



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

CARTA PATENTE Nº BR 112014017816-0

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

(21) Número do Depósito: BR 112014017816-0

(22) Data do Depósito: 25/01/2013

(43) Data da Publicação Nacional: 20/06/2017

(51) Classificação Internacional: C03B 5/027; C03B 5/43; C03C 13/00; F27D 1/00; C03B 37/04; C03C 13/06.

(30) Prioridade Unionista: FR 1250796 de 27/01/2012.

(54) Título: FORNO PARA A FUSÃO ELÉTRICA DO VIDRO, E, PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE LÂ MINERAL

(73) Titular: SAINT-GOBAIN ISOVER. Endereço: 18 AVENUE D'ALSACE, F-92400 COURBEVOIE, FRANÇA(FR)

(72) Inventor: SÉBASTIEN BEAUFILS; RICHARD CLATOT.

(87) Publicação PCT: WO 2013/110897 de 01/08/2013

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 25/01/2013, observadas as condições legais

Expedida em: 23/02/2021

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

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

“FORNO PARA A FUSÃO ELÉTRICA DO VIDRO, E, PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE LÃ MINERAL”

[0001] A invenção refere-se ao campo de fusão do vidro. Ela refere-se mais especificamente à fusão elétrica do vidro que se destina a ser convertido em lã de vidro através da fibrilização.

[0002] As composições de vidro capazes de serem transformadas em fibras por um processo de centrifugação interna, quer dizer, uma que utilize dispositivos de rotação que giram em alta velocidade e com perfurações de orifícios, são conhecidas da solicitação WO 00/17117. Estas composições são caracterizadas especialmente por um alto teor de alumina (de 16% a 27%, e um alto teor de óxido de metal alcalino (10% a 17%), o teor de sílica variando de 39% a 55%. As lãs de vidro assim produzidas apresentam propriedades térmicas (especialmente de resistência a fogo e a altas temperaturas) que são sensivelmente melhoradas com relação à lã de vidro de composição padrão (standard). Este tipo de vidro pode ser fundido com maçarico ou em fornos elétricos.

[0003] Os fornos elétricos compreendem um tanque contendo paredes laterais e um fundo que são formados de blocos feitos de materiais refratários e possuem eletrodos que introduzem uma corrente elétrica no vidro fundido. Este último, que é capaz de conduzir eletricidade, é aquecido pelo efeito Joule, a massa de vidro fundido constituindo a resistência.

[0004] Durante a fusão do tipo de vidro mencionado acima, o tanque dos fornos elétricos geralmente é formado de blocos refratários com base em óxido de cromo ou contendo um alto teor de óxido de cromo (pelo menos 10% em peso). Deve ser feita menção, para fins de exemplo, da faixa de refratários vendidos com a marca Zirchrom® pela Société Européenne des Produits Réfractaires (SEPR), que são constituídos, por exemplo, por 30% em peso de óxido de cromo (Zirchrom® 30) ou 83,5% de óxido de cromo (Zirchrom® 85), ou também os refratários vendidos com as referências Monofrax K-3 (28% de óxido de cromo) e Monofrax E (75% de óxido de cromo) pela RHI AG.

[0005] Estes refratários são utilizados em função da sua resistência muito elevada

contra a corrosão pelo vidro fundido, incluindo as faixas de temperatura muito elevadas encontradas durante a fusão elétrica de vidros deste tipo (até 1800 ° C e maior, em algumas partes do forno).

[0006] No entanto, os inventores observaram que em tais condições de produção, os orifícios dos dispositivos de rotação são rapidamente bloqueados pelo vidro desvitrificado, fazendo com que os referidos dispositivos de rotação se tornem inúteis e requerendo a sua substituição.

