



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

(11) PI 0818221-3 B1



(22) Data do Depósito: 30/10/2008

(45) Data de Concessão: 28/09/2021

(54) Título: MISTURA DE MATERIAL DE MOLDE PARA PRODUÇÃO DE MOLDES DE FUNDIÇÃO PARA PROCESSAMENTO DE METAL, PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE MOLDES DE FUNDIÇÃO PARA PROCESSAMENTO DE METAL, MOLDE DE FUNDIÇÃO, E, USO DE UM MOLDE DE FUNDIÇÃO

(51) Int.Cl.: B22C 1/18; B22C 1/26.

(30) Prioridade Unionista: 30/10/2007 DE 1020070511850.3.

(73) Titular(es): ASK CHEMICALS GMBH.

(72) Inventor(es): JENS MÜLLER; MARCUS FROHN; JÖRG KÖRSCHGEN; DIETHER KOCH.

(86) Pedido PCT: PCT EP2008009177 de 30/10/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/056320 de 07/05/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 22/04/2010

(57) Resumo: Processo e Mistura de Material de Molde Para Produção de Moldes de Fundição Para Processamento de Metal, Molde de Fundição e Emprego do Mesmo A invenção refere-se uma mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para o processamento de metal, a um processo para a produção de moldes de fundição, a moldes de fundição obtidos com o processo bem como ao seu emprego. Para a produção de moldes de fundição são empregados um material de base de molde refratário, bem como um aglutinante à base de vidro solúvel. Ao aglutinante é adicionada uma fração de um óxido de metal em forma de partículas, que é selecionado a partir do grupo de dióxido de silício, óxido de silício, óxido de titânio e óxido de zinco, sendo empregado, de modo especialmente preferido, dióxido de silício amorfo sintético. A mistura de material de molde contém, como outro componente essencial, um material tensioativo. Pelo emprego do material tensioativo pode ser melhorada a fluência da mistura de material de molde, o que possibilita a produção de moldes de fundição de geometria muito complexa.

MISTURA DE MATERIAL DE MOLDE PARA PRODUÇÃO DE MOLDES DE FUNDIÇÃO PARA PROCESSAMENTO DE METAL, PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE MOLDES DE FUNDIÇÃO PARA PROCESSAMENTO DE METAL, MOLDE DE FUNDIÇÃO, E, USO DE UM MOLDE DE FUNDIÇÃO

[001] A invenção refere-se a uma mistura de material de molde para produzir moldes de fundição para processamento de metal, incluindo pelo menos um material de moldagem de base resistente a fogo, um ligante baseado em vidro de água e uma proporção de um óxido de metal particulado, selecionado a partir do grupo que consiste em dióxido de silício, óxido de alumínio, óxido de titânio e óxido de zinco. A invenção ainda se refere a um processo de produção de moldes de fundição para processamento de metal usando a mistura de material de molde e uma forma de fundição obtida pelo processo.

[002] As formas de fundição para produção de objetos de metal são essencialmente produzidas em dois modelos. Um primeiro grupo inclui núcleos ou moldes. A partir destes, é montado o molde de fundição que representa essencialmente a forma negativa do item fundido a ser produzido. Um segundo grupo inclui corpos ocos, também conhecidos como cabeçotes de alimentador, que funcionam como reservatórios de compensação. Estes retêm metal fundido e, com o implemento de medidas apropriadas, é possível garantir que o metal permaneça na fase fundida por mais tempo do que o metal no molde de fundição de forma negativa. À medida que o metal na forma negativa solidifica, pode ser adicionado o metal fundido a partir do reservatório de compensação para compensar a contração de volume que ocorre à medida em que o metal solidifica.

[003] Os moldes de fundição consistem num material refratário, por exemplo, areia de sílica, cujos grãos são ligados por um ligante apropriado para conferir força mecânica suficiente à forma de fundição após a forma de fundição ter sido moldada. Consequentemente, são produzidos moldes de

fundição usando um material de moldagem de base refratária que foi tratado com um ligante apropriado. O material de moldagem de base refratária está preferencialmente na forma de fluxo livre, de tal maneira que seja capaz de ser derramado para dentro de uma forma oca apropriada e compactado na mesma. O ligante cria uma ligação sólida entre as partículas do material de moldagem de base, que, por sua vez, confere a estabilidade mecânica necessária ao molde de fundição.

[004] Os moldes de fundição devem satisfazer uma série de exigências. Durante o processo de fundição efetivo, eles devem, primeiro, ser suficientemente estáveis e resistentes ao calor para manter o metal fundido que é derramado em uma matriz oca formada por um ou mais moldes de fundição (partes). Após o processo de solidificação começar, a estabilidade mecânica do molde de fundição é garantida por uma camada solidificada de metal que se forma ao longo das paredes da matriz oca. O material do molde de fundição deve, agora, desintegrar-se sob o efeito do calor desprendido pelo metal de tal maneira que perca a sua força mecânica, isto é, a ligação entre partículas individuais do material refratário é removida. Isto é conseguido, por exemplo, assegurando-se que o ligante se decomponha sob o efeito do calor. Após resfriar, a parte fundida solidificada é sacudida e, idealmente, isso leva o material dos moldes de fundição a desfazer-se numa areia fina, que pode ser derramada para fora das cavidades do molde de metal.

[005] A fim de produzir os moldes de fundição, tanto podem ser usados ligantes orgânicos como inorgânicos e podem ser curados tanto por processos frios quanto quentes. Neste contexto, os processos frios são considerados como sendo processos que são realizados essencialmente à temperatura ambiente, sem aquecimento do molde de fundição. Nesses casos, a cura é normalmente realizada por uma reação química, que é desencadeada, por exemplo, passando-se um gás tal como um catalisador pelo molde que deve ser curado. Em processos quentes, a mistura de material de molde é

aquecida, após a modelagem, a uma temperatura que é suficientemente alta para expulsar o solvente contido no ligante, por exemplo, ou para iniciar uma reação química pela qual o ligante é curado, por exemplo, por ligação cruzada.

[006] Em processos atuais para produção de moldes de fundição, é comum usar esses ligantes orgânicos em que a reação de cura é acelerada por um catalisador em fase gasosa ou que são curados pela sua reação com um agente de cura de fase gasosa. Esses processos são chamados processos de "caixa fria".

[007] Um exemplo da produção de moldes de fundição usando ligantes orgânicos é o processo de "caixa fria de Ashland". Neste processo, é usado um sistema de dois componentes. O primeiro componente consiste na solução de um poliol, normalmente uma resina fenólica. O segundo componente é a solução de um poliisocianato. Consequentemente, conforme descrito em US 3.409.479 A, estes dois componentes do ligante de poliuretano são provocados para reagir passando uma amina terciária de fase gasosa pela mistura do material de molde de base e um agente ligante após o processo de modelagem. A reação de cura do ligante de poliuretano é uma reação de poliadição, isto é, uma reação que não resulta na cisão de subprodutos, tais como água. Outras vantagens deste processo de caixa fria incluem boa produtividade, precisão dimensional de moldes de fundição e boas propriedades técnicas, tais como a força do molde de fundição e o tempo de processamento da mistura de material de moldagem de base e do ligante.

[008] Os métodos orgânicos de cura quente incluem o processo de caixa quente, que é baseado em resinas fenólicas ou de furano, o processo de caixa aquecida, que é baseado em resinas de furano, e o processo de Croning, que é baseado em resinas novolaca de fenol. Tanto no processo de caixa quente quanto no de caixa aquecida, as resinas líquidas são convertidas numa mistura de material de moldagem com um agente de cura latente que é apenas

ativado em temperaturas elevadas. No processo de Croning, os materiais de moldagem de base tais como sílica, areias de minério de cromo, areias de zircônio e similares são revestidos a uma temperatura de aproximadamente 100 a 160 °C em uma resina novolaca de fenol que é líquida a essas temperaturas. É adicionada hexametenetetramina como reagente para o estágio de cura subsequente. Nas tecnologias de cura quente indicadas acima, moldagem e cura ocorrem em ferramentas aquecíveis, que são aquecidas a temperaturas tão altas quanto 300°C.

[009] Independentemente do mecanismo de cura, uma característica comum de todos os sistemas orgânicos é que eles estão sujeitos a decomposição térmica quando o metal fundido é derramado na forma de fundição e podem liberar poluentes, tais como benzeno, tolueno, xilenos, fenol, formaldeído e produtos de craqueamento, alguns dos quais não são identificados. Embora tenha sido possível minimizar estas emissões segundo vários métodos, eles não podem ser eliminados completamente, quando são usados agentes ligantes orgânicos. Mesmo com os sistemas inorgânicos/orgânicos híbridos que, assim como os ligantes usados no processo resol-CO₂, por exemplo, contêm uma proporção de compostos inorgânicos, estas emissões indesejáveis ainda ocorrem quando os metais são fundidos.

[0010] A fim de evitar a emissão de produtos de decomposição durante a operação de fundição, é necessário usar ligantes que são baseados em materiais inorgânicos ou que contêm não mais do que uma proporção muito baixa de compostos orgânicos. Esses sistemas ligantes têm sido conhecidos por um tempo considerável.

[0011] Um primeiro grupo de ligantes inorgânicos é baseado no uso de vidro de água. Nestes ligantes, o vidro de água constitui o componente ligante essencial. O vidro de água é misturado com um material de moldagem de base, areia, por exemplo, para formar uma mistura de material de

moldagem e esta mistura de material de moldagem é moldada em um molde. Após a mistura de material de moldagem ter sido moldada, o vidro de água é curado para dar ao molde a força mecânica desejada. Neste contexto, três processos básicos têm sido desenvolvidos.

[0012] De acordo com um primeiro processo, é extraída água a partir do vidro de água por aquecimento do molde produzido a partir da mistura de material de moldagem após ela ter sido moldada. Isto aumenta a viscosidade do vidro de água e é formado um filme vítreo duro na superfície dos grãos de areia, garantindo ligação estável dos grãos. Este processo é também referido como processo de "cura quente".

[0013] De acordo com um segundo processo, é passado dióxido de carbono pelo molde após ele ter sido moldado. O dióxido de carbono faz que os íons de sódio no vidro de água precipitem como carbonato de sódio, que endurece o molde diretamente. O dióxido de silício fortemente hidratado pode sofrer ligação cruzada mais além em uma etapa de pós-cura. Esse processo é também referido como o processo de "cura por gás".

[0014] Finalmente, de acordo com um terceiro processo, pode ser adicionado um éster ao vidro de água como um agente de cura. Ésteres apropriados são, por exemplo, acetatos de álcoois polivalentes, carbonatos, tais como carbonato de propileno ou butileno, ou lactonas, tais como butirolactona. No ambiente alcalino do vidro de água, os ésteres são hidrolisados, liberando o ácido correspondente e fazendo o vidro de água virar gel. Esse processo é também referido como processo de "autocura".

[0015] Da mesma forma, foram desenvolvidos sistemas ligantes que são curáveis introduzindo-se gases. Um sistema deste tipo é descrito, por exemplo, em GB 782 205, no qual um vidro de água alcalina que pode ser curado pela introdução de CO_2 é usado como ligante. Uma massa de alimentação exotérmica contendo um silicato alcalino como o ligante é descrita em DE 199 25 167.

[0016] O uso de vidro de água como ligante na produção de moldes e núcleos para fundição de metal é descrito em DE 10 2004 057 669 B3. Um ou mais sais de metal deficientemente solúveis são adicionados à vidro de água, em que estes sais de metal devem ser tão deficientemente solúveis que eles não reagem com o vidro de água em nenhum grau significativo à temperatura ambiente. Os sais de metal deficientemente solúveis podem também ter solubilidade deficiente por eles próprios. Entretanto, é também possível proporcionar estes sais de metal com um revestimento, de modo a obter a solubilidade deficiente desejada. Nos exemplos, fluoreto de cálcio, uma mistura de fluoreto de alumínio e hidróxido de alumínio, também uma mistura de hidróxido de magnésio e hidróxido de alumínio são usadas como sais de metal deficientemente solúveis. Podem também ser adicionados agentes de ligação cruzada ou tensoativos para melhorar a fluidez da mistura de material de moldagem que é produzido de areia e do composto ligante.

[0017] Também têm sido desenvolvidos sistemas ligantes que são auto-curantes em temperatura ambiente. Um desses sistemas, baseado em ácido fosfórico e óxidos de metal, é descrito, por exemplo, em US 5.582.232.

[0018] Um composto ligante que é apropriado para produção de misturas de material de molde para moldes de fundição e núcleos é descrito em WO 97/049646. Este composto ligante contém um silicato, um fosfato e um catalisador selecionado a partir do grupo que consiste em carbonatos alifáticos, carbonatos de alquilenos cíclicos, ácidos carboxílicos alifáticos, ésteres de ácido carboxílico cíclico, ésteres de fosfato e misturas dos mesmos. Um polifosfato tendo uma unidade iônica com fórmula $((\text{PO}_3)_n\text{O})$, em que n corresponde ao comprimento médio de cadeia e é um número entre 3 e 45, é usado como fosfato. A razão silicato:fosfato em relação aos componentes sólidos pode ser selecionada na faixa entre 97,5:2:5 e 40:60. Um material tensoativo pode também ser adicionado ao composto.

