



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

(21) **PI 0613108-5 A2**



(22) Data de Depósito: 12/07/2006
(43) Data da Publicação: 04/12/2012
(RPI 2187)

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

(54) **Título:** PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE VIDRO A PARTIR DE MATÉRIAS-PRIMAS PULVERULENTAS EM UM FORNO

(30) **Prioridade Unionista:** 13/07/2005 FR 0552202

(73) **Titular(es):** Saint-Gobain Glass France, Saint-Gobain Isover

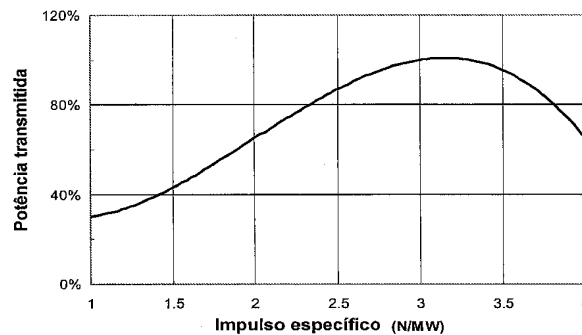
(72) **Inventor(es):** Jean-Gérard Leconte

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

(86) **Pedido Internacional:** PCT FR2006050709 de 12/07/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/007012de 18/01/2007

(57) **Resumo:** PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE VIDRO A PARTIR DE MATÉRIAS-PRIMAS PULVERULENTAS EM UM FORNO. A invenção se refere a um processo de elaboração do vidro a partir de matérias-primas pulverulentas em um forno que compreende paredes laterais, uma abóbada, uma parede extrema e pelo menos um injetor de ar associado a um injetor de combustível gasoso ou líquido, pelo menos um dos referidos injetores estando disposto nas referidas paredes laterais, na referida abóbada ou na referida parede extrema, o referido processo compreendendo as etapas de injeção de ar e combustível gasoso ou líquido pelos referidos injetores, pelo menos uma chama sendo gerada à proximidade imediata da zona onde as referidas matérias-primas pulverulentas cobrem o banho de vidro.



“PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE VIDRO A PARTIR DE MATÉRIAS-PRIMAS PULVERULENTAS EM UM FORNO”

A presente invenção refere-se a um processo de elaboração do vidro. Ela se interessa mais particularmente por um processo no qual pelo menos uma chama vem impactar o tapete de composição.

A elaboração do vidro necessita de temperaturas elevadas, frequentemente da ordem de 1400°C a 1700°C de acordo com o tipo de vidro. Grandes quantidades de energia são assim necessárias, não somente para a fusão das matérias-primas, mas igualmente para acelerar as reações químicas entre as referidas matérias-primas, notadamente as reações de dissolução da sílica (elemento majoritário da maior parte dos vidros industriais, e dentre aqueles cuja temperatura de fusão é mais elevada). Uma temperatura elevada é igualmente necessária para eliminar todas as inclusões gasosas do banho de vidro em fusão, esta etapa sendo denominada «refino».

Estas inclusões gasosas têm várias origens. Elas provêm principalmente do ar aprisionado entre os grãos dos materiais pulverulentos e da desgaseificação devida a certas reações químicas que se produzem durante a etapa de fusão do vidro. Assim as matérias-primas carbonatadas (como por exemplo, o carbonato de sódio, o calcário, a dolomita) liberam grandes quantidades de dióxido de carbono sob forma gasosa. As inclusões gasosas podem igualmente ser devidas às reações de dessolubilização de certos gases em certas condições, ou a reações químicas ou eletroquímicas entre o vidro fundido e certos materiais presentes nos fornos (cerâmicas refratárias e/ou metais). As inclusões gasosas se encontram aprisionadas na massa de vidro fundido, da qual elas podem escapar a uma velocidade proporcional ao quadrado de seu diâmetro. Assim as pequenas bolhas (às vezes denominadas «sementes») só podem escapar a velocidades extremamente baixas. A velocidade de subida das bolhas pode, além disso, ser desacelerada pela viscosidade do vidro e pelos movimentos de convecção que podem arrastar as

bolhas para a soleira do forno. A viscosidade diminuindo quando a temperatura aumenta, uma temperatura elevada é assim necessária para obter um vidro isento de inclusões gasosas.

5 Nos fornos de produção do vidro, a energia é introduzida geralmente no vidro por queimadores e/ou por elétrodos imersos no vidro.

