



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

(11) PI 1014351-3 B1

(22) Data do Depósito: 30/03/2010

(45) Data de Concessão: 05/12/2017



(54) Título: PASTA SEMIFLUIDA, PROCESSO PARA SUA PRODUÇÃO, MOLDE DE FUNDIÇÃO E PROCESSO PARA SUA PRODUÇÃO

(51) Int.Cl.: B22C 9/02; B22C 9/22; B22C 9/24; B22C 13/08; B22C 1/08

(30) Prioridade Unionista: 05/06/2009 US 61/184,326, 30/04/2009 EP 09005986.6

(73) Titular(es): EVONIK DEGUSSA GMBH. CENTER FOR ABRASIVES AND REFRACTORIES RESEARCH & DEVELOPMENT C.A.R.R.D. GMBH

(72) Inventor(es): CHRISTOPH TONTRUP; WOLFGANG LORTZ; GABRIELE PERLET; ERICH SCHMIDT-KLUGE; DANILO FRULLI

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PASTA SEMIFLUIDA, PROCESSO PARA SUA PRODUÇÃO, MOLDE DE FUNDIÇÃO E PROCESSO PARA SUA PRODUÇÃO"**.

5 A presente invenção refere-se a uma dispersão, uma pasta semifluida, um processo para produção de um molde de fundição para fundição de precisão, e também a um molde de fundição, que pode ser obtido por esse processo.

10 Uma forma de fundição de precisão para metais é a "fundição de envoltório", também conhecido como o processo de cera perdida. Nesse caso, um modelo da peça a fundir, a ser produzido posteriormente, é feito, primeiramente, de cera ou de outros materiais que são fáceis de moldar e fundir, por exemplo, plástico ou ureia. O modelo é então dotado com canais de vazamento ou ventilação, e subseqüentemente encaixotado no material moldado. O modelo é fundido do molde verde formado no presente caso, de modo a produzir um molde oco, que pode ser subseqüentemente queimado, se adequado. O metal em fusão é depois vazado nesse espaço oco no molde e solidificado no molde de fundição, de modo que a peça fundida bruta possa ser obtida após remoção do molde de fundição.

15 20 Para obter a peça fundida, o molde de fundição é quebrado e a peça fundida bruta sofre subseqüentemente acabamento. Essa técnica de fundição é usada especialmente quando a peça a fundir tem que satisfazer requisitos exigentes em termos de precisão, um grande número de reproduções é necessário e formas complicadas precisam ser produzidas.

25 A produção do molde de fundição requer o positivo da peça fundida modelada de cera ou plástico, uma pasta semifluida compreendendo um aglutinante, partículas refratárias, e, se adequado, aditivos e também partículas refratárias para jateamento, chamada "stucco", isto é, para o revestimento da forma de cera que tenha sido molhada com a pasta semifluida.

30 Dependendo do tipo de fundição de metal, o molde de fundição precisa satisfazer diferentes requisitos. Desse modo, os moldes de fundição cerâmicos, que são altamente refratários e termicamente resistentes, são

usados, em particular, na fundição de superligas ou em fundição de cristal único.

Várias publicações descrevem várias composições de moldes de fundição, que são adequadas para processos de fundição de cera perdida de altas temperaturas. Desse modo, a patente U.S. 4.188.450 descreve uma composição refratária para um molde de fundição, que consiste essencialmente em óxido de alumínio e um aglutinante à base de dióxido de silício, com mulita sendo formada durante uma etapa de sinterização acima de 1.400°C, na produção do molde de fundição. Uma desvantagem desses moldes de fundição é que o dióxido de silício ou a mulita reage frequentemente com os constituintes da liga, e é, desse modo, eliminado em muitos processos de moldagem ou requer um tratamento superficial complicado da peça fundida.

A patente U.S. 4.247.333 descreve um processo para a produção de moldes de fundição, no qual óxido de alumínio é também usado como pó refratário, e o aglutinante à base de dióxido de silício é removido durante queima do molde de fundição, em virtude da queima ser conduzida sob condições redutoras. Menciona-se que um molde de fundição, que consiste inteiramente de óxido de alumínio, pode ser assim produzido. Uma desvantagem desse processo é que é caro e demorado.

A patente DE 2909844 descreve um processo para a produção de um molde de fundição, no qual um sol de alumina coloidal fibroso é usado como um aglutinante. Uma desvantagem desse processo é o fato de que o sol de alumina apresenta apenas em uma faixa de pHs estreita uma estabilidade adequada contra gelificação. Uma mistura para a produção de moldes de fundição, compreendendo materiais refratários, que apresentam um caráter básico, e o sol de alumina ácido provoca uma instabilidade. A própria instabilidade se manifesta, por exemplo, em uma completa gelificação da mistura. Além disso, a instabilidade não resulta em uma qualidade aceitável do molde de fundição, sendo, por exemplo, na forma de heterogeneidade e fissuras. De algum modo, esses problemas podem ser reduzidos por uma medida contínua do pH e por sua correção por dosagem de ácido. Esse proce-

dimento não é viável na prática.