[0019] Outro sistema ligante, baseado em uma combinação de vidro

de água e um vidro de fosfato inorgânico amorfo solúvel em água, é descrito em US 6.139.619. A razão molar entre o SiO_2 e M_2O no vidro de água é entre 0,6 e 2,0, em que M é selecionado a partir do grupo de sódio, potássio, lítio e amônio. De acordo com uma modalidade, o sistema ligante pode também incluir um material tensoativo.

[0020] Finalmente, sistemas ligantes inorgânicos que são curados à temperaturas elevadas, por exemplo, em uma ferramenta quente, são também conhecidos. Esses sistemas ligantes de cura quente são conhecidos, por exemplo, a partir de US 5.474.606, em que é descrito um sistema ligante que consiste em vidro de água alcalina e silicato de alumínio.

[0021] Entretanto, ligantes inorgânicos são também associados com certas desvantagens em comparação com ligantes orgânicos. Por exemplo, os moldes de fundição que são produzidos usando vidro de água como ligante têm força relativamente baixa. Isso leva a problemas, particularmente quando os moldes de fundição são removidos da ferramenta, porque eles podem quebrar. No entanto, forças boas neste ponto temporal são particularmente importantes para a produção de corpos moldados com paredes finas, complicados e para o seu manuseio de forma segura. As razões para as forças baixas é, primeiro e principalmente, que os moldes de fundição ainda contêm água residual do ligante. Os tempos de residência mais longos na ferramenta fechada quente ajudam apenas de forma limitada, já que o vapor de água não pode escapar em um nível suficiente. Para alcançar secagem muito completa dos moldes de fundição, WO 98/06522 propõe deixar a mistura de moldagem após a desmoldagem em uma caixa de núcleo aquecida apenas até que seja formada uma casca que suporte carga e dimensionalmente estável ao redor da parte externa. Após a abertura da caixa de núcleo, o molde é tirado e subsequentemente completamente seco sob a ação de micro-ondas. Entretanto, a secagem adicional é complicada, aumenta o tempo de produção dos moldes de fundição e contribui consideravelmente, pelo menos não por

causa dos custos de energia, para fazer o processo de produção mais caro.

[0022] A fim de garantir fluidez de um material de moldagem de base refratário baseado em um ligante de vidro de água, é necessário usar quantidades relativamente grandes de vidro de água. Entretanto, isso limita as propriedades refratárias do molde de fundição e resulta em comportamento de separação deficiente após a operação de fundição. Consequentemente, apenas uma pequena fração da areia de moldagem usada pode ser retornada ao processo para produção subsequente de moldes de fundição.

[0023] Em DE 20 09 107 A, é descrito um processo para a produção de moldes de fundição do material particulado e/ ou fibroso com silicato de sódio ou silicato de potássio como o ligante, em que é adicionado um material tensoativo, preferencialmente um tensoativo, óleo de silício ou uma emulsão de silício.

[0024] Um composto ligante para ligar areia, por exemplo, é descrito em WO 95/15229. Esse composto ligante pode ser usado para produção de núcleos e moldes. O composto ligante inclui uma mistura de uma solução aquosa de um silicato de metal alcalino, em outras palavras, vidro de água com um composto tensoativo solúvel em água. O uso deste composto ligante resulta em fluidez melhorada da mistura de material de molde.

[0025] A EP 1 095 719 A2 descreve um sistema ligante baseado em vidro de água. O sistema de ligante compreende vidro de água e uma base higroscópica, também uma solução de emulsão contendo de 8 a 10% de óleo de silício em relação à quantidade de ligante, tendo o óleo de silício um ponto de ebulição de 250 °C. A emulsão de silício é adicionada, a fim de controlar as propriedades higroscópicas e melhorar a fluidez da mistura de material de molde.

[0026] A US 5.711.792 descreve um composto ligante para a produção de moldes de fundição, que inclui um ligante inorgânico que consiste numa solução aquosa contendo cadeias de polifosfato e/ou íons de

borato e um composto tensoativo solúvel em água. A fluidez da mistura de material de molde é aumentada pela adição do composto tensoativo solúvel em água.

[0027] Outro ponto de fraqueza dos ligantes inorgânicos conhecido até agora é que os moldes de fundição produzidos com os mesmos têm uma estabilidade baixa relativamente à umidade atmosférica alta. Não é possível, assim, o armazenamento com segurança dos corpos moldados por um período relativamente longo de tempo, como é costume no caso de ligantes orgânicos.

[0028] Os moldes de fundição que são produzidos usando vidro de água como o ligante frequentemente decompõem-se deficientemente após a fundição do metal. Em particular, quando o vidro de água foi curado por tratamento com dióxido de carbono, o ligante pode vitrificar devido ao efeito do metal quente, com o resultado que a forma de fundição se torna muito dura e é muito difícil de separar da parte de fundição. Tentativas têm, assim, sido feitas para adicionar componentes orgânicos à mistura de material de molde que são queimados pelo calor do metal, formando, desse modo, poros que ajudam a desmembrar o molde de fundição após a fundição.

[0029] Misturas de areia para núcleos e moldes contendo silicato de sódio como o ligante são descritas em DE 2 059 538. A fim de melhorar a decomposição do molde de fundição após o metal ter sido fundido, é adicionado xarope de glicose à mistura. Tendo sido moldada na forma de um molde de fundição, a mistura de areia de molde é curada passando-se gás dióxido de carbono por ela. A mistura de areia de moldagem contém de 1 a 3% por peso de xarope de glicose, de 2 a 7% por peso de um silicato alcalino e uma quantidade suficiente de um núcleo ou areia de molde. Nos exemplos, foi descoberto que as propriedades de decomposição de moldes e núcleos contendo xarope de glicose são muito superiores às daquelas de moldes e núcleos que contêm sacarose ou dextrose pura.

[0030] WO 2006/024540 A2 inclui uma descrição de uma mistura de

material de molde para produção de moldes de fundição para metalurgia que inclui pelo menos um material de moldagem de base refratária e um ligante baseado em vidro de água. Uma proporção de um óxido de metal particulado selecionado a partir do grupo que consiste em dióxido de silício, óxido de alumínio, óxido de titânio e óxido de zinco, é adicionada ao ligante. Precipitados de ácido silícico ou ácido silícico pirogênico são particularmente preferíveis para uso como o óxido de metal particulado. O óxido de metal particulado, particularmente dióxido de silício, leva à desintegração do molde de fundição muito facilmente após o metal ser fundido e, correspondentemente, menos esforço é exigido para remover o molde de fundição.

[0031] No entanto, a adição do óxido de metal particulado à mistura de material de molde piora a fluidez da mistura, deixando difícil o preenchimento da matriz uniformemente e, assim, também alcançar compactação uniforme no molde de fundição, quando o molde de fundição é produzido. Na pior das hipóteses, isso pode ainda dar origem a áreas no molde de fundição, onde a mistura de material de moldagem não está compactada de nenhum modo. Estas zonas imperfeitas são transferidas para o item fundido, que se torna inutilizável. A compactação desigual da mistura de material de moldagem também faz o molde de fundição ficar frágil. Como resultado, é mais difícil automatizar o processo de fundição, porque os moldes de fundição são mais propensos a danos enquanto estão sendo transportados. Consequentemente, uma proporção de um lubrificante na forma de placa, tal como grafite, mica ou talco, é preferencialmente adicionada ao material de moldagem de base refratário, de tal maneira que a fricção entre grãos de areia individuais é reduzida e podem também ser produzidos moldes de fundição mais complexos sem maiores dificuldades sérias.

[0032] Entretanto, como geometrias de núcleo se tornam mais e mais complexas, a fluidez da mistura de material de molde está também sujeita a

exigências cada vez mais rigorosas. Visto que estes problemas têm sido resolvidos pelo uso de ligantes orgânicos no passado, desde a introdução com sucesso de agentes ligantes inorgânicos em produção em larga escala, fundições estão também expressando o desejo de que também sejam disponibilizados ligantes inorgânicos e misturas de material de moldagem refratário para moldes de fundição extremamente complexos. Ao mesmo tempo, deve ser garantido que núcleos com tais geometrias complexas possam também ser industrialmente produzidos em massa. Em outras palavras, deve ser possível produzir os núcleos de forma confiável em ciclos de processo pequenos e os núcleos devem ser suficientemente fortes em todas as fases da produção, de tal maneira que possam ser fabricados em processos de produção automatizados sem sofrer danos, particularmente nas áreas de parede fina do núcleo. A força dos núcleos deve ser garantida durante todas as etapas do processo de produção, ainda que as propriedades da areia de moldagem variem. Nova areia nem sempre é usada para a fabricação de núcleos. Ao contrário, a areia de molde é recondicionada após uma fundição e o material regenerado é usado novamente para produção moldes e núcleos. Quando a areia de molde é regenerada, a maior parte do ligante permanecendo na superfície dos grãos de areia é tirada de novo. Isso pode ser conduzido mecanicamente, por exemplo, sacudindo-se a areia, tal que os grãos se esfregam uns contra os outros. A areia é, então, desempoeirada e reutilizada. No entanto, normalmente não é possível remover a camada de ligante completamente. Ademais, os grãos de areia podem ser danificados pelo processo mecânico, assim, em última instância, deve ser feito um compromisso entre a exigência de remover o máximo de ligante possível e a exigência de não danificar os grãos de areia. Consequentemente, não é normalmente possível restaurar as propriedades de nova areia quando se regenera a areia de molde para reutilização. Mais frequentemente, a areia regenerada tem uma superfície mais áspera do que a areia nova. Isto não

apenas tem implicações para produção, como também afeta as propriedades de fluxo de uma mistura de material de molde que é produzida a partir de areia regenerada.

[0033] O objetivo subadjacente à invenção era, portanto, proporcionar uma mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, que incluía pelo menos um material de moldagem de base refratário e um ligante baseado em vidro de água, em que a mistura de material de molde contém uma proporção de um óxido de metal particulado selecionado a partir do grupo que consiste em dióxido de silício, óxido de alumínio, óxido de titânio e óxido de zinco, que possibilita a produção de moldes de fundição com geometria altamente complexa e possivelmente também incluindo seções de parede fina, por exemplo.

[0034] Este objetivo é resolvido com uma mistura de material de molde tendo as características da Reivindicação 1. Modalidades vantajosas da mistura de material de molde, de acordo com a invenção, são descritas nas Reivindicações dependentes.

[0035] A fluidez da mistura de material de molde pode ser significativamente melhorada pela adição de pelo menos uma substância tensoativa. É obtida uma densidade consideravelmente alta, quando se produz moldes de fundição, isto é, as partículas do material de moldagem de base refratário são comprimidas de forma consideravelmente mais densa. Isto, por sua vez, aumenta a estabilidade do molde de fundição e pontos fracos que diminui a qualidade do perfil da fundição podem ser reduzidos substancialmente, mesmo em seções geometricamente exigentes do molde de fundição. Outra vantagem de usar a mistura de material de molde, de acordo com a invenção, para a produção de moldes de fundição consiste em que o estresse mecânico nas ferramentas de moldagem é reduzido substancialmente. O efeito abrasivo da areia nas ferramentas é minimizado, reduzindo, portanto, o esforço de manutenção. Devido à maior fluidez da mistura de material de

molde, as pressões de injeção em máquinas de sopro no núcleo podem também ser reduzidas sem a necessidade de sacrificar a qualidade de compactação do núcleo.

[0036] Surpreendentemente, a estabilidade de calor do núcleo foi também melhorada pela adição de material tensoativo. Após um núcleo ter sido fabricado, ele pode ser desmoldado rapidamente, permitindo, assim, ciclos de produção curtos. Isso é também possível para núcleos que incluem seções de parede fina, isto é, núcleos que são sensíveis a estresse mecânico.

[0037] O material de mistura de material de molde, de acordo com a invenção, é preferencialmente curado após a moldagem por extração da água e iniciação de uma reação de policondensação. Surpreendentemente, o material tensoativo não afeta negativamente a estabilidade ao calor de um molde que foi produzido da mistura de material de molde, embora fosse esperado que o material tensoativo interferisse com a estrutura de formação no filme vítreo e, assim, prejudicasse um pouco a estabilidade térmica do molde.

[0038] A mistura de material de molde da invenção para produção de moldes de fundição para metalurgia compreende pelo menos:

- um material de moldagem de base refratário;
- um ligante baseado em vidro de água;
- uma proporção de um óxido de metal particulado, selecionado a partir do grupo que consiste em dióxido de silício, óxido de alumínio, óxido de titânio e óxido de zinco;

de acordo com a invenção, uma proporção de pelo menos um material tensoativo é adicionado à mistura de material de molde.

