



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0911345-2 B1



(22) Data do Depósito: 22/04/2009

(45) Data de Concessão: 27/10/2020

(54) Título: FIO DE VIDRO, CONJUNTO DE FIOS DE VIDRO, COMPÓSITO DE FIOS DE VIDRO E DE MATÉRIA(S) ORGÂNICA(S) E/OU INORGÂNICA(S) E COMPOSIÇÃO DE VIDRO

(51) Int.Cl.: C03C 13/00; C03C 3/087.

(30) Prioridade Unionista: 23/04/2008 FR 0852716.

(73) Titular(es): SAINT-GOBAIN TECHNICAL FABRICS EUROPE.

(72) Inventor(es): EMMANUEL LECOMTE.

(86) Pedido PCT: PCT FR2009050748 de 22/04/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/138661 de 19/11/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 22/10/2010

(57) Resumo: FIO DE VIDRO, MONTAGEM DE FIOS DE VIDRO , COMPÓSITO DE FIOS DE VIDRO E DE MATÉRIA(S) ORGÂNICA(S) E/OU INORGÂNICA(S) E COMPOSIÇÃO DE VIDRO A invenção se refere à fios de vidro destinados notadamente à produção de compósitos com matriz orgânica e/ou inorgânica cuja composição compreende os seguintes constituintes nos limites definidos a seguir expressos em porcentagens ponderadas: SiO₂ 50 -65% Al₂O₃ 12 -23% CaO 1 -10% MgO 6 -12% Li₂O 1 -3%, de preferência 1 -2% BaO+SrO 0 -3% B₂O₃ 0 -3% TiO₂, 0 -3% Na₂O + K₂O 2% F₂, 0 -1% Fe₂O₃ 1%. Estes fios são constituídos de um vidro que oferece um excelente compromisso entre suas propriedades mecânicas representadas pelo módulo de Young específico e suas condições de fusão e formação de fibra.

"FIO DE VIDRO, CONJUNTO DE FIOS DE VIDRO, COMPÓSITO DE FIOS DE VIDRO E DE MATÉRIA(S) ORGÂNICA(S) E/OU INORGÂNICA(S) E COMPOSIÇÃO DE VIDRO"

[0001] A presente invenção se refere a fios ("ou fibras") de vidro, notadamente fios têxteis, suscetíveis de serem obtidos pelo processo que consiste em estirar mecanicamente filetes de vidro fundido que se escoam de orifícios dispostos na base de uma fieira geralmente aquecida por efeito Joule. Estes fios de vidro são destinados notadamente à produção de malhas e de tecidos utilizados em compósitos com matriz orgânica e/ou inorgânica.

[0002] A presente invenção visa mais precisamente fios de vidro que têm um módulo de Young específico elevado, e que apresenta uma composição quaternária do tipo $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-MgO}$ particularmente vantajosa.

[0003] O domínio dos fios de vidro que podem ser empregados para a fabricação de tais compósitos é um domínio muito específico da indústria do vidro. Estes fios são elaborados a partir de composições de vidro específicas, o vidro utilizado devendo poder ser estirados sob forma de filamentos alguns micrometros de diâmetro seguindo o processo indicado precedentemente e devendo permitir a formação de fios contínuos aptos a melhorar as propriedades mecânicas das matrizes orgânicas e/ou inorgânicas pré-citadas.

[0004] Em certas aplicações notadamente aeronáuticas, procura-se obter peças compósitas de grande dimensão aptas a funcionar em condições dinâmicas e que conseqüentemente podem se opor à resistências mecânicas elevadas. Estas peças são geralmente à base de materiais orgânicos e/ou inorgânicos e de um material fibroso, por exemplo, fios de vidro, que ocupam em geral mais de 50% do volume.

[0005] A melhoria das propriedades mecânicas e do rendimento de tais peças compósitas passa por uma melhoria dos desempenhos mecânicos dos fios de vidro, notadamente do módulo de Young específico.

[0006] Em outras aplicações ligadas à construção, é por exemplo usual empregar fios de vidro, notadamente sob forma de malha, para aumentar a resistência à fissura dos revestimentos de fachadas de edificações. As propriedades buscadas neste caso são uma boa resistência mecânica do fio 5 de vidro e uma grande estabilidade dimensional da malha.

[0007] As propriedades dos fios de vidro em particular principalmente são reguladas pela composição do vidro que os constitui. Os fios de vidro mais conhecidos utilizados nos compósitos à base de materiais orgânicos e inorgânicos são constituídos de vidro E ou R.

[0008] Nos compósitos, os fios de vidro E são correntemente empregados seja, vantajosamente após ter sofrido uma operação de torção (fios têxteis) seja sob a forma de montagens organizadas tais como malhas ou tecidos. As condições nas quais o vidro E pode ser em fibra são bastante vantajosas: a temperatura de trabalho que corresponde à temperatura na qual o vidro tem uma viscosidade próxima de 100 Pa.s (1000 Poise) é relativamente baixa, aproximadamente 1200 °C, a temperatura em estado líquido é inferior a cerca de 120 °C à temperatura de trabalho e sua velocidade de desvitrificação é baixa.

[0009] A composição do vidro E definida na norma ASTM D 578-98 para as aplicações nos domínios da eletrônica e a aeronáutica é a seguinte (em porcentagem ponderada): 52 a 56% de SiO₂; 12 a 16% de Al₂O₃; 16 a 25% de CaO; 5 a 10% de B₂O₃; 0 a 5% de MgO; 0 a 2% de Na₂O+ K₂O; 0 a 0,8% de TiO₂; 0,05 a 4% de Fe₂O₃; 0 a 1% de F₂.

[0010] No entanto, o vidro E em massa apresenta um módulo de Young específico relativamente baixo, de aproximadamente 33 MPa/kg/m³.

[0011] Na norma ASTM D 578-98, são descritos outros fios de vidro E, eventualmente sem boro. Estes fios têm a composição seguinte (em porcentagem ponderada): 52 a 56% de SiO₂; 12 a 16% de Al₂O₃; 16 a 25% de CaO; 0 a 10% de

B_2O_3 , 0 a 5% de MgO , 0 a 2% de $Na_2O + K_2O$; 0 a 1, 5% de TiO_2 ; 0,05 a 0,8% de Fe_2O_3 ; 0 a 1% de F_2 .

[0012] As condições de formação de fibra do vidro E sem boro são piores que estas do vidro E com boro mas continuam a ser contudo economicamente aceitáveis. O módulo de Young específico permanece em um nível de desempenho equivalente ao do vidro E.

[0013] Ainda conhece-se de DO 4.199.364 um vidro econômico, sem boro e sem flúor, que apresenta propriedades mecânicas, notadamente em termos de resistência em tração, comparáveis a estas do vidro E.

[0014] O vidro R em massa é conhecido pelas suas boas propriedades mecânicas notadamente em relação ao módulo de Young específico que é de aproximadamente 33,5 MPa/kg/m³. Em contrapartida, as condições de fusão e formação de fibra são mais resistentes que para os vidros do tipo E pré-citados, e consequentemente seu custo final é mais elevado.

[0015] A composição do vidro R é dada em FR-A 1.435.073. Ela é a seguinte (em porcentagem ponderada): 50 a 65% de SiO_2 ; 20 a 30% de Al_2O_3 , 2 a 10% de CaO ; 5 a 20% de MgO , 15 a 25% $CaO + MgO$; $SiO_2/Al_2O_3 = 2$ a 2,8; $MgO/SiO_2 < 0,3$.

[0016] Outras tentativas para aumentar a resistência mecânica dos fios de vidro foram feitas mas geralmente em detrimento de sua aptidão a formação de fibra, o emprego se tornando então mais difícil ou impossibilitando modificar as instalações de formação de fibra existentes.

[0017] Os fios de vidro descritos em FR 1.357.393 entram nesta categoria: apresentam uma resistência bastante elevada a altas temperaturas (815 °C ou mais) e propriedades mecânicas particularmente vantajosas, notadamente uma resistência à tração que ultrapassa 35.000 kg/cm². As condições de obtenção de tais fios são, contudo, bastante restritivas impondo notadamente uma temperatura no nível da fieira

pelo menos de 1475 °C e que pode ir até a 1814 °C. Estas condições não autorizam a formação de fibra direta a partir do vidro fundido elaborado em um forno, somente uma formação de fibra indireta a partir de vidro sob a forma de esferas.

[0018] Em FR-A-2 856.055, a requerente propõe fios de vidro que combinam as propriedades mecânicas do vidro R, em particular no nível do módulo de Young específico, e propriedades de fusão e formação de fibra melhoradas se aproximando destas do vidro E. O vidro que constitui estes fios compreende os seguintes constituintes nos limites definidos a abaixo em porcentagens ponderadas: 50 a 65% de SiO₂; 12 a 20% de Al₂O₃; 13 a 17% de CaO; 6 a 12% de MgO; 0 a 3% de B₂O₃; 0 a 3% de TiO₂; menos de 2% de NaO + K₂O; 0 a 1% de F₂ e menos 1% de Fe₂O₃.

[0019] Em FR-A-2 879.591, a composição dos fios de vidro pré-citado é melhorada pela adição de 0,1 a 0,8% de Li₂O e pela escolha da relação CaO/MgO que é inferior ou igual a 2, e de preferência superior ou igual a 1,3.

[0020] A presente invenção tem por objetivo obter filamentos constituídos de um vidro que apresenta um módulo de Young específico elevado que podem ser fabricados nas condições usuais de uma formação de fibra direta que impõem notadamente ao vidro que tenha uma temperatura em estado líquido no máximo igual a 1250 °C e de preferência no máximo igual a 1230 °C.

[0021] Este objetivo é atingido graças aos fios de vidro cuja composição compreende os seguintes constituintes nos limites definidos a seguir expressos em porcentagens ponderadas:

SiO ₂	60-65%
Al ₂ O ₃	12-23%
SiO ₂ + Al ₂ O ₃	>79%
CaO	1-10%
MgO	6-12%

Li_2O	1-3%, de preferência 1-2%
$\text{BO} + \text{SrO}$	0-3%
B_2O_3	0-3%
TiO_2	0-3%
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	<2%
F_2O	0 – 1%
Fe_2O_3	<1%

[0022] A sílica SiO_2 é um dos óxidos que forma a malha dos vidros de acordo com a invenção e desempenha um papel essencial para sua estabilidade. No quadro da invenção, quando a taxa de sílica é inferior a 50%, a viscosidade do vidro se torna muita baixa e os riscos de desvitrificação durante a formação de fibra são aumentados. Para além de 65%, o vidro se torna muito viscoso e difícil para fundir. De preferência, a taxa de sílica é compreendida entre 58 e 63%.

[0023] A alumina Al_2O_3 constitui igualmente um formador da malha dos vidros de acordo com a invenção e desempenha um papel essencial em relação ao módulo, combinado com a sílica. No quadro dos limites definidos de acordo com a invenção, a diminuição da porcentagem deste óxido abaixo de 12% provoca uma diminuição do módulo de Young específico e contribui para aumentar as velocidades máximas de desvitrificação, enquanto que um aumento muito forte da porcentagem deste óxido para além de 23% provoca riscos de desvitrificação e um aumento da viscosidade. De preferência, o teor de alumina das composições selecionadas é compreendido entre 18 e 23%. De maneira vantajosa, a soma dos teores de sílica e de alumina é superior a 80%, e melhor ainda superior a 81% o que permite obter valores interessantes do módulo de Young específico.

[0024] A cal CaO permite ajustar a viscosidade e controlar a desvitrificação dos vidros. O teor em CaO nos fios de acordo com a invenção é uma

característica essencial. Ela é compreendida entre 1 e 10%, de preferência é superior ou igual a 3%, vantajosamente superior ou igual a 5% e melhor ainda superior ou igual a 6%. De maneira particularmente vantajosa, o teor em CaO é inferior ou igual a 9%, e melhor ainda inferior ou igual a 8%.

[0025] A magnésia MgO, da mesma maneira que CaO, desempenha o papel de fluidificante e tem também um efeito benéfico para o módulo de Young específico. O teor em MgO é compreendido entre 6 e 12%, de preferência entre 9 e 12%.

[0026] A relação ponderada CaO/MgO tem uma influência sobre o módulo de Young específico e sobre a temperatura em estado líquido do vidro. Para um teor de alumina dado, uma diminuição da relação CaO/MgO tem por efeito aumentar o módulo de Young específico. De preferência, a relação CaO/MgO varia de 0,5 a 1,3 e vantajosamente de 0,7 a 1,1.

[0027] Outros óxidos de metal alcalino-terrosos, por exemplo BaO e SrO, podem estar presentes na composição de vidro. O teor total destes de óxidos é mantido inferior a 3%, de preferência inferior a 1% para não aumentar a densidade do vidro, que tem por efeito baixar o módulo de Young específico. Geralmente, a composição é substancialmente isenta de BaO e SrO.

[0028] O óxido de lítio Li₂O é indispensável para a obtenção de um módulo de Young específico elevado. Ele assegura, além disso, o papel de fluidificante, assim com para MgO. Para além de 3%, Li₂O provoca uma diminuição importante da temperatura de trabalho, e conseqüentemente do intervalo de conformação (desvio entre a temperatura de trabalho e a temperatura em estado líquido), que não permite mais converter em fibra o vidro em condições satisfatórias. Abaixo de 1%, a diminuição da temperatura de trabalho é insuficiente.

[0029] Li_2O é trazido essencialmente por duas matérias primas, uma sintética, o carbonato de lítio, e a outra natural, espodumeno que contém aproximadamente 7 a 8% de Li_2O .

[0030] A composição de vidro que constitui os filamentos de acordo com a invenção repousa na escolha do teor em Al_2O_3 , da relação CaO/MgO e o teor em Li_2O . A combinação destes três parâmetros permite obter valores do módulo de Young específico completamente satisfatórios (superiores ou iguais a $36,5 \text{ MPa/kg/m}^3$) tudo tendo boas condições de formação de fibra.

[0031] O óxido de boro B_2O_3 desempenha o papel de fluidificante. Seu teor na composição de vidro de acordo com a invenção é limitado a 3%, de preferência 2%, para evitar os problemas de volatilização e emissão de poluentes.

[0032] O óxido de titânio desempenha um papel de fluidificante e contribui para aumentar o módulo de Young específico. Pode estar presente a título de impureza (sua taxa na composição é então de 0 a 1%) ou ser acrescentado voluntariamente. Neste último caso, é necessário utilizar matérias primas incomuns mais caras. De preferência, o teor em TiO_2 é vantajosamente inferior a 2%, e inferior a 1% de modo a evitar que o vidro apresente uma coloração amarela indesejável.

[0033] Na_2O e K_2O podem ser introduzidos na composição de acordo com a invenção para contribuir para limitar a desvitrificação e para reduzir eventualmente a viscosidade do vidro. O teor em NaO e K_2O deve, contudo, permanecer inferior a 2% para evitar uma diminuição que prejudica a resistência hidrolítica do vidro. De preferência, a composição compreende menos de 0,8% destes dois óxidos.

[0034] O flúor F_2 pode estar presente na composição para ajudar à fusão do vidro e a formação de fibra. No entanto, seu teor é limitado a 1% pois além disso pode ocorrer riscos de emissões poluentes e corrosão dos refratários do forno.

[0035] Os óxidos de ferro (expressos sob a forma de Fe_2O_3) estão geralmente presentes a título de impurezas na composição de acordo com a invenção.

A taxa de Fe_2O_3 deve permanecer inferior a 1%, de preferência inferior ou igual a 0,5% para não prejudicar de maneira redibitória a cor dos fios e a condução da instalação formação de fibra, em particular às transferências de calor no forno.

[0036] De preferência, os fios de vidro têm uma composição que compreende os constituintes seguintes nos limites definidos a seguir expressos em porcentagens ponderadas:

SiO_2	58-63%
Al_2O_3	18-23%
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$	>79%
CaO	5-9%, de preferência 6-8%
MgO	9-12%
Li_2O	1-2%
$\text{BO} + \text{SrO}$	0-1%
B_2O_3	0-2%
TiO_2	0-1%
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	<0,8%
F_2O	0-1%
Fe_2O_3	<0,5%

[0037] De maneira particularmente vantajosa, a composição apresenta um relação ponderada $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO})$ que varia de 0,4 a 0,7, de preferência de 0,5 a 0,6, que permite obter vidros que têm uma temperatura em estado líquido inferior ou igual a 1250 °C, de preferência inferior ou igual a 1230 °C.

[0038] Geralmente, os fios de vidro de acordo com a invenção são isentos de óxido de boro B_2O_3 e de flúor F_2 .

[0039] Os fios de vidro de acordo com a invenção são obtidos a partir dos vidros de composição precedentemente descrita de acordo com o processo seguinte: estira-se uma multiplicidade de filetes de vidro fundido, que se escoam de uma

multiplicidade de orifícios dispostos na base de uma ou várias fieiras, sob forma de uma ou várias lonas de filamentos contínuos, em seguida reúnem-se os filamentos em um ou vários fios que são coletados sobre um suporte em movimento. Pode-se tratar de um suporte em rotação quando os fios são recolhidos sob a forma de enrolamentos ou um suporte em translação quando os fios são cortados por um órgão que serve igualmente para estirá-lo ou quando os fios são projetados por um órgão que serve para estirá-lo de 5 forma a formar uma trama.

[0040] Os fios obtidos, eventualmente após outras operações de transformação, podem assim se apresentar sob diferentes formas: fios contínuos ou cortados, tecidos, tricôs, trançados, fitas ou tramas, estes fios sendo compostos de filamentos de diâmetro que podem ir de cerca 5 a 30 micrômetros de preferência inferior ou igual a 13 μm . De preferência, o fio é um fio têxtil que sofreu uma operação de torção.

[0041] O vidro fundido que alimenta as fieiras é obtido a partir de matérias primas puras ou geralmente naturais (ou seja que podem conter impurezas em estado de vestígios), estas matérias sendo misturadas em proporções apropriadas, e depois fundidas. A temperatura do vidro fundido é regulada de maneira tradicional de forma a permitir a formação de fibra e evitar os problemas de desvitrificação. Antes de seu agrupamento sob forma de fios, os filamentos são revestidos geralmente de uma composição de encolamento que visa protegê-lo da abrasão, ajudar sua montagem sob forma notadamente de malhas e tecidos, e favorecer sua associação ulterior com os materiais orgânicos e/ou inorgânicos dos compósitos.

[0042] Os compósitos obtidos a partir dos fios de acordo com a invenção compreendem pelo menos um material orgânico e/ou pelo menos um material inorgânico e fios de vidro, uma parte pelo menos dos fios sendo de acordo com a invenção.

[0043] Os fios de vidro de acordo com a invenção podem ser utilizados em qualquer tipo de aplicação e seu emprego não se limita aos domínios aeronáutico e da construção mencionados precedentemente. Notadamente, os referidos fios podem ser utilizados para fabricar produtos obtidos por laminação.

[0044] Os exemplos que seguem permitem ilustrar a invenção sem no entanto limitá-la.

[0045] Fios de vidro compostos de filamentos de vidro de 13 μm de diâmetro são obtidos por estiramento de vidro fundido que tem a composição que figura na tabela 1, expressa em porcentagens ponderadas.

[0046] Anota-se T ($\log \eta=3$) a temperatura na qual a viscosidade do vidro é igual a 10,3 Pa.s (103 Poise) (deciPascal segundo).

[0047] Anota-se $T_{\text{líquido}}$ a temperatura em estado líquido do vidro, correspondendo à temperatura na qual a fase mais refratária, que pode desvitrificar no vidro, tem uma velocidade de crescimento nula e corresponde assim à temperatura de fusão desta fase desvitrificada.

[0048] Reporta-se o valor do módulo de Young específico do vidro em massa calculado a partir do módulo de Young medido de acordo com a norma ASTM C 1259-01 e a densidade medida pelo método de Arquimedes. Dá-se a título de exemplos comparativos as medidas para vidros E, R e S (conforme o exemplo 1 de FR 1.357.393) e um vidro de acordo com FR 2.879.591 (exemplo comparativo 1).

[0049] Parece que os exemplos de acordo com a invenção apresentam um excelente compromisso entre as propriedades de fusão e formação de fibra, e as propriedades mecânicas. Estas propriedades de formação de fibra são particularmente vantajosas, notadamente com uma temperatura em estado líquido de aproximadamente 1210 a 1230 °C, naturalmente mais baixas que esta dos vidros R e S. O intervalo de formação de fibra dos exemplos 1 a 4 é positivo, com um desvio entre

T ($\log \eta=3$) e $T_{\text{líquido}}$ que é superior ou igual a 60 °C (exemplo 4), 70 °C (exemplo 1) ou 80 °C (exemplo 2), ou de aproximadamente de 90 °C (exemplo 3).

[0050] O módulo de Young específico do vidro obtido a partir das composições de acordo com os exemplos 1 e 2 é claramente mais elevado que o do vidro E e também melhorado em relação ao vidro R e ao vidro do exemplo comparativo 1.

[0051] Com os vidros de acordo com a invenção, atinge-se assim de maneira notável propriedades mecânicas sensivelmente melhoradas em relação a estas do vidro R, baixando ao mesmo tempo substancialmente a temperatura formação de fibra para se aproximar do valor obtido para o vidro E. Os vidros dos exemplos 1 a 4 constituem uma excelente alternativa ao vidro S em função da redução muito grande da temperatura em estado líquido (220 °C, 230 e 210 °C, respectivamente) e a temperatura de trabalho (179, 165, 172 e 176 °C, respectivamente) conservando ao mesmo tempo um módulo de Young específico relativamente elevado.

[0052] Os fios de vidro de acordo com a invenção apresentam, além disso, uma resistência à água e aos alcalinos melhorados em relação ao vidro E.

[0053] Os fios de vidro de acordo com a invenção são mais econômicos do que os fios de vidro R que podem substituir vantajosamente em todas aplicações, notadamente utilizando fios têxteis.

Tabela 1

	Ex. 1	Ex. 2	Ex. 3	Ex. 4	E-vidro (vidro comparativo)	R-vidro (vidro comparativo)	S-vidro (vidro comparativo)	Comparativo Ex. 1
SiO ₂ (%)	60,50	60,90	60,60	60,20	54,40	60,00	65,00	60,50
Al ₂ O ₃ (%)	19,90	18,30	20,50	21,50	14,50	25,00	25,00	16,00
CaO (%)	7,70	8,30	6,80	5,80	21,20	9,00	-	13,50
MgO (%)	9,50	10,00	9,30	9,30	0,30	6,00	10,00	8,35
Na ₂ O (%)	0,20	-	0,20	0,20	0,60	-	-	-
K ₂ O (%)	0,50	-	0,50	0,50	-	-	-	-
Li ₂ O (%)	1,40	1,30	1,65	2,00	7,30	-	-	0,75
TiO ₂ (%)	0,13	-	0,17	0,10	-	-	-	-
Fe ₂ O ₃ (%)	-	-	0,20	0,20	-	-	-	-
CaO/MGO	0,81	0 83	0,73	0,62	70,66	1,5	0	1,61
T(log η =3) (°C)	1293	1307	1300	1296	1203	1410	1472	1279
T _{líquido} (°C)	1220	1220	1210	1230	1080	1330	1440	1200
T(log η =3)-T _{líquido} (°C)	73	87	90	66	123	80	32	79
Módulo de Young específico (MPa/kg/m ³)	36,7	36,5	36,7	36,9	33,3	35,5	37,4	35,6
DGC (mg)	n.d.	69	-	-	8,0	3,3	n.dn.d.	n.d.
Alcalinidade (mg)	n.d.	1,2	-	-	1,4	0,4	n.d.	n.d.

n.d não determinado

REIVINDICAÇÕES

1. Fio de vidro **CARACTERIZADO** pelo fato de que é destinado especialmente à produção de compósitos tendo uma matriz orgânica e/ou inorgânica, cuja composição compreende os seguintes constituintes nos limites definidos abaixo, expressos em porcentagens em peso:

SiO_2 50-65%

Al_2O_3 12-23%

$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 79\%$

CaO 1-10%

MgO 6–12%

Li_2O 1-3%

$\text{BaO} + \text{SrO}$ 0-3%

B_2O_3 0-3%

TiO_2 0-1%

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 2\%$

F_2 0-1%

$\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1\%$.

2. Fio de vidro, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a composição tem um teor de $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ superior a 80%.

3. Fio de vidro, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a composição tem um teor de CaO superior ou igual a 3%.

4. Fio de vidro, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o teor de CaO é inferior ou igual a 9%.

5. Fio de vidro, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a composição tem uma razão em peso de CaO/MgO que varia de 0,5 a 1,3.

6. Fio de vidro, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a composição tem uma razão em peso de $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CaO}+\text{MgO})$ que varia na faixa de 0,4 a 0,7.

7. Fio de vidro, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a composição compreende os seguintes constituintes:

SiO_2 58-63%

Al_2O_3 12-23%

$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 79\%$

CaO 5-9%

MgO 9-12%

Li_2O 1-2%

$\text{BaO} + \text{SrO}$ 0-1%

B_2O_3 0-2%

TiO_2 0-1%

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 0,8\%$

F_2 0-1%

$\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,5\%$.

8. Fio de vidro, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que não contém B_2O_3 ou F_2 .

9. Conjunto de fios de vidro, especialmente na forma de malha ou tecido, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende fios de vidro conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 8.

10. Compósito consistindo em fios de vidro e de matéria(s) orgânica(s) e/ou inorgânica(s), **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende fios de vidro conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 8.

11. Composição de vidro adequada para a produção de fios de vidro reforçados, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende os seguintes constituintes nos limites definidos abaixo expressos em porcentagens em peso:

SiO_2 50-65%

Al_2O_3 12-23%

$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 79\%$

CaO 1-10%

MgO 6-12%

Li_2O 1-3%

$\text{BaO} + \text{SrO}$ 0-3%

B_2O_3 0-3%

TiO_2 0-1%

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 2\%$

F_2 0-1%

$\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1\%$.

12. Composição, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADA** pelo fato de que tem uma faixa de conformação ($T(\log \eta=3) - T_{\text{líquido}}$) superior ou igual a 60 °C.