



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

(21) **PI0614776-3 A2**

(22) Data de Depósito: 02/08/2006
(43) Data da Publicação: 12/04/2011
(RPI 2101)



(51) *Int.Cl.:*
C03C 10/00
C03C 14/00

(54) Título: **MATERIAL BLINDADO DE VIDRO CERÂMICO**

(30) Prioridade Unionista: 13/08/2005 DE 10 2005 038 457.9

(73) Titular(es): SCHOTT AG

(72) Inventor(es): Dirk Springer, Jochen Alkemper, Rainer Liebold, Thilo Zachau, Wolfram Beier

(74) Procurador(es): ORLANDO DE SOUZA

(86) Pedido Internacional: PCT EP2006007635 de 02/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/019959 de 22/02/2007

(57) Resumo: MATERIAL BLINDADO DE VIDRO CERÂMICO A invenção se refere a um material blindado de vidro cerâmico, constituído (em % por peso com relação à base áxida) de 5-33 de SiO_2 , 20-50 de Al_2O_3 , 5-40 de MgO , 0- 15 de B_2O_3 , 0,1-30 de Y_2O_3 , Ln_2O_3 , As_2O_3 , Nb_2O_5 e/ou Sc_2O_3 , e 0-10 de P_2O_5 . O material inventivo pode ser também reforçado com fibras inorgânicas de reforço em uma quantidade de 5-65% em peso, de preferência constituídas de C, SiO , Si_3N_4 , Al_2O_3 , ZrO_3 , ou Sialon. Dito material blindado é caracterizado pelo fato dele exibir um alto módulo de elasticidade e ser produzível a partir de vidro verde, sem o risco de cristalização prematura.

MATERIAL BLINDADO DE VIDRO CERÂMICO

A invenção se refere a um material blindado para blindagens para proteção de pessoas ou instalações contra projéteis em alta velocidade, estilhaços ou semelhantes.

5 Tais blindagens encontram emprego como vestimentas à prova de balas ou blindagens de veículos para automóveis, helicópteros, cabines de avião etc. à prova de tiro.

Materiais cerâmicos de blindagem são conhecidos há muitos anos. Eles encontram aplicação especialmente em
10 blindagens, nas quais se obtém um baixo peso, assim p. ex. em vestimentas à prova de balas e em blindagens para automóveis, aviões e helicópteros, aqui especialmente na cabine ou nos assentos e para partes funcionalmente importantes. Os primeiros materiais blindados de cerâmica
15 até hoje empregados são constituídos de Al_2O_3 , SiC , B_4C , TiB_2 . Eles só podem ser produzidos, de acordo com processos muito complexos de produção, p. ex., de acordo com a US 2003/0110931 A1, por infiltração reativa de um pré-molde de carboneto de boro contendo carbono com silício derretido,
20 sendo, por conseguinte, dispendiosos.

Por causa disso, é igualmente há tempos conhecido utilizar vidro cerâmico como material blindado. Vidro cerâmico é fabricado há décadas, pelo fato de vidros especiais serem intencionalmente desvitrificados. Na
25 desvitrificação, chamada de ceramização, uma parte do vidro é especificamente convertido por um tratamento térmico em cristais, que se encontram em uma matriz da fase do vidro residual. O tratamento térmico ocorre, normalmente, em duas etapas. Em uma primeira etapa, o vidro é aquecido durante
30 até 24 horas a uma temperatura de nucleação, isto é, a uma

temperatura, na qual núcleos de cristalização se formam de maneira especialmente boa no vidro. Essa temperatura de nucleação se situa logo acima da temperatura de transformação Tg do vidro. Quando uma quantidade suficiente
5 de núcleos de cristalização é formada, a temperatura é ainda mais elevada, até que ela entre na faixa, onde os cristais ou cristalitos (até $10^{17}/\text{cm}^3$) são formados nos núcleos de cristalização.

Um material blindado de vidro cerâmico da
10 composição (em % em peso) de 78,5-84,5 de SiO_2 ; 9,5-15 de Li_2O ; 1-6 de Al_2O_3 ; 1,5-4 de K_2O , com TiO_2 , ZrO_2 ou SnO_2 como formador de núcleos, é descrito na US 4 473 653.

A EP 0 390 773 B1 e a US 5.060.553 descrevem um material blindado e composto, constituído de uma placa
15 frontal de vidro cerâmico, visto na direção de impacto de um projétil, na qual é colada uma camada traseira de plástico reforçado com fibra. O material blindado e composto desta camada é caracterizado, de acordo com a reivindicação de patente 1, por um tratamento térmico, que
20 corresponde ao método convencional acima citado para fabricação de vidro cerâmico. Os vidros cerâmicos mencionados na descrição são constituídos essencialmente (em % por peso) por 72 de SiO_2 , 10 de Li_2O , 5 de ZnO , 7 de Al_2O_3 ; um segundo vidro cerâmico por 71 de SiO_2 , 12 de Li_2O ,
25 13 de Al_2O_3 ; um terceiro vidro cerâmico por 36,5 de SiO_2 , 33,2 de Al_2O_3 , 17 de ZrO_2 , 13,1 de MgO , e um quarto vidro cerâmico por 48,8 de SiO_2 , 26,5 de Al_2O_3 , 11,0 de TiO_2 , 8,4 de MgO , 5,0 de CaO e 0,3 de Cr_2O_3 . Os vidros cerâmicos até então convencionais do sistema SiO_2 - Al_2O_3 - MgO (sistema MAS)
30 contêm, como fases de cristais primários, normalmente

enstatita, forsterita, cordierita. Como fases secundárias são descritas também as fases de espinélio e safirina. Neste caso, o limite inferior do teor de SiO_2 se situa a 35% em peso, onde são comuns limites inferiores de SiO_2 , de 40 ou 42-44% em peso.

O fator desvantajoso para vidros cerâmicos até então empregados como material blindado para blindagens é deles possuírem, em média, um módulo de elasticidade de apenas cerca de 130 GPa com reduzido módulo de elasticidade específico (módulo de elasticidade / densidade).

Na WO 2004/031089 é descrito um vidro cerâmico de alta rigidez, à prova de rupturas, e seu emprego em discos de memória magnética, que possui um teor de 17-33% em peso de SiO_2 , 20-50% em peso de Al_2O_3 , 8-40% em peso de MgO , 1-15% em peso de B_2O_3 e 0,1-30% em peso de Sc_2O_3 , Y_2O_3 e/ou Nb_2O_5 . De acordo com a descrição e objeto de aplicação dos dois últimos documentos citados, não se pode assumir a adequação do material como material blindado. A DE 28 05 764 descreve um processo de ceramização, bem como um vidro cerâmico contendo espinélio. Com relação à adequação a qualquer aplicação, não é feita nenhuma referência. A US 5.284.806 mostra, que um vidro cerâmico reforçado com fibras é em si conhecido. Na verdade, a composição se diferencia nitidamente do presente vidro cerâmico.

A tarefa da presente invenção consiste, portanto, no fato de encontrar vidros cerâmicos adequados como material blindado para blindagens, que possuam um alto módulo de elasticidade, uma alta ductilidade à fratura e uma boa resistência à ruptura, e cujos vidros primitivos sejam estáveis à desvitrificação e à cristalização durante

o alívio térmico de tensões, isto é, eles devem permanecer na fase de vidro até a formação de núcleos/ cristalização pretendida.

Essa tarefa é solucionada pelo emprego de um vidro cerâmico como material blindado, onde o vidro cerâmico (em % por peso em base óxida) é constituído por:

- 5 - 33 de SiO_2
- 20 - 50 de Al_2O_3
- 5 - 40 de MgO
- 10 0 - 15 de B_2O_3
- 0,1 - 30 de Y_2O_3 , Ln_2O_3 , As_2O_3 , Nb_2O_5 e/ou Sc_2O_3 ,
- 0 - 10 de P_2O_5

Duas faixas de composições são especialmente preferidas dentro desta faixa de composições:

15 Faixa de composições A:

- 5 - 33 de SiO_2
- 25 - 40 de Al_2O_3
- 5 - 25 de MgO
- 0,1 - 30 de Y_2O_3 , Ln_2O_3 , As_2O_3 e/ou Nb_2O_5
- 20 0 - 15 de B_2O_3
- 0,1 - 10 de P_2O_5

E a faixa de composições B:

- 17 - 33 de SiO_2
- 20 - 50 de Al_2O_3
- 25 8 - 40 de MgO
- 0,1 - 30 de Y_2O_3 , Sc_2O_3 e/ou Nb_2O_5
- 1 - 15 de B_2O_3

A quantidade mínima de SiO_2 corresponde a 5% em peso, de modo particular a 10 % em peso, de preferência a 15 % em peso para a composição A, onde, para a composição

B, 18 % em peso, de modo particular 19 % em peso, são preferidos. O limite superior corresponde normalmente a 33 % em peso, onde 28 % em peso e, de modo particular, 25 % em peso são preferidos.

5 A quantidade mínima de MgO corresponde a 5 % em peso e, para a composição A, de preferência 8 % em peso e, de modo especialmente preferido, a 10 % em peso, enquanto que para a composição B, são inseridos de preferência pelo menos 10 % em peso e, de modo particular, 15 % em peso. O
10 limite superior para o teor de MgO se situa, para a composição A, em 25 % em peso, enquanto que 20 % em peso são preferidos, enquanto que, de outro modo, o limite superior se situa a 40 % em peso, onde 30 ou 25 % em peso e, de modo particular, 20 % em peso são preferidos.

15 O teor máximo de Al_2O_3 corresponde a 50 % em peso, de modo particular a 40 % em peso, de preferência a 38 % em peso e, para a composição B, pelo menos 30 % em peso é especialmente preferido. A quantidade mínima de Al_2O_3 corresponde a 25 % em peso.

20 Óxido de boro não precisa estar necessariamente presente, porém o teor de B_2O_3 corresponde, de modo particular, a 1 % em peso, de preferência a 2 % em peso e, especialmente preferido, a 3 % em peso, enquanto que o limite superior na composição, de acordo com a invenção, se
25 situa em no máximo 15 % em peso, normalmente em no máximo 12 % em peso e, de preferência, em no máximo 10 ou no máximo 9 % em peso.

 A adição de um ou mais dos óxidos Y_2O_3 , Ln_2O_3 , As_2O_3 , Sc_2O_3 e Nb_2O_5 melhora o processamento técnico dos
30 vidros antes da ceramização, e torna especialmente rígido e

resistente a quebras, o vidro cerâmico por eles produzido. Além disso, ele propicia que os vidros sejam estáveis, com relação à formação das fases cristalinas durante o resfriamento para alívio de tensões, isto é, antes da
5 formação de núcleos pretendida, e assim sejam refrigeráveis até o alívio de tensões. Com isto, existem sempre relações constantes antes da fase formadora de núcleos, assim que a preparação de um produto com propriedades constantes e reproduzíveis é visivelmente simplificada. Os óxidos deste
10 grupo são representados com pelo menos 0,1 % em peso, normalmente com pelo menos 3 % em peso, de preferência com pelo menos 10 % em peso, de modo especialmente preferido com 12 % em peso no vidro cerâmico. O limite superior desses óxidos corresponde a 30 % em peso, de preferência a
15 28 % em peso, onde um limite superior especialmente preferido é de 25 % em peso. Neste particular, as quantidades de cada um dos óxidos correspondem normalmente de 1 a 30 % em peso, de preferência, de 10-30 para Y_2O_3 e, de preferência, respectivamente de 0-20 % em peso para
20 Ln_2O_3 , NbO_5 e ScO_3 . Com isso, a composição A, de preferência, não contém Sc_2O_3 e a composição B não contém, de preferência, Ln_2O_3 .

Ln abrange, aqui, o grupo dos lantanídeos, de modo particular, La, Ce, Pr, Nd, Eu, Yb, Ho e Er.

25 A composição empregada, de acordo com a invenção, pode conter, como outros componentes, agentes de refinação e fundentes convencionais, como Sb_2O_3 , As_2O_3 , SnO_3 , nas quantidades normais para estes fins. Assim, o limite superior corresponde, no máximo, a 5 % e, de preferência, a
30 2 % de preferência respectivamente para Sb_2O_3 ou As_2O_3 .

Em uma modalidade preferida, o vidro cerâmico é constituído de 0-12 % em peso, de preferência, de 0-10 % em peso de TiO_2 , de 0-10 % em peso de ZrO_2 , de 0-10 % em peso, de preferência, de 0-5 % em peso de CaO , de 0-10 % em peso, de preferência, de 0-5 % em peso de SrO , de 0-10 % em peso, de preferência, de 0-5 % em peso de BaO , de 0-20 % em peso, de preferência, de 0-10 % em peso de ZnO . Em outra modalidade preferida da invenção, a composição é constituída de pelo menos 2 % em peso, de preferência, de pelo menos 4 % em peso de TiO_2 e de uma quantidade máxima, de preferência, de no máximo 12 % em peso e, de modo particular, no máximo 10 % em peso. Na medida em que esses se encontrem realmente presentes, a quantidade mínima para os demais óxidos citados ZrO_2 e ZnO corresponde normalmente respectivamente a 1 ou 2 % em peso e a quantidade máxima, respectivamente a 5 ou 8 % em peso.

O vidro cerâmico é, de preferência, essencialmente isento de óxidos alcalinos, como Li_2O_3 , Na_2O_3 e K_2O , e contém esses somente como impurezas arrastadas com os componentes residuais de fornada. Assim, 'essencialmente isento de álcali' significa uma quantidade de, no máximo, 2 % em peso, onde no máximo 0,5 % em peso são normais. Vidros cerâmicos preferidos possuem um teor alcalino inferior a 0,5 % em peso.

Foi comprovado, que o vidro cerâmico pode conter até 10 % em peso, normalmente menos de 5 % em peso de óxidos metálicos de transição, sem que, com isso, as propriedades resultantes, como rigidez, resistência à ruptura e relação de cristalização se alterem de modo significativo. Óxidos metálicos de transição comuns, que

podem estar contidos no vidro ou no vidro cerâmico, de acordo com a invenção, compreendem os óxidos dos elementos Fe, Co, Ni, Cr, Mn, Mo, V, Pt, Pd, Rh e W, sendo, de modo particular, Mn_2O_2 , Fe_2O_3 , NiO , CoO , Cr_2O_3 , V_2O_5 , Mo_2O_3 e/ou WO_3 .

Além disso, o vidro cerâmico (além de MgO) pode conter os óxidos alcalino-terrosos CaO , SrO e BaO , como componentes estabilizadores. A soma desses três componentes deve importar em até 20 % em peso, de modo particular até 15 % em peso. Em uma modalidade preferida, a soma desses três óxidos alcalino-terrosos importa em pelo menos 1 % em peso, de preferência em pelo menos 2 % em peso, de modo especialmente preferido em até 4 % em peso e, de modo particular, em até 5 % em peso.

Desde que presentes, o teor dos óxidos TiO_2 e ZrO_2 em uma modalidade preferida, de acordo com a invenção, corresponde a pelo menos 1 % em peso, de preferência a pelo menos 2 % em peso e, de preferência, no máximo a 13 % em peso, de modo particular, em no máximo 10 % em peso. O vidro cerâmico pode ainda conter, além de TiO_2 e ZrO_2 , P_2O_5 em quantidades de até 10 % em peso, como formador de cristais. Através da adição de P_2O_5 na parte superior desta faixa, P_2O_5 é também incorporado aos cristais formados. De preferência, um teor de P_2O_5 inferior a 10 % em peso, de modo particular inferior a 5 % em peso, é desejado. Um teor mínimo de 2 % em peso de P_2O_5 é preferido, caso P_2O_5 seja adicionado.

No material blindado inventivo, os cristalitos são alojados em uma matriz vítrea e possuem um tamanho de cerca de 20 nm a 3 μm . De preferência, os tamanhos dos

cristalitos são de 50 a 500 nm. O teor da fase cristalina no material blindado corresponde de 30 a 80 % em volume, com as fases cristalinas primárias espinélio ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), safirina ($5\text{MgO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{SiO}_2$) e possivelmente silicatos de Y (por exemplo, $\text{Y}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, Y_2SiO_5), onde como fases primárias deve ser entendido, que as fases primárias correspondam a pelo menos cerca de 50 % das fases cristalinas.

As já boas propriedades absorvedoras de tiro desse vidro cerâmico são ainda mais melhoradas por um reforço de fibras, onde vantagens adicionais de custos são alcançáveis pela produtividade relativamente simples da nova blindagem.

As fibras de reforço devem estar presentes em uma quantidade de 5 a 65 % em volume no material blindado. Na verdade, um reforço do vidro cerâmico ocorre também através da adição de fibras abaixo deste limite inferior, sendo, porém, em geral muito baixo seu efeito para uma melhora visível das propriedades de uso da blindagem. De preferência, os teores das fibras de reforço se situam entre 15 e 45 % em volume. Um teor superior a 65 % em volume não deve ser excedido, já que, então, não pode mais ser garantida uma mistura homogênea das fibras com a matriz de vidro (cerâmico). Além disso, a então apenas reduzida fase matricial de vidro (cerâmico) residual não se encontra mais na condição de preencher com segurança sua função formadora, isto é, o confinamento da composição.

Como fibras de reforço são consideradas todas as fibras inorgânicas, que dispõem de uma alta tenacidade e são bem ancoráveis na matriz de vidro cerâmico. As fibras

devem resistir a temperaturas de até cerca de 1.000 °C para o processo de sinterização, e não podem reagir com o vidro básico e o vidro cerâmico, para não enfraquecer suas propriedades de resistência.

5 Como fibras de reforço, são adequadas fibras de carbono, SiC, Si₃N₄, Al₂O₃, ZrO₂ e/ou fibras do tipo SiAlON (Si, Al, O, N), além de fibras de BN, TiC, além de cerâmicas não-óxidas, bem como fibras revestidas com óxidos cerâmicos ou com metais. Especialmente preferidas são
10 fibras de carbono e carboneto de silício.

Nas fibras empregadas, trata-se de fibras curtas, longas e/ou contínuas. Fibras curtas possuem comprimentos de 50 µm a 5 cm, de preferência de cerca de 10 a 30 mm, como fibras longas devem ser entendidas fibras até cerca de
15 20 cm de comprimento, enquanto que fibras contínuas possuem um comprimento > 20 cm. São apropriadas, por exemplo, fibras de carbono ou fibras de cerâmica, como por exemplo fibras de SiC. O diâmetro das fibras corresponde aqui a 4 - 10 µm para fibras de carbono, e de 8 - 15 µm para fibras de
20 SiC.

Fibras longas e/ou contínuas produzem uma elevação considerável da resistência contra fraturas e tenacidade. Fibras curtas possuem uma forma de manuseio mais simples em termos técnicos de processo, elevam a
25 eficiência econômica do processo de fabricação e são suficientes, quando uma elevação máxima da resistência contra fraturas e tenacidade não se faz necessária.

Filamentos cristalinos, p. ex., de todos os materiais, de WC, bem como de metais, acima enumerados como
30 fibras, podem ser também empregados. Filamentos cristalinos

possuem, em geral, comprimentos de 5 μm a 500 μm , e diâmetros de 1 μm a 10 μm . Durante a fabricação dos materiais blindados, eles permitem ser distribuídos de maneira especialmente simples e em teores volumétricos especialmente altos na matriz de vidro cerâmico, sendo que, porém, a firmeza com eles alcançada não é tão alta, como no caso dos materiais blindados reforçados com fibras curtas, longas e contínuas.

Pode ser vantajoso, se as fibras forem dotadas de um agente lubrificante inorgânico. O emprego dessas fibras revestidas conduz a um material especialmente resistente a fraturas. No caso de fibras não-óxicas contendo carbono, isto ocorre devido ao fato de uma camada deslizante extremamente fina com estrutura de grafita se formar na superfície das fibras, a qual, na presença de altas cargas mecânicas, faz com que parte da energia seja convertida para a extração, alongamento e laceração das fibras (o assim chamado 'efeito extrator'). Isto leva a uma elevada resiliência ou resistência contra fraturas e tenacidade. O mesmo vale, de maneira análoga, também quando fibras óxicas forem empregadas, cuja superfície foi previamente condicionada com um respectivo agente lubrificante para altas temperaturas, como, p. ex., mica ou outros silicatos de revestimento.

As fibras podem ser, de preferência, dispostas no material blindado. No caso de filamentos cristalinos e fibras curtas com até cerca de 30 mm, esses são distribuídos de modo aleatório, isto é, as fibras não são alinhadas no material.

Porém, a composição de vidro cerâmico e fibras

fica mais sólida, quando as fibras estiverem alinhadas na composição. Assim, as fibras podem apresentar uma estrutura em camadas, na qual as fibras, em cada camada, se estendam em paralelo entre si, chamadas de 'fita', sendo que camadas adjacentes possuem, porém, eixos de fibra defasados a 90° ou a 45°. Tais disposições de camada são em si conhecidas, através da fabricação de elementos estruturais de plástico, reforçados com fibras.

Porém, as fibras de reforço também podem estar presentes no material blindado, por exemplo, na forma de um tecido. De preferência, é usado um tecido têxtil na forma de um não-tecido, malha ou feltro. O formato de uma malha é especialmente preferido. Devido à sua constituição de pontos, as malhas possibilitam também,, de modo particular, a obtenção de geometrias moldadas de forma complexa, o que pode ser vantajoso, p. ex., na blindagem de veículos.

Pode ser ainda vantajoso, quando o reforço na forma de um tecido têxtil não seja distribuído uniformemente no material blindado, porém se encontre somente no lado dianteiro e/ou traseiro do material blindado, isto é, parcialmente assimétrico no material blindado. No caso do reforço em ambos os lados do vidro cerâmico com o tecido têxtil ou com 'fitas', a camada de vidro cerâmico não-reforçada, disposta de modo imprensado entre as camadas das fibras de reforço, é então assim dizendo laminada. No caso do reforço em um dos lados, o material blindado se assemelha às composições até então utilizadas de uma placa de cerâmica com reforço aplicado por detrás sobre as placas metálicas aderidas. No caso do reforço de fibras só estar presente como camada no material

de vidro cerâmico, de outro modo não reforçado, a camada
deverá possuir, de preferência, uma espessura de pelo menos
10 % da espessura da camada do material blindado, em todo
caso, porém, ser de pelo menos 1 mm, de preferência
5 superior a 2 mm. De preferência, a espessura da camada não
deverá ser superior a 5 mm, já que acima disso a composição
se torna muito pesada para blindagens leves.

A fabricação de um material blindado de cerâmica
reforçado com fibras ocorre, em regra geral, com auxílio da
10 tecnologia da sinterização, onde um lote de fibras de
reforço e pó do material matricial são sinterizados em
conjunto, com aplicação de calor e possivelmente de
pressão. Visto que vidro cerâmico moído e pulverizado só
pode ser sinterizado com dificuldade ou algumas vezes
15 somente com resultados insatisfatórios, utiliza-se, de
preferência, o vidro em pó não-ceramizado, bem
sinterizável, como material de partida, e ceramiza-se a
massa de sinter originada durante ou após a sinterização.

Com isso, se produz inicialmente um pó do vidro,
20 o qual possui a mesma composição que o vidro cerâmico mais
tarde dele originado. Além das vantagens já citadas das
propriedades superiores de sinter em baixas temperaturas,
tal procedimento possui também a vantagem, de que o vidro
permite ser moído com mais facilidade em pó, do que o vidro
25 cerâmico.

O vidro em pó é, então, quer misturado com as fibras
de reforço, o que é considerado principalmente no emprego
de filamentos cristalinos e fibras curtas, quer os poros de
um tecido têxtil de fibras de reforço são cheios com o
30 vidro em pó.

A misturação de vidro em pó e fibras de reforço pode ocorrer a seco, porém o vidro em pó encontra, de preferência, aplicação como suspensão em água, de preferência com uma quantidade de um aglomerante. O vidro
5 em pó possui, neste caso, uma densidade média de partículas d_{50} de 5 μm a 60 μm , de preferência de 8 μm a 35 μm . Em presença de tamanhos de partículas abaixo de 5 μm , os custos para a fabricação do vidro em pó se elevam fortemente, e seu manuseio é dificultado, sem que ocorram
10 ainda vantagens adicionais no emprego do pó, sendo que, com tamanhos de partículas acima de 60 μm , se torna difícil obter misturas homogêneas e composições com poros livres nas etapas subseqüentes do processo.

Para a fabricação da suspensão, agentes de
15 auxílio à suspensão (desfloculantes) podem ser ainda empregados, conforme eles são, em si, conhecidos através da indústria cerâmica para estabilização da argila líquida, por exemplo, polímeros aniônicos com baixo número de moléculas, de modo particular, poliacrilatos de sódio.

20 As suspensões podem ainda conter agentes aglomerantes, para conceder firmeza à massa formada bruta após sua secagem (*Prepreg*), a fim de que ela possa ser manuseada. Tais agentes aglomerantes são igualmente em si conhecidos. Caso o agente de auxílio à suspensão não assuma
25 por si só a função de agente aglomerante, pode ocorrer, por exemplo, a adição de uma aglomerante de látex de dextrina ou semelhante.

A suspensão deve possuir um teor especialmente alto de matéria sólida (vidro em pó) e, ao mesmo tempo, uma
30 viscosidade possivelmente baixa, a fim de encher, de forma

possivelmente completa, os poros do tecido têxtil das fibras de reforço, ou para possibilitar, por misturação com fibras curtas e/ou filamentos cristalinos, uma alta quantidade de fibras (quantidade de filamentos cristalinos), sem grande tensão mecânica das fibras.

O material blindado serve para fabricação de blindagens. Para este fim, ele é normalmente processado com outros materiais em uma blindagem. Desta forma, o material blindado é, por exemplo, fixado na forma de azulejos, lâminas ou esferas sobre ou dentro de um tecido de fibras de alta tenacidade, como fibras de aramida e semelhantes. O material blindado pode ser também unido, na parte traseira, com placas metálicas, como alumínio, aço ou titânio, ou ser colado com materiais compostos, como plásticos reforçados com fibras. As possibilidades de combinação com outros materiais já são em si conhecidas, através do emprego dos materiais cerâmicos conhecidos, e fazem parte do conhecimento das pessoas versadas na técnica.

A fabricação dos tecidos têxteis acima citados é realizada com processos convencionais da indústria têxtil ou da indústria de papéis. Eles são em si conhecidos, e não fazem parte do objeto dessa invenção. Neste sentido, uma descrição mais detalhada dos mesmos é dispensada.

Com a citada arquitetura de fibras, um *Prepreg* é produzido, de acordo com dimensionamento correspondente. Como *Prepreg* é entendida uma disposição não-comprimida de uma pluralidade de fibras depositadas, dotadas de material matricial, encontradas parcialmente em mútuo contato; com isso, um maior número de tecidos têxteis pode ser também depositado de modo sobreposto. O *Prepreg* apresenta ainda um

alto teor de poros e possui de 10 a 80 % da densidade do produto final.

Na fabricação de *Prepregs* por meio de uma suspensão de vidro em pó, o tecido têxtil é impregnado em
5 uma fôrma porosa com a suspensão. A água da suspensão é removida através das paredes da fôrma porosa, o *Prepreg* úmido é retirado da fôrma e seco.

Após a secagem, o *Prepreg* é a seguir compactado por aplicação de pressão e calor. Isto pode ocorrer por
10 prensagem a quente, onde pressão e temperatura são adequadas à temperatura de fusão da respectiva matriz. De modo característico, a temperatura escolhida é maior que 1.000 °C, e a pressão, maior que 5MPa. Nestas condições de processo, todo o vidro é derretido, ou um processo de
15 sinterização é conduzido, assim que no último caso, pode se falar de um processo de sinterização sob pressão.

O corpo bruto, assim produzido, consideravelmente isento de poros, constituído de fibras de reforço e matriz de vidro, e então ainda ceramizado, isto é, a matriz de
20 vidro é convertida em uma matriz de vidro cerâmico.

A conversão da fase de vidro em vidro cerâmico ocorre através de método convencional, há décadas conhecido. No emprego de fibras de reforço sensíveis à oxidação, da mesma forma que na sinterização, a presença de
25 oxigênio deve ser descartada.

A fase de vidro é convertida por um tratamento térmico, em temperaturas acima de T_g , no vidro cerâmico correspondente. Nisso, a temperatura de conversão e a formação das fases cristalinas é determinada por meio de
30 métodos em si conhecidos, como, p. ex., por uma curva de

permanência gerada por análise térmica diferencial (DTA).

Inicialmente, o corpo bruto é aquecido na, assim chamada, temperatura formadora de núcleos, na qual núcleos de cristalização são formados no vidro. Para isso, os vidros são aquecidos normalmente a uma temperatura de cerca de 5 - 50 °C acima da T_g, de preferência, de 10 - 30 °C acima da T_g, até que tenha se formado uma quantidade suficiente de cristalitos primários. A temperatura normal de transição ao vidro desses vidros corresponde de 700 a 850 °C.

O tempo de permanência para formação dos cristalitos primários ou dos núcleos de cristalização depende das propriedades desejadas e corresponde normalmente a, pelo menos, 0,5 horas, de preferência a pelo menos 1 hora, onde pelo menos 1,5 horas são especialmente preferidas. Como tempo máximo, são previstos normalmente 3 dias, onde 2 dias e, de modo particular, 1 dia são preferidos como duração máxima para formação dos núcleos cristalinos primários. Na maioria dos casos, uma duração de 2-12 horas é suficiente.

Após a quantidade desejada de núcleos de cristalização ter sido formada, o aquecimento é efetuado em uma temperatura mais elevada, na qual as fases de cristais primários são precipitadas. Essa temperatura se situa normalmente a pelo menos 20 °C, de preferência a pelo menos 50 °C, acima da temperatura de formação dos cristalitos primários. Em casos especiais, foi comprovado ser vantajoso, após a precipitação das fases de cristais primários (cristais secundários), de modo particular espinélio e safirina, elevar-se uma vez mais a temperatura,

para assim precipitar outras fases cristalinas, como p. ex. pirocloros, pirossilicatos, xenotímio e/ou rutílio, bem como suas misturas, da fase de vidro residual permanente entre os cristais primários e/ou secundários.

5 Já que o corpo básico é prensado a quente para compactação, os processos formadores de núcleos e/ou de cristalização necessários podem ocorrer de modo simultâneo com a compactação através da prensagem a quente. Através de uma condução correspondente do processo de aquecimento, a
10 ceramização ocorre no local, isto é, de modo especialmente rápido e econômico.

 Outro modo de fabricação vantajoso, que não parte do vidro em pó, consiste no fato de amolecer termicamente uma placa de vidro a partir de vidro bruto e, então,
15 incorporar sob pressão um tecido têxtil de fibras de reforço, por exemplo, por laminação na superfície do vidro. Tal procedimento é extremamente econômico, sendo facilitado especialmente pelo fato do vidro de partida para o vidro cerâmico descrito possuir uma menor formação de núcleos e
20 cristalização indesejados, do que os vidros de partida com outras composições.

 O material blindado serve para fabricação das blindagens. Para este fim, ele é normalmente processado em conjunto com outros materiais, formando uma blindagem.
25 Assim, por exemplo, o material blindado é fixado na forma de azulejos, lâminas ou esferas sobre ou no interior de um tecido de fibras de alta resistência, como fibras de aramida ou semelhantes. O material blindado pode ser também unido no lado traseiro com placas metálicas, como alumínio,
30 aço ou titânio, ou ser aderido com materiais compostos,

como plásticos reforçados com fibra. As possibilidades de combinação com outros materiais já são em si conhecidas através do emprego dos materiais de cerâmica conhecidos, e pertencem ao escopo de conhecimento das pessoas versadas na
5 técnica.

Como vantagem especial do material blindado, de acordo com a invenção, deve ser, porém, ressaltado, que o vidro verde formador do vidro cerâmico, conforme já falado, é insensível a uma formação espontânea e indesejada de
10 núcleos de cristalização. Esta propriedade permite, de maneira especialmente simples, proceder termicamente ao alívio de tensões do vidro verde antes da ceramização, e conduzi-lo para sua temperatura de amolecimento e, então, deformá-lo em uma fôrma final desejada. Essa fôrma final é,
15 então, ceramizada, podendo-se produzir materiais blindados a partir dela, cujos materiais são especialmente adequados ao emprego planejado, por exemplo, coletes de corpo, carrocerias de veículos e semelhantes.

Exemplos 1 a 4

20 Diferentes vidros foram derretidos e convertidos em vidro cerâmico por um processo em si conhecido. A composição (em % por peso em bases óxidas), temperatura e duração da formação de núcleos, temperatura(s) e duração da cristalização, bem como o módulo de elasticidade, a
25 densidade, o módulo específico de elasticidade (módulo de elasticidade / densidade), bem como também o valor K_{Ic} (resistência a fraturas) para o Exemplo 1, são apresentados na Tabela 1 a seguir.

Exemplos 5 a 7

30 Diferentes compostos reforçados com fibras foram

produzidos. A composição e dados físicos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1

Exemplo	1	2	3	4
SiO ₂	19,43	32,72	21,26	22,70
B ₂ O ₃	3,75	3,79	0,00	1,77
P ₂ O ₅	0,00	0,00	10,00	7,20
Al ₂ O ₃	32,97	37,02	26,41	31,70
TiO ₂	4,31	2,90	9,41	8,11
Y ₂ O ₃	24,34	8,20	18,61	14,00
MgO	15,20	15,37	9,97	13,10
CaO	0,00	0,00	1,32	1,42
SrO	0,00	0,00	1,22	0,00
BaO	0,00	0,00	1,81	0,00
Formação de núcleos	850 °C/1h	850 °C/1h	750 °C/2h	800 °C/2h
Cristalização	950 °C/ 2h + 1050 °C/2h	950 °C/1h	780 °C/1h + 800 °C/60h	1050 °C/ 3h
Módulo de elasticidade [GPa]	190	145	140	180
K _{Ic} [MPa m ^{-1/2}]	1,79			
Densidade [g/cm ³]	3,58	3,10	3,05	3,25
Módulo específico de	53,1	46,8	45,9	55,4