[0007] Um objetivo da invenção é superar estas desvantagens através da apresentação de um processo para a fabricação de lã de vidro, que compreende:

- uma etapa de fusão que faz com que seja possível a obtenção de um vidro fundido, a composição química do mesmo compreendendo os seguintes constituintes, com um conteúdo em peso que varia dentro dos limites definidos abaixo:

<chem>SiO2</chem>	39 - 55%
<chem>Al2O3</chem>	16 - 27%
<chem>CaO</chem>	3 - 35%
<chem>MgO</chem>	0 - 5%
<chem>Na2O+K2O</chem>	9 - 17%
<chem>Fe2O3</chem>	0 - 15%
<chem>B2O3</chem>	0 - 8%

a referida etapa de fusão sendo executada pela fusão elétrica em um forno que contém um tanque feito de blocos refratários e pelo menos dois eletrodos imersos no vidro fundido, pelo menos um dos referidos blocos refratários, em contato com o referido vidro fundido sendo feito de um material compreendendo pelo menos 60% em peso de óxido de zircônio e menos de 5% em peso de óxido de cromo, e então

- uma etapa de fibrilização do referido vidro fundido.

[0008] O termo "fusão elétrica" deve ser entendido como significando que o vidro é fundido por efeito Joule, por meio de eletrodos imersos no banho de vidro, sem uso de quaisquer outros meios de aquecimento, tais como chamas.

[0009] O uso, pelo menos em uma porção do tanque, de refratários tendo um alto teor de zircônia e livre de óxido de cromo faz com que seja possível evitar-se qualquer

bloqueio dos orifícios dos dispositivos de rotação. Estes refratários são referidos, na continuação da descrição, como sendo "materiais refratários tendo um alto teor de zircônia".

[0010] Acontece que, durante o uso de refratários com base em óxido de cromo, o desgaste gradual dos refratários, mesmo em um grau mínimo, contamina o vidro fundido com traços de óxido de cromo, cujos traços têm o efeito, neste tipo específico de vidro, de aumentar muito fortemente a sua temperatura de vidro liquidus. A última pode então elevar-se acima da temperatura dos pontos frios nos dispositivos de rotação, da ordem de 1160 °C, provocando a perda do estado vítreo nestas regiões mais frias e, portanto, bloqueando os orifícios.

[0011] Por exemplo, um vidro constituído por 43,3% de SiO_2 , e 21,4% de Al_2O_3 , 5,9% de Fe_2O_3 , 15,0% de CaO , 2,5% de MgO , 7,2% de Na_2O e 3,95% de K_2O tem uma temperatura de vidro liquidus de 1150 °C. Esta temperatura muda para 1.200 °C depois da adição de somente 100 ppm de Cr_2O_3 e para 1.240 °C depois da adição de 200 ppm de Cr_2O_3 .

[0012] O teor de óxido de zircônio dos materiais tendo um alto teor de zircônia, de preferência, é pelo menos 85%, e especialmente, 90%, e mesmo 92%, para otimizar a resistência do material contra a corrosão pelo vidro fundido. Estes são, assim como em todos os teores especificados no texto atual, teores por peso.

[0013] De acordo com uma realização menos preferida, o teor de óxido de zircônio pode estar entre 60% e 70%. Por exemplo, os refratários feitos de zircônia (ZrSiO_4) poderão ser problemáticos, devido a sua resistência menor em alta temperatura, estes refratários, de preferência, sendo colocados no fundo do forno.

[0014] O teor de óxido de cromo, vantajosamente, é no máximo 1%, especialmente, 0,5%. É ainda mais preferível que seja zero ou, em qualquer caso, esteja na forma de traços.

[0015] O material refratário tendo um alto teor de zircônia, de preferência, compreende outros óxidos além de ZrO_2 porque os cristais de ZrO_2 mostram, devido às alterações na fase cristalográfica, características anormais de expansão que são capazes de prejudicar as propriedades mecânicas dos produtos feitos de zircônia. Por

esta razão, o material refratário tendo um alto teor de zircônia, de preferência, compreende pelo menos por um óxido de "estabilização" escolhido de SiO_2 , Al_2O_3 , B_2O_3 , P_2O_5 , Na_2O , CaO , MgO , SrO ou BaO . O teor de óxido estabilizante, tipicamente, está dentro de uma faixa que se estende de 2% a 7%.

[0016] Os blocos de material refratário tendo um alto teor de zircônia, por exemplo, podem ser feitos de cerâmica sinterizada ou de concreto refratário, ou também serem blocos eletro-fundidos (obtidos pela fusão de uma mistura de materiais iniciais em uma fornalha em arco, seguido pela moldagem em um molde e por uma etapa de témpera).

[0017] Os blocos feitos de cerâmica sinterizada, de preferência, são feitos de zircônia estabilizada usando-se MgO . De preferência, eles compreendem pelo menos por 92% de ZrO_2 , 2% a 5% de MgO e 1% a 3% de SiO_2 . Poderá ser feita menção, como exemplo, dos refratários vendidos com as referências Ziral 94 pela Savoie Réfractaires, Zettral 95 GR pela RHI Glas GmbH ou 3004 pela Zircoa.

[0018] Os concretos refratários, de preferência, compreendem 2% a 4% de CaO e menos de 1% de SiO_2 , Al_2O_3 e TiO_2 . Por exemplo, eles podem ser os produtos vendidos com a referência 0878 pela Zircoa.

[0019] Quando ele está na forma de blocos eletro-fundidos, o material refratário tendo um alto teor de zircônia, de preferência, contém os óxidos SiO_2 , Na_2O e Al_2O_3 , e especialmente, apresenta a seguinte composição química:

ZrO_2	> 92%
SiO_2	2 - 6,5%
Na_2O	0,1 - 1,0%
Al_2O_3	0,4 - 1,2%
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$	< 0,6%
P_2O_5	< 0,05%

[0020] Deverá ser feita menção, para fins de exemplo, aos refratários vendidos com as referências ER 1195 pela SEPR, que são blocos constituídos por aproximadamente 94% de ZrO_2 , 4% a 5% de SiO_2 , aproximadamente 1% de Al_2O_3 e 0,3% de Na_2O .

[0021] A resistividade elétrica do material refratário tendo um alto teor de zircônia,

de preferência, é pelo menos 30 $\Omega \cdot \text{cm}$, na realidade mesmo 50 $\Omega \cdot \text{cm}$, a 1500 ° C, durante uma frequência de 100 Hz, para estabilizar o consumo elétrico durante a fusão do vidro e para evitar qualquer curto-circuito nos refratários, tendente a provocar danos nos mesmos.

[0022] O tanque do forno geralmente é constituído pelo menos por uma abertura de saída do material fundido, ou saída de fundição, localizada no fundo do tanque ou em uma parede lateral. No último caso, a abertura, geralmente, é localizada na parte inferior de uma das paredes.

[0023] Os blocos refratários tendo um alto teor de zircônia, de preferência, serão colocados nas partes do tanque em contato com o vidro fundido, em uma temperatura muito elevada (por exemplo, acima de 1600 °C ou 1700 °C) e/ou sujeito a fortes correntes de convecção.

[0024] De preferência, os blocos refratários que formam as paredes laterais do tanque em contato com o vidro fundido são feitos de um material refratário tendo um alto teor de zircônia. Isto se verifica porque é nas paredes que o grau de corrosão dos refratários pelo vidro fundido é dos mais elevados, como resultado de fortes movimentos de convecção entre as paredes laterais e os eletrodos.

[0025] Foi observado que pelo menos uma porção do fundo está geralmente razoavelmente levemente corroída e a escolha de um refratário com base em óxido de cromo, que é não só mais durável como também menos dispendioso, deve então ser especialmente considerada. Por essa razão, pelo menos uma porção, e especialmente todos os blocos refratários que formam o fundo, vantajosamente são feitos de um material refratário constituído pelo menos por 20% de óxido de cromo.

[0026] Deve ser feita menção, através de exemplos, da faixa de refratários que são vendidos com a marca Zirchrom® pela Société Européenne des Produits Réfractaires (SEPR), que são constituídos, por exemplo, por 30% em peso de óxido de cromo (Zirchrom® 30) ou 83,5% de óxido de cromo (Zirchrom® 85), ou também os refratários vendidos com as referências Monofrax K-3 (28% de óxido de cromo) e Monofrax E (75% de óxido de cromo) pela RHI AG.

[0027] Quando a abertura de saída do material fundido é localizada sobre uma

parede lateral do tanque, os blocos refratários que formam as paredes laterais do tanque em contato com o vidro fundido e os blocos refratários que formam ou circundam o, ou cada uma das aberturas de material fundido, de preferência, são feitos de um material refratário tendo um alto teor de zircônia, os blocos refratários formando um fundo, de preferência, sendo feitos de um material refratário compreendendo pelo menos por 20% de óxido de cromo. A razão disto é que em tal configuração, o fundo inteiro está muito levemente corroído.

[0028] Quando o orifício de saída do material fundido é localizado no fundo do tanque, pelo menos uma porção dos blocos refratários que formam o fundo, de preferência, são feitos de um material refratário tendo um alto teor de zircônia. Estes, de preferência, são os blocos refratários localizados próximos da abertura de saída do material fundido. Os outros blocos refratários que formam o fundo, de preferência, são feitos de um material refratário compreendendo pelo menos por 20% de óxido de cromo.

[0029] Além do tanque, o forno poderá ou não conter uma superestrutura. A mistura vitrificável, normalmente, é distribuída uniformemente sobre a superfície do banho de vidro usando um dispositivo mecânico, e, portanto, forma um escudo térmico que limita a temperatura acima do banho de vidro, o que resulta em não ser sempre necessária a presença de uma superestrutura.

[0030] Os eletrodos são imersos no vidro fundido. Eles podem estar em suspensão, para serem mergulhados no banho de vidro pelo topo, serem instalados no fundo ou também serem instalados nas paredes laterais do tanque. As primeiras duas opções são geralmente as preferidas para tanques com grandes tamanhos, para se obter a melhor distribuição possível do aquecimento do banho de vidro.

[0031] Os eletrodos, de preferência, são feitos de molibdênio, na realidade, opcionalmente, sendo mesmo feitos de óxido de estanho. O eletrodo feito de molibdênio passa através do fundo, de preferência, através de um suporte de eletrodo refrigerado por água, feito de aço.

[0032] O vidro fundido, de preferência, apresenta uma composição química contendo os seguintes constituintes, em um conteúdo por peso que varia dentro dos

limites definidos abaixo:

SiO ₂	39 - 46%, de preferência, 40 - 45%
Al ₂ O ₃	16 - 27%, de preferência, 18 - 26%
CaO	6 - 20%, de preferência, 8 - 18%
MgO	0,5 - 5%, de preferência, 0,5 - 3%
Na ₂ O+K ₂ O	9 - 15%, de preferência, 10 - 13%
Fe ₂ O ₃	1,5 - 15%, de preferência, 3 - 8%
B ₂ O ₃	0 - 2%, de preferência, 0%
P ₂ O ₅	0 - 3%, de preferência, 0 - 1%
TiO ₂	0 - 2%, de preferência, 0,1 - 1%.

[0033] A soma dos teores de sílica e alumina, de preferência, é entre 57% e 70%, especialmente, entre 62% e 68%. O teor de alumina, de preferência, está dentro de uma faixa que se estende de 20% a 25%, especialmente, de 21% a 24%.

[0034] O teor de sílica, vantajosamente, está dentro de uma faixa que se estende de 40% a 44%.

[0035] O teor de magnésia, vantajosamente, é no máximo 3%, na realidade, até 2,5%, para minimizar a temperatura do vidro liquidus e, portanto, a temperatura de fibrilização, para otimizar o tempo de vida dos dispositivos de rotação.

[0036] O teor de cal, de preferência, está dentro de uma faixa que se estende de 10% a 17%, especialmente, de 12% a 16%. A soma dos teores de cal e magnésia, por seu lado, de preferência, está dentro de uma faixa que se estende de 14% a 20%, especialmente, de 15% a 18%. De preferência, o teor de óxido de bário, é no máximo 1%, especialmente, 0,5%. O teor de óxido de estrôncio, por seu lado, de preferência, é no máximo 1%, na realidade até 0,5%, e mesmo 0,1% ou também zero.

[0037] O teor total de óxido de metal alcalino (sódio e potássio) de preferência, é no máximo 13%, na realidade até 12%. O teor de Na₂O, vantajosamente, está dentro de uma faixa que se estende de 4% a 9%, especialmente, de 5% a 8%, enquanto o teor de K₂O, vantajosamente, está dentro de uma faixa que se estende de 3% a 6%.

[0038] O óxido de ferro tem um efeito positivo sobre a nucleação e o crescimento de grãos em baixa temperatura, e, portanto, sobre o comportamento da temperatura

da lã de vidro, ao mesmo tempo não danificando a temperatura de liquidus do mesmo. O seu teor total (expresso na forma de Fe_2O_3 , com o ferro na forma férrica ou ferrosa), de preferência, é pelo menos 4%, e mesmo 5%, e/ou no máximo 7% ou 6%. O redox, que corresponde à relação entre o teor de óxido de ferro ferroso e o teor total de óxido de ferro, geralmente está dentro de uma faixa que se estende de 0,1 a 0,7. Altos teores de redox conferem ao banho de vidro uma absorção muito forte nas regiões visíveis e próximas de infravermelho, reduzindo, por esta razão, a temperatura do fundo e aumentando os movimentos de convecção na fornalha.

[0039] P_2O_5 pode ser usado com teores entre 0% e 3%, especialmente, entre 0,1% e 1,2%, para aumentar a bio-solubilidade em pH neutro. O óxido de titânio produz um efeito muito substancial sobre a nucleação em altas e baixas temperaturas dos componentes de magnésio e alumínio da matriz de vidro. Um teor de 1% ou menos pode mostrar-se ser vantajoso.

[0040] O teor em peso de óxido de cromo no vidro fundido (antes da etapa de fibrilização), de preferência, é no máximo, 0,03%, especialmente, 0,02%, na realidade, mesmo, 0,01%, e mesmo, 0,005% (50 ppm). A razão disto é que aparentemente, acima destes teores, a temperatura do vidro liquidus aumenta excessivamente, resultando no bloqueio dos orifícios mencionados acima. Para fazer isto, a mistura vitrificável utilizada geralmente conterá óxido de cromo somente na forma de traços (algumas dezenas de ppm).

[0041] De preferência, o teor total de SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O e Fe_2O_3 (ferro total) é pelo menos 90%, e especialmente, 95%, e mesmo 97% ou 98%.

[0042] Estas composições são bem adequadas ao processo de fibrilização através de centrifugação interna, com uma viscosidade na temperatura de 1400 ° C, geralmente de mais de 40 poises, especialmente da ordem de 50 a 100 poises (1 poise = 0,1 Pa.s).

[0043] Estas composições apresentam temperaturas de transição de vidro elevadas, especialmente mais elevadas do que 600 °C, especialmente maiores ou iguais a 650 °C. O seu ponto de formação de liga superior geralmente é muito maior do que 600 °C, especialmente da ordem de 670 °C ou mais, com frequência, 700 °C

ou mais.

[0044] A etapa de fibrilização, de preferência, é executada através de centrifugação interna, por exemplo, de acordo com os ensinamentos da solicitação WO 93/02977. A razão disto é que as composições são bem adequadas para este método de fibrilização, as suas faixas de trabalho (correspondentes à diferença entre a temperatura na qual o logaritmo decimal da viscosidade tem um valor de 2,5 e a temperatura do vidro liquidus) geralmente sendo pelo menos 50 °C, na realidade mesmo 100 °C e mesmo 150 °C. As temperaturas do vidro liquidus não são muito elevadas, geralmente no máximo 1200 °C, na realidade 1.150 °C, que são compatíveis com o uso de dispositivos de rotação. O processo de centrifugação interna utiliza dispositivos de rotação, também conhecidos como pratos de fibrilização, que giram em alta velocidade e sendo perfurados por orifícios na sua periferia. O vidro fundido é direcionado pela gravidade para o centro do dispositivo de rotação e, sob o efeito da força centrífuga, é injetado através dos orifícios para formar correntes de vidro, que são direcionadas para baixo por meio de jatos de gases quentes emitidos por queimadores. As fibras obtidas são ligadas umas com as outras se usando uma composição de ajuste de tamanho aspergida na sua superfície, antes de serem recebidas e formadas para produzirem vários produtos de lã de vidro, tais como rolos ou painéis.

[0045] Outro objeto referido na invenção é o de fornos elétricos especialmente adaptados para a implementação do processo de acordo com a invenção, especialmente em um forno para a fusão elétrica do vidro, compreendendo um tanque feito de blocos refratários e pelo menos dois eletrodos, o referido tanque sendo composto por paredes laterais e um fundo, que é caracterizado pelo fato dos blocos refratários que formam as referidas paredes laterais do tanque em contato com o vidro fundido serem feitas de material compreendendo pelo menos 60% em peso de óxido de zircônio e menos de 5% em peso de óxido de cromo e pelo menos uma porção, especialmente todos os blocos refratários formando o referido fundo, feitos de um material composto pelo menos por 20% de óxido de cromo.

[0046] De preferência, o forno também contém pelo menos uma abertura para a

saída do material fundido, localizada especialmente no fundo do tanque ou sobre uma parede lateral.

[0047] As características preferidas mencionadas acima relativas ao processo de acordo com invenção são muito naturalmente aplicáveis ao forno de acordo com a invenção e não são repetidas para não alongar o texto.

[0048] Finalmente, o assunto referido na invenção é uma lã de vidro obtida pelo processo de acordo com a invenção, especialmente uma lã de vidro constituída por fibras de vidro, a composição química da qual é composta pelos seguintes constituintes, com um conteúdo por peso que varia dentro dos limites definidos abaixo:

<chem>SiO2</chem>	39 - 55%
<chem>Al2O3</chem>	16 - 27%
<chem>CaO</chem>	3 - 35%
<chem>MgO</chem>	0 - 5%
<chem>Na2O+K2O</chem>	9 - 17%
<chem>Fe2O3</chem>	0 - 15%
<chem>B2O3</chem>	0 - 8%
<chem>ZrO2</chem>	0,05 - 1%.

[0049] As fibras de vidro, de preferência, apresentam uma composição química contendo os seguintes constituintes, em um conteúdo por peso que varia dentro dos limites definidos abaixo:

<chem>SiO2</chem>	39 - 46%, de preferência, 40 - 45%
<chem>Al2O3</chem>	16 - 27%, de preferência, 18 - 26%
<chem>CaO</chem>	6 - 20%, de preferência, 8 - 18%
<chem>MgO</chem>	0,5 - 5%, de preferência, 0,5 - 3%
<chem>Na2O+K2O</chem>	9 - 15%, de preferência, 10 - 13%
<chem>Fe2O3</chem>	1,5 - 15%, de preferência, 3 - 8%
<chem>B2O3</chem>	0 - 2%, de preferência, 0%
<chem>P2O5</chem>	0 - 3%, de preferência, 0 - 1%
<chem>TiO2</chem>	0 - 2%, de preferência, 0,1 - 1%
<chem>ZrO2</chem>	0,05 - 1%, de preferência, 0,1 - 0,8%.

[0050] A soma dos teores de sílica e alumina, de preferência, é entre 57% e 70%, especialmente, entre 62% e 68%. O teor de alumina, de preferência, está dentro de uma faixa que se estende de 20% a 25%, especialmente, de 21% a 24%.

[0051] O teor de sílica, vantajosamente, está dentro de uma faixa que se estende de 40% a 44%.

[0052] O teor de magnésio, vantajosamente, é no máximo 3%, na realidade, até mesmo 2,5%, para minimizar a temperatura do vidro liquidus e, portanto, a temperatura de fibrilização, para otimizar o tempo de vida dos dispositivos de rotação.

[0053] O teor de cal, de preferência, está dentro de uma faixa que se estende de 10% a 17%, especialmente, de 12% a 16%. A soma dos teores de cal e magnésio, por seu lado, de preferência, está dentro de uma faixa que se estende de 14% a 20%, e especialmente, de 15% a 18%. De preferência, o teor de óxido de bário é no máximo 1%, especialmente, 0,5%. O teor de óxido de estrôncio, por seu lado, de preferência, é no máximo 1%, na realidade até mesmo 0,5%, e mesmo 0,1%, ou também zero.

[0054] O teor total de óxidos de metal alcalino (soda e potássio), de preferência, é no máximo 13%, na realidade até mesmo 12%. O teor de Na_2O , vantajosamente, está dentro de uma faixa que se estende de 4% a 9%, e especialmente, de 5% a 8%, enquanto o teor de K_2O , vantajosamente, está dentro de uma faixa que se estende de 3% a 6%.

[0055] O óxido de ferro tem um efeito positivo sobre a nucleação e o crescimento de grãos em baixa temperatura, e, portanto, no comportamento da temperatura da lá de vidro, ao mesmo tempo não danificando a temperatura do vidro liquidus. O seu teor total (expresso na forma de Fe_2O_3 , o ferro estando na forma férrica ou ferrosa), de preferência, é pelo menos 4%, e mesmo 5%, e/ou no máximo 7% ou 6%.

[0056] O P_2O_5 pode ser usado com teores entre 0% e 3%, especialmente, entre 0,1% e 1,2%, para aumentar a bio-solubilidade em pH neutro. O óxido de titânio produz um efeito muito substancial sobre a nucleação em alta e baixa temperatura dos dispositivos de rotação na matriz vítreia. Um teor da ordem de 1% ou menos pode ser considerado vantajoso.

[0057] O teor ponderado de óxido de cromo no vidro fundido (antes da etapa de

fibrilização), de preferência, é no máximo 0,03%, especialmente 0,02%, na realidade até mesmo 0,01%, e mesmo 0,005% (50 ppm). Isto se verifica porque fica aparente que acima destes teores, a temperatura do vidro liquidus aumenta muito excessivamente, resultando no bloqueio dos orifícios mencionados acima. Para este fim, a mistura vitrificável utilizada será geralmente constituída somente por óxido de cromo na forma de traços (algumas dezenas de ppms).

[0058] O teor de zircônia, de preferência, está dentro de uma faixa que se estende de 0,1% a 0,8%, especialmente, de 0,2% a 0,6%, na realidade até mesmo 0,3% a 0,5%. A presença de zircônia no vidro pode melhorar a temperatura e o comportamento no fogo das fibras, mesmo com um baixo teor.

[0059] De preferência, o teor total de SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O e Fe_2O_3 (ferro total) é pelo menos 90%, especialmente, 95%, e até mesmo 97% ou 98%.

REIVINDICAÇÕES

1. Forno para a fusão elétrica do vidro compreendendo um tanque feito de blocos refratários e pelo menos dois eletrodos, o referido tanque compreendendo paredes laterais e um fundo, caracterizado pelo fato de os blocos refratários que formam as referidas paredes laterais do tanque em contato com o vidro fundido serem feitos de um material compreendendo pelo menos 60% em peso de óxido de zircônio e menos de 5% em peso de óxido de cromo e pelo menos uma porção dos blocos refratários que formam o referido fundo sendo feitos de um material compreendendo pelo menos 20% de óxido de cromo.

2. Forno de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender pelo menos uma abertura de saída do material fundido localizada no fundo do tanque.