10 Na maior parte dos fornos industriais, em particular para a produção de vidro plano, de garrafas ou de fibras, queimadores estão dispostos nas parede de sustentação ou parede extrema dos fornos de maneira de desenvolver uma chama paralela à superfície do banho de vidro. Fala-se notadamente de queimadores «aéreos», porque a chama não vem impactar a superfície do banho de vidro. Esta chama permite o aquecimento do banho de vidro por radiação, em parte direto, mas igualmente indireto graças à presença de uma abóbada disposta acima dos queimadores, a referida abóbada refletindo a radiação térmica.

15 De acordo com uma geometria dita «com queimadores transversais» freqüentemente empregada nos fornos de fusão para o vidro plano, estes queimadores aéreos estão dispostos sobre as paredes laterais ou sapatas, e as chamas se desenvolvem transversalmente no sentido do escoamento do vidro fundido. O enforamento das matérias-primas é, então
20 geralmente, realizado pelo parede extrema do forno.

De acordo com outra geometria, mais freqüentemente empregada no domínio do acondicionamento (garrafas, potes, frascos...) e dita «com anel», uma grande chama se desenvolve desde o parede extrema do forno, no sentido do escoamento do vidro fundido.

25 Duas grandes famílias de queimadores são empregadas em função da natureza do comburente utilizado. No caso onde o ar é utilizado como comburente, técnicas de recuperação do calor permitem limitar as perdas energéticas em função do aquecimento de uma grande quantidade de nitrogênio não-reativo e conseqüentemente inútil. De acordo com as técnicas

mais correntes, uma parte do calor gerado pela reação de combustão é armazenada recuperadores ou regeneradores formados por empilhamentos de materiais refratários, este calor reempregado em seguida para pré-aquecer o ar que serve para a combustão.

5 O oxigênio pode igualmente ser empregado como comburente, o que não necessita a construção de tais recuperadores.

Quando os vidros são difíceis de fundir, ou quando um aumento da tiragem é necessário, um «boosting» é correntemente empregado. No caso dos vidros que absorvem a radiação infravermelha, por exemplo,
10 elétrodos podem ser utilizados no nível da sola do forno para trazer um aporte de energia e assim acelerar a fusão. A absorção da radiação infravermelha pelo banho de vidro impede, com efeito, a referida radiação penetrar nas camadas mais próximas da sola.

Outras técnicas de fusão ou de «boosting» foram descritas, que
15 consistem a gerar uma chama de um queimador a oxigênio em contato direto do banho de vidro ou do tapete de composição. Chama-se «tapete de composição» a zona onde o banho de vidro em fusão é coberto pelas matérias-primas pulverulentas e ainda não fundidas. Esta zona está situada perto dos enforadores que servem para a introdução no forno das matérias-
20 primas. As matérias-primas pulverulentas compreendem também a «sucata», ou seja, o vidro reciclado triturado.

O pedido WO 82/04246 descreve assim um processo no qual as chamas de queimadores a oxigênio vêm impactar o banho de vidro, nos lugares onde ele não é coberto pelas matérias-primas. O pedido EP 546.238
25 descreve um processo no qual a chama gerada pelo queimador a oxigênio entra em contato com o vidro fundido na interface entre o banho de vidro descoberto e o tapete de composição. No pedido EP 1.077.901 em contrapartida, é na proximidade imediata do tapete de composição que se forma a chama a oxigênio, a qual é proveniente de um queimador situado na

abóbada e se forma perpendicularmente à superfície do banho de vidro. A chama a oxigênio, cuja temperatura adiabática é muito elevada, permite assim transferir a energia ao banho de vidro ou ao tapete de composição ao mesmo tempo por radiação e por convecção, aumentando assim a tiragem, ou seja, a

5 quantidade de vidro produzida por unidade de tempo.

Estes processos não são, no entanto desprovidos de inconvenientes, notadamente em termos de qualidade do vidro.

Este tipo de processo não pode ser empregado no caso dos vidros ricos em elementos voláteis tais como os óxidos alcalinos (óxidos de

10 sódio, de potássio ou de lítio) e/ou o óxido de boro, pois escapamentos importantes se produzem, traduzindo-se em uma diminuição importante do teor nos referidos elementos. Estes escapamentos prejudicam a qualidade do vidro, o meio-ambiente (necessitando então a aquisição de sistemas de despoluição particularmente dispendiosos), bem como a estabilidade da

15 composição do vidro e conseqüentemente de suas propriedades físico-químicas.

Do mesmo modo, nos vidros pobres em óxidos alcalinos, problemas de refino são encontrados, devidos à formação de bolhas intempestivas.

20 Por fim, a posição dos queimadores no nível da abóbada acarreta problemas de fragilização desta última.

A invenção tem por objetivo prevenir estes inconvenientes propondo um processo que permite melhorar a fusão do vidro aumentando ao mesmo tempo a tiragem sem prejuízo da qualidade de refino. Outro objetivo

25 da invenção é evitar a fragilização da abóbada dos fornos.

A invenção tem por objeto um processo de elaboração de vidro a partir de matérias-primas pulverulentas em um forno que compreende paredes laterais, uma abóbada, uma parede extrema e pelo menos um injetor de ar associado a pelo menos um injetor de combustível gasoso ou líquido,

pelo menos um dos referidos injetores estando disposto nas referidas paredes laterais, na referida abóbada ou na referida parede extrema, o referido processo compreendendo as etapas de injeção de ar e de combustível gasoso ou líquido pelos referidos injetores, a ou cada chama assim gerada sendo gerada apenas na proximidade imediata da zona onde as referidas matérias-primas pulverulentas cobrem o banho de vidro.

De acordo com a invenção, o ar é, conseqüentemente, empregado como comburente. Por «ar», é necessário entender o ar não enriquecido em oxigênio, conseqüentemente, compreendendo cerca de 20% de oxigênio para 80% de nitrogênio.

Os inventores perceberam que a chama produzida utilizando o ar como comburente permite combinar certo número de vantagens inesperadas.

Revela-se, com efeito, que tal chama permite limitar os escapamentos de elementos voláteis, provavelmente devido a uma temperatura de chama menos elevada. Além disso, uma melhora da qualidade de refino é observada, em particular para vidros pobres em alcalinos. Estes vidros são, com efeito, habitualmente refinados através de sulfato de sódio, o óxido de enxofre SO_3 sendo então dissolvido no banho de vidro. Os vidros pobres em óxidos alcalinos apresentam, no entanto uma baixa solubilidade neste elemento, o que gera riscos de formação de bolhas intempestiva. Tal formação de bolhas, nefasta à qualidade de refino é, com efeito, observada quando uma chama a oxigênio é empregada, mas não se produz no caso onde se utiliza uma chama na qual o ar é utilizado como comburente. Parece que os altos teores de água típicos de uma atmosfera de fusão a oxigênio estavam na desta formação de bolhas.

O processo de acordo com a invenção permite igualmente diminuir os riscos de fragilização da abóbada, em particular, mas não unicamente, quando os injetores estão situados no nível das paredes laterais

ou paredes de suporte. Esta vantagem resulta igualmente da diminuição dos escapamentos de matérias voláteis e da diferença de atmosfera de combustão.

Apesar de mais baixa temperatura adiabática de chama entre a chama a ar e a chama a oxigênio, em contrapartida inesperadamente parece que a modificação de comburente não é acompanhada de nenhuma baixa significativa de tiragem.

De acordo com um modo de realização da invenção, o essencial da energia é trazido ao banho de vidro pelo emprego de tal processo. A invenção emprega então em um forno especialmente dedicado a este processo, não possuindo, além disso, queimadores aéreos.

Um modo alternativo, no entanto é preferido, no qual os injetores são empregados para trazer um aporte de energia («boosting») em um forno que compreende pelo menos um queimador aéreo, de preferência em um forno que compreende pelo menos um queimador aéreo cujo comburente é o ar e pelo menos um regenerador ou recuperador de calor.

A escolha da disposição dos injetores, na abóbada ou no nível das paredes laterais ou do parede extrema depende da configuração do forno, em particular quando o processo consiste em trazer um «boosting» para um forno já existente.

Uma disposição em paredes (sapatas) ou no nível do parede extrema permite limitar os riscos de fragilização da abóbada e facilita igualmente a instalação sobre um forno já em funcionamento, a temperatura da abóbada sendo muito superior a esta das outras partes constitutivas do forno.

Neste modo de realização, um ângulo compreendido entre 40 e 80° está previsto vantajosamente entre o eixo da chama e o eixo horizontal. É igualmente possível prever sapatas ou um parede extrema cuja parte superior é inclinada e não vertical.

Todos os tipos de associações de injetores podem ser

encarados no âmbito da presente invenção.

A injeção de ar e de combustível gasoso ou líquido tal como o gás natural ou o óleo combustível pode assim se fazer através de um queimador que compreende pelo menos um conduto sensivelmente cilíndrico interno para o combustível e um conduto externo e concêntrico ao conduto interno para o ar. Quando o combustível é injetado por meio de um só conduto interno, não é, no entanto, possível regular de modo independente as vazões e as velocidades dos gases. É, então, preferível que o combustível, quando for gasoso, seja injetado com duas pressões diferentes através de dois condutos internos concêntricos.

Injetores separados podem igualmente ser empregados, o combustível e o comburente ar sendo injetados a partir de lugares diferentes do forno tais como a abóbada, o parede extrema ou as paredes laterais. As duas injeções assim separadas são, então, reguladas de modo que os dois jatos, o jato de ar e o jato de combustível, se encontrem à proximidade imediata do tapete de composição, conseqüentemente da zona onde as matérias-primas pulverulentas cobrem o banho de vidro, gerando neste lugar preciso uma chama, sede da combustão. O ar pode assim ser injetado por meio de um injetor situado na abóbada do forno, e o combustível injetado por um injetor situado no nível das paredes laterais do forno, ou inversamente. É igualmente possível que um injetor de ar seja associado à vários injetores de combustível, ou inversamente.

Em todos os casos, é preferível que a chama seja gerada apenas à proximidade imediata da zona onde as referidas matérias-primas pulverulentas cobrem o banho de vidro (tapetes de composição), o que permite evitar qualquer sobre-aquecimento da abóbada ou das paredes do forno, maximizando, ao mesmo tempo, a transferência térmica para as matérias-primas. A chama é, ainda, vantajosamente regulada de modo que ela se estenda sobre o tapete de composição cobrindo a maior parte do referido

tapete de composição. Por proximidade imediata, é necessário entender que a chama, dirigida desde a parte elevada do forno para o tapete de composição, se forma em uma zona situada exatamente acima do tapete de composição; a energia gerada pela chama é, assim, transmitida de modo bastante eficaz para as matérias-primas, principalmente por convecção.

Observou-se que uma situação ótima da transferência térmica para as matérias-primas é realizada quando o impulso específico da associação de injetores está compreendido entre 2 e 4 N/MW, notadamente entre 2,6 e 3,2 N/MW. O impulso específico é definido na acepção da presente invenção como a soma dos impulsos (vazão de quantidade de movimento) do ar e do combustível trazido à potência da associação de injetores. Obtém-se então uma transferência térmica ótima, caracterizada por uma chama que se forma unicamente à proximidade imediata do tapete de composição (exatamente acima).

Os escoamentos de combustível e de ar à saída dos injetores não são geralmente laminares, no sentido onde o número de Reynolds (Re) é superior a 2000. Apesar disso, nenhuma mistura reativa dos dois jatos é observada, na medida em que o impulso específico é regulado de modo conveniente.

Entradas de ar suplementares podem ser vantajosamente criadas de maneira a empregar uma combustão em etapas.

De acordo com um modo de realização preferido do processo de acordo com a invenção e a fim de melhorar ainda a transferência térmica para as matérias-primas, o ar utilizado como comburente pré-aquecido a uma temperatura pelo menos de 500°C antes de sua entrada no forno.

A vazão de combustível de preferência está compreendida entre 50 e 300 Nm³.h⁻¹, a potência de cada associação de injetores estando então compreendida entre 0,5 e 3 MW.

O combustível gasoso ou líquido e o ar podem ser introduzidos

em proporções estequiométricas. Pode-se, no entanto preferir em certos casos outras condições, tais como condições sub-estequiométricas, conseqüentemente redutoras (insuficiência de ar). É por exemplo o caso quando vidros apresentam um redox elevado (superior a 0,3, ou mesmo 0,5) são desejados, o redox sendo definido pela quantidade de ferro presente no vidro sob a forma reduzida (ferro ferroso) trazido à quantidade total de ferro.

Como indicado *supra*, o processo de acordo com a invenção apresenta um máximo de vantagens para a elaboração de vidros que contêm materiais voláteis como os óxidos alcalinos ou o óxido de boro. O processo de acordo com a invenção é, então de preferência, empregado para a elaboração de vidros cuja composição química compreende mais de 3%, ou mesmo 4% em massa de óxido de boro e/ou mais de 12%, ou mesmo 15% de óxidos alcalinos.

O processo de acordo com a invenção é, assim vantajosamente, destinado a elaborar vidros para de fibras de isolamento térmico e fônica, cuja composição compreende os seguintes constituintes nos limites definidos a seguir expressos em porcentagens ponderais:

	SiO ₂	45 a 75
	Al ₂ O ₃	0 a 10
20	CaO	0 a 15
	MgO	0 a 15
	Na ₂ O	12 a 20
	K ₂ O	0 a 10
	B ₂ O ₃	3 a 10
25	Fe ₂ O ₃	0 a 5
	P ₂ O ₅	0 a 3.

O processo de acordo com a invenção é adaptado igualmente de modo especial para a elaboração de vidros pobres em óxidos alcalinos, em particular para vidros que contêm menos de 2% em massa de óxidos

alcalinos, até menos de 1% ou 0,5%.

Dentre estes vidros, figuram vidros utilizáveis como substratos de telas de LCD (Liquid Crystal Display), vidros cuja composição compreende os seguintes constituintes nos limites definidos abaixo expressos

5 em porcentagens ponderais:

SiO ₂	58-76%
B ₂ O ₃	3-18%, notadamente 5-16%
Al ₂ O ₃	4-22%
MgO	0-8%
10 CaO	1-12%
SrO	0-5%
BaO	0-3%

Estes vidros acumulam, com efeito, a presença de óxido de boro e o baixo teor de óxidos alcalinos, o que torna o processo de acordo com a invenção particularmente adaptado para sua elaboração.

15 A invenção tem igualmente por objeto um processo de elaboração do vidro a partir de matérias-primas pulverulentas em um forno que compreende paredes laterais, um parede extrema e pelo menos um queimador disposto nas referidas paredes laterais ou o referido parede extrema, o referido processo compreendendo as etapas de injeção de comburente e combustível gasoso ou líquido por ou em associação com o referido pelo menos um queimador, uma chama sendo gerada à proximidade imediata da zona onde as referidas matérias-primas pulverulentas cobrem o banho de vidro.

25 O posicionamento do queimador, seja este um queimador oxigênio ou um queimador ar no nível das paredes laterais e/ou do parede extrema, apresenta, com efeito, a vantagem de diminuir os riscos de deterioração da abóbada.

A invenção será melhor compreendida à leitura dos exemplos

de realização e das seguintes figura, que ilustra a invenção sem, no entanto, limita-la.

As Figuras 1 e 2 representam de maneira esquemática um corte longitudinal de um forno que serve para o emprego do processo de acordo com a invenção.

A Figura 3 representa uma curva obtida de modo experimental e que descreve a variação observada entre a potência transmitida às matérias-primas e o impulso específico.

A Figura 4 representa uma fotografia realizada durante o ensaio de queimadores.

A Figura 1 ilustra um modo de realização de acordo com o qual um queimador é colocado em abóbada, enquanto que no modo de realização ilustrado pela figura 2, um queimador é colocado no parede extrema.

Nos dois casos, o forno, construído em materiais refratários, compreende uma sola 1, um parede extrema 2 e uma abóbada 3. Queimadores aéreos 4 estão dispostos de acordo com uma configuração dita «em queimadores transversais», então sobre as paredes laterais 5 ou sapatas. De maneira esquemática, quatro queimadores aéreos 4 que funcionam à ar foram representados, quatro outros queimadores (não representados) situados em face sobre a outra parede lateral. Em regra geral, os fornos industriais deste tipo compreendem de 6 a 8 pares de queimadores aéreos. Em regime de funcionamento normal, só os queimadores de uma mesma parede funcionam simultaneamente, os gases de combustão emitidos vindo aquecer os empilhamentos de refratários situados nos regeneradores da parede oposta. Após um ciclo de cerca de 20 minutos, estes queimadores param de funcionar e os queimadores da parede oposta são colocados em rota, o ar que serve de comburentes sendo pré-aquecido, pois circulou nos empilhamentos de refratários dos regeneradores que acabam de ser reauecidos. As chamas

destes queimadores aéreos 4 se desenvolvem paralelamente à superfície 7 do banho de vidro 6.

5 Matérias-primas pulverulentas são introduzidas por um enformamento (não representado) e formam um tapete de composição 8 sobre a superfície do banho de vidro 6.

10 Na figura 1 é representada uma associação de injetores sob a forma de um queimador 9 situado em abóbada. Este queimador 9 compreende dois cilindros concêntricos, o cilindro interno sendo destinado à injeção do combustível, em ocorrência do gás natural ou metano (CH_4), o cilindro externo sendo ele, propriamente dito, destinado à injeção do ar.

Os dois fluxos se escoam de maneira não laminar em uma zona 10 sensivelmente perpendicular à superfície 7 do banho de vidro 6, e depois reagem ao contato do tapete de composição 8 para formar uma chama 11, sede da reação de combustão entre o ar e o gás natural.

15 Na figura 2, um queimador é posicionado no nível do parede extrema 2, formando um ângulo de cerca de 45° com o eixo horizontal. Uma chama 14 é gerada à proximidade imediata do tapete de composição 8.