[0039] Como material de moldagem de base refratário, é possível usar materiais usuais para produção de moldes de fundição. Materiais apropriados são, por exemplo, areia de sílica ou areia de zircão. Materiais de moldagem de base refratária fibrosos, tais como fibras de chamote, são também apropriadas.

Outros materiais de moldagem de base refratários apropriados são, por exemplo, olivina, areia de minério de cromo, vermiculite.

[0040] Outros materiais, que podem ser usados como materiais de moldagem de base refratários, são materiais de moldagem sintéticos, tais como esferas de silicato de alumínio ocas (conhecidas como microesferas), contas de vidro, grânulos de vidro ou materiais de moldagem de base de cerâmica esféricos conhecidos sob a marca comercial de "Cerabeads®" ou "Carboaccucast®". Estes materiais de moldagem de base de cerâmica esféricos contêm, por exemplo, mulita, α -alumina, β -cristobalita, em várias proporções como minerais. Eles contêm óxido de alumínio e dióxido de silício como componentes significativos. Composições típicas contêm, por exemplo, Al_2O_3 e SiO_2 em aproximadamente proporções iguais. Além disso, outros constituintes podem também estar presentes em proporções de $<10\%$, tais como TiO_2 , Fe_2O_3 . O diâmetro das microesferas é preferencialmente menos do que $1.000\ \mu\text{m}$, particularmente menos do que $600\ \mu\text{m}$. São também apropriados materiais de moldagem de base refratária sinteticamente produzidos, tais como mulita ($x\ \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\ \text{SiO}_2$, onde $x=2$ a 3 , $y=1$ a 2 ; fórmula ideal: Al_2SiO_5). Estes materiais de moldagem de base refratários sintéticos não são derivados de uma fonte natural e podem também ter sido sujeitos a um processo de moldagem especial, como, por exemplo, na produção de microesferas de silicato de alumínio ocas, contas de vidro ou materiais de moldagem de base de cerâmica esféricos.

[0041] De acordo com uma modalidade, são usados materiais de vidro como materiais de moldagem de base refratários. Estes são, em particular, usados tanto na forma de esferas de vidro ou como grânulos de vidro. Como vidro, é possível usar vidros convencionais, preferencialmente vidros tendo um, que tem um ponto de fusão alto. É possível usar, por exemplo, contas de vidro e/ou grânulos de vidro produzidos de vidro moído. Vidros de borato são da mesma forma apropriados. A composição de tais vidros é indicada, a título

de exemplo, na seguinte tabela.

Tabela: Composição de vidros

Constituinte	Vidro moído	Vidro de borato
SiO ₂	50 - 80%	50 - 80%
Al ₂ O ₃	0 - 15%	0 - 15%
Fe ₂ O ₃	< 2%	< 2%
M ^{II} O	0 - 25%	0 - 25%
M ^I ₂ O	5 - 25%	1 - 10%
B ₂ O ₃		< 15%
Outros	< 10%	< 10%

MH : Metal alcalino terroso, por exemplo, Mg, Ca, Ba

MI : Metal alcalino, por exemplo, Na, K

[0042] No entanto, além dos vidros dados na tabela, é também possível usar outros vidros cujos teores dos compostos acima mencionados estão fora das faixas fornecidas. Do mesmo modo, é também possível usar vidros de especialidade, que contêm outros elementos ou óxidos dos mesmos além dos óxidos mencionados.

[0043] O diâmetro das esferas de vidro é preferencialmente de 1 até 1.000 µm, particularmente de 5 até 500 µm e especialmente de 10 até 400 µm.

[0044] Em experimentos de fundição usando alumínio, foi constatado que, quando são usados materiais de moldagem de base sintéticos, especialmente contas de vidros, grânulos ou microesferas de vidro, menos areia de molde permanece aderente à superfície de metal após a fundição do que quando é usada areia de sílica pura. O uso de materiais de moldagem de base sintéticos, portanto, torna possível produzir superfícies de fundição mais lisas, nas quais o pós-trabalho complicado por jateamento é necessário em um grau significativamente reduzido, se absolutamente for o caso.

[0045] Não é necessário que todo o material de moldagem de base seja feito dos materiais de moldagem de base sintéticos. A proporção preferida de materiais de moldagem de base sintéticos é de pelo menos cerca de 3% por peso, particularmente pelo menos 5% por peso, especialmente pelo menos 10% por peso, preferencialmente pelo menos cerca de 15% por peso,

particularmente de preferência pelo menos cerca de 20% por peso, em relação à quantidade total de material de moldagem de base. O material de moldagem de base refratário é preferencialmente capaz de fluxo na forma de pó, tal que a mistura de material de moldagem, de acordo com a invenção, pode ser processado em máquinas de injeção de núcleo convencionais.

[0046] Como outro componente, a mistura de material de moldagem da invenção compreende um ligante baseado em vidro de água. Na qualidade de vidro de água, é possível usar águas de vidro convencionais, tais como já foram utilizadas como ligantes em misturas de material de moldagem. Estas águas de vidro compreendem silicatos de sódio ou potássio dissolvidos e podem ser preparadas dissolvendo-se silicatos de potássio e de sódio vítreos em água. O vidro de água preferencialmente tem uma razão de $\text{SiO}_2 / \text{M}_2\text{O}$ na faixa de 1,6 a 4,0, particularmente de 2,0 a 3,5, onde M representa sódio e/ou potássio. As águas de vidro preferencialmente têm um teor de sólido na faixa de 30 a 60% por peso. O teor de sólidos é em relação à quantidade de SiO_2 e M_2O presente no vidro de água. O ligante baseado em vidro de água pode conter outros componentes além de vidro de água, que tem um efeito ligante. No entanto, é preferido usar vidro de água pura como o ligante. O teor de sólidos de vidro de água consiste preferencialmente em mais do que 80% por peso, com maior preferência pelo menos 90% por peso, particularmente de preferência pelo menos 95% por peso e, de acordo com uma outra modalidade, pelo menos 98% por peso de silicatos alcalinos. Se o ligante contém fosfatos, a proporção dos mesmos, calculado como P_2O_5 e em relação ao teor de sólidos do vidro de água é preferencialmente menos do que 10% por peso, com maior preferência menos do que 5% por peso e, de acordo com outra modalidade, menos do que 2% por peso. De acordo com uma realização, o ligante não contém fosfato.

[0047] A mistura de material de molde também contém uma proporção de um óxido de metal particulado selecionado a partir do grupo que

consiste em dióxido de silício, óxido de alumínio, óxido de titânio e óxido de zinco. O tamanho de partícula primária médio do óxido de metal particular pode estar preferencialmente entre 0,10 μm e 1 μm . No entanto, devido à aglomeração das partículas primárias, o tamanho de partícula dos óxidos de metal é preferencialmente menos do que 300 μm , particularmente menos do que 200 μm , especialmente menos do que 100 μm . De acordo com uma modalidade, o tamanho de partícula é mais do que 5 μm , de acordo com outra modalidade, é mais do que 10 μm , de acordo com outra modalidade, mais do que 15 μm . O tamanho de partícula médio é preferencialmente na faixa de 5 a 90 μm , particularmente de preferência de 10 a 80 μm e especialmente de preferência na faixa de 15 a 50 μm . O tamanho de partícula pode ser determinado, por exemplo, por análise granulométrica. É particularmente preferível se o resíduo em uma peneira tendo um tamanho de malha de 63 μm é menos do que 10% por peso, preferencialmente menos do que 8% por peso.

[0048] É particularmente preferível se dióxido de silício é usado como o óxido de metal particulado e, neste caso, dióxido de silício amorfo sinteticamente fabricado é particularmente preferível.

[0049] Dióxido de silício particulado não pode ser equiparado com o material de moldagem de base refratário. Por exemplo, se for usada areia de sílica como o material de moldagem de base refratário, a areia de sílica não pode também executar a função do dióxido de silício particulado. A areia de sílica tem uma reflexão muito bem definida em um padrão de difração de raio X, ao passo que dióxido de silício amorfo tem uma baixa cristalinidade e, conseqüentemente, tem uma reflexão consideravelmente maior.

[0050] Precipitados de ácido silícico ou ácido silícico pirogênico são preferencialmente usados como o dióxido de silício particulado. Estes ácidos silícicos podem também, desse modo, ser usados em uma mistura. Precipitados de ácido silícico são obtidos reagindo-se uma solução aquosa de silicato alcalino com ácidos minerais. O precipitado obtido é

subsequentemente separado, seco e moído. O termo sílicas pirogênicas se refere a sílicas que são obtidas por coagulação a partir da fase gasosa em altas temperaturas. A sílica pirogênica pode ser produzida, por exemplo, por hidrólise a chama de tetracloreto de silício ou em um forno a arco voltaico pela redução de areia de sílica por meio de coque ou antracita para formar gás monóxido de silício, seguido pela oxidação para dióxido de silício. As sílicas pirogênicas produzidas pelo processo de forno a arco voltaico podem ainda conter carbono. A sílica precipitada e a sílica pirogênica são igualmente apropriadas para a mistura de moldagem da invenção. Estas sílicas irão doravante ser referidas como "dióxido de silício amorfo sintético".

[0051] O ácido silícico pirogênico é caracterizado por uma área de superfície específica muito grande. O dióxido de silício particulado tem, assim, preferencialmente, uma área de superfície específica de mais do que 10 m²/g, de acordo com outra modalidade mais do que 15 m²/g. De acordo com outra modalidade, de acordo com uma modalidade, o dióxido de silício particulado tem uma área de superfície específica de menos do que 40 m²/g, de acordo com uma outra modalidade, menos do que 30 m²/g. A área de superfície específica pode ser determinada por absorção de nitrogênio, de acordo com DIN 66131.

[0052] De acordo com uma modalidade, o dióxido de silício particulado descompactado amorfo tem uma densidade de massa de mais do que 100 m³/kg, de acordo com outra modalidade, mais do que 150 m³/kg. De acordo com uma modalidade, o dióxido de silício particulado descompactado amorfo tem uma densidade de massa de menos do que 500 m²/g, de acordo com outra modalidade, uma densidade de massa de menos do que 400 m²/g.

[0053] Os inventores presumem que o vidro de água fortemente alcalina seja capaz de reagir com os grupos silanóis presentes na superfície do dióxido de silício amorfo sintético e que a evaporação de água resulte na formação de uma ligação forte entre o dióxido de silício e o então sólido vidro

de água.

[0054] Outro componente essencial da mistura de material de molde, de acordo com a invenção, é uma substância tensoativa. Para os fins da invenção, uma substância tensoativa é uma substância que é capaz de formar uma camada monomolecular em uma superfície aquosa, isto é, é capaz de formar uma membrana, por exemplo. Adicionalmente, uma substância tensoativa reduz a tensão de superfície da água. Substâncias tensoativas apropriadas são, por exemplo, óleos de silício.

[0055] A substância tensoativa (ativa na superfície) é particularmente de preferência um tensoativo. Tensoativos incluem uma parte hidrofílica e uma parte hidrofóbica, cujas propriedades são equilibradas, de tal modo que, numa fase aquosa, os tensoativos formam micelas, por exemplo, ou são capazes de acumular na interface.

[0056] Em princípio, todas as classes de tensoativos podem ser usadas na mistura de material de molde, de acordo com a invenção. Além de tensoativos aniônicos, tensoativos não iônicos, catiônicos e anfotéricos são também apropriados. Para fins exemplificativos, tensoativos não iônicos incluem, por exemplo, incluem álcoois, aminas ou ácidos de cadeia longa etoxilados ou propoxilados, tais como etoxilatos de álcool graxo, etoxilatos de alquilfenol, etoxilatos de amina graxa, etoxilatos de ácido graxo, os propoxilatos correspondentes, ou também tensoativos de açúcar, por exemplo, poliglicosídeos baseados em álcool graxo. Os álcoois graxos preferencialmente incluem de 8 a 20 átomos de carbono. Tensoativos catiônicos apropriados são compostos de alquil amônio e compostos de imidazolínio.

[0057] O uso de tensoativos aniônicos é preferível para a mistura de material de molde, de acordo com a invenção. O tensoativo aniônico preferencialmente contém um grupo sulfato, sulfonato, fosfato ou carboxilato como o grupo hidrofílico polar, em que os grupos sulfato e fosfato são

particularmente preferidos. Se forem usados tensoativos aniônicos contendo grupos sulfato, é dada preferência particular ao uso de monoésteres de ácido sulfúricos. Se forem usados grupos fosfatos como grupo tensoativo aniônico polar, os monoésteres ou diésteres de ácido ortofosfórico são particularmente preferidos.