É, portanto, um objetivo da presente invenção proporcionar uma pasta semifluida e um processo para produzir um molde de fundição para fundição de precisão, que não apresente as desvantagens da técnica anterior.

Um outro objetivo da presente invenção é proporcionar uma dispersão para a produção da pasta semifluida.

Outro objetivo da presente invenção é proporcionar um molde de fundição produzido por esse processo.

A invenção proporciona uma pasta semifluida, que contém:

a) de 50 a 80% em peso, de preferência, de 60 a 75% em peso, de partículas refratárias tendo um tamanho de partícula médio de 0,5 μm a 150 μm , de preferência, de 5 a 40 μm ;

b) de 5 a 35% em peso, de preferência, de 10 a 20% em peso, de partículas de óxido de alumínio tendo um diâmetro de partícula médio inferior a 300 nm, de preferência, de 10 a 20 nm, e, especialmente, de 60 a 120 nm;

c) de 5 a 35% em peso de água, de preferência, de 10 a 25% em peso; e tem

d) um pH de 5 a 12, de preferência, de 7,5 a 11.

Os percentuais em peso são baseados na soma dos constituintes a) a c). A pasta semifluida pode conter adicionalmente outros constituintes.

A pasta semifluida da invenção é uma pasta semifluida que tem uma estabilidade extremamente alta com relação ao aumento de viscosidade, sedimentação e gelificação. A estabilidade da pasta semifluida é provavelmente devido, em grande parte, a uma combinação dos aspectos de diâmetro de partícula e pH.

A área superficial BET das partículas de óxido de alumínio, tendo um diâmetro de partícula médio inferior a 300 nm, que estão presentes na pasta semifluida da invenção, não é crítica. Em geral, a área superficial BET é de 20 a 200 m^2/g , de preferência, de 50 a 120 m^2/g . As partículas podem

estar presentes ou como partículas individuais isoladas ou como partículas agregadas. As formas mistas são igualmente possíveis.

Como as partículas de óxido de alumínio tendo um diâmetro de partícula médio inferior a 300 nm, é possível usar, por exemplo, boehmitas ou psedobohmitas. Os melhores resultados, quando a pasta semifluida da invenção é usada na produção de moldes de fundição, são obtidos com partículas de óxido de alumínio pirogênicas. Essas estão, predominante ou exclusivamente, presentes em forma agregada. Para os fins da presente invenção, os agregados são partículas primárias, que crescem firmemente entre si. Esses agregados podem ser decompostos apenas dificilmente ou de modo algum por meio de aparelhos dispersantes. Vários agregados podem ser presos folgadoamente entre si para a formação de aglomerados, e esse fenômeno pode ser revertido por meio de um processo de dispersão adequado. O diâmetro de agregado médio pode ser determinado por meio de processos conhecidos daqueles versados na técnica, por exemplo, espalhamento de luz ou contagem de agregados em micrografos eletrônicos de transmissão.

Para os fins da presente invenção, pirogênica significa que as partículas foram obtidas por meio de hidrólise por chama ou oxidação por chama. No presente caso, partículas primárias não porosas, muito finamente divididas são formadas primeiro, e essas crescem conjuntamente para formar agregados durante o transcorrer da reação. As superfícies dessas partículas podem ter sítios ácidos ou básicos.

Para aumentar a estabilidade da pasta semifluida da invenção ainda mais, um pH tamponado foi verificado como sendo vantajoso. Um tampão, que compreende pelo menos um ou mais ácidos carboxílicos dibásicos e pelo menos um sal de um fosfato ácido de di(metal alcalino) e/ou um fosfato ácido de metal alcalino, é particularmente adequado para esse fim. A proporção dos constituintes do tampão é, de preferência, em todos os casos, independentemente entre si, de 0,3 a 3×10^{-6} mol/m² de área superficial específica do óxido de alumínio.

Além do mais, a pasta semifluida da invenção pode conter até

10% em peso, com base no peso total da pasta semifluida, de um ou mais aditivos. Esses incluem antiespumantes, umectantes, polímeros, por exemplo, na forma de dispersões, polifosfatos, compostos organometálicos e agentes antibacterianos. As proporções de antiespumantes, umectantes, poli-
5 fosfatos, compostos organometálicos e agentes antibacterianos podem ser, de preferência, em todos os casos, de 0,01 a 5% em peso, e, particularmente, de 0,1 a 1% em peso. A proporção do polímero é, de preferência, de 1 a 5% em peso.

Em uma concretização particularmente preferida, a pasta semifluida da invenção contém um ou mais polifosfatos. No contexto do presente modo operacional, verificou-se que, em particular, a resistência do molde de fundição pode ser aumentada por adição de polifosfatos, como aditivos adicionais. Esse efeito é possivelmente atribuível aos polifosfatos formando redes poliméricas tridimensionais com as partículas de óxido de alumínio, tendo um diâmetro de partícula médio inferior a 300 nm, durante a produção do
15 molde de fundição. Em uma concretização particularmente vantajosa da presente invenção, a pasta semifluida contém de 0,05% em peso a 2,0% em peso de tripolifosfato de sódio.

Os polímeros adequados são polímeros de neoprene, polímeros de uretano, polímeros de látex acrílico e polímeros de látex de estireno - butadieno.
20

As partículas refratárias tendo um diâmetro de partícula médio de 0,5 μm a 150 μm , que estão presentes na pasta semifluida da invenção, são selecionadas, de preferência, do grupo consistindo em óxido de alumínio, óxido de zircônio, mulita, andaluzita, mulita de zircônio, óxido de zircônio estabilizado, óxido de ítrio, óxido de cobalto, espinélio de cobalto - alumínio e óxidos de terras-raras. Prefere-se, particularmente, óxido de alumínio alfa, por exemplo, na forma de alumina fundida. Prefere-se, especialmente, o uso de alumina alfa de alta pureza, branca, tendo um teor de óxido de alumínio baseado no resíduo de formação de cinza superior a 99%, ou alumina alfa
25 padrão marrom, tendo um teor de óxido de alumínio superior a 95%. Além do mais, devido ao seu teor de dióxido de silício, com base no resíduo de
30

formação de cinza, inferior a 0,1%, a alumina alfa de alta pureza, branca pode ser preferida em relação à alumina alfa marrom na fundição de metais particulares. Ambos os graus de alumina fundida são caracterizados pela ausência virtualmente completa de porosidade aberta.

5 Uma vantagem particular da pasta semifluida da invenção é a sua estabilidade com relação à viscosidade, gelificação, sedimentação e decomposição bacteriana.

Em geral, a pasta semifluida de acordo com a invenção apresenta uma estabilidade de pelo menos 12 horas, de preferência, pelo menos 2
10 dias.

A invenção proporciona ainda um processo para a produção da pasta semifluida da invenção, no qual uma dispersão aquosa, que contém:

a1) partículas de óxido de alumínio tendo um diâmetro de partícula médio inferior a 300 nm, como o sólido; e

15 a2) tem um teor de partículas de óxido de alumínio superior a 15% em peso, de preferência, de 25 a 70% em peso, particularmente, de 35 a 60% em peso; e tem

a3) um pH de 5 a 12, de preferência, de 7,5 a 9, particularmente, 7,5 a 8,5, é misturada com

20 b) partículas refratárias tendo um tamanho de partícula médio de 0,5 μm a 150 μm ; e

c) se adequado, aditivos.

Devido ao alto teor de sólido das partículas de alumina, o processo de acordo com a invenção propicia uma secagem rápida da pasta semifluida, quando da produção de um molde de fundição. Além disso, o
25 processo de acordo com a invenção propicia uma rápida constituição da pasta semifluida por uso de condições de baixo cisalhamento.

Desse modo, uma rápida constituição pode ser obtida, geralmente, dentro de um período de no máximo 12 horas, de preferência, inferior
30 a 5 horas, isso sendo um aperfeiçoamento considerável em relação ao estado da técnica, em que pelo menos 1 dia é necessário para a constituição da pasta semifluida.

As partículas de óxido de alumínio são, de preferência, partículas de óxido de alumínio agregadas, e, particularmente, partículas de óxido de alumínio pirogênicas. Além do mais, a dispersão usada pode ser tampoadada. Um tampão compreendendo pelo menos um ou mais ácidos dicarboxílicos, por exemplo, ácido cítrico ou ácido tartárico, e pelo menos um sal de um fosfato ácido de di(metal alcalino) e/ou um fosfato ácido de metal alcalino, em que as proporções dos constituintes do tampão são, em todos os casos, independentes entre si, de $0,3$ a 3×10^{-6} mol/m² de área superficial específica de óxido de alumínio, pode ser usado para esse fim.

10 O potencial zeta da dispersão usada é, de preferência, abaixo de -15 mV. Prefere-se, particularmente, um potencial zeta na faixa de -25 a -40 mV. O potencial zeta é uma medida da carga superficial nas partículas, que pode ser influenciado por substâncias que ficam presas na superfície. Para os fins da presente invenção, o potencial zeta é o potencial no plano de cisalhamento dentro da camada dupla de partícula de óxido de alumínio eletroquímico / eletrólito na dispersão. O potencial zeta pode ser, por exemplo, determinado por medida da corrente de vibração coloidal (CVI) da dispersão ou por determinação da mobilidade eletroforética.

Além do mais, é possível usar um ou mais aditivos. Esses abrangem antiespumantes, umectantes, polímero como os mencionados acima, aglutinantes, polifosfatos, compostos organometálicos, fibras refratárias e agentes antibacterianos. Os antiespumantes, umectantes, polifosfatos, compostos organometálicos e agentes antibacterianos são preferivelmente usados em proporções de 0,1 a 5% em peso, e, particularmente, em proporções de 0,1 a 1% em peso, em todos os casos com base na pasta semifluida. Em uma concretização particularmente preferida, de 0,05 a 2% em peso de tripolifosfato de sódio é usado. O polímero pode ser, de preferência, usado em uma proporção de 1 a 5% em peso, com base na pasta semifluida.

As fibras refratárias adequadas podem ser fibras de aramida, fibras de carbono, fibras metálicas, fibras cerâmicas, fibras de nitreto, fibras de carboneto, fibras de vidro, fibras poliméricas ou fibras celulósicas.

Em uma concretização particular do processo, aditivos individu-

ais ou em conjunto são os constituintes da dispersão.

A invenção proporciona ainda uma dispersão aquosa de partículas de óxido de alumínio, em que:

5 a) as partículas de óxido de alumínio têm um diâmetro de partícula médio inferior a 300 nm;

b) o teor de partículas de óxido de alumínio é superior a 15% em peso, de preferência, de 25 a 70% em peso, particularmente, de 35 a 60% em peso;

10 c) a dispersão contém adicionalmente um ou mais aditivos selecionados do grupo consistindo em antiespumantes, umectantes, polímeros, polifosfatos, compostos organometálicos e agentes antibacterianos; e

d) a dispersão contém um sistema de tamponamento, e tem um pH de 5 a 12, de preferência, de 7,5 a 9, particularmente, de 7,5 a 8,5.

15 Um sistema de tamponamento adequado contém, por exemplo, pelo menos um ou mais ácidos dicarboxílicos e pelo menos um sal de um fosfato ácido de di(metal alcalino) e/ou um fosfato ácido de metal alcalino, em que as proporções dos constituintes do tampão são, em todos os casos, independentes entre si, de 0,3 a 3×10^{-6} mol/m² de área superficial específica do óxido de alumínio.

20 O potencial zeta da dispersão da invenção é, de preferência, inferior a -15 mV. Em uma concretização particularmente preferida, o potencial zeta é de -25 a -40 mV.

A dispersão de acordo com a invenção apresenta uma compatibilidade especialmente boa com os polímeros.

25 A invenção proporciona ainda um processo para a produção de um molde de fundição, em particular, para fundição de precisão, que compreende as etapas de:

a) imersão de um modelo fusível pré-moldado na pasta semifluida da invenção;

30 b) revestimento da superfície do modelo, que é coberta com a pasta semifluida por jateamento com partículas refratárias, grosseiras, tendo um tamanho de partícula médio de $> 50 \mu\text{m}$ a $1.000 \mu\text{m}$, de preferência, $>$

100 μm a 400 μm ; e

c) secagem da superfície revestida,

em que as etapas a) a c) são repetidas o mais frequentemente desejado, até que o número de camadas de revestimento necessárias para o molde de fundição tenha sido atingido.

As partículas refratárias, grosseiras, tendo um tamanho de partícula médio de $> 50 \mu\text{m}$ a $1.000 \mu\text{m}$, que são usadas para jateamento da superfície coberta com a pasta semifluida, são, de preferência, igualmente selecionadas do grupo consistindo de óxido de alumínio, óxido de zircônio, mulita, andaluzita, mulita de zircônio, óxido de zircônio estabilizado, óxido de ítrio e óxidos de terras-raras.

Em uma concretização particularmente preferida do processo da invenção, partículas de óxido de alumínio são usadas tanto como partículas refratárias, tendo um tamanho de partícula médio de $5 \mu\text{m}$ a $40 \mu\text{m}$, quanto como partículas refratárias, grosseiras, tendo um tamanho de partícula médio de $> 100 \mu\text{m}$ a $200 \mu\text{m}$.

Em geral, o processo da invenção compreende uma etapa de sinterização, após a última etapa de secagem. Essa confere ao molde de fundição obtido uma resistência suficiente para seu uso posterior. No entanto, é também possível conduzir o processo sem uma etapa de sinterização adicional, e reforçar o molde de fundição obtido "*in situ*", durante a fundição de precisão.

O uso da pasta semifluida da invenção possibilita obter taxas de secagem muito constantes. Isso significa que a secagem do molde de fundição ocorre muito suavemente, de modo que o molde de fundição não sofre qualquer dano.

A invenção proporciona ainda um molde de fundição, em particular, para fundição de precisão, que pode ser obtido por esse processo.

A presente invenção abrange três tipos de partículas, isto é, partículas refratárias tendo um tamanho de partícula médio de $0,5$ a $150 \mu\text{m}$, partículas refratárias grosseiras, tendo um tamanho de partícula médio de $> 50 \mu\text{m}$ a $1.000 \mu\text{m}$, e partículas de óxido de alumínio tendo um diâmetro de

partícula médio inferior a 300 nm.

O molde de fundição compreende, de preferência, pelo menos 98% em peso, com base no resíduo de formação de cinza, de óxido de alumínio.

5 Além do mais, um molde de fundição, que é essencialmente livre de dióxido de silício, pode ser vantajoso. Para os presentes fins, isso significa que a proporção de dióxido de silício não é mais do que 2% em peso, de preferência, não mais do que 0,5% em peso, e, particularmente, não superior a 0,1%.

10 Além do mais, um molde de fundição, cujas partículas de óxido de alumínio tendo um diâmetro de partícula médio inferior a 300 nm, são partículas de óxido de alumínio pirogênicas, o que pode ser vantajoso.

As temperaturas de sinterização necessárias para um molde de fundição, de acordo com a invenção, que consiste, essencialmente, em óxi-
15 do de alumínio, isto é, compreende pelo menos 98% em peso de óxido de alumínio, são usualmente em torno de 900 - 1.400°C, de preferência, cerca de 1.350°C, e as propriedades mecânicas do molde de fundição, que são comparáveis àquelas de um molde de fundição, que tenha sido produzido
20 convencionalmente, com base nos aglutinantes contendo dióxido de silício, podem ser obtidas após um tempo de sinterização de cerca de 3 horas. No entanto, o molde de fundição da invenção tem a vantagem em relação a um molde de fundição convencional, pois é bastante quimicamente inerte e pode, portanto, ser usado em, virtualmente todas as superligas.

Exemplos

25 Produção da dispersão 1:

Água deionizada é colocada em um recipiente de constituição de aço inoxidável de 60 L. O pó de óxido de alumínio (1) é sugado subsequentemente, sob condições de cisalhamento, por meio do tubo de sucção de um aparelho Ystral Conti-TDS 3 (incisões do estator: anel de 4 mm e anel de 1
30 mm; espaçamento rotor - estator de cerca de 1 mm).

Uma solução tampão de ácido cítrico anidro, fosfato ácido dissódico e água é depois adicionada e mais pó de óxido de alumínio (2) é suga-

do.

Após a introdução ser completada, o orifício de sucção é fechado e a mistura é cisalhada a 3.000 rpm por mais 10 minutos. Após a moagem estar completa, um agente de preservação é adicionado.

- 5 Essa pré-dispersão é passada duas vezes por um moinho de alta energia Sugino Ultimaizer HJP-25050, a uma pressão de 250.000 Kpa (2.500 bar) e por bocais de diamante, tendo um diâmetro de 0,3 mm, e é, desse modo, submetida a uma moagem bastante intensa.

Tabela 1: Dispersão 1

Dispersão		1
Água deionizada	kg	41,1
Pó de Al ₂ O ₃		AEROXIDE® Alu C*
(1)	kg	5,8
(2)	kg	28,2
Solução tampão		
ácido cítrico	kg	1,70
Na ₂ HPO ₄ diidratado	kg	1,42
Água	kg	6,70
Agente de preservação		Acticide® MV**
	g	77
pH após 48 h		7,5
Teor de sólidos	% em peso	40
diâmetro de partícula médio	nm	86

- 10 * da Evonik Degussa GmbH; ** da THOR

Produção da pasta semifluida

- 15 Pasta semifluida 2a: Para produzir a pasta semifluida, 3 kg do Exemplo 1 são colocados em um reator, e um total de 7 kg de alumina alfa eletrofundida (óxido de alumínio branco WRG, Treibacher Schleifmittel) peneirado de 0 a 325 malhas é adicionado pouco a pouco. 0,075% em peso de um umectante, à base de alcóxido de álcool (TEGO SURTEN W 111, EVO-NIK Industries) e 0,02% em peso de um antiespumante (Burst 100, REMET) são adicionados subsequentemente.

A mistura obtida desse modo é agitada a uma baixa velocidade

de cisalhamento, até que a viscosidade, medida por meio de um copo de escoamento "Zahn4", tenha atingido um valor de 18 a 23 segundos.

Nesse tipo de medida de viscosidade, o líquido a ser medido é introduzido em uma altura de enchimento particular em um copo de viscosidade alinhado horizontalmente, que tem um bocal de descarga, no seu lado inferior, que é inicialmente fechado, por exemplo, por meio de uma placa de vidro, após introdução do líquido. O tempo de medida começa tão logo o bocal de descarga é aberto por remoção da placa de vidro. A viscosidade cinemática é medida em segundos referentes pelo tempo até que a corrente de descarga se quebra pela primeira vez, e pode ser depois convertida em centistokes (cSt). Nessas medidas de viscosidade, diferentes tipos de copos podem ser usados, dependendo da faixa de medida ou do método de medida. No presente caso, um copo de escoamento ELCOMETER® 2210 Zahn, tendo um tamanho de bocal 4, foi usado. A estabilização da viscosidade foi feita por adição alvo de dispersão, água ou partículas refratárias.

A pasta semifluida assim produzida pode ser usada do modo usual para a produção de moldes de fundição.

Pasta semifluida 2b: Análoga à pasta semifluida 2a, mas com a adição de 0,1% em peso de tripolifosfato de sódio.

Pasta semifluida 2c: Análoga à pasta semifluida 2b, mas variada com 0,43% em peso de tripolifosfato de sódio.

Produção do molde de fundição

Molde de fundição 3a: Para produzir o molde de fundição, um modelo em cera à base de RW 161 (da REMET), que é dotado com um cabo e tem as dimensões de 50 mm x 80 mm x 3 mm, é usado e é, em uma primeira etapa de revestimento, imerso na pasta semifluida do Exemplo 2a por 8 segundos, com o cabo não sendo completamente coberto com a polpa, de modo a possibilitar fusão posterior da cera. O modelo, que foi assim revestido com a pasta semifluida, é deixado gotejar por cerca de 18 segundos e depois exposto a uma corrente de jateamento de partículas refratárias, grossas de óxido de alumínio ALODUR® SWSK 90 (Treibacher Schleifmittel), caindo de uma altura de cerca de 30 cm, até que não mais partículas fiquem

aderentes à superfície. A secagem subsequente é conduzida por 12 horas à temperatura ambiente e a uma umidade atmosférica de 30 - 60%. O modelo é então imerso de novo na pasta semifluida, e o modelo revestido com pasta semifluida é jateado sob as mesmas condições com partículas refratárias um pouco mais grosseiras (óxido de alumínio ALODUR® ZWSK 60, Treibacher Schleifmittel). A secagem subsequente à temperatura ambiente e à umidade atmosférica de 30 - 60% é diminuída a 3 horas.

Após essa camada intermediária, duas outras camadas de suporte são aplicadas por uso de partículas refratárias grosseiras (óxido de alumínio ALODUR® ZWSK 60, Treibacher Schleifmittel). As camadas de suporte são secas por 3 horas. A camada final é aplicada subsequentemente por simples imersão do modelo na pasta semifluida, sem outro jateamento com partículas refratárias grosseiras.

Isso gera um molde de fundição tendo uma espessura de camada de 3,7 mm - 4,2 mm, cujo núcleo de cera é fundido em uma estufa a 100°C.

Molde de fundição 3b: análogo ao Exemplo 3a, mas usando a pasta semifluida 2b.

Molde de fundição 3c: análogo ao Exemplo 3a, mas usando a pasta semifluida 2c.

Exemplo comparativo

Pasta semifluida (4ba) para a camada primária: Para produzir uma pasta semifluida para a camada primária, 18% em peso de um aglutinante acabado disponível comercialmente é misturado com 82% em peso de areia de zircão ($ZrSiO_4$), peneirado a 0 - 325 malhas. Como o aglutinante, usa-se REMASOL® ABOND® (da REMET), que consiste essencialmente de cerca de 30% em peso de sílica coloidal e cerca de 70% em peso de água.

Pasta semifluida (4bb) para as camadas intermediária e de suporte: Para produzir a pasta semifluida, 18% em peso de um aglutinante acabado disponível comercialmente, com base em sílica coloidal (REMASOL® SP-ULTRA 2408, da REMET), é misturado com 82% em peso de moloquita (silicato de alumínio), peneirada a 200 malhas. O aglutinante compreende

34% em peso de sílica coloidal e 66% em peso de água.

Molde de fundição 4a: Nos dois casos mencionados acima, a proporção das partículas refratárias grosseiras é primeiramente dividida em partes e depois em partes, com a viscosidade da pasta semifluida 4a para o revestimento primário sendo ajustada a 18 - 24 segundos (medida pelo copo de escoamento ELCOMETER® 2210 Zahn 4), enquanto que a viscosidade da pasta semifluida 4bb para as camadas intermediária e de suporte foi ajustada a 8 - 10 segundos. A proporção de líquido que foi evaporada durante o ajuste de viscosidade é substituída por adição de água. O pH é 8 - 10,5.

O molde de fundição é produzido de uma maneira análoga ao molde de fundição 3a, com um modelo equivalente sendo primeiramente imerso por 8 segundos na pasta semifluida para a camada primária, e, subsequentemente, após ser deixada gotejar, jateada com areia de zircônio, como as partículas refratárias em um tamanho de partícula de 100 - 200 µm. Moloquita de 30 - 80 malhas é usada como as partículas refratárias grosseiras para a camada intermediária, enquanto que a moloquita de 16 - 30 malhas é usada para as duas camadas de suporte. A camada final foi formada usando a pasta semifluida 4bb, sem jateamento adicional.

Também nesse caso, a espessura de camada foi de 3,7 - 4,2 mm. O núcleo da cera é fundido a 100°C em uma estufa.

Moldes de fundição sinterizados: Os moldes de fundição 3a, 3b, 3c e 4a são secos e sinterizados a várias temperaturas para formar os moldes de fundição 3aa, 3ba, 3ca e 4aa e depois testados para determinar as suas resistências mecânicas e também suas permeabilidades a gás. Os resultados dos testes correspondentes estão resumidos nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Módulo de ruptura a frio (CMOR) dos moldes de fundição

Molde de fundição	CMOR [n/mm ²]		
	120°C	1.100°C	1.350°C
3aa	2,3	0,8	4,7
3ba	4,5	3,4	10,1
3ca	10,0	7,8	19,2
4aa*	2,3	7,2	14,0

* Comparação

Tabela 3: Permeabilidade a gás dos moldes de fundição 3aa e 4aa

Temperatura [°C]	Permeabilidade a gás [L/min]	
	3aa	4aa*
950	0,22	0,28
1.000	0,23	0,29
1.050	0,36	0,42
1.100	0,55	0,50
1.150	0,74	0,78

* Comparação

A resistência é determinada em um teste de encurvamento de três pontos usando corpos de prova, que são secos a 120°C ou sinterizados a 1.100°C ou 1.350°C. O corpo de prova contendo 0,43% em peso de tripoli-
 5 fosfato de sódio apresenta os valores de resistência mais altos de todos os corpos de prova, em todas as temperaturas de tratamento.

Deve-se, no entanto, observar que a resistência não é o único critério para a adequabilidade de um molde para fundição de precisão. Em-
 10 bora as altas resistências garantam a durabilidade do molde durante a fundição, que é um pré-requisito indispensável para uso do molde de fundição, resistências excessivamente altas ao mesmo tempo dificultam a remoção subsequente do molde.

O corpo de prova comparativo 4aa, que tem uma resistência su-
 15 ficiente, pode ser usado como um guia para a resistência necessária para a fundição de precisão.

Em suma, pode-se afirmar que o processo da invenção possibili-
 ta por meio de um tratamento térmico alvo, e, se adequado, a adição de adi-
 tivos, tal como tripolifosfato de sódio, para obter um molde de fundição, que
 20 é suficiente resistente para fundição de precisão e é virtualmente isento de dióxido de silício.

Comparada com o processo descrito na patente U.S. 5.297.615,
 a presente invenção propicia uma produção mais simples de um molde de
 fundição, composto de óxido de alumínio e tendo bons valores de resistên-
 25 cia.

Comparada com a pasta semifluida usada na patente U.S. 5.297.615, a pasta semifluida da invenção tem uma alta estabilidade.

Dos resultados mostrados na Tabela 3, que são baseados nas medidas feitas pelo método, com base em um padrão britânico (BS 1902; Seção 10.2; 1994), pode-se notar que os valores de permeabilidade a gás, comparáveis àqueles dos materiais padronizados para os moldes de fundição, são também obtidos.

Exemplo 5: Taxa de secagem

A Tabela 4 mostra a taxa de secagem de um revestimento de topo (isto é, a primeira camada no modelo de cera) para a pasta semifluida 2b, de acordo com a invenção, e a pasta semifluida comparativa 4ba. A taxa de secagem descreve a diminuição percentual em peso da camada úmida, a uma temperatura de 25°C e uma umidade atmosférica relativa de 75%.

Tabela 4: Taxa de secagem (em % em peso)

Tempo [min]	Pasta semifluida 4ab	Pasta semifluida 2b
5	100	100
15	98,1	99,3
25	97,1	98,5
35	96,5	97,8
50	96,2	97,2
65	96,0	96,9
95	95,8	96,3
125	95,7	95,9
155	95,6	95,7
185	95,5	95,6
215	95,4	95,5

Fica claro a partir da Tabela 4 que a diminuição em peso da camada da pasta semifluida 4ba se passa mais rapidamente (isto é, a altas taxas de secagem) nos primeiros 100 minutos, mas depois aproxima-se daquela da pasta semifluida 2b, de acordo com a invenção. Uma taxa de secagem muito rápida nos primeiros minutos é indesejável, uma vez que isso resulta em adsorção e retração térmicas maciças do modelo de cera, e, por-

tanto, danificam o molde de fundição. Por essa razão, pode-se considerar que a secagem da camada de pasta semifluida 2b, que ocorre com uma perda de peso significativamente mais baixa nos primeiros minutos, é substancialmente mais suave, e um molde de fundição, que tem menos defeitos, 5 é, portanto, obtido.

REIVINDICAÇÕES

1. Pasta semifluida, caracterizada pelo fato de que contém:
 - (a) de 50 a 80% em peso de partículas refratárias tendo um tamanho de partícula médio de 0,5 μm a 150 μm ;
 - 5 (b) de 5 a 35% em peso de partículas de óxido de alumínio apresentando um diâmetro médio de partícula inferior a 300 nm; e
 - (c) de 5 a 35% em peso de água;sendo que a dita pasta apresenta um pH de 5 a 12.
2. Pasta semifluida, de acordo com a reivindicação 1, caracteri-
10 zada pelo fato de que as partículas de óxido de alumínio são agregadas.
3. Pasta semifluida, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que as partículas de óxido de alumínio são partículas de óxido de alumínio pirogênicas.
4. Pasta semifluida, de acordo com qualquer uma das reivindica-
15 ções 1 a 3, caracterizada pelo fato de que é tamponada.
5. Pasta semifluida, de acordo com qualquer uma das reivindica-
ções 1 a 4, caracterizada pelo fato de que contém adicionalmente não mais do que 10% em peso, com base no peso total da pasta semifluida, de aditivos adicionais selecionados do grupo consistindo em antiespumantes, umec-
20 tantes, polímeros, polifosfatos, compostos organometálicos e agentes antibacterianos.
6. Pasta semifluida, de acordo com qualquer uma das reivindica-
ções 1 a 5, caracterizada pelo fato de que as partículas refratárias, apresen-
tam um tamanho médio de partícula de 0,5 μm a 150 μm , e compreendem
25 pelo menos um material selecionado do grupo consistindo em óxido de alumínio, óxido de zircônio, mulita, andaluzita, mulita de zircônio, óxido de zircônio estabilizado, óxido de ítrio, espinélio de cobalto-alumínio, óxido de cobalto e um óxido de terras-raras.
7. Processo para produção da pasta semifluida, como definida
30 em qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que compreende:
 - misturar uma dispersão aquosa compreendendo mais do que

15% em peso de partículas de óxido de alumínio apresentando um diâmetro médio de partícula inferior a 300 nm,

com

partículas refratárias apresentando um tamanho médio de partícula de 0,5 μm a 150 μm ,

sendo que o pH da dispersão aquosa é de 5 a 12.

8. Processo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a mistura compreende ainda adicionar um aditivo.

9. Processo para produção de um molde de fundição, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

(a) imersão de um modelo fusível pré-moldado na pasta semifluida, como definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 6;

(b) revestimento uma superfície do modelo por jateamento com partículas refratárias, grosseiras, apresentando um tamanho médio de partícula de 50 μm a 1.000 μm , para obter uma superfície revestida; e

(c) secagem da superfície revestida,

sendo que as etapas (a) a (c) são opcionalmente até que o número de camadas de revestimento necessárias para o molde de fundição tenha sido atingido.

10. Processo, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que as partículas refratárias, grosseiras, compreendem pelo menos um material selecionado do grupo consistindo em óxido de alumínio, óxido de zircônio, mulita, andaluzita, mulita de zircônio, óxido de zircônio estabilizado, óxido de ítrio, espinélio de cobalto - alumínio, óxido de cobalto e um óxido de terras-raras.

11. Molde de fundição, caracterizado pelo fato de que é produzido por um processo, como definido na reivindicação 9 ou 10.

12. Molde de fundição, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que compreende mais do que 98% em peso de óxido de alumínio.

13. Molde de fundição, de acordo com a reivindicação 11 ou 12, caracterizado pelo fato de que é substancialmente isento de dióxido de silício.

cio.

14. Molde de fundição, de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 13, caracterizado pelo fato de que as partículas de óxido de alumínio, apresentando um diâmetro de partícula médio inferior a 300 nm,
5 são de origem pirogênica.

15. Dispersão aquosa de partículas de óxido de alumínio, caracterizada pelo fato de que compreende:

(a) mais do que 15% em peso de partículas de óxido de alumínio apresentando um diâmetro médio de partícula inferior a 300 nm,

10 (b) de 0,05 a 2,0% em peso de tripolifosfato de sódio, com base na dispersão,

(c) pelo menos um aditivo selecionado do grupo consistindo em um antiespumante, um umectante, um polímero, um polifosfato, um composto organometálico e um agentes antibacteriano, e

15 (d) um sistema de tamponamento;

sendo que a dispersão apresenta um pH de 5 a 12.