20 A chama 11 permite acelerar o processo de fusão por diferentes fenômenos. A maior eficácia da transferência térmica para o tapete de composição concorre obviamente para este crescimento da cinética de fusão. O impulso da chama 11 modifica, além disso, as correntes de convecção no banho de vidro 6 e força as matérias-primas pulverulentas a penetrar no banho de vidro 6, o que aumenta sua velocidade de fusão e de dissolução. Na ausência de queimadores que criam uma combustão à proximidade do tapete de composição, este último sobrenadaria muito mais tempo sem reagir e cobriria, além disso, uma zona maior do banho de vidro, diminuindo a transferência térmica dos queimadores aéreos para o banho de vidro.

Em uma variante não representada, um queimador é

posicionado na sapata 5, notadamente na parte alta, formando um ângulo adaptado de modo que a chama 11 seja gerada à proximidade imediata do tapete de composição.

5 A Figura 3 representa uma curva que descreve a relação entre a potência transmitida às matérias-primas e o impulso específico.

Esta relação foi observada após ensaios realizados sobre queimadores colocados em abóbada de um forno. Durante estes de ensaios, o impulso específico do queimador foi adaptado modificando-se as velocidades de injeção.

10 O impulso específico do queimador foi representado em abscissas, o eixo das ordenadas sendo associado à potência transmitida às matérias-primas (em unidades arbitrárias, a potência máxima estando associada a um valor de 100%).

15 Esta curva mostra que o valor de impulso específico de cerca de 3 N/MW é associado ao máximo de potência transmitida ao tapete de composição, conseqüentemente no caso a chama é gerada apenas à proximidade imediata do tapete de composição.

20 A figura 4 ilustra precisamente um caso onde o impulso específico do queimador é igual a 3 N/MW. Pode-se distinguir na fotografia o tapete de composição e o nariz do queimador situado em abóbada. A chama é gerada apenas à proximidade imediata do tapete de composição e se estende sobre o referido tapete, transmitindo por convecção a maior parte de sua potência.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de elaboração de vidro a partir de matérias-primas pulverulentas em um forno que compreende paredes laterais, uma abóbada, um parede extrema e pelo menos um injetor de ar associado pelo menos um
5 injetor de combustível gasoso ou líquido, pelo menos um dos referidos injetores disposto nas referidas paredes laterais, na referida abóbada ou no referido parede extrema, o referido processo caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de injeção de ar e de combustível gasoso ou líquido pelos referidos injetores, a ou cada chama assim gerada sendo gerada apenas à
10 proximidade imediata da zona onde as referidas matérias-primas pulverulentas cobrem o banho de vidro.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o forno compreende pelo menos um queimador aéreo do qual o comburente é o ar e pelo menos um regenerador ou recuperador.

15 3. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a injeção de ar e de combustível gasoso ou líquido tal que o gás natural ou o óleo combustível se faz através de um queimador que compreende pelo menos um conduto sensivelmente cilíndrico interno para o combustível e um conduto externo e concêntrico ao
20 conduto interno para o ar.

4. Processo de acordo com a reivindicação precedente, caracterizado pelo fato de que o combustível gasoso é injetado à duas pressões diferentes pelo intermédio de dois condutos internos concêntricos.

5. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o combustível e o ar são injetados a partir de
25 lugares diferentes do forno.

6. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o impulso específico da associação de injetores é compreendido entre 2 e 4 N/MW, notadamente entre

2,6 e 3,2 N/MW.

7. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que os escoamentos de combustível e ar à saída dos injetores não são laminares.

5 8. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o ar utilizado como comburente pré-aquecido a uma temperatura de pelo menos 500°C antes de sua entrada no forno.

10 9. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o ar é introduzido em condições sub-estequiométricas em relação ao combustível a fim de elaborar um vidro cujo redox é superior a 0,3.

15 10. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a composição química do vidro compreende mais de 3%, ou mesmo 4% em massa de óxido de boro e/ou mais de 12%, ou mesmo 15% de óxidos alcalinos.

11. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que o vidro elaborado contém menos de 2% em massa de óxidos alcalinos.

20 12. Processo de elaboração de vidro a partir de matérias-primas pulverulentas em um forno que compreende paredes laterais, um parede extrema e pelo menos um queimador disposto nas referidas paredes laterais ou o referido parede extrema, o referido processo caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de injeção de comburente e de combustível gasoso ou líquido por ou em associação com o referido pelo menos queimador, uma chama sendo gerada na proximidade imediata da zona onde
25 as referidas matérias-primas pulverulentas cobrem o banho de vidro.

Fig. 1

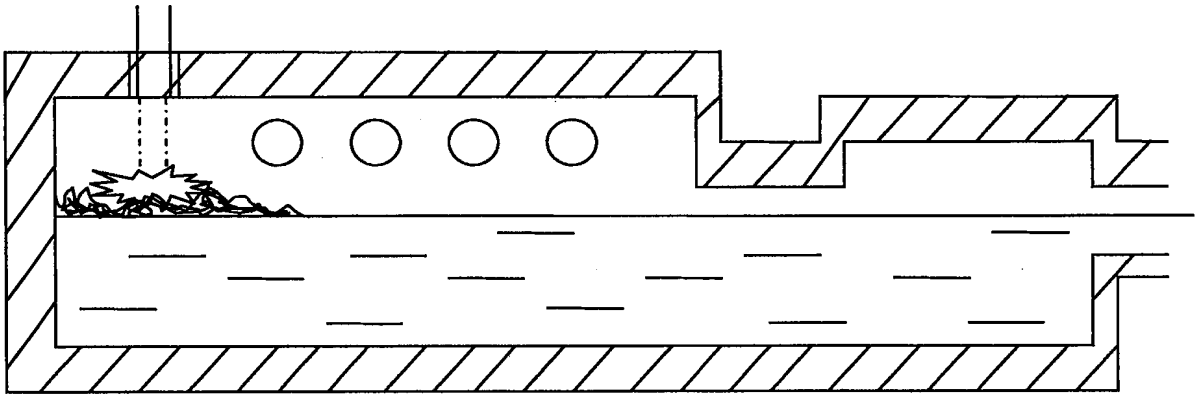


Fig. 2

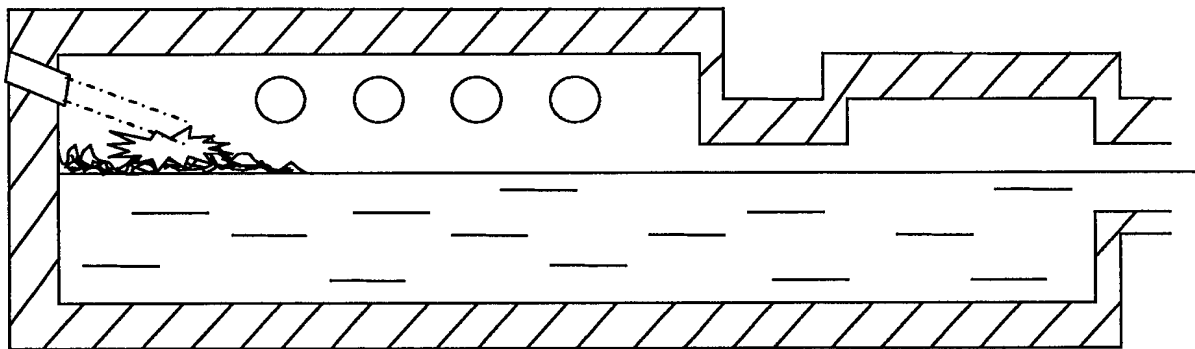


Fig. 3

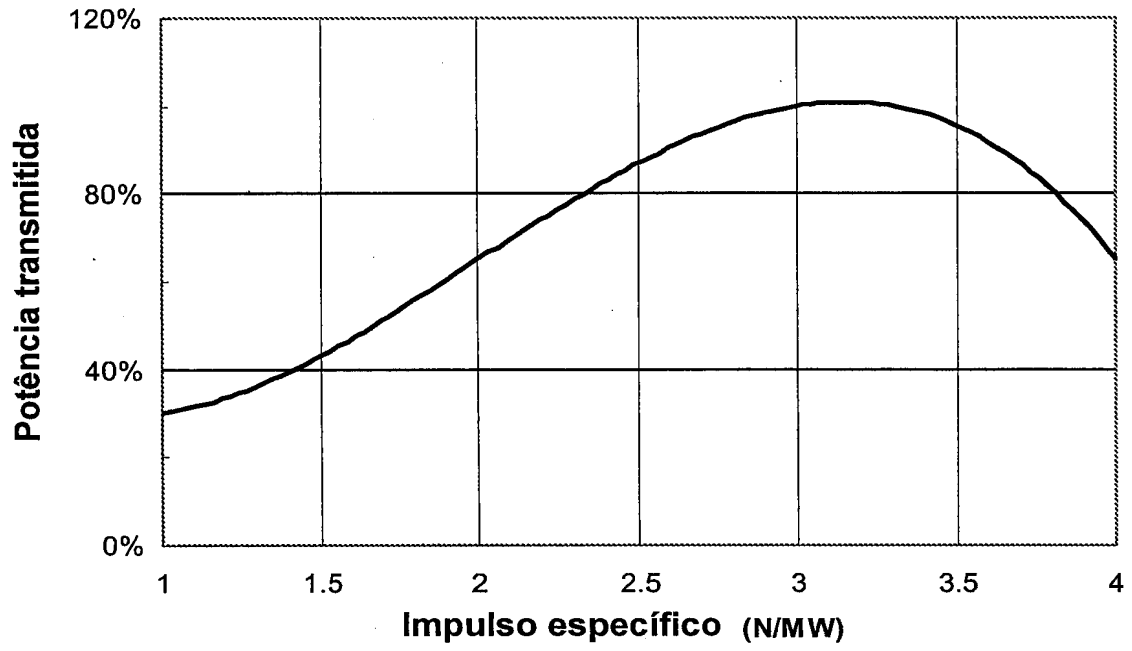
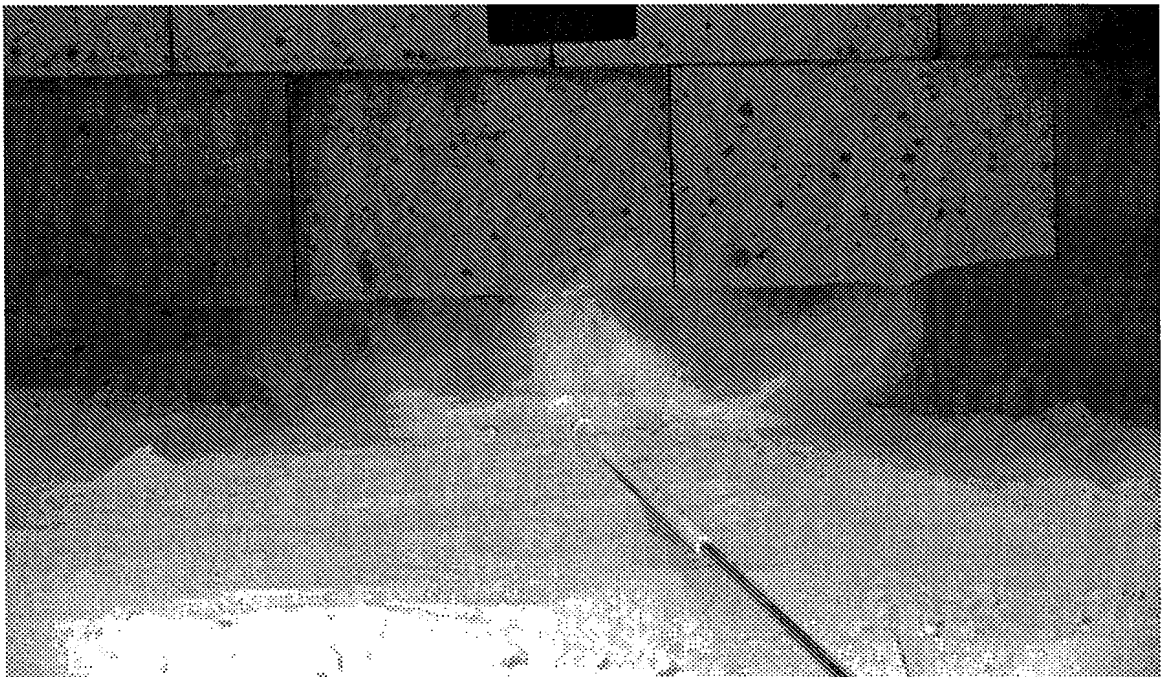


Fig. 4



RESUMO**“PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE VIDRO A PARTIR DE MATÉRIAS-PRIMAS PULVERULENTAS EM UM FORNO”**

5 A invenção se refere a um processo de elaboração do vidro a partir de matérias-primas pulverulentas em um forno que compreende paredes laterais, uma abóbada, uma parede extrema e pelo menos um injetor de ar associado a um injetor de combustível gasoso ou líquido, pelo menos um dos referidos injetores estando disposto nas referidas paredes laterais, na referida abóbada ou na referida parede extrema, o referido processo compreendendo 10 as etapas de injeção de ar e de combustível gasoso ou líquido pelos referidos injetores, pelo menos uma chama sendo gerada à proximidade imediata da zona onde as referidas matérias-primas pulverulentas cobrem o banho de vidro.