3. Forno de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de pelo menos uma porção dos blocos refratários que formam o fundo ser feita de um material compreendendo pelo menos 60% em peso de óxido de zircônio e menos de 5% em peso de óxido de cromo, os outros blocos refratários que formam o fundo sendo feitos de um material refratário compreendendo pelo menos 20% de óxido de cromo.

4. Forno de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de pelo menos um dos blocos refratários em contato com o vidro fundido ser feito de um material compreendendo pelo menos 85% em peso de óxido de zircônio e menos de 1% em peso de óxido de cromo.

5. Forno de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 3 ou 4, caracterizado pelo fato de pelo menos uma porção e especialmente todos os blocos refratários que formam o fundo serem feitos de um material refratário contendo pelo menos 20% de óxido de cromo.

6. Forno de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de os blocos do material compreendendo pelo menos 60% em peso de óxido de zircônio e menos de 5% em peso de óxido de cromo serem feitos de cerâmica sinterizada ou de concreto refratário ou serem blocos eletro-fundidos.

7. Forno de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 3, 4 ou 6,

caracterizado pelo fato de a abertura de saída do material fundido ser localizada sobre uma parede lateral do tanque, os blocos refratários que formam as paredes laterais do tanque em contato com o vidro fundido e os blocos refratários que formam ou que circundam a abertura de saída do material fundido sendo feitos de um material compreendendo pelo menos 60% em peso de óxido de zircônio e menos de 5% em peso de óxido de cromo, os blocos refratários que formam o fundo sendo feitos de um material refratário compreendendo pelo menos 20% de óxido de cromo.

8. Processo para a fabricação de lã mineral compreendendo:

- uma etapa de fusão que faz com que seja possível a obtenção de um vidro fundido, cuja composição química compreende os seguintes constituintes, com um teor em peso que varia dentro dos limites definidos abaixo:

SiO ₂	39 - 55%
Al ₂ O ₃	16 - 27%
CaO	3 - 35%
MgO	0 - 5%
Na ₂ O+K ₂ O	9 - 17%
Fe ₂ O ₃	0 - 15%
B ₂ O ₃	0 - 8%

- uma etapa de fibrilização do referido vidro fundido,

caracterizado pelo fato de que a referida etapa de fusão sendo executada por fusão elétrica em um forno, como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7, contendo um tanque feito de blocos refratários e pelo menos dois eletrodos imersos no vidro fundido, os blocos refratários formando as paredes laterais do tanque em contato com o referido vidro fundido sendo feitos de um material compreendendo pelo menos 60% em peso de óxido de zircônio e menos de 5% em peso de óxido de cromo.

9. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de o vidro fundido apresentar uma composição química compreendendo os seguintes constituintes, com um teor em peso que varia dentro dos limites definidos abaixo:

SiO ₂	39 - 46%
------------------	----------

Al ₂ O ₃	16 - 27%
CaO	6 - 20%
MgO	0,5 - 5%
Na ₂ O+K ₂ O	9 - 15%
Fe ₂ O ₃	1,5 - 15%
B ₂ O ₃	0 - 2%
P ₂ O ₅	0 - 3%
TiO ₂	0 - 2%.

10. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 ou 9, caracterizado pelo fato de a etapa de fibrilização ser executada por centrifugação interna.

11. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizado pelo fato de, antes da etapa de fibrilização, o vidro fundido conter um teor em peso de óxido de cromo no máximo de 0,03%.

12. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 11, caracterizado pelo fato de, antes da etapa de fibrilização, o vidro fundido conter um teor em peso de óxido de cromo no máximo de 0,01%.

13. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 8, 10, 11 ou 12, caracterizado pelo fato de que a lã mineral compreende fibras de vidro, a composição química da qual compreende os seguintes constituintes, com um teor em peso que varia dentro dos limites definidos abaixo:

SiO ₂	39 - 55%
Al ₂ O ₃	16 - 27%
CaO	3 - 35%
MgO	0 - 5%
Na ₂ O+K ₂ O	9 - 17%
Fe ₂ O ₃	0 - 15%
B ₂ O ₃	0 - 8%
ZrO ₂	0,05 - 1%.