chamas na câmara de combustão de acordo com os eixos de injeção que se juntam a uma distância  $d$  da parede montante entre  $1/3$  e  $3/4$  do comprimento  $L$  da câmara.

A superfície interna da câmara de fusão é de preferência de 10 a 90 m<sup>2</sup>.

Os dois queimadores de oxigênio estão de preferência posicionados simetricamente de um lado e de outro relativamente ao plano vertical compreendendo o eixo longitudinal da câmara de fusão.

Os eixos de injeção das duas chamas juntam-se de preferência a uma distância  $d$  da parede montante de cerca de  $2/3$  do comprimento  $L$  da câmara (entre  $7/12$  e  $9/12$  do comprimento  $L$  da câmara).

Os eixos de injeção das duas chamas juntam-se de preferência no plano vertical compreendendo o eixo longitudinal da câmara de fusão.

Os meios de alimentação de comburente estão conectados a uma fonte de comburente tendo um teor de oxigénio de pelo menos 70% de vol. Esse teor de oxigénio é de modo útil superior a 80%. Pode especialmente ser superior a 85% de vol, ser de preferência de pelo menos 90% de vol, mais de preferência de pelo menos 95% de vol, até mesmo pelo menos 99% de vol.

Os meios de alimentação de combustível estão de preferência conectados a uma fonte de combustível gasoso. Todavia, a invenção não está limitada aos fornos de fusão funcionando com um combustível gasoso, mas inclui igualmente fornos funcionando com outros combustíveis, tais como os combustíveis líquidos.

Os dois queimadores de oxi são de preferência queimadores de oxi de combustão faseada e/ou de impulsão variável.

Os meios para a recuperação de calor dos fumos evacuados constituem vantajosamente pelo menos um primeiro permutador de calor, o dito pelo menos um primeiro permutador de calor estando situado no exterior da câmara de fusão e essencialmente atrás da parede montante. Pelo menos uma parte dos meios de alimentação de comburente está conectada aos ditos pelo menos um permutador de calor de modo a

permitir o pré-aquecimento de pelo menos uma parte do comburente por troca térmica com um fluido de transferência do calor.

De modo vantajoso, pelo menos uma parte dos meios de alimentação de combustível está conectada aos ditos pelo menos um primeiro permutador de calor de modo a permitir o pré-aquecimento de pelo menos uma parte do combustível por troca térmica com um fluido de transferência do calor.

O pelo menos um primeiro permutador de calor pode ser um permutador de calor directo ou indirecto.

Conforme uma forma de realização permitindo o pré-aquecimento indirecto de pelo menos uma parte do comburente, e eventualmente também pelo menos de uma parte do combustível, o forno compreende igualmente:

- pelo menos um segundo permutador de calor situado na proximidade da pelo menos uma abertura de evacuação de fumos para o aquecimento de um fluido de transferência do calor por troca térmica com pelo menos uma parte dos fumos evacuados,
- tubos permitindo conduzir o fluido de transferência do calor aquecido para o pelo menos um primeiro permutador de calor situado atrás da parede montante.

Conforme uma forma de realização alternativa, o forno constitui:

- pelo menos um segundo permutador de calor situado na proximidade da parede montante para o aquecimento de um fluido de transferência do calor por troca térmica com pelo menos uma parte dos fumos evacuados,
- tubos permitindo conduzir a pelo menos uma parte dos fumos evacuados da abertura de evacuação para o pelo menos um segundo permutador de calor,

- tubos permitindo conduzir o fluido de transferência do calor aquecido para o pelo menos um primeiro permutador de calor situado atrás da parede montante.

O forno de fusão é de modo útil um forno para o fabrico de vidro oco e de vidraria diversa destinado a alimentar máquinas de moldagem de vidro fundido.

A invenção está ilustrada mais adiante por um exemplo específico de aplicação da invenção, sendo feita referência na figura que é uma representação esquemática de um corte transversal de um forno de fusão conforme a invenção.

Como ilustrado na figura, a câmara de fusão, que é uma câmara de fusão /afinação, apresenta um comprimento  $L$  e uma largura  $l$ . A câmara está equipada com dois queimadores de oxigénio de combustão faseada desembocando na câmara de fusão através da parede montante. Os ditos queimadores de oxigénio estão posicionados simetricamente de um lado e de outro do plano vertical constituindo o eixo longitudinal X-X da câmara.

Cada um dos dois queimadores de oxigénio compreende um bloco de matéria refractária constituindo uma primeira passagem para a injeção de combustível, uma passagem de secção anular à volta da dita primeira passagem para a injeção do comburente primário, dito «de revestimento», das passagens a fraca distância da primeira passagem para a injeção de comburente secundário e a uma distância maior da primeira passagem das passagens para a injeção do comburente secundário.