elasticidade [MJ.kg ^{-1/2}]				
--	--	--	--	--

Tabela 2

Exemplo	5	6	7
Composição da matriz, conforme Exemplo	1	2	4
% em peso da matriz	55	60	45
% em peso das fibras de C (comprimento = 30 mm, Ø 8 µm)		40	30
% em peso das fibras de SiC (comprimento = 30 mm, Ø 15 µm)	45		25
Densidade [g/cm ³]	3	2,7	2,75
Módulo de elasticidade [GPa]	280	275	340
Módulo específico de elasticidade [GPa·cm ³ ·g ⁻¹]	99,3	102	124

REIVINDICAÇÕES

1. Emprego de um vidro cerâmico como material blindado, CARACTERIZADO pelo fato dele ser constituído (em % por peso com relação à base óxida) de:

5 5-33 de SiO_2 ,
 20-50 de Al_2O_3 ,
 5-40 de MgO ,
 0-15 de B_2O_3 ,
 0,1-30 de Y_2O_3 , Ln_2O_3 , As_2O_3 , Nb_2O_5 e/ou Sc_2O_3 , e
 10 0-10 de P_2O_5 .

2. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato dele ser constituído (em % por peso com relação à base óxida) de:

 5-33 de SiO_2 ,
 15 20-40 de Al_2O_3 ,
 5-25 de MgO ,
 0,1-30 de Y_2O_3 , Ln_2O_3 , As_2O_3 , e/ou Nb_2O_5 ,
 0-15 de B_2O_3 , e
 0,1-10 de P_2O_5 .

20 3. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato dele ser constituído (em % por peso com relação à base óxida) de:

 17-33 de SiO_2 ,
 20-50 de Al_2O_3 ,
 25 8-40 de MgO ,
 0,1-30 de Y_2O_3 , Sc_2O_3 e/ou Nb_2O_5 e
 1-15 de B_2O_3 .

 4. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, CARACTERIZADO
 30 pelo fato dele possuir um teor alcalino inferior a 2% em

peso.

5. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 4, CARACTERIZADO pelo fato dele ser constituído de óxidos metálicos de transição na quantidade de até 10% em peso.

6. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com a reivindicação 5, CARACTERIZADO pelo fato dos óxidos metálicos de transição serem MnO_2 , Fe_2O_3 , NiO , CoO , Cr_2O_3 , V_2O_5 , MoO_3 , WO_3 .

10 7. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5 ou 6, CARACTERIZADO pelo fato dele ser constituído de até 12% em peso, de modo particular, de 2 a 10% em peso de TiO_2 , de até 10% em peso, de modo particular, de 1 a 8% em peso de ZrO_2 , e/ou de até 10% em peso, de modo particular, de 1 a 8% em peso de ZnO .

8. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, CARACTERIZADO pelo fato dele ser respectivamente constituído de até 5% em peso de CaO , SrO e/ou BaO .

9. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, CARACTERIZADO pelo fato dele ser respectivamente constituído de até 10% em peso de CaO , SrO e/ou BaO .

25 10. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9, CARACTERIZADO pelo fato dele possuir um teor de fase cristalina de 30 a 80 % em volume.

11. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

ou 10, CARACTERIZADO pelo fato dele ser reforçado com fibras inorgânicas.

12. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com a reivindicação 11, CARACTERIZADO pelo fato das fibras
5 inorgânicas de reforço ser constituídas de carbono, SiC, Si₃N₄, Al₂O₃, ZrO₂ e/ou fibras de tipo Sialon (Si, Al, O, N).

13. Emprego de um vidro cerâmico, de acordo com a reivindicação 12, CARACTERIZADO pelo fato da quantidade
10 de fibras no vidro cerâmico 5 ser constituída de até 65% em volume.

MATERIAL BLINDADO DE VIDRO CERÂMICO

A invenção se refere a um material blindado de vidro cerâmico, constituído (em % por peso com relação à base óxida) de 5-33 de SiO_2 , 20-50 de Al_2O_3 , 5-40 de MgO , 0-15 de B_2O_3 , 0,1-30 de Y_2O_3 , Ln_2O_3 , As_2O_3 , Nb_2O_5 e/ou Sc_2O_3 , e 0-10 de P_2O_5 . O material inventivo pode ser também reforçado com fibras inorgânicas de reforço em uma quantidade de 5-65% em peso, de preferência constituídas de C, SiC , Si_3N_4 , Al_2O_3 , ZrO_3 , ou Sialon. Dito material blindado é caracterizado pelo fato dele exibir um alto módulo de elasticidade e ser produzível a partir de vidro verde, sem o risco de cristalização prematura.