[0058] A propriedade comum de todos os tensoativos usados na mistura de material de molde, conforme a invenção é que a porção hidrofóbica não polar é preferencialmente constituída por grupos alquil, aril e/ou aralquil, preferencialmente tendo mais do que 6 átomos de carbono, particularmente de preferência tendo de 8 a 20 átomos de carbono. A porção hidrofóbica pode ter tanto cadeias lineares quanto estruturas ramificadas. Misturas de vários tensoativos podem também ser usadas.

[0059] Tensoativos aniônicos particularmente preferidos são selecionados a partir do grupo que consiste em sulfato de oleila, sulfato de estearila, sulfato de palmitila, sulfato de miristila, sulfato de laurila, sulfato de decila, sulfato de octila, sulfato de 2-etilhexila, sulfato de 2-etiloctila, sulfato de 2-etildecila, sulfato de palmitoleila, sulfato de linolila, sulfonato de laurila, sulfonato de 2-etildecila, sulfonato de palmitila, sulfonato de estearila, sulfonato de 2-etilestearila, sulfonato de linolila, fosfato de hexila, fosfato de 2-etilhexila, fosfato de caprila, fosfato de laurila, fosfato de miristila, fosfato de palmitila, fosfato de palmitoleila, fosfato de oleila, fosfato de estearila, hidroxifosfato de poli-(1,2-etanodiila-)-fenol, fosfato de poli-(1,2-etanodiila-)-estearila e fosfato de poli-(1,2-etanodiila-)-oleila.

[0060] Na mistura de material de molde, conforme a invenção, a substância tensoativa pura é preferencialmente contida em uma razão de 0,001 a 1% por peso, particularmente 0,01 a 0,5% por peso em relação ao peso do material de moldagem de base refratário. Tais substâncias tensoativas estão amplamente comercialmente disponíveis em soluções de 20% a 80%. Neste caso, as soluções aquosas das substâncias tensoativas são preferidas.

[0061] Em princípio, a substância tensoativa pode ser adicionada à mistura de material de molde na forma dissolvida, no ligante, por exemplo, como um componente separado, ou também por meio de um componente de fase sólida. A substância tensoativa é particularmente de preferência dissolvida no ligante.

[0062] De acordo com uma modalidade preferida, pelo menos uma parte do material de moldagem de base refratária compreende um material de moldagem de base refratário regenerado. Neste contexto, um material de moldagem de base refratário regenerado é entendido como sendo um material de moldagem de base refratário que já foi utilizado para produzir molde de fundição pelo menos uma vez e foi recondicionado mais tarde, de tal maneira que pode ser retornado para o processo de produção de moldes de fundição.

[0063] A fluidez melhorada observada para a mistura de material de molde, conforme a invenção, é particularmente importante, se a mistura de material de molde contiver alguma fração de um material de moldagem de base refratário regenerado, de uma areia de sílica, por exemplo, ao invés de um material de moldagem de base refratário puro, por exemplo, uma areia de sílica pura. Independentemente, do tipo de regeneração aplicada, materiais de moldagem de base refratários regenerados ainda incluem resíduos de ligante, que são muito difíceis de serem removidos completamente da superfície do grão. Estes resíduos emprestam ao material regenerado um "caráter amorfo" e inibem a fluidez da mistura de material de molde. Em consequência,, frequentemente não é possível produzir moldes complicados na prática, exceto com areia nova. Entretanto, a fluidez da mistura de material de molde, de acordo com a invenção, é boa o suficiente para permitir a produção de núcleos tendo geometria muito complicada, mesmo quando a mistura de material de molde é constituída em parte de material de moldagem de base refratário regenerado. Surpreendentemente, foi constatado neste contexto, que os moldes produzidos usando material de moldagem de base refratário

regenerado também têm boa força estrutural, particularmente resistência a quente. Esta força é consideravelmente maior do que para moldes que foram produzidos usando uma mistura de material de molde contendo vidro de água como o ligante, além do material de moldagem de base refratário e um dióxido de silício amorfo finamente particulado, mas não um material tensoativo, particularmente não um tensoativo.

[0064] Em geral, todos os materiais de moldagem de base refratários podem ser sujeitos a regeneração, por exemplo, todos os materiais de moldagem de base refratários listados acima. Em princípio, não há também limitações no ligante com o qual o material de moldagem de base refratário é contaminado antes da regeneração. Tanto ligantes orgânicos quanto inorgânicos podem ter sido utilizados no uso precedente do material de moldagem de base refratário. Desse modo, misturas de vários materiais de moldagem de base refratários usados podem ter sido usadas para a regeneração tão bem como tipos puros de materiais de moldagem de base refratários. Os materiais de moldagem de base refratários regenerados usados são preferencialmente materiais que foram produzidos de um único tipo de material de moldagem de base refratário usado, em que materiais de moldagem de base refratários usados ainda incluem resíduos de um ligante preferencialmente inorgânico, particularmente de preferência um ligante preparado de uma base de vidro de água.

[0065] Em princípio, podem ser implementados quaisquer processos para a regeneração do material de moldagem de base refratário. Por exemplo, o material de moldagem de base refratário usado pode ser regenerado mecanicamente, caso em que os resíduos de ligantes ou produtos de decomposição que permanecem no material de moldagem de base refratário usado após a fundição são removidos por fricção. Para isto, a areia pode ser sacudida violentamente, por exemplo, tal que os grãos de areia colidem com aqueles em torno deles e os resíduos de ligante são quebrados pelo impacto.

Os resíduos de ligante podem então ser separados do material de moldagem de base refratário regenerado por peneiramento e desempoeiramento. Se necessário, o material de moldagem de base refratário usado pode também ser pré-tratado termicamente para deixar o filme do ligante nos grãos quebradiço, deixando-o mais fácil para tirá-lo esfregando o grão. Particularmente, se o material de moldagem de base refratário usado ainda contém resíduos de vidro de água como o ligante, a regeneração pode tomar a forma de lavagem do material de moldagem de base refratário usado com água.

[0066] Os materiais de moldagem de base refratários usados podem também ser regenerados por aquecimento. A regeneração deste tipo é comum, por exemplo, quando os materiais de moldagem de base refratários usados estão contaminados com resíduos de ligantes orgânicos. Quando é introduzido ar, estes resíduos de ligante orgânico são queimados. Este processo pode ser precedido de pré-limpeza mecânica, tal que algum resíduo de ligante já foi removido.

[0067] É particularmente preferível material de moldagem de base refratário regenerado obtido de um material de moldagem de base refratário usado contaminado com vidro de água, em que o material de moldagem de base refratário usado foi termicamente regenerado. Em um processo de regeneração deste tipo, é fornecido um material de moldagem de base refratário usado revestido com um ligante baseado em vidro de água. A areia de fundição usada, então, sobre tratamento com calor, no qual o material de moldagem de base refratário usado é aquecido para uma temperatura de pelo menos 200 °C.

[0068] Um método deste tipo é descrito, por exemplo, em WO 2008/101668 A1.

[0069] Em princípio, o material de moldagem de base refratário usado na mistura de material de molde pode incluir qualquer proporção de material de moldagem de base refratário regenerado. O material de moldagem de base

refratário pode consistir inteiramente de material de moldagem de base refratário regenerado. No entanto, é também possível que o material de moldagem de base refratário inclua apenas pequenas proporções do material regenerado. Por exemplo, a proporção de material de moldagem de base refratário regenerado pode estar entre 10 e 90% por peso, de acordo com outra modalidade, entre 20 e 80% por peso em relação ao material de moldagem de base refratário incluído na mistura de material de molde. Entretanto, são também possíveis proporções maiores ou menores.

[0070] De acordo com uma modalidade, pelo menos um carboidrato é adicionado à mistura de material de molde, de acordo com a invenção. Quando carboidratos são adicionados à mistura de material de molde, é possível produzir moldes de fundição baseados em um ligante inorgânico que retém força alta não apenas imediatamente após eles serem produzidos, mas também após o armazenamento por períodos prolongados. Ademais, a fundição de metal resulta em um item fundido tendo uma qualidade de superfície muito boa e é necessário muito pouco pós-processamento na superfície do item fundido após a desmoldagem. Podem ser usados como os carboidratos, oligossacarídeos de maior peso molecular e até polissacarídeos, bem como monossacarídeos ou dissacarídeos. Podem ser usados carboidratos de uma composição única, bem como uma mistura de vários carboidratos. A pureza dos carboidratos usados não está sujeita a exigências excessivamente rigorosas. É suficiente se os carboidratos são fornecidos com uma pureza de mais do que 80% por peso, particularmente mais do que 90% por peso e especialmente mais do que 95% por peso em relação ao seu peso seco em cada caso. Em princípio, as unidades de monossacarídeo dos carboidratos podem estar ligadas de qualquer maneira. Os carboidratos preferencialmente têm uma estrutura linear, por exemplo, uma ligação glicosídica α ou β 1,4. Entretanto, os carboidratos podem também ser parcialmente ou inteiramente ligados em 1,6, tal como, por exemplo, amilopectina, que tem até 6% de

ligações α -1,6.

[0071] Em princípio, mesmo uma quantidade relativamente pequena de carboidrato é capaz de ter um efeito nítido na força dos moldes de fundição antes da fundição e melhora a qualidade da superfície visivelmente. A proporção de carboidrato em relação ao material de moldagem de base refratário é selecionada preferencialmente na faixa de 0,01 a 10% por peso, particularmente 0,02 a 5% por peso, especialmente 0,05 a 2,5% por peso e com maior preferência na faixa de 0,1 a 0,5% por peso. Mesmo pequenas proporções de carboidratos na faixa de cerca de 0,1% por peso têm efeitos significativos.

[0072] De acordo com outra modalidade, o carboidrato pode estar presente na mistura de material de molde em forma não derivada. Carboidratos de tal tipo podem ser obtidos de forma barata a partir de fontes naturais, tais como plantas, por exemplo, de cereais ou batatas. O peso molecular de tais carboidratos de fontes naturais pode ser diminuído, por exemplo, por hidrólise química ou enzimática, a fim de melhorar sua solubilidade em água, por exemplo. Além de carboidratos não derivados, que consistem apenas de carbono, oxigênio e hidrogênio, carboidratos derivados podem também ser usados, nos quais, por exemplo, alguns ou todos os grupos hidróxi são eterificados com grupos alquila, por exemplo. Carboidratos derivados apropriados são, por exemplo, celulose de etila ou carboximetil celulose.

[0073] Em princípio, carboidratos com baixo peso molecular, tais como monossacarídeos e dissacarídeos, podem também ser usados. Exemplos dos mesmos são a glicose ou a sacarose. Entretanto, os efeitos vantajosos são observados particularmente quando são usados oligossacarídeos ou polissacarídeos. Consequentemente, um oligossacarídeo ou polissacarídeo é particularmente preferido como o carboidrato.

[0074] Neste contexto, é preferível que o oligossacarídeo ou

polissacarídeo tenha uma massa molar na faixa de 1.000 a 100.000 g/mol, preferencialmente na faixa de 2.000 a 30.000 g/mol. Um nítido aumento na força do molde de fundição é observado quando o carboidrato tem uma massa molar na faixa de 5.000 a 20.000 g/mol, com o resultado de que o molde de fundição pode ser removido do molde e transportado facilmente durante a produção. O molde de fundição também demonstra força muito boa quando armazenado por períodos extensos, então, não existem problemas associados com o armazenamento dos moldes de fundição mesmo por diversos dias e com a exposição a umidade atmosférica, como é essencial para produção em massa de itens fundidos. A resistência aos efeitos da água, tais como é inevitável quando um revestimento de dimensionamento é aplicado ao molde de fundição, por exemplo, é também muito boa.

[0075] O polissacarídeo preferencialmente consiste de unidades de glicose, que preferencialmente tem ligações glicosídicas α ou β 1,4. Entretanto, é também possível usar compostos de carboidratos contendo outros monossacarídeos, bem como glicose, por exemplo, galactose ou frutose, como o aditivo, de acordo com a invenção. Exemplos de carboidratos apropriados são lactose (dissacarídeo ligado em α ou β 1,4 de galactose e glicose) e sacarose (dissacarídeo de α -glicose e β -frutose).

[0076] O carboidrato é particularmente preferivelmente selecionado a partir do grupo que consiste em celulose, amido e dextrinas, bem como derivados de tais carboidratos. Derivados apropriados são, por exemplo, derivados que são parcialmente ou completamente eterificados com grupos alquila. No entanto, outras derivações podem também ser realizadas, por exemplo, esterificações com ácidos orgânicos ou inorgânicos.

[0077] A estabilidade dos moldes de fundição e da superfície do item fundido pode ser ainda otimizada se carboidratos especiais e neste contexto amidos, dextrinas (produtos da hidrólise de amidos) e derivados dos mesmos são particularmente preferidos, são usados como um aditivo à mistura de

material de molde. Neste contexto, amidos naturalmente ocorrentes, tais como o amido em batatas, milho, arroz, ervilhas, bananas, castanha-da-índia ou trigo se prestam particularmente para uso como amidos. No entanto, é também possível usar amidos modificados, tais como amido pré-gelatinizado, amido *thin-boiling*, amido oxidado, fécula de citrato, acetato de amido, éter de amido, ésteres de amido, ou também fosfatos de amido. Em princípio, não há limitações em relação à escolha de amido. Por exemplo, o amido pode ter uma viscosidade baixa, média ou alta, ele pode ser catiônico ou aniônico, ou solúvel em água fria ou quente. A dextrina, do grupo que consiste em dextrina de batata, dextrina de milho, dextrina amarela, dextrina branca, dextrina de bórax, ciclodextrina e maltodextrina, é particularmente preferida.

[0078] A mistura de material de molde preferencialmente inclui um composto que contém fosfato, particularmente quando moldes de fundição com seções muito finas estão sendo produzidos. Neste contexto, compostos de fósforo tanto orgânicos quanto inorgânicos podem ser usados. A fim de evitar causar quaisquer efeitos colaterais indesejados durante a fundição do metal, é ainda preferido que o fósforo nos compostos contendo fósforo esteja preferencialmente presente no estado de oxidação V. A adição de compostos contendo fósforo pode ainda aumentar a estabilidade do molde de fundição. É particularmente importante quando o metal fundido encontra uma superfície curva durante a fundição, porque a alta pressão metalostática criada pelo mesmo tem um efeito fortemente corrosivo e pode levar a deformações, particularmente de seções de parede fina do molde de fundição.

[0079] Neste contexto, o composto contendo fósforo está preferencialmente presente na forma de um fosfato ou óxido de fósforo. O fosfato pode ser um fosfato de metal alcalino ou alcalino terroso, em que os sais de sódio são particularmente preferidos. Em princípio, podem ser usados íons de fosfatos de amônio ou de fosfatos de outros metais. No entanto, os fosfatos de metal alcalino ou metal alcalino terroso, que são considerados

preferidos, estão facilmente disponíveis e podem ser obtidos de forma barata em qualquer quantidade.

[0080] Se o composto contendo fósforo é adicionado à mistura de material de molde na forma de um óxido de fósforo, o óxido de fósforo é preferencialmente pentóxido de fósforo. No entanto, o trióxido de fósforo e tetróxido de fósforo são também utilizáveis.

[0081] Conforme uma outra modalidade, o composto contendo fósforo pode ser adicionado à mistura de material de molde na forma de sais de ácidos fluorfosfóricos. Neste caso, os sais de ácido monofluorfosfórico são particularmente preferidos. O sal de sódio é especialmente preferido.

[0082] De acordo com uma modalidade preferida, o composto contendo fósforo é adicionado à mistura de material de molde na forma de fosfatos orgânicos. Neste caso, fosfatos de alquila ou arila são preferíveis. Neste contexto, os grupos alquil preferencialmente contém de 1 a 10 átomos de carbono e podem ser de cadeia linear ou ramificada. Os grupos aril preferencialmente incluem de 6 a 18 átomos de carbono, em que os grupos aril podem também ser substituídos por grupos alquil. Compostos de fosfato derivados de carboidratos monoméricos ou poliméricos, tais como glicose, celulose ou amido, são particularmente preferidos. Uso de um componente contendo fósforo como um aditivo tem duas vantagens principais. Primeiramente, a parte de fósforo é capaz de emprestar ao molde de fundição a estabilidade térmica requerida e em segundo lugar, a qualidade da superfície da correspondente parte fundida é melhorada pela parte orgânica.

[0083] Ortofosfatos, bem como polifosfatos, pirofosfatos ou metafosfatos, podem ser usados como fosfatos. Os fosfatos podem ser preparados, por exemplo, por neutralização dos ácidos correspondentes com uma base correspondente, por exemplo, uma base de metal alcalino ou de metal alcalino terroso, tal como NaOH, em que nem todas as cargas negativas do íon de fosfato necessariamente têm que ser saturados com íons de metal.

Fosfatos de hidrogênio de metal e de dihidrogênio de metal podem ser usados, bem como fosfatos de metal, incluindo, por exemplo, Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 e NaH_2PO_4 . Igualmente, tanto fosfatos anidros quanto hidratos de fosfato podem ser usados. Os fosfatos podem ser introduzidos na mistura de material de molde tanto na forma cristalina quanto na forma amorfa.

[0084] Os polifosfatos são particularmente entendidos se referirem a fosfatos lineares tendo mais do que um átomo de fósforo, em que cada um dos átomos de fósforo é ligado por uma ponte de oxigênio. Os polifosfatos são obtidos por desidrocondensação de íons de ortofosfato para fornecer uma cadeia linear de PO_4 tetraedros, cada um do qual é ligado nas arestas. Polifosfatos têm fórmula geral $(\text{O}(\text{PO}_3)_n)^{(n+2)-}$, onde n corresponde ao comprimento de cadeia. Um polifosfato pode consistir de tanto quanto várias centenas de PO_4 tetraedros. Polifosfatos com comprimentos de cadeia mais curtos são preferidos, contudo. É preferível se n representar valores de 2 a 100, particularmente de 5 a 50. É também possível usar fosfatos mais altamente condensados, isto é, fosfatos nos quais os tetraedros PO_4 são ligados uns aos outros em mais do que duas arestas e revelam, assim, polimerização em duas ou três dimensões.

[0085] Os metafosfatos são entendidos como se referindo a estruturas cíclicas que são formadas de tetraedros PO_4 , cada um dos quais é ligado em suas arestas. Os metafosfatos têm fórmula geral $((\text{PO}_3)_n)^{n-}$, em que n é pelo menos 3. Preferencialmente, n representa valores de 3 a 10.

[0086] Tanto fosfatos individuais quanto misturas dos vários fosfatos e/ou óxidos de fósforos podem ser usados.

[0087] A proporção preferida do composto contendo fósforo em relação ao material de moldagem de base refratário é entre 0,05 e 1,0% por peso. Se a proporção é menos do que 0,05% por peso, nenhum efeito significativo na estabilidade dimensional do molde de fundição é observado. Se a proporção do fosfato exceder 1,0% por peso, a estabilidade térmica do

molde de fundição cai bruscamente. A proporção do composto contendo fósforo é preferencialmente selecionada na faixa entre 0,10 e 0,5% por peso. O composto contendo fósforo preferencialmente contém entre 0,5 e 90% por peso de fósforo, calculado como P_2O_5 . Se compostos de fósforo inorgânicos são usados, eles contêm preferencialmente de 40 a 90% por peso e particularmente de 50 a 90% por peso de fósforo, calculado como P_2O_5 . Se compostos de fósforo orgânicos são usados, eles contêm preferencialmente de 0,5 a 30% por peso e particularmente de 1 a 20% por peso de fósforo, calculado como P_2O_5 .

[0088] Em princípio, o composto contendo fósforo pode ser adicionado à mistura de material de molde na forma sólida ou dissolvida. O composto contendo fósforo é preferencialmente adicionado à mistura de material de molde na forma sólida. Se o composto contendo fósforo é adicionado na forma dissolvida, o solvente preferido é água.

[0089] A mistura de moldagem da invenção é uma mistura integral de pelo menos os constituintes mencionados. Neste contexto, as partículas do material de moldagem de base refratário são preferencialmente revestidas com uma camada do ligante. A coesão firme entre as partículas do material de moldagem de base refratário pode, então, ser conseguida por evaporação da água presente no ligante (cerca de 40 a 70% por peso em relação ao peso do ligante).

[0090] O ligante, isto é, o vidro de água e o óxido de metal particulado, em particular, dióxido de silício amorfo sintético e a substância tensoativa, está presente na mistura de material de molde em uma proporção de preferencialmente menos do que 20% por peso, particularmente menos do que 15% por peso. A proporção de ligante, então, se refere ao componente sólido do ligante. Se forem usados materiais de moldagem de base refratários maciços, por exemplo, areia de sílica, o ligante está preferencialmente em uma proporção de menos do que 10% por peso, preferencialmente menos do

que 8% por peso, particularmente de preferência menos do que 5% por peso. Se forem usados materiais de moldagem de base refratários de uma densidade mais baixa, por exemplo, as microesferas ocas acima descritas, a proporção de ligante aumenta de forma correspondente. A fim de garantir a coesão dos grãos no material de moldagem de base refratário, a proporção do ligante é selecionada para ser maior do que 1% por peso, conforme uma modalidade, e maior do que 1,5% por peso, de acordo com outra modalidade.

[0091] A razão de vidro de água para o óxido de metal particulado, em particular dióxido de silício amorfo sintético, pode ser variado dentro de uma ampla faixa. Isso oferece a vantagem de que a força inicial do molde de fundição, isto é, sua força imediatamente após a remoção da ferramenta quente, e a resistência a umidade podem ser melhoradas sem afetar significativamente as forças finais, que são as forças após o resfriamento do molde de fundição, comparado a um ligante de vidro de água sem dióxido de silício amorfo. Isto é particularmente relevante para fundição de metal leve. Por um lado, são desejáveis forças iniciais altas, a fim de que o molde de fundição possa ser transportado ou combinado com outros moldes de fundição sem dificuldades após a produção. Por outro lado, a força final após a cura não deve ser muito alta, a fim de evitar problemas com decomposição do ligante após a fundição, isto é, o material de moldagem de base deve ser capaz de ser removido sem problemas de cavidades no molde de fundição após a fundição.

[0092] O óxido de metal particulado, em particular o dióxido de silício amorfo sintético, está baseado no peso do ligante, preferencialmente presente em uma proporção de 2 a 80% por peso, com maior preferência de 3 a 60% por peso, particularmente de preferência de 4 a 50% por peso em relação ao peso total do ligante.

[0093] Em uma modalidade da invenção, o material de moldagem de base presente na mistura de moldagem da invenção pode conter pelo menos

uma proporção de microesferas ocas. O diâmetro das microesferas ocas é normalmente na faixa de 5 a 500 µm, preferencialmente na faixa de 10 a 350 µm, e a espessura da casca é normalmente na faixa de 5 a 15% do diâmetro das microesferas. Estas microesferas têm um peso específico muito baixo, de modo que os moldes de fundição produzidos usando microesferas ocas têm um peso baixa. A ação isolante das microesferas ocas é particularmente vantajosa. As microesferas ocas são usadas, desse modo, para a produção de moldes de fundição particularmente quando tais moldes devem ter ação isolante aumentada. Esses moldes de fundição são, por exemplo, os alimentadores descritos na introdução, que agem como reservatórios de compensação e mantêm o metal líquido, o propósito sendo que o metal seja mantido em um estado líquido até que o metal introduzido no molde oco ter solidificado. Outro campo de aplicação para moldes de fundição contendo microesferas ocas é, por exemplo, seções de um molde de fundição que correspondem a seções de parede particularmente finas da fundição terminada. A ação isolante das microesferas ocas garante que o metal não solidifique prematuramente nas seções de parede fina e bloqueie os caminhos dentro do molde de fundição.

[0094] Se forem usadas microesferas ocas, devido à baixa densidade dessas microesferas ocas, o ligante é preferencialmente usado em uma proporção de preferencialmente menos do que 20% por peso, particularmente de preferência em uma proporção de 10 a 18% por peso. Estes valores se referem ao componente sólido do ligante.

[0095] As microesferas ocas são preferencialmente feitas de um silicato de alumínio. Estas microesferas de silicato de alumínio ocas preferencialmente têm um teor de óxido de alumínio de mais do que 20% por peso, mais pode também ter um teor de mais do que 40% por peso. Essas microesferas ocas são comercializadas, por exemplo, por Omega Minerais Germany GmbH, Norderstedt, sob as marcas comerciais Omega-Spheres®

SG, tendo um teor de óxido de alumínio de cerca de 28-33%, Omega-Spheres® WSG, tendo um teor de óxido de alumínio de cerca de 35-39% e E-Spheres®, tendo um teor de óxido de alumínio de cerca de 43%. Produtos correspondentes podem ser obtidos de PQ Corporation (EUA), sob a marca comercial "Extendspheres®".

[0096] De acordo com uma outra modalidade, microesferas ocas feitas de vidro são usadas como o material de moldagem de base refratário.

[0097] De acordo com uma modalidade particularmente preferida, as microesferas ocas compreendem um vidro borosilicato. O vidro borosilicato tem uma proporção de boro, calculado como B_2O_3 , de mais do que 3% por peso. A proporção de microesferas ocas é preferencialmente menos do que 20% por peso em relação à mistura de material de moldagem. Quando microesferas de vidro borosilicato ocas são usadas, uma proporção baixa é preferencialmente escolhida. Isto é preferencialmente menos do que 5% por peso, com maior preferência menos do que 3% por peso e particularmente de preferência na faixa de 0,01 a 2% por peso.

[0098] Como foi indicado anteriormente, em uma modalidade preferida, a mistura de material de molde da invenção contém pelo menos uma proporção de grânulos de vidro e/ou de contas de vidro como material de moldagem de base refratário.

[0099] É também possível produzir a mistura de material de molde como uma mistura de material de molde exotérmica, que é, por exemplo, apropriada para produção de alimentadores exotérmicos. Para este fim, a mistura de material de molde contém um metal oxidável e um oxidante apropriado. Baseado na massa total da mistura de material de molde, os metais oxidáveis estão preferencialmente presentes em uma proporção de 15 a 35% por peso. O oxidante é preferencialmente adicionado em uma proporção de 20 a 30% por peso em relação à mistura de material de molde. Metais oxidáveis apropriados são, por exemplo, alumínio ou magnésio. Oxidantes

apropriados são, por exemplo, óxido de ferro ou nitrato de potássio.

[00100] De acordo com uma outra modalidade, a mistura material de molde da invenção pode também conter uma proporção de lubrificantes, por exemplo, lubrificantes como plaquetas, particularmente grafite, MoS_2 , talco e ou pirofilito, além da substância tensoativa. A quantidade do lubrificante adicionado, por exemplo, grafite, é preferencialmente 0,05% por peso a 1% por peso em relação ao material de moldagem de base.

[00101] Afora os acima mencionados constituintes, a mistura de material de molde da invenção pode compreender ainda aditivos. Por exemplo, é possível adicionar agentes de liberação de molde internos que auxiliam o destacamento dos moldes de fundição da ferramenta de fundição. Agentes de liberação de molde internos apropriados são, por exemplo, estearato de cálcio, ésteres de ácido graxo, ceras, resinas naturais ou resinas alquídicas específicas. Os silanos podem também ser adicionados à mistura de material de molde da invenção.

[00102] Assim, por exemplo, a mistura material de moldagem em uma modalidade da invenção contém um aditivo orgânico que tem um ponto de fusão na faixa de 40 a 180 °C, preferencialmente de 50 a 175 °C, isto é, é sólido à temperatura ambiente. Para os presentes fins, aditivos orgânicos são compostos cujo esqueleto molecular é composto predominantemente de átomos de carbono, por exemplo, polímeros orgânicos. A adição dos aditivos orgânicos permite que seja melhorada ainda mais a qualidade da superfície da fundição. O modo de ação dos aditivos orgânicos não foi elucidado. Contudo, sem pretenderem ficar limitados a essa teoria, os inventores presumem que, pelo menos uma parte dos aditivos orgânicos queime durante o processo de fundição e crie uma almofada de gás fina entre o metal líquido e o material de base formando a parede do molde de fundição, evitando, assim, que o metal líquido reaja com o material de moldagem de base. Os inventores ainda supõem que parte dos aditivos orgânicos forme uma fina camada de carbono

lustroso na atmosfera redutora, prevalecendo durante a fundição e isso, da mesma forma, impeça uma reação entre o metal e o material de moldagem de base. O efeito mais vantajoso que pode ser alcançado pela adição de aditivos orgânicos é um aumento na força do molde de fundição após a cura.

[00103] Os aditivos orgânicos são preferencialmente adicionados em uma quantidade desde 0,01 a 1,5% por peso, em particular de 0,05 a 1,3% por peso, particularmente de preferência de 0,1 a 1,0% por peso, em cada caso em relação ao material de moldagem.

[00104] Foi constatado que uma melhoria na superfície da fundição pode ser alcançada por meio de aditivos orgânicos muito diferentes. Aditivos orgânicos apropriados são, por exemplo, resinas de fenol-formaldeído, tais como novolacas; resinas epóxi, tais como resinas epóxi do bisfenol A, resinas epóxi do bisfenol F ou novolacas epoxidadas; polióis, tais como glicóis de polietileno ou glicóis de polipropileno; poliolefinas, tais como polietileno ou polipropileno; copolímeros de olefinas, tais como etileno ou propileno; e, ainda, comonômeros, tais como acetato de vinila; poliamidas, tais como poliamida-6, poliamida-12 ou poliamida-6,6; resinas naturais, tais como resina balsâmica; ácidos graxos, tais como ácido esteárico; ésteres de ácido graxo, tais como palmitato de cetila; amidas de ácido graxo, tal como etilenodiamina-bisestearamida e também sabões do metal, tais como estearatos ou oleatos de metais mono a trivalentes. Os aditivos orgânicos podem estar presentes tanto como substâncias puras quanto como uma mistura de vários compostos orgânicos.

[00105] Em outra modalidade, a mistura de material de molde da invenção contém uma proporção de pelo menos um silano. Os silanos apropriados são, por exemplo, aminosilanos, epoxisilanos, mercaptosilanos, hidróxi-silanos, metacrilsilanos, ureidossilanos e polissiloxanos. Exemplos de silanos apropriados são γ -aminopropiltrimetoxissilano, γ -hidroxipropiltrimetoxissilano, 3-ureidopropiltriethoxissilano, γ -mercpto-

propiltrimetoxisilano, γ -glicidoxipropiltri-metoxisilano, β -(3,4-epoxiciclohexil)trimetoxisilano, 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano e N- β -(amino etil)- γ -aminopropiltrimetoxisilano.

[00106] Tipicamente, a quantidade de silano usada é de cerca de 5-50%, preferencialmente cerca de 7-45%, particularmente de preferência cerca de 10-40% em relação ao óxido de metal particulado.

[00107] Não obstante as forças altas que podem ser alcançadas usando o ligante de acordo com a invenção, os moldes de fundição produzidos usando a mistura de material de molda da invenção, núcleos e moldes, em particular, surpreendentemente exibem boa desintegração após a fundição, particularmente no caso de fundição de alumínio. Entretanto, o uso dos corpos modelados produzidos da mistura de material de molde da invenção não está restrito a fundição de metal leve. Os moldes de fundição são geralmente apropriados para metais de fundição. Tais metais são, por exemplo, metais não ferrosos, tais como latão ou bronzes e também metais ferrosos.

[00108] A invenção ainda se refere a um processo para produção de moldes de fundição para metalurgia, em que é usada a mistura de material de molde da invenção. O processo da invenção compreende os seguintes passos:

- produção da mistura de material de molde acima descrita;
- moldagem da mistura de material de molde;
- cura da mistura de material de molde por aquecimento da

mistura de material de molde para obter o molde de fundição curado.

[00109] Na ordem geral de operações para produzir a mistura de material de molde da invenção, primeiro o material de moldagem de base refratário é colocado em um recipiente de mistura e o ligante é, em seguida, adicionado enquanto está sendo agitado.

[00110] Como foi descrito na explicação da mistura de material de molde de acordo com a invenção, pelo menos uma parte do material de moldagem de base refratário pode ser constituído de material de moldagem de

base refratário usado regenerado.

[00111] É particularmente preferível quando um material de moldagem de base refratário regenerado é usado, que tenha sido produzido de um material de moldagem de base refratário usado e ao qual o resíduo de ligante de vidro de água adira. É ainda preferível quando é usado um material de moldagem de base refratário regenerado, que tenha sido produzido de um material de moldagem de base refratário usado e ao qual o resíduo de ligante de vidro de água adira e que tenha sido regenerado termicamente, em que um método, como o descrito em WO 2008/101668 A1, é usado para a regeneração. Para esse fim, regeneração térmica é realizada em um material de moldagem de base refratário revestido com um ligante baseado em vidro de água, ligante ao qual um óxido de metal particulado foi adicionado, particularmente um dióxido de silício amorfo, por exemplo, ácido silícico pirogênico.

[00112] Assim, é possível com o método da invenção circular o material de moldagem de base refratário na produção de moldes de fundição e a subsequente fundição de peças, em que apenas partes do material de moldagem de base refratário, que são separadas por peneiramento durante a regeneração, por exemplo, são substituídos pelo material de moldagem de base refratário novo.

[00113] Em princípio, o vidro de água e o óxido de metal particulado, particularmente o dióxido de silício amorfo sintético e a substância tensoativa, podem ser adicionados ao material de moldagem de base refratário em qualquer ordem. A substância tensoativa pode ser adicionada em sua forma originária ou como uma solução ou emulsão, em que o solvente usado é preferencialmente água. Emulsões ou soluções aquosas da substância tensoativa são preferidas. Ao produzir a mistura de material do molde, é preferível evitar a formação excessiva de espuma. Isto pode ser alcançado, principalmente, pela escolha da substância tensoativa. Por outro lado, também

é possível adicionar agentes antiespumantes se necessário.

[00114] Em princípio, os aditivos adicionais descritos acima podem ser adicionados à mistura de material de molde de qualquer forma. Eles podem ser adicionados em quantidades medidas individualmente ou como uma mistura. Eles podem ser adicionados na forma sólida, ou também como soluções, pastas, ou dispersões. Se eles são adicionados como uma solução, pasta, ou dispersão, o solvente preferido é água. Também é possível que o vidro de água que serve como a base do ligante ser utilizada como o meio de solução ou dispersão para os aditivos.

[00115] Em uma modalidade preferida, o ligante é fornecido na forma de um sistema dois componentes, em que um primeiro componente líquido contém o vidro de água e um segundo componente sólido contém o óxido de metal particulado. O componente sólido também pode conter, por exemplo, o fosfato e um carboidrato, de acordo com os requisitos. A substância tensoativa é preferencialmente adicionada ao componente líquido.

[00116] Quando a mistura de material de molde é produzida, o material de moldagem de base refratário é preferencialmente colocado em um recipiente de mistura primeiro, depois o(s) componente(s) sólido(s) do ligante é (são) adicionado(s) e misturado(s) com o material de moldagem de base refratário. O tempo de mistura é escolhido de forma que o material de moldagem de base refratário e o componente ligante sólido são misturados integralmente. O tempo de mistura depende da quantidade da mistura de material de molde a ser produzido e a unidade de mistura utilizada. O tempo de mistura é preferencialmente escolhido entre 1 e 5 minutos. O componente líquido do ligante é então adicionado, preferencialmente enquanto a mistura ainda está sendo agitada e então a mistura da mistura continua até que os grãos do material de moldagem de base refratário estejam revestidos uniformemente com uma camada do ligante. Aqui também, o tempo de mistura depende da quantidade da mistura de material de molde a ser

produzida e a unidade de mistura utilizada. O tempo de mistura é preferencialmente escolhido entre 1 e 5 minutos. O termo componente líquido é também entendido como a se referir tanto a uma mistura de vários componentes líquidos quanto à totalidade de todos os componentes líquidos individuais, em que esses últimos podem também ser adicionados individualmente. Do mesmo modo, o termo componente sólido se refere tanto à mistura dos componentes sólidos descritos acima, individualmente ou juntos, quanto à totalidade de todos os componentes sólidos individuais, em que esses últimos podem ser adicionados à mistura de material de molde ou juntos ou um após o outro.

[00117] Em outra modalidade, o componente líquido do ligante pode também ser adicionado ao material de moldagem de base refratário primeiro, seguido então pelo componente sólido. De acordo com outra modalidade, 0,05 a 0,3% de água em relação ao peso do material de moldagem de base é adicionado ao material de moldagem de base refratário primeiro, o que é então seguido pelos componentes líquido e sólido do ligante. Nessa modalidade, um efeito surpreendentemente positivo no tempo de processamento da mistura de material de molde pode ser alcançado. Os inventores presumem que o efeito desidratante dos componentes do ligante sólidos seja, assim, reduzido e o processo de cura atrasado pelo mesmo.

[00118] A mistura de material de molde é subsequentemente levado ao formato desejado. São utilizados métodos convencionais na moldagem. Por exemplo, a mistura de moldagem pode ser injetada para dentro da ferramenta de moldagem com o auxílio de ar comprimido por meio de uma máquina de injeção em núcleo. A mistura de material de molde é então curada pelo aquecimento, a fim de evaporar a água presente no ligante. O aquecimento pode ser realizado na ferramenta de moldagem, por exemplo. É possível curar o molde de fundição completamente na ferramenta de moldagem. Mas também é possível curar somente a região da borda do molde de fundição, de

forma que ele tenha força suficiente para permitir que seja removido da ferramenta de moldagem. O molde de fundição pode então ser curado completamente extraindo-se mais água dele. Isso pode ser feito, por exemplo, em um forno. A água também pode ser extraída, por exemplo, pela evaporação da água sob pressão reduzida.

[00119] A cura dos moldes de fundição pode ser acelerada soprando-se ar quente dentro da ferramenta de moldagem. Nessa modalidade do processo, a remoção rápida da água presente no ligante é alcançada, como resultado do qual o molde de fundição é reforçado em períodos de tempo apropriados para o uso industrial. A temperatura do sopro de ar é preferencialmente de 100 °C a 180 °C, particularmente de preferência de 120 °C a 150 °C. A taxa de fluxo do ar aquecido é preferencialmente ajustada de forma que a cura do molde de fundição ocorra em períodos de tempo apropriados para o uso industrial. Os períodos de tempo dependem do tamanho dos moldes de fundição produzidos. O tempo alvo desejado para a cura é menor do que 5 minutos, preferencialmente menor do que 2 minutos. Entretanto, no caso de moldes de fundição muito grandes, longos períodos de tempo também podem ser necessários.

[00120] A água pode também ser removida da mistura de material de molde pelo aquecimento da mistura de material de molde com irradiação de micro-ondas. No entanto, a irradiação com micro-ondas é preferencialmente realizada após o molde de fundição ter sido removido da ferramenta de moldagem. Mas, o molde de fundição deve já ser forte o suficiente para permitir isso. Como foi explicado no parágrafo anterior, isto pode ser alcançado, por exemplo, pela cura de pelo menos uma camada mais externa do molde de fundição na ferramenta de moldagem.

[00121] Como foi indicado anteriormente, a mistura de material de moldagem também pode conter aditivos orgânicos adicionais. Esses aditivos orgânicos adicionais podem ser adicionados a qualquer tempo durante a

produção da mistura de material de moldagem. Nesse contexto, o aditivo orgânico pode ser adicionado na forma originária ou também na forma de uma solução.

[00122] Aditivos orgânicos solúveis em água podem ser utilizados na forma de uma solução aquosa. Se os aditivos orgânicos são solúveis no ligante e são estáveis neste sem decomposição por um número de meses, eles também podem ser dissolvidos no ligante e assim adicionados junto com ele ao material de moldagem de base. Os aditivos insolúveis em água podem ser utilizados na forma de uma dispersão ou pasta. As dispersões ou pastas preferencialmente contêm água como o meio de dispersão. A princípio, soluções ou pastas de aditivos orgânicos podem também ser produzidas em solventes orgânicos. Entretanto, se um solvente for utilizado para adicionar os aditivos orgânicos, a preferência é dada para a utilização de água.

[00123] Os aditivos orgânicos são preferencialmente adicionados como pós ou pequenas fibras, com o tamanho médio de partículas ou comprimento médio de fibras preferencialmente sendo escolhido de forma que não exceda o tamanho das partículas de material de moldagem de base refratário. Os aditivos orgânicos podem particularmente de preferência passar através de uma peneira tendo um tamanho de malha de cerca de 0,3 mm. Para reduzir o número de componentes adicionados ao material de moldagem de base refratário, o óxido de metal particulado e o aditivo ou aditivos orgânicos são de preferência não adicionados separadamente à areia de molde, mas são misturados anteriormente.

[00124] Se a mistura de material de molde contém silanos ou siloxanos, estes são normalmente adicionados incorporando-os no ligante anteriormente. Os silanos ou siloxanos podem também ser adicionados ao material de moldagem de base como um componente separado. Entretanto, é particularmente vantajoso silanizar o óxido de metal particulado, isto é, misturar o óxido de metal com o silano ou siloxano, de modo que sua

superfície seja revestida com uma fina camada de silano ou siloxano. Quando o óxido de metal particulado que foi pré-tratado desta forma é utilizado, são encontradas forças aumentadas, assim como resistência melhorada à umidade atmosférica alta comparado com o óxido de metal não tratado. Se, conforme descrito, um aditivo orgânico é adicionado à mistura de material de molde ou ao óxido de metal particulado, é vantajoso fazer isso antes da silanização.

[00125] Em princípio, o processo da invenção é apropriado para produzir todos os moldes de fundição habituais para a fundição de metais, isto é, por exemplo, núcleos e moldes. Moldes de fundição tendo seções de paredes muito finas ou desvios complexos podem ser produzidos de forma muito vantajosa desse modo. Particularmente, se um material de moldagem de base refratária isolante ou materiais exotérmicos são adicionados à mistura do material de molde da invenção, o processo da invenção é apropriado para a produção de alimentadores.

[00126] Os moldes de fundição produzidos a partir da mistura de material de molde da invenção e/ou por meio do processo da invenção têm uma força alta imediatamente após sua produção, embora a força dos moldes de fundição após a cura não seja tão grande de modo a causar dificuldades, quando o item fundido é removido do molde de fundição após sua produção. Ademais, estes moldes de fundição são altamente estáveis na presença de umidade atmosférica elevada, isto é, surpreendentemente, os moldes de fundição podem ser armazenados sem problemas mesmo por um tempo relativamente longo. Outra vantagem em particular dos moldes de fundição é sua boa estabilidade no que diz respeito ao estresse mecânico, de modo que mesmo seções de paredes finas do molde de fundição ou seções tendo geometria extremamente complexa podem ser realizadas sem sofrerem quaisquer deformações devido à pressão metalostática durante a fundição. Outro objetivo da invenção é, portanto, um molde de fundição que foi obtido pelo processo da invenção acima descrito.

[00127] O molde de fundição da invenção é geralmente apropriado para a fundição de metal, em particular fundição de metal leve. Resultados particularmente vantajosos são obtidos em fundição de alumínio. De acordo com uma modalidade preferida, o material de moldagem de base refratário é circulado novamente pelo reprocessamento de um molde de fundição que tenha sido produzido a partir da mistura do material de molde da invenção depois da fundição, obtendo, assim, um material de moldagem de base refratário regenerado, que pode, então, ser usado de novo para produzir uma mistura de material de molde, a partir do qual mais moldes de fundição podem ser feitos.

[00128] A regeneração do material de moldagem de base refratário usado é de modo particular vantajosamente realizada de acordo com um processo térmico.

[00129] Em uma modalidade da mesma, um material de moldagem de base refratário usado é fornecido, trazendo o resíduo de um ligante baseado em vidro de água ao qual um óxido de metal particulado, particularmente dióxido de silício amorfo, é adicionado. O material de moldagem de base refratário usado sofre tratamento térmico, em que o material de moldagem de base refratário usado é aquecido para uma temperatura de pelo menos 200°C.

[00130] Nesse contexto, todo o volume do material de moldagem de base refratário usado deve atingir esta temperatura. O período pelo qual o material de moldagem de base refratário usado sofre o tratamento térmico depende, por exemplo, da quantidade de material de moldagem de base refratário usado, ou também da quantidade de vidro de água contendo ligante que ainda se atém no material de moldagem de base refratário usado. O tempo de tratamento também depende de se a forma de fundição usada na fundição anterior já tenha sido amplamente decomposta em uma areia ou se ainda contém fragmentos ou montes relativamente grandes. O progresso da regeneração térmica pode ser monitorado, por exemplo, por amostragem. A

amostra tomada deve desintegrar-se em areia solta sob ação mecânica leve, tal como ocorre quando o molde de fundição é agitado. A ligação entre os grãos do material moldado de base refratário deve ter sido enfraquecida de tal forma que o material de moldagem de base refratário termicamente tratado possa ser peneirado sem dificuldade para separar aglomerados ou contaminantes maiores. A duração do tratamento térmico pode ser selecionada, por exemplo, em uma faixa de 5 minutos a 8 horas. Entretanto, os tempos de tratamento mais longos ou mais curtos também são possíveis. O progresso da regeneração térmica pode ser monitorado, por exemplo, determinando o consumo de ácido em amostras da areia de fundição tratadas termicamente. As areias de fundição, tais como areia de cromita podem, elas mesmas, ter propriedades básicas, para que a areia de fundição afete o consumo de ácido. No entanto, o consumo relativo de ácido pode ser usado como um parâmetro para o progresso da regeneração. Para isto, primeiro, é determinado o consumo de ácido do material de moldagem de base refratário usado pretendido para reprocessamento. A fim de observar a regeneração, o consumo de ácido do material de moldagem de base refratário regenerado é determinado e correlacionado com o consumo de ácido do material de moldagem de base refratário usado. O consumo de ácido no material de moldagem de base refratário regenerado é preferencialmente reduzido em pelo menos 10% como resultado do tratamento térmico realizado de acordo com o método da invenção. O tratamento térmico é preferencialmente continuado até que o consumo de ácido tenha sido reduzido em pelo menos 20%, particularmente em pelo menos 40%, especialmente em pelo menos 60%, e mais especialmente em pelo menos 80% comparado como o consumo de ácido do material de moldagem de base refratário usado. O consumo de ácido é expresso em ml de ácido consumido por 50 g do material de moldagem de base refratário, e a análise é realizada usando ácido clorídrico 0,1 N, de maneira similar ao método descrito na folha de instrução VDG P 28

(Maio, 1979). O método para determinar o consumo de ácido é explicado em maiores detalhes nos exemplos. O método para regenerar material de moldagem de base refratário usado é revelado de forma mais completa em WO 2008/101668 A1.

[00131] A seguir, a invenção será explicada em maiores detalhes por meio de exemplos e com referência ao desenho anexado. No desenho:

a **Figura 1:** é a representação do núcleo do duto de admissão usado para testar as propriedades das misturas de material de molde.

[00132] Métodos de medição usados:

Número AFS: O número AFS foi determinado em conformidade com a folha de instrução VDG P 27 (German Foundry Society, Dusseldorf, outubro de 1999).

[00133] Tamanho médio do grão: O tamanho médio do grão foi determinado em conformidade com a folha de instrução VDG P 27 (German Foundry Society, Dusseldorf, outubro de 1999).

[00134] Consumo de ácido: O consumo de ácido foi determinando de uma forma complacente com o regulamento contido na folha de instrução VDG P 28 (German Foundry Society, Dusseldorf, maio de 1979).

[00135] Reagentes e equipamento:

Ácido clorídrico 0,1 n

Hidróxido de sódio 0,1 n

Alaranjado de metila 0,1 % Garrafas de plástico de 250 ml (polietileno)

Pipetas volumétricas calibradas

Realização da análise:

[00136] Se a areia de fundição ainda contiver relativamente grandes aglomerados de areia de fundição ligada, esses aglomerados são reduzidos, por exemplo, com o auxílio de um martelo e a areia de fundição é passada através de uma peneira que tenha tamanho de malha de 1 mm.

[00137] 50 ml de água destilada e 50 ml de ácido clorídrico 0,1 N transferidos para uma garrafa de plástico por pipeta. Depois, 50,0 g da areia de fundição para análise são vertidos para dentro da garrafa através de um funil e a garrafa é vedada. A garrafa é agitada vigorosamente por 5 segundos a cada minuto nos primeiros 5 minutos e por 5 segundos a cada 30 minutos subsequentemente. Depois de cada sessão de agitação, a areia é permitido acomodar-se por uns poucos segundos e a areia que adere à parede da garrafa é lavada agitando-se a garrafa rapidamente. Durante os períodos restantes, a garrafa é mantida a temperatura ambiente. Depois de 3 horas, os conteúdos são filtrados através de um filtro médio (faixa branca, diâmetro de 12,5 cm). O funil e a proveta utilizados para coletar o líquido devem ambos estar secos. Os primeiros poucos ml do filtrado são descartados. 50 ml de filtrado é pipetado em frasco de titulação de 300 ml e 3 gotas de alaranjado de metila são adicionadas ao mesmo, como um indicador. Depois, o filtrado é titulado de vermelho para amarelo com um hidróxido de sódio 0,1 n.

[00138] Cálculo:

$(25,0 \text{ ml de ácido clorídrico } 0,1 \text{ n} - \text{ml consumido de hidróxido de sódio } 0,1 \text{ n}) \times 2 = \text{ml de consumo de ácido} / 50 \text{ g de areia de fundição.}$

Determinação da Densidade da Massa

[00139] Um cilindro de medição que tenha sido encurtado para a marcação de 1.000 ml é pesado. A amostra a ser testada é, então, vertida para dentro do cilindro de medição através de um funil de pó de uma só vez, de tal maneira que um cone de pó é formado sobre o fecho do cilindro de medição. O cone de pó é raspado com o auxílio de uma régua, que é puxada sobre a abertura do cilindro de medição e o cilindro de medição é pesado novamente. A diferença corresponde à densidade da massa.

Exemplo 1

Efeito de materiais tensoativos sobre a força e a densidade dos moldes de fundição.

1. Produção e testagem da mistura do material de molde

[00140] Os núcleos do duto de admissão ilustrados na figura 1 foram fabricados com a finalidade de testar a mistura de material de molde.

[00141] A composição da mistura de material de molde é listada na tabela 1. A fim de produzir os núcleos do duto de admissão, foram tomados os seguintes passos:

Os componentes listados na Tabela 1 foram misturados em um misturador. Para isso, a areia de sílica foi introduzida primeiro e o vidro de água e qualquer material tensoativo foram adicionados durante a agitação. Um vidro de água de sódio com frações de potássio foi utilizado como vidro de água. A razão $\text{SiO}_2:\text{M}_2\text{O}$ no vidro de água foi de cerca de 2,2, onde M representa o total de sódio e potássio. Depois que a mistura foi misturada por um minuto, o Bióxido de silício amorfo foi adicionado como necessário, com agitação continuada. A mistura foi, então, agitada por mais um minuto.

[00142] As misturas de material de molde foram transferidas para a caixa de armazenamento de uma de máquina de injeção de núcleo de 6,5 l fabricada por Roperwerk - Giepereimaschinen GmbH, Viersen, Alemanha, a ferramenta de moldagem da qual tinha sido aquecida para 180 °C.

[00143] As misturas de material de molde foram sopradas para dentro da ferramenta de moldagem por ar comprimido (2 bar) e permaneceram na ferramenta de moldagem por mais 50 segundos.

[00144] Para acelerar a cura das misturas, foi passado ar quente através da ferramenta de moldagem pelos últimos 20 segundos (3 bar, 150 °C na entrada da ferramenta).

[00145] A ferramenta de moldagem foi aberta e o duto de admissão foi removido.

[00146] Para determinar as forças de flexão, as peças de teste foram colocadas em um instrumento de teste de força Georg Fischer equipado com um dispositivo de dobra de 3 pontos (DISA Industrie AG, Schaffhausen,

Suíça) e a força requerida para quebrar as barras de teste foi medida.

[00147] As forças de flexão foram medidas de acordo com o seguinte esquema:

- 10 segundos após a remoção da ferramenta de moldagem (forças quentes);

[00148] - 1 hora após a remoção da ferramenta de moldagem (forças frias).

[00149] - 3 horas de armazenamento dos núcleos resfriados em um gabinete de atmosfera controlada a 30 °C e 75% de umidade atmosférica relativa.

Tabela 1

Composição das Misturas de Material de Molde

	Areia de silica	Vidro de água alcalina	Dióxido de silício amorfo	Material tensoativo	
1.1	100 GT	2.0 ^{a)}			Comparação, não de acordo com a invenção
1.2	100 GT	2.0 ^{a)}	0,5 ^{b)}		Comparação, não de acordo com a invenção
1.3	100 GT	2.0 ^{a)}		0,5 ^{c)}	Comparação, não de acordo com a invenção
1.4	100 GT	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}	0,5 ^{c)}	De acordo com a invenção
1.5	100 GT	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}	0,5 ^{d)}	De acordo com a invenção
1.6	100 GT	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}	0,5 ^{e)}	De acordo com a invenção
1.7	100 GT	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}	0,5 ^{f)}	De acordo com a invenção

1.8	100 GT	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}	0,5 ^{g)}	De acordo com a invenção
1.9	100 GT	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}	0,10 ^{h)}	De acordo com a invenção
1.10	100 GT Regene- rado ⁱ⁾	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}		Comparação, não de acordo com a invenção
1.11	100 GT Regene- rado ⁱ⁾	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}	0,5 ^{e)}	De acordo com a invenção

^{a)} Vidro de água alcalina com razão SiO₂:M₂O de aproximadamente 2,2; em relação à quantidade total de vidro de água

^{b)} Elkem Micro silicae 971 (ácido silícico pirogênico; produção em forno de arco voltaico); densidade de massa 300 - 450 kg/m³ (dados do fabricante)

^{c)} Melpers® 0030 (éter de policarboxilato em água, fabricante BASF)

^{d)} Melpers® VP 4547/240 L (poliacrilato modificado em água, fabricante BASF)

^{e)} Texapon® EHS (sulfato de 2-etilhexila em água, fabricante Cognis)

^{f)} Glukopon® 225 DK (poliglucosídeo em água, fabricante Cognis)

^{g)} Texapon® 842 (sulfato de octila de sódio em água, fabricante Lakeland)
Castamente FS 60 (éter de ^{h)}carboxilato modificado, sólido, fabricante BASF)

ⁱ⁾ areia usada tratada termicamente de mistura 1.6 (90 minutos, 650 °C)

[00150] Os resultados dos testes de força são resumidos na Tabela 2.

Tabela 2

Forças de Flexão

	Resistências a quente [N/cm²]	Resistências a frio [N/cm²]	Após armaze- namento em cabine de atm. controla- da [N/cm²]	Peso de núcleo	
1.1	80	400	10	1255	Comparação, não de acordo com a invenção
1.2	170	410	150	1256	Comparação, não de acordo com a invenção
1.3	80	420	10	1310	Comparação, não de acordo com a invenção

1.4	180	460	210	1317	De acordo com a invenção
1.5	170	450	180	1315	De acordo com a invenção
1.6	180	440	200	1310	De acordo com a invenção
1.7	160	430	150	1319	De acordo com a invenção
1.8	170	440	200	1321	De acordo com a invenção
1.9	150	400	210	1280	De acordo com a invenção
1.10	140	350	110	1201	Comparação, não de acordo com a invenção
1.11	160	410	160	1299	De acordo com a invenção

Resultado

[00151] As misturas de material de molde que não contém nem dióxido de silício amorfo, nem um material tensoativo (mistura 1.1), têm uma resistência a quente que é insuficiente para um processo de produção de núcleo automatizado. Núcleos produzidos com essa mistura de material de molde manifestam irregularidades estruturais que podem resultar em rejeição do núcleo (estabilidade mecânica baixa, transferência de pontos fracos para o perfil da fundição). Esse perfil defeituoso pode ser compensado pelo aumento da pressão de injeção de até 5 bar.

[00152] Quando dióxido de silício amorfo é adicionado à mistura de material de molde (mistura 1.2), a resistência a quente é aumentada signifi-

cativamente. O peso do núcleo, que fornece informações sobre compactação e fluidez, é comparável com aquela da mistura 1.1. A compactação na superfície do núcleo é também comparável com a mistura 1.1 e revela as principais irregularidades estruturais a 2 bar.

[00153] Quando são utilizadas substâncias tensoativas sem a adição de dióxido de silício amorfo (mistura 1.3), o peso do núcleo pode ser aumentado, mas não há efeito positivo sobre a resistência a quente. A compactação do núcleo é melhorada, de forma que as irregularidades estruturais são menos predominantes do que nas misturas 1.1 e 1.2.

[00154] Apenas quando ambos os componentes da moldagem da base são utilizados juntos, isto é, quando ambos dióxido de silício amorfo e materiais tensoativos são adicionados (misturas 1.4 a 1.9), são aumentados em ambos a resistência a quente e o peso do núcleo observado. As forças frias, bem como a estabilidade da umidade, das misturas 1.4 a 1.9 registram valores mais altos do que os moldes usando as misturas 1.1 a 1.3. A compactação do núcleo é melhorada devido à fluidez aumentada da mistura de material de molde, também resultando, assim, em maior estabilidade mecânica. Irregularidades estruturais, tais como aparecem com as misturas 1.1 e 1.2, são mínimas.

[00155] Uma comparação das misturas 1.10 e 1.11 mostra que a adição de materiais tensoativos é altamente vantajosa, particularmente, quando são utilizadas areias regeneradas (nesse caso um regenerado térmico). Nesse caso, o aumento nas forças e peso do núcleo é ainda mais pronunciado do que quando, por exemplo, é utilizada areia de sílica fresca.

REIVINDICAÇÕES

1. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, compreendendo ao menos:

- um material de base de molde refratário;
- um ligante à base de vidro solúvel;
- uma fração de um óxido de metal em forma de partículas, em

que o óxido de metal em forma de partículas é dióxido de silício;

caracterizada pelo fato de que à mistura de material de molde é adicionada uma fração de ao menos um tensoativo, e em que o tensoativo é dissolvido no ligante e em que o tensoativo compreende um grupo sulfato ou sulfonato.

2. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o óxido de metal em forma de partículas é dióxido de silício amorfo.

3. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que o tensoativo é selecionado a partir do grupo consistindo em sulfato de oleila, sulfato de estearila, sulfato de palmitila, sulfato de miristila, sulfato de laurila, sulfato de decila, sulfato de octila, sulfato de 2-etilhexila, sulfato de 2-etiloctila, sulfato de 2-etildecila, sulfato de palmitoleila, sulfato de linolila, sulfonato de laurila, sulfonato de 2-etildecila, sulfonato de palmitila, sulfonato de estearila, sulfonato de 2-etilestearila e sulfonato de linolila.

4. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o material ativo na superfície está contido na mistura de material de molde em uma fração de 0,001 a 1 % em peso com relação ao peso do material de base de molde

refratário.

5. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o material de base de molde refratário é constituído, ao menos em parte, de um material de base de molde refratário regenerado.

6. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que à mistura de material de molde é adicionado ao menos um carboidrato.

7. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que à mistura de material de molde é adicionado um composto contendo fósforo.

8. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o óxido de metal em forma de partículas é selecionado a partir do grupo que consiste de ácido silícico precipitado e ácido silícico pirogênico.

9. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o vidro solúvel apresenta uma razão $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ na faixa de 1,6 a 4,0, particularmente de 2,0 a 3,5, em que M significa íons de sódio e/ou íons de potássio.

10. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o ligante inorgânico está contido na mistura de material de molde em uma fração de menos de 20% em peso.

11. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o óxido de metal em forma de partículas está contido em uma fração de 2 a 80% em peso com relação ao ligante.

12. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o material de base de molde refratário contém pelo menos uma fração de microesferas ocas.

13. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que o material de base de molde contém pelo menos uma fração de granulado de vidro, pérolas de vidro e/ou materiais de molde cerâmicos esféricos.

14. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que à mistura de material de molde são adicionados um metal oxidável e um agente de oxidação.

15. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que a mistura de material de molde contém pelo menos uma fração de um aditivo inorgânico que é sólido à temperatura ambiente.

16. Mistura de material de molde para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que a mistura de material de molde contém pelo menos um silano ou siloxano.

17. Processo para produção de moldes de fundição para

processamento de metal, caracterizado pelo fato de que tem pelo menos as seguintes etapas:

- produção de uma mistura de material de molde como definida em qualquer uma das reivindicações de 1 a 16;
- moldagem da mistura de material de molde;
- têmpera da mistura de material de molde moldada, a partir do aquecimento da mistura de material de molde para obter o molde de fundição.

18. Processo para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a mistura de material de molde é aquecida a uma temperatura na faixa de 100 a 300°C.

19. Processo para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo a reivindicação 17 ou 18, caracterizado pelo fato de que é insuflado ar aquecido na mistura de material de molde moldada para a têmpera da mesma.

20. Processo para produção de moldes de fundição para processamento de metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 17 a 19, caracterizado pelo fato de que o aquecimento da mistura de material de molde moldado é produzido por atuação de micro-ondas.

21. Molde de fundição, caracterizado pelo fato de que é obtido por um processo como definido em qualquer uma das reivindicações de 17 a 20.

22. Uso de um molde de fundição como definido na reivindicação 21, caracterizado pelo fato de ser para a fundição de metal, especialmente fundição de metal leve.

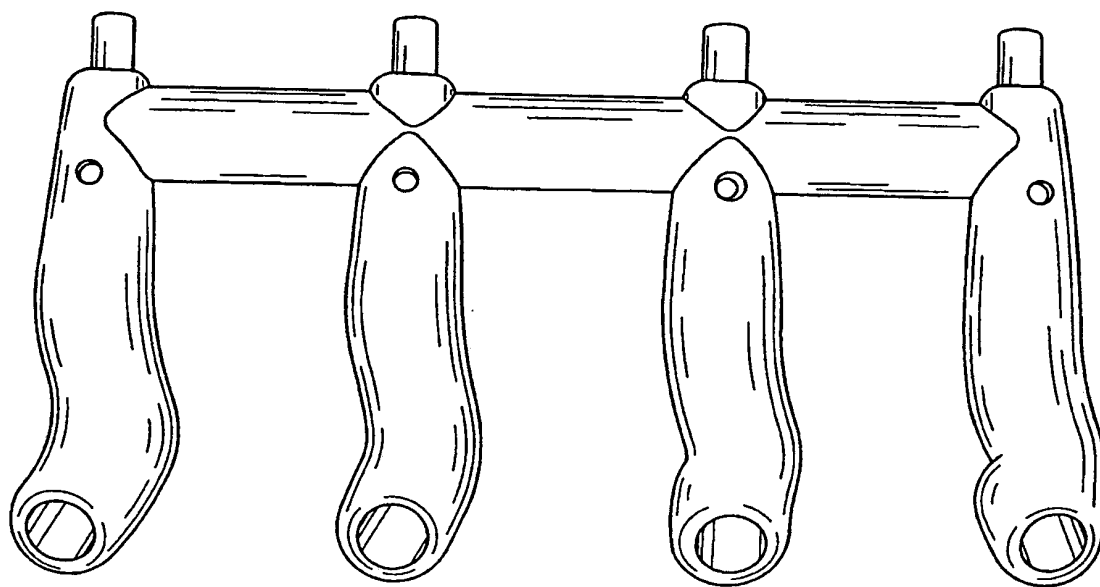


Figura 1