A sociedade requerente comercializa sob a denominação comercial ALGLASS<sup>TM</sup> SUN, queimadores constituindo dois

blocos refractários, cada bloco constituindo passagens de combustível e de comburente tais como descritos acima, e estando pois apto a ser utilizado como um dos dois queimadores de oxí conforme a invenção. Neste caso considerar-se-á, no contexto da presente invenção, que cada um dos dois blocos constitui para si só um queimador de oxí.

A abertura de evacuação dos fumos está situada na parede jusante.

Os fumos evacuados são conduzidos para o recuperador de fumos/ar ou segundo permutador de calor 1 situado na proximidade da abertura de evacuação. Nesse segundo permutador de calor, ar, utilizado como fluido de transferência do calor, é aquecido por troca térmica com os fumos evacuados.

O ar quente assim obtido é conduzido pelos tubos 2 para os dois primeiros permutadores de calor 3 e 4 posicionados atrás da parede montante.

No permutador ar/oxigénio 3, o comburente oxigénio é pré-aquecido por troca térmica com o ar quente antes de ser conduzido pela conexão oxigénio para os dois queimadores oxí 7.

No permutador ar/gás natural 4, o combustível gás natural é pré-aquecido por troca térmica com o ar pré-aquecido antes de ser conduzido pela conexão gás natural para os queimadores de oxí 7.

Os dois queimadores de oxí 7 estão orientados de modo a que os eixos de injeção das chamas dos dois queimadores se juntem num ponto de intersecção situado no plano vertical

compreendendo o eixo longitudinal X-X da câmara, de modo a aí criar um ponto quente.

O ângulo  $\alpha$  dos ditos queimadores é escolhido em função da localização desejada pelo ponto quente. Por exemplo, para

Fumos	Composição:	37%vol CO <sub>2</sub> , 50%vol H <sub>2</sub> O, 9%vol N <sub>2</sub> , 5%vol O <sub>2</sub>
	Temperatura:	1350°C a 1450°C
	Fluxo:	≤20000 Nm <sup>3</sup> /h
Comburente	Composição:	Oxigénio (>90%vol)
	Temperatura de pré-aquecimento:	550°C
Combustível (gás natural)	Composição:	Gás natural
	Temperatura de pré-aquecimento:	450°C
Fluido de transferência do calor	Composição:	Ar

um ponto quente situado a uma distância  $d = 2 \times L/3$ ,  $\tan \alpha = 1(2 \times d) = 3 \times 1(4 \times L)$ .

De acordo com um exemplo do processo e do forno conforme a invenção, a câmara de fusão tem um comprimento de 9m e uma largura de 4,5m.

Os parâmetros deste processo são dados no quadro seguinte:

Lisboa, 5 de Julho de 2011

## **REIVINDICAÇÕES**

1. Processo para a obtenção de vidro fundido por fusão de matérias vitrificáveis numa câmara de fusão definida por uma parede montante, uma parede jusante, paredes laterais, uma soleira e uma abóbada e tendo uma superfície interior inferior ou igual a 200 m<sup>2</sup>, de preferência de 10 a 90 m<sup>2</sup>, a dita câmara constituindo uma zona a montante do lado da parede montante, uma zona a jusante do lado da parede jusante e tendo um eixo longitudinal que se estende entre a parede montante e a parede jusante, processo no qual:

- se enfornam matérias vitrificáveis na zona a montante,
- se fundem as matérias vitrificáveis com obtenção de vidro fundido fornecendo energia de fusão na câmara de fusão, pelo menos uma parte da energia de fusão sendo fornecida alimentando dois queimadores de oxi (7) de combustível e de comburente, o dito comburente tendo um teor de oxigénio de pelo menos 70% de vol e de preferência de pelo menos 80% de vol, e injectando o combustível e o comburente na câmara de fusão por meio dos ditos dois queimadores de oxi (7) de modo a criar duas chamas apresentando um eixo de injeção e fumos, os dois queimadores de oxi desembocando na câmara de fusão através da parede montante e estando situados de um lado e de outro do plano vertical compreendendo o eixo longitudinal (X-X) da câmara de fusão,
- se evacua o vidro fundido na zona a jusante, e

- se evacuem os fumos da câmara de fusão por pelo menos uma abertura de evacuação de fumos, e no qual os eixos de injeção das duas chamas se juntam, de preferência no plano vertical compreendendo o eixo longitudinal (X-X) da câmara de fusão, a uma distância  $d$  da parede montante entre  $1/3$  e  $3/4$  do comprimento  $L$  da câmara de fusão, de preferência cerca de  $2/3$  do comprimento da câmara de fusão, caracterizado por pelo menos 70% da energia de fusão ser fornecida pelos ditos dois queimadores de oxi (7).

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, no qual se transporta pelo menos uma parte dos fumos evacuados para meios de recuperação de calor (1, 3, 4) e se pré-aquece pelo menos uma parte do comburente nos meios de recuperação de calor (1, 3, 4) antes da sua alimentação aos dois queimadores de oxi (7).
3. Processo de acordo com a reivindicação 2, no qual os meios de recuperação de calor (1, 3, 4) constituem pelo menos um primeiro permutador de calor (3, 4) situado no exterior da câmara de fusão e essencialmente atrás da parede montante.
4. Processo de acordo com a reivindicação 3, no qual se pré-aquece pelo menos uma parte do comburente por troca térmica com um fluido de transferência do calor no pelo menos um permutador de calor (3, 4) antes da sua alimentação aos dois queimadores de oxi (7).
5. Processo de acordo com a reivindicação 4, no qual se aquece o fluido de transferência do calor por troca térmica com pelo menos uma parte dos fumos evacuados em pelo menos um segundo permutador de calor (1) situado na proximidade da pelo menos uma abertura de

evacuação, e se conduz o fluido de transferência do calor aquecido para o pelo menos um primeiro permutador de calor (3, 4) situado atrás da parede montante para o pré-aquecimento de pelo menos uma parte do dito comburente e eventualmente de pelo menos uma parte do dito combustível.

6. Processo de acordo com a reivindicação 4, no qual se conduz pelo menos uma parte dos fumos evacuados para pelo menos um segundo permutador de calor situado na proximidade da parede montante, se aquece o fluido de transferência do calor por troca térmica com a pelo menos uma parte dos fumos evacuados no pelo menos um segundo permutador de calor, se conduz o fluido de transferência do calor aquecido para o pelo menos um primeiro permutador de calor (3, 4) situado atrás da parede montante para o pré-aquecimento de pelo menos uma parte do dito comburente e eventualmente pelo menos uma parte do dito combustível.
7. Processo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 6, no qual os dois queimadores de oxigênio (7) estão posicionados simetricamente de um lado e de outro relativamente ao plano vertical compreendendo o eixo longitudinal (X-X) da câmara de fusão.
8. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, no qual o comburente tem um teor de oxigênio de pelo menos 85% de vol, de preferência de pelo menos 90% de vol, ainda de preferência de pelo menos 95% de vol.
9. Forno de fusão de matérias vitrificáveis constituindo:
  - uma câmara de fusão definida por uma parede montante, uma parede jusante, paredes laterais,

uma soleira e uma abóbada e constituindo uma zona a montante, do lado da parede montante e uma zona a jusante do lado da parede jusante, a dita câmara de fusão constituindo uma superfície inferior ou igual a 200 m<sup>2</sup>, de preferência de 10 a 90 m<sup>2</sup> e tendo um eixo longitudinal que se estende entre a parede montante e a parede jusante,

- pelo menos uma abertura de enforamento de matérias vitrificáveis situada na zona a montante,
- pelo menos uma abertura de saída de vidro fundido situada na zona a jusante.
- pelo menos uma abertura de evacuação de fumos, e
- dois queimadores de oxí (7) desembocando na câmara de fusão através da parede montante e situados de um lado e de outro do plano vertical compreendendo o eixo longitudinal (X-X) da câmara de fusão, cada queimador de oxí (7) estando equipado com meios de alimentação de comburente e com meios de alimentação de combustível,
- os dois queimadores de oxí constituindo injectores de comburente e injectores de combustível de modo a poderem realizar duas chamas na câmara de fusão de acordo com eixos de injeção que se juntam, de preferência no plano vertical compreendendo o eixo longitudinal da câmara de fusão, a uma distância  $d$  da parede montante entre  $1/3$  e  $3/4$  do comprimento da câmara, de preferência de cerca de  $2/3$  do comprimento da câmara o dito forno sendo caracterizado por os dois queimadores de oxí 7 estarem aptos a fornecerem pelo menos 70% de energia na câmara de fusão.

10. Forno de acordo com a reivindicação 9, no qual os dois queimadores de oxigénio (7) estão posicionados simetricamente de um lado e de outro relativamente ao plano vertical compreendendo o eixo longitudinal (X-X) da câmara de fusão.
11. Forno de acordo com uma das reivindicações 9 e 10, no qual os meios de alimentação de comburente estão conectados a uma fonte de comburente tendo um teor de oxigénio de pelo menos 70% do vol, de preferência superior a 80%, ainda de preferência superior a 85% de vol, e mais de preferência pelo menos 90% de vol.
12. Forno de acordo com uma das reivindicações de 9 a 11, compreendendo meios (1, 3, 4) para a recuperação de calor dos fumos evacuados, os ditos meios (1, 3, 4) para a recuperação de calor dos fumos evacuados constituindo pelo menos um primeiro permutador de calor (3, 4), o dito pelo menos um primeiro permutador de calor (3, 4) estando situado no exterior da câmara e essencialmente atrás da parede montante.
13. Forno de acordo com a reivindicação 12, no qual os meios de alimentação de comburente estão conectados aos ditos pelo menos um primeiro permutador de calor (3) de modo a permitir o pré-aquecimento de pelo menos uma parte do comburente por troca térmica com um fluido de transferência do calor.
14. Forno de acordo com a reivindicação 13, constituindo:
  - pelo menos um segundo permutador de calor (1) situado na proximidade da pelo menos uma abertura

de evacuação de fumos para o aquecimento de um fluido de transferência do calor por troca térmica com pelo menos uma parte dos fumos evacuados,

- tubos (2) permitindo conduzir o fluido de transferência do calor aquecido para o pelo menos um primeiro permutador de calor (3, 4) situado atrás da parede montante.

15. Forno de acordo com a reivindicação 13, constituindo:

- pelo menos um segundo permutador de calor situado na proximidade da parede montante o aquecimento de um fluido de transferência do calor por troca térmica com pelo menos uma parte dos fumos evacuados,
- tubos permitindo, conduzir a pelo menos uma parte dos fumos evacuados da abertura de evacuação para o pelo menos um segundo permutador de calor,
- tubos permitindo conduzir o fluido de transferência do calor para o pelo menos um primeiro permutador do calor (3, 4) situado atrás da parede montante.

Lisboa, 5 de Julho de 2011

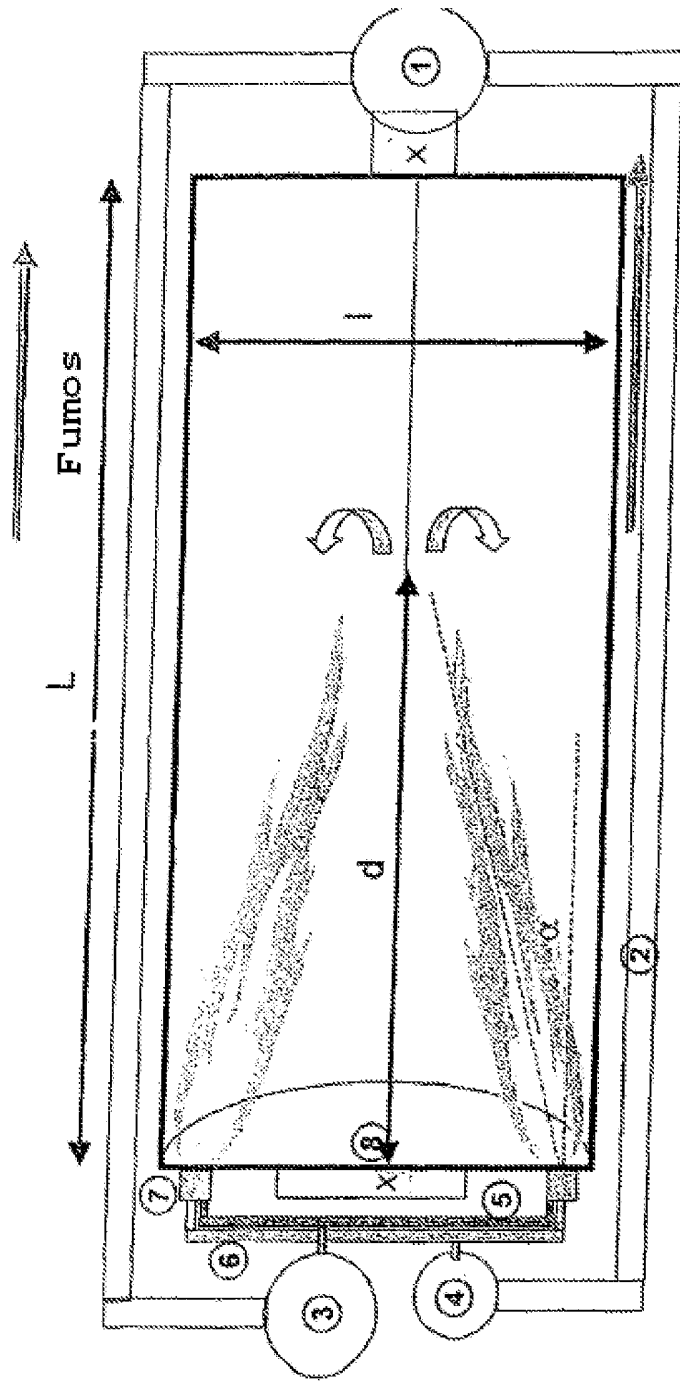


Figura 1