



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

(11) PI 0814824-4 B1

(22) Data do Depósito: 09/09/2008

(45) Data de Concessão: 18/10/2016



(54) Título: MÉTODO E APARELHO PARA A PRODUÇÃO DE UM FUNDIDO

(51) Int.Cl.: B22D 30/00; B22D 11/124; B22D 11/22

(30) Prioridade Unionista: 10/09/2007 AU 2007904899

(73) Titular(es): WEIR MINERALS AUSTRALIA LTD.

(72) Inventor(es): JAMES VERNON PEZZUTTI, EWAN O'LEARY

"MÉTODO E APARELHO PARA A PRODUÇÃO DE UM FUNDIDO"

Campo Técnico

Um método e aparelho são descritos para a produção de um fundido. O método e aparelho encontram
5 aplicação particular para a fundição de metais como o ferro fundido branco, definidos no Padrão Australiano AS2027-2007 (equivalente ao Padrão Internacional ISO21988:2006). No entanto, deve-se considerar que o método e o aparelho podem ser aplicados à fundição de alguns outros metais não
10 ferrosos, incluindo o aço.

Fundamento da técnica

Alguns materiais (como materiais frágeis, por exemplo, ferro fundido branco) são fundidos em um molde e, então, permitidos a solidificar e resfriar no molde ao
15 longo de vários dias/semanas. Por exemplo, quando uma seção fina (por exemplo, > 150mm) de componentes de ferro fundido branco é fundida a partir de metal fundido e colocada em um molde de areia, para evitar rachaduras pode ser permitido solidificar e esfriar no molde por um longo período (em
20 casos extremos até em torno de catorze dias). O resfriamento lento é empregado para evitar a quebra do componente resultante, que pode ocorrer se o componente for removido do molde muito cedo e exposto à atmosfera por um tempo. No entanto, um longo tempo de resfriamento resulta
25 em atrasos significativos no processo de produção, bem como na ocupação de aparelho e espaço essenciais.

As Patentes US 6.199.618, EP 625390, GB 1.600.405 e JP 04-344859 descrevem processos de resfriamento controlado e aparelhos para fundição. Em cada caso, a
30 fundição é transmitida através de fases de resfriamento sucessivas de aparelhos semelhantes a fornos.

Uma referência aqui à técnica anterior não é uma admissão de que a técnica anterior faz parte do conhecimento geral e comum de uma pessoa versada na técnica, na Austrália ou em qualquer outro lugar.

5 **Sumário da Descrição**

Em um primeiro aspecto é descrito um método para a produção de um fundido, o método compreendendo as etapas de:

- 10 - despejar o material fundido em um molde para formar o fundido;
- permitir a solidificação do material fundido;
- remover o molde, pelo menos em parte, do fundido solidificado resultante; e
- 15 - localizar o fundido solidificado em uma câmara que o circunda completamente e facilita uma taxa de resfriamento controlada do fundido.

Pela localização do fundido solidificado em uma câmara que circunda completamente o fundido, o método pode permitir que o fundido seja removido de um molde muito antes do que normalmente é o caso e, em seguida, o resfriamento do fundido pode ser controlado durante um período de tempo muito mais curto. Por exemplo, para certos componentes fundidos brancos de seção fina de ferro fundido em um molde de areia, o fundido pode ser removido do molde, quando se solidifica e depois resfriado na câmara durante alguns dias (ao invés de mais de quatorze dias no molde, por exemplo). Tal remoção do molde é conhecida variadamente na técnica como "ejetar", "sacudir" ou "romper", em que o método pode fornecer para "ejetar", "sacudir" ou "romper" mais cedo, e também pode fornecer o fundido resfriado mais cedo para os próximos processos de acabamento.

Assim, o método pode reduzir os atrasos no processo de fundição e, conseqüentemente, reduzir os

atrasos no processo de produção global. Além disso, o método pode tornar o aparelho e espaço essenciais disponíveis novamente de forma mais rápida para a produção do fundido seguinte.

5 Deve ser entendido que a terminologia "circunda totalmente o fundido", como empregado aqui, não exclui a câmara tendo passagens de ventilação de gás e similares em parede(s) ou uma base da mesma.

10 O método é tipicamente, embora não exclusivamente, utilizado para a fundição de materiais frágeis. Esses materiais são mais suscetíveis à quebra como resultado do choque térmico e, portanto, antes do método atual, a fundição desses materiais exigia longos tempos de residência de molde para permitir que o resfriamento
15 gradual ocorresse. Esses materiais podem incluir certas ligas, como ferro fundido branco e aço. O método pode, assim, encontrar uso na redução do tempo de resfriamento de uma ampla gama de materiais fundidos frágeis e/ou materiais sensíveis ao choque térmico.

20 Circundando completamente o fundido, a câmara pode reduzir qualquer efeito sobre o fundido causado pelo movimento do ar e fluxo imediatamente fora da câmara. Vantajosamente, isso pode atenuar contra o choque térmico, que pode de outra forma levar à quebra do fundido durante o
25 processo de resfriamento.

 Em uma forma, a câmara pode ser isolada para facilitar a taxa de resfriamento controlada do fundido. Os parâmetros como os materiais de construção da própria câmara, tipo de material de isolamento selecionado e a
30 espessura e/ou coeficiente de transferência de calor do material de isolamento, podem ser selecionados para controlar a taxa de resