



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

(21) **PI0709928-2 A2**

(22) Data de Depósito: 04/04/2007
(43) Data da Publicação: 02/08/2011
(RPI 2117)



(51) *Int.Cl.:*
C03B 5/20 2006.01
C03B 5/235 2006.01

(54) Título: **FORNO E PROCESSO DE FUSÃO DE MATÉRIAS VITRIFICÁVEIS**

(30) Prioridade Unionista: 07/04/2006 FR 0651258

(73) Titular(es): Saint-Gobain Glass France

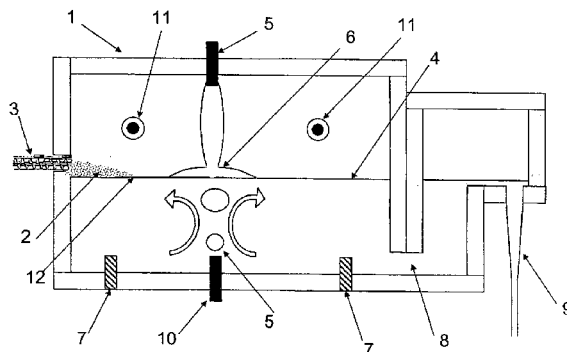
(72) Inventor(es): Biagio Palmieri, Frédéric Lopepe, Laurent Joubaud, Laurent Pierrot, Philippe Meunier, Philippe Pedeboscq

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT FR2007051069 de 04/04/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/116183 de 18/10/2007

(57) **Resumo:** FORNO E PROCESSO DE FUSÃO DE MATÉRIAS VITRIFICÁVEIS A invenção se refere a um forno de fusão de matérias vitrificáveis que compreende a montante da direção de escoamento das matérias fundidas, uma zona de introdução de matérias vitrificáveis sólidas, e que compreende um queimador imerso e um queimador aéreo dito de superfície, que proporciona uma chama que vem tocar a superfície do vidro no local em que a bolha do queimador imerso emerge. Essa associação de queimador aéreo, notadamente na abóbada, e de queimador imerso reduz a quantidade de infundidos que podem se dirigir para a jusante do forno.





PI0709928-2

1 .

“FORNO E PROCESSO DE FUSÃO DE MATÉRIAS VITRIFICÁVEIS”

A invenção se refere a um forno de fusão de matérias vitrificáveis (vidro) que compreende um queimador imerso combinado com um queimador aéreo. O queimador imerso pode notadamente agir como
5 barragem para as matérias vitrificáveis sólidas. O queimador aéreo, notadamente na abóbada, tem uma chama que impacta a superfície do banho fundido acima da chama do queimador imerso, e contribui para a fusão das matérias vitrificáveis.

São conhecidos queimadores imersos para a fusão do vidro
10 notadamente pelas WO9935099 e WO9937591. São conhecidos queimadores na abóbada para a fusão do vidro notadamente pelas WO02/092521, US6237369, WO9931021, WO02/090271. Como outros documentos, podem ser citados os SU425853, US5139558, EP1236691, JP200284532, US5922097, US2002166343.

15 As matérias vitrificáveis são introduzidas a montante do forno. Para uma boa qualidade do vidro, é desejada a fusão perfeita das mesmas, quer dizer a ausência de infundidos no vidro final. Ora é difícil impedir que certas matérias vitrificáveis circulem dentro do forno mais rapidamente do que outras e saiam infundidas, em mistura com vidro fundido, em detrimento
20 da homogeneidade e da qualidade óptica do vidro final. A presente invenção contribui para resolver esse problema.

De acordo com a invenção, associa-se pelo menos um queimador imerso com pelo menos um queimador aéreo, notadamente colocado na abóbada, cuja chama impacta a superfície do banho fundido
25 (feito de vidro) acima da chama (ou a bolha, considerando-se o fato de que são geralmente gases de combustão que emergem do vidro fundido e não uma chama) do queimador imerso, de modo a produzir uma zona localmente muito quente na superfície do vidro e eliminar os infundidos conseguindo para isso fundi-los. Esse dispositivo pode ser completado por uma barragem de

queimadores imersos para aumentar ainda mais a eficácia do dispositivo e conseguir fundir as matérias sólidas. Na seqüência, é pode-se chamar “queimador de superfície” o queimador aéreo do qual a chama impacta a superfície do vidro acima da chama do queimador imerso. Assim, o forno de acordo com a invenção é equipado com pelo menos um queimador aéreo, o dito queimador aéreo sendo associado a pelo menos um queimador imerso, a chama do dito queimador aéreo tocando a superfície do banho fundido no local onde emerge a bolha do dito queimador imerso. Um tal queimador aéreo é dito “queimador de superfície” no âmbito do presente pedido. De acordo com a invenção, uma barragem que compreende pelo menos um queimador imerso impede que as matérias vitrificáveis passem a jusante da dita barragem. As matérias vitrificáveis só podem então atravessar a barragem no estado fundido. A barragem traz além disso calor que contribui para a fusão de qualquer material vitrificável que a atravessa.

O queimador imerso faz subir as matérias (fundidas e infundidas) mais frias, que se encontram naturalmente no fundo do forno, para a superfície, e as envia a jusante do forno depois de tê-las reaquecido. O queimador de superfície que lhe é associado, contribui para acelerar a fusão, em associação com o próprio queimador imerso.

Assim a invenção se refere em primeiro lugar a um forno de fusão de matérias vitrificáveis que compreende a montante da direção de escoamento das matérias fundidas, uma zona de introdução de matérias vitrificáveis sólidas, o dito forno compreendendo um queimador imerso e um queimador de superfície que é um queimador aéreo que proporciona uma chama que vem tocar a superfície do vidro no local em que a bolha do queimador imerso emerge.

A invenção se refere ao princípio da combinação de um queimador imerso e de um queimador de superfície, notadamente colocado na abóbada, o dito queimador imerso podendo ter a função de efeito barreira para

as matérias vitrificáveis. A chama proveniente do queimador de superfície impacta o vidro acima da chama (ou da bolha, considerando o fato de que são geralmente gases de combustão que emergem do vidro fundido e não uma chama) do queimador imerso, de modo a produzir uma zona localmente muito quente na superfície. Como o queimador imerso faz matérias frias subirem para a superfície, essas matérias são reaquecidas por um lado pela chama do queimador imerso e por outro lado pela chama do queimador de superfície. Trata-se aí de um meio de trazer diretamente calor às matérias mais frias. Uma tal eficácia não pode ser atingida se o queimador imerso for substituído por um borbulhador (gases não inflamados) ou fumaças de combustão recuperadas, pois esses gases contribuiriam para o resfriamento prévio das matérias que subiram o que seria contra-produtivo.

O queimador de superfície (geralmente na abóbada), que é dimensionado de modo a que a combustão dos gases se realize ao nível da bolha do queimador imerso, reaquece de modo seletivo o vidro frio que sobe para a superfície. As transferências térmicas que dependem da diferença de temperaturas entre a fonte quente e o ponto frio são portanto bastante melhoradas. Assim, trabalhando-se com tiragem de vidro constante, a invenção permite reduzir os consumos energéticos. Conservando-se temperaturas de superestrutura (limite superior de temperatura que os materiais que constituem o forno suportam) constantes, é também possível aumentar a tiragem.

O queimador imerso pode também fazer parte de uma barragem de queimadores imersos que produzem cada um deles movimentos de convecção no banho fundido e que impedem as matérias vitrificáveis sólidas de irem para a jusante do forno. Notadamente se o forno é largo, é preferido constituir uma barragem para as matérias vitrificáveis por uma multiplicidade de queimadores imersos. Esses queimadores imersos são então de preferência colocados em linha transversalmente à direção principal de

escoamento das matérias fundidas. Essa direção principal corresponde à direção de a montante para a jusante, de acordo com o eixo do forno. É possível deslocar ligeiramente os queimadores imersos em relação a uma linha reta, uma vez que o efeito barragem é obtido. As bolhas provenientes do

5 queimador imerso imprimem um movimento de convecção às matérias sólidas e reenvio dessas últimas para a montante do forno. Coloca-se portanto tantos queimadores imersos para constituir essa barragem quanto a largura do forno necessitar, sabendo que cada queimador imerso terá um efeito barragem em um raio um pouco superior ao raio de sua bolha emergente. As matérias

10 vitrificáveis não fundidas são reenviadas para a montante. Somente matéria fundida pode passar pela barragem. A barragem de queimador imerso reaquece as matérias infundidas, e, se for o caso, termina de fundi-las. As matérias infundidas seguem correias de convecção a montante da barragem, tantas vezes quanto for necessário até sua fusão. A eficácia do sistema de

15 barragem é aumentada pelo fato de que um queimador aéreo proporciona uma chama que vem impactar a superfície do vidro (“queimador de superfície”) no local em que a bolha do queimador imerso emerge. Para o caso em que a barragem só compreende um queimador imerso, esse último é geralmente situado no meio da largura do forno (a meia distância entre as paredes laterais

20 do forno). Para o caso em que a barragem compreende vários queimadores imersos, é possível prever um só queimador de superfície, de preferência do qual a chama toca a superfície do vidro no meio da largura do banho de vidro. De preferência, entretanto, são previstos tantos queimadores de superfície quantos forem os queimadores imersos, os ditos queimadores de superfícies

25 sendo colocados preferencialmente em frente à vertical de cada queimador imerso, de modo que a chama de um queimador de superfície toque (em um impacto pronunciado) o local de emergência da chama (ou bolha) de um queimador imerso. A barragem compreende então pares de queimador imerso / queimador de superfície, cada queimador imerso sendo associado a um

queimador de superfície.

O forno de acordo com a invenção pode compreender várias barragens sucessivas (2 ou 3 e mesmo mais) no caminho das matérias fundidas, cada barragem compreendendo cada uma delas pelo menos um queimador imerso.

De preferência, os gases que provêm de cada queimador de superfície chega com uma velocidade bastante alta na superfície do vidro, por exemplo com uma velocidade de pelo menos 15 metros por segundo. Essa velocidade pode ser muito maior, e ela é regulada também em função do risco de decolagem de matérias na superfície do banho. Notadamente, se a chama do queimador de superfície chega na proximidade de um talude de composição, é preferido limitar a velocidade de seus gases para não provocar decolagem de matéria que provem desse talude. Essa velocidade pode por exemplo ir até 150 m/s, e em caso de risco de decolagem de matérias vitrificáveis de preferência até 40 m/s.

Para o caso em que se teria constituído uma barragem de queimadores imersos, o número de queimadores imersos a utilizar para constituir a barragem é suficiente para que as matérias infundidas não a atravessem e sejam reenviadas para a montante. Aproximadamente, convém geralmente colocar um número N_{\min} de queimadores imersos transversalmente ao trajeto das matérias vitrificáveis tal que N_{\min} seja pelo menos igual à parte inteira de [80 % de $L/2H$], se L é a largura do forno e se H é a altura do banho fundido (vidro fundido) dentro do forno (exemplo: se o forno tem 3 m de largura e se a altura de vidro é de 0,5 m, então $L/2H = 3$ portanto 80 % de $L/2H = 2,4$, cuja parte inteira é 2; tem-se portanto N_{\min} pelo menos igual a 2). De maneira mais preferida, coloca-se um número N_{\min} de queimadores imersos transversalmente ao trajeto das matérias vitrificáveis tal que N_{\min} seja pelo menos igual à parte inteira de $L/2H$ (exemplo: se o forno tem 3 m de largura e se a altura de vidro é de 0,5 m, então $L/2H = 3$ portanto N_{\min} é de

preferência pelo menos igual a 3). Em geral, basta colocar na barragem um número N_{suf} de queimadores imersos tal que N_{suf} seja no máximo igual a 1 + a parte inteira de [120 % de $L/2R$], se L é a largura do forno e se R é o raio da bolha emergente de um queimador imerso. Mais geralmente ainda, é mesmo suficiente colocar na barragem um número N_{suf} de queimadores imersos tal que N_{suf} seja no máximo igual a 1 + a parte inteira de [$L/2R$].

O diâmetro da bolha emergente de um queimador imerso pode ser determinado por observação visual.

A título de indicação, o raio R (em metros) da bolha de um queimador imerso (alimentado com oxigênio puro como comburente e com metano como combustível), no momento em que ela atinge a superfície, é pelo menos igual a:

$$R = \frac{[3 \times 0,87 \times 3,10^{-7} \times T \times P \times V^{1/3}]^{1/3}}{4 \times 3,14}$$

na qual

- T é a temperatura do vidro em Kelvin,
- p é a potência do queimador em kW
- V é a viscosidade cinemática do vidro em $\text{m}^2/\text{segundo}$.

Na realidade, seu diâmetro é um pouco superior devido ao efeito de esmagamento na chegada na superfície. O diâmetro real é portanto cerca de 10 a 20 % superior ao que dá a fórmula.

A potência de um queimador imerso pode por exemplo ir de 10 a 150 kW. A potência de um queimador aéreo transversal pode por exemplo ir de 100 a 1000 kW. A potência de um queimador aéreo de superfície pode por exemplo ir de 300 a 3000 kW.

Em uma barragem de queimadores imersos, o conjunto dos queimadores imersos é disposto regularmente, com intervalo regular, transversalmente ao banho de vidro de modo a produzir o efeito barragem. Se a barragem compreende vários queimadores imersos, ela compreende dois queimadores imersos mais próximos cada um deles de uma das paredes

transversais do forno. Esses queimadores, colocados nas extremidades da barragem, são distantes de uma distância d de sua parede mais próxima. Nesse caso, a distância entre dois queimadores imersos da mesma barragem é de preferência de $2d$. De preferência, $2d$ corresponde substancialmente ao diâmetro da bolha emergente do queimador imerso.

O forno de acordo com a invenção pode portanto ter uma barragem que compreende vários queimadores imersos, um queimador de superfície diferente sendo associado a cada queimador imerso da barragem.

O forno de acordo com a invenção pode ser equipado com queimadores aéreos transversais.

Além da combinação do queimador imerso e do queimador de superfície que é associado a ele, assim como da eventual barragem de queimador(es) imerso(s), o forno pode também ser equipado com queimadores transversais aéreos, que atravessam as paredes laterais do forno. Pares de eletrodos que aquecem diretamente o vidro fundido, notadamente através da soleira, podem também participar para o aquecimento global do forno.

Em relação a um forno clássico equipado com queimadores aéreos (cuja chama não é especialmente dirigida para a superfície do banho fundido), a invenção melhora consideravelmente as transferências térmicas para o banho de vidro. De fato, o queimador imerso aumenta a convecção dentro do forno e faz subir em permanência vidro frio para a superfície do banho de vidro. Esse aumento da convecção é feito sem resfriar a soleira, o que não permitiria um simples borbulhamento de gases frios ou de fumaças. Por outro lado, geralmente, o volume de gás enviado por um borbulhador só representa 10^{-5} do volume de gás gerado por um queimador imerso. Fumaças de combustão têm geralmente uma temperatura da ordem de 1500 a 1600°C , enquanto que uma chama de queimador imerso tem uma temperatura superior, notadamente superior a 1800°C , da ordem de 2000°C (mais no caso

de uma combustão ar/gás combustível) a 2500°C (mais no caso de uma combustão oxigênio/gás combustível). Os gases de combustão se resfriam rapidamente uma vez que eles devem ser transportados. Em relação a um borbulhador (mesmo alimentado com gases quentes de combustão), um
5 queimador imerso traz muito mais energia térmica diretamente para o vidro devido à combustão que intervém aí diretamente.

As matérias vitrificáveis podem ser introduzidas acima do banho de vidro, caso no qual elas formam um talude de composição, que pode flutuar (de acordo com sua natureza) sobre as matérias fundidas. Elas podem
10 também ser introduzidas embaixo do banho de vidro. O queimador imerso (e portanto também a eventual barragem da qual ele faz parte) é geralmente colocado entre o fim do talude de composição e a saída do forno, por exemplo entre o fim do talude de composição e o meio do forno entre sua entrada e sua saída. De fato, em relação ao talude de composição que se formaria na
15 ausência de queimador imerso e na ausência de queimador de superfície, é vantajoso colocar o queimador imerso na extremidade do dito talude, de modo a que ele apare (quer dizer encurte) o dito talude. Esse aspecto é mais especialmente desenvolvido na figura 2. A invenção se refere portanto também ao processo de acordo com o qual as matérias vitrificáveis são
20 introduzidas acima do banho fundido e formam um talude de composição, o queimador imerso (e portanto também a eventual barragem da qual ele faz parte) sendo colocado na extremidade do dito talude.

As matérias vitrificáveis podem compreender matérias primas, mas também vidro calcinado, e mesmo rejeitos destinados a ser vitrificados.
25 Elas podem compreender também elementos combustíveis (orgânicos): é possível assim reciclar, por exemplo, fibras minerais lubrificadas, com ligante (do tipo daquelas utilizadas no isolamento térmico ou acústico ou daquelas utilizadas no reforço de matéria plástica), vidraças laminadas com folhas de polímero do tipo polivinilbutiral tais como pára-brisas, ou qualquer tipo de

material “compósito” que associa vidro e materiais plásticos tais como certas garrafas. É possível também reciclar “compósitos vidro-metal ou compostos metálicos” tais como vidraças funcionalizadas com revestimentos que contêm metais, até agora difíceis de reciclar pois isso apresentava o risco de acarretar um enriquecimento progressivo da câmara de fusão em metais que se acumulam na superfície da soleira. Mas a misturação imposta pela fusão pelo ou pelos queimadores imersos permite evitar essa sedimentação, e assim reciclar, por exemplo, vidraças revestidas de camadas de esmalte, de camadas de metal e/ou de diferentes elementos de sistemas de conexão.

10 É possível prever introduzir a totalidade ou parte das matérias vitrificáveis na câmara de fusão sob o nível da massa das matérias vitrificáveis em decorrer de fusão. É possível introduzir uma parte dessas matérias de modo habitual acima da massa em decorrer de liquefação, e o resto embaixo, por exemplo por meios de admissão do tipo parafuso sem fim.

15 É possível assim introduzir as matérias diretamente na massa em decorrer de liquefação, em um só ponto ou em diferentes pontos repartidos nas paredes da câmara de fusão. Uma tal introdução diretamente na massa de matérias em decorrer de liquefação (“banho de vidro”) é vantajosa a mais de um título: primeiro, ela diminui consideravelmente todos os riscos de decolagem das

20 matérias primas acima do banho de vidro, e portanto reduz ao mínimo a taxa de poeiras sólidas emitidas pelo forno. Em seguida, ela permite melhor controlar o tempo de permanência mínimo das ditas matérias antes de extração para a zona de refino, e introduzi-las seletivamente lá onde a misturação convectiva é mais forte, de acordo com a disposição dos

25 queimadores imersos. Esse ou esses pontos de introdução no banho de vidro pode (podem) assim se encontrar na proximidade da superfície, ou mais profundamente no banho de vidro, por exemplo a uma altura do banho de vidro compreendida entre $1/5^{\circ}$ e $4/5^{\circ}$ da profundidade total do banho de vidro a partir do nível da soleira.

Cada queimador (imerso ou aéreo, transversal ou de superfície) é alimentado por um comburente e um combustível. O comburente pode notadamente ser ar ou oxigênio ou ar enriquecido com oxigênio. O combustível pode ser do tipo combustível fóssil gasoso ou não tal como gás natural, o propano, combustível líquido ou qualquer outro combustível hidrocarbonado. Pode também se tratar de hidrogênio, sobretudo para os queimadores imersos. Combinar em uma fusão por queimadores imersos a utilização de um comburente oxigênio e aquela de um combustível hidrogênio é um bom meio de assegurar uma transferência térmica eficaz da energia dos queimadores para o vidro em fusão, que leva por outro lado a um processo totalmente “limpo”, quer dizer sem emissão de óxido de nitrogênio NO_x , nem de gás com efeito estufa do tipo CO_2 , diferente daquele que pode provir da descarbonação das matérias primas.

De acordo com a invenção, um queimador de superfície é associado a um queimador imerso, a chama do queimador de superfície tocando com uma velocidade grande o local onde emergem os gases de combustão do queimador imerso. É possível notadamente prever que o queimador imerso seja sobre-estequiométrico em gás combustível (quer dizer enriquecido em combustível em relação ao que seria suficiente para reagir com todo o comburente que alimenta o queimador de superfície). Desse modo, uma combustão secundária intervém na superfície do vidro entre por um lado o oxigênio em excesso do queimador imerso e o combustível em excesso do queimados de superfície, o que vai no sentido de um aquecimento suplementar bem localizado na superfície do vidro, local pelo qual passam as matérias infundidas. É possível também realizar o inverso, quer dizer alimentar o queimador imerso de modo sobre-estequiométrico em gás combustível e o queimador de superfície de modo sobre-estequiométrico em oxigênio para obter essa combustão secundária na superfície do vidro.

Cada queimador imerso provoca por convecção uma

misturação intensa das matérias vitrificáveis: laços de convecção se formam assim de um lado e de outro das combustões ou “camadas” ou correntes de gás de combustão, misturando em permanência matérias fundidas e ainda não fundidas de maneira muito eficaz. São encontradas assim as características
5 muito favoráveis de uma fusão “agitada”, sem necessariamente recorrer a meios de agitação mecânicos pouco confiáveis e/ou suscetíveis de desgaste rápido.

Esse tipo de fusão por queimadores imersos permite reduzir consideravelmente a emissão de qualquer tipo de poeiras ao nível da câmara
10 de fusão, e de gás tipo NO_x pois as trocas térmicas são feitas muito rapidamente, evitando os picos de temperatura suscetíveis de favorecer a formação desses gases. Ele reduz também consideravelmente a emissão dos gases de tipo CO_2 , o consumo energético total da instalação sendo menor do que com dispositivos convencionais (somente por queimadores aéreos que
15 funcionam em inversão por exemplo).

É possível opcionalmente prever fazer a fusão ser precedida por uma etapa de preaquecimento das matérias vitrificáveis, a uma temperatura no entanto nitidamente inferior àquela necessária para liquefazer as mesmas, por exemplo a no máximo 900°C . Para realizar esse
20 preaquecimento, é possível vantajosamente recuperar a energia térmica das fumaças. Esgotando-as assim termicamente, é possível globalmente diminuir o consumo energético específico da instalação.

O vidro é geralmente refinado, seja a jusante do mesmo forno, e/ou em um compartimento de refino a jusante do forno. Depois de refino, o
25 vidro pode sair por intermédio de uma garganta mas a invenção se aplica também aos fornos sem gargantas. Notadamente, depois de refino, o vidro pode alimentar de modo contínuo uma instalação de conformação em vidro plano como um banho de flutuação do vidro.

A figura 1 representa um forno 1 de acordo com a invenção

visto de lado. Esse forno é alimentado com matérias vitrificáveis 2 que formam um talude de composição a montante do forno, através de um dispositivo de enformamento 3 (parafuso sem fim) que desemboca justo acima do nível 4 do banho de vidro. Um queimador imerso 10 gera uma chama 5 sob a forma de bolhas que sobem para a superfície. Essa subida para a superfície produz movimentos de convecção representados por flechas. As matérias não fundidas que vêm do talude de composição 2 (o fim do talude de composição está em 12) e que se aproximam do local onde emerge a chama do queimador imerso são empurradas para a montante devido a esses movimentos de convecção. Um queimador aéreo na abóbada 5 produz uma chama 6 que vem impactar a superfície de vidro fundido. Assim as matérias infundidas são aquecidas pela chama do queimador imerso e pela chama do queimador na abóbada. O aquecimento do forno é completado por pares de eletrodos 7 e por queimadores aéreos transversais 11 colocados nas paredes laterais do forno. O vidro fundido flui para a jusante do forno, passa por uma garganta 8 e escoar em 9 através de um orifício.

A figura 2 representa esquematicamente o local preferido de colocação do queimador imerso 21 (e portanto também da eventual barragem da qual ele faz parte). Na vertical desse queimador 21 emerge na superfície uma bolha 22 carregada de gás de combustão. O queimador é colocado de preferência na ponta do talude de composição 23 de modo que ele contribui para aparar o dito talude. A linha em pontilhado representa a forma do talude de composição na ausência de queimador imerso e na ausência de queimador de superfície. A ponta desse talude chegaria ao ponto 24. A barragem de queimador imerso vem aparar a ponta desse talude, de modo que essa ponta se situa agora no ponto 25. O queimador de superfície 26 é colocado na vertical do queimador imerso e sua chama 27 vem tocar a superfície do vidro no local de emergência da bolha 22 do queimador imerso 21. O queimador de superfície contribui também para encurtar a ponta do talude. Assim, o

queimador imerso é colocado sob a extremidade do talude de composição que se formaria na sua ausência (linha em pontilhados), de modo a que finalmente, quando ele funciona, o dito queimador imerso se encontra justo a jusante (em relação ao sentido de escoamento do vidro) do talude de

5

composição.

REIVINDICAÇÕES

1. Forno de fusão de matérias vitrificáveis que compreende a montante da direção de escoamento das matérias fundidas, uma zona de introdução de matérias vitrificáveis sólidas, caracterizado pelo fato de que ele
5 compreende um queimador imerso e um queimador aéreo, dito queimador de superfície, que proporciona uma chama que vem tocar a superfície do vidro no local em que a bolha do queimador imerso emerge.

2. Forno de acordo com a reivindicação precedente, caracterizado pelo fato de que o queimador imerso faz parte de uma barragem
10 de queimadores imersos que produzem movimentos de convecção no banho fundido que impedem as matérias vitrificáveis sólidas de irem para a jusante do forno.

3. Forno de acordo com a reivindicação precedente, caracterizado pelo fato de que cada queimador imerso da barragem é
15 associado a um queimador de superfície diferente.

4. Processo de acordo com uma das reivindicações 2 ou 3 caracterizado pelo fato de que o número de queimadores imersos na barragem é pelo menos igual à parte inteira de $[80 \% \text{ de } L/2H]$, se L é a largura do forno e se H é a altura do banho fundido dentro do forno.

20 5. Forno de acordo com uma das reivindicações 2 a 4, caracterizado pelo fato de que ele compreende várias barragens sucessivas de queimadores imersos no caminho das matérias fundidas.

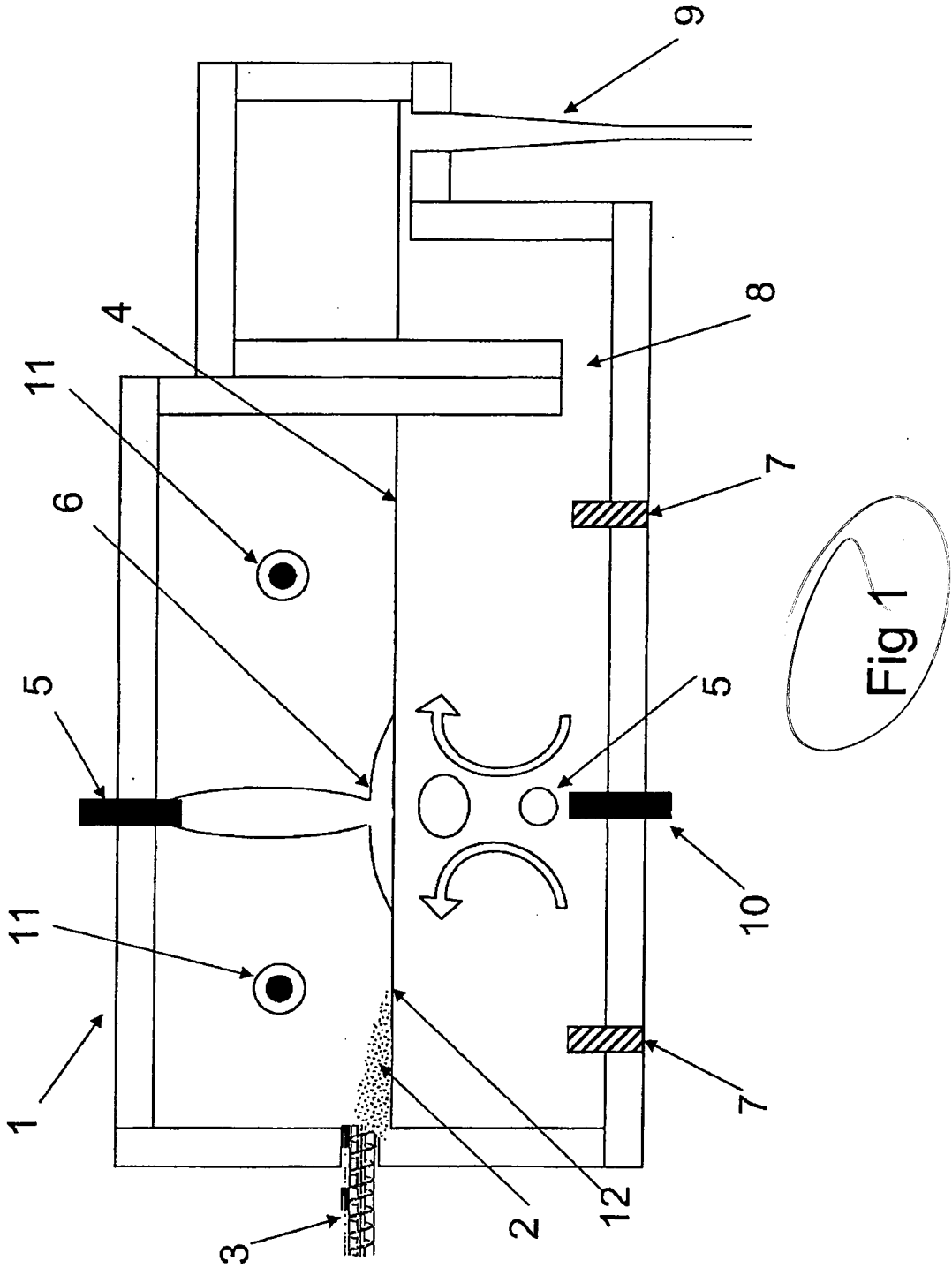
25 6. Processo de fusão de matérias vitrificáveis caracterizado pelo fato de que a fusão é realizada em um forno de uma das reivindicações precedentes.

7. Processo de acordo com a reivindicação precedente, caracterizado pelo fato de que as matérias vitrificáveis são introduzidas acima do banho fundido e formam um talude de composição, o queimador imerso sendo colocado na extremidade do dito talude.

8. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes de processo, caracterizado pelo fato de que os gases do queimador de superfície chegam na superfície do vidro com uma velocidade de pelo menos 15 metros por segundo.

5

9. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes de processo, caracterizado pelo fato de que a chama do queimador imerso é superior a 1800°C.



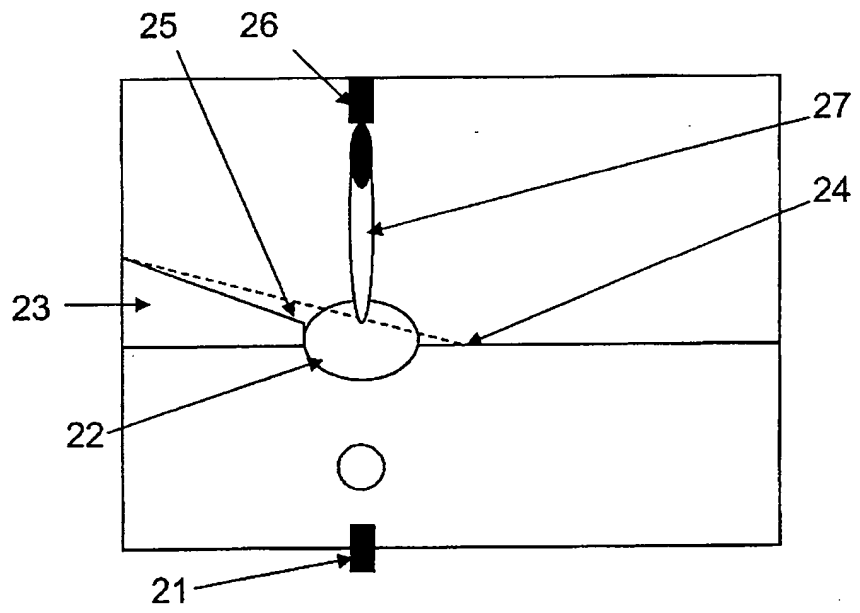


Fig 2

RESUMO

“FORNO E PROCESSO DE FUSÃO DE MATÉRIAS VITRIFICÁVEIS”

A invenção se refere a um forno de fusão de matérias vitrificáveis que compreende a montante da direção de escoamento das
5 matérias fundidas, uma zona de introdução de matérias vitrificáveis sólidas, e que compreende um queimador imerso e um queimador aéreo dito de superfície, que proporciona uma chama que vem tocar a superfície do vidro no local em que a bolha do queimador imerso emerge. Essa associação de
10 queimador aéreo, notadamente na abóbada, e de queimador imerso reduz a quantidade de infundidos que podem se dirigir para a jusante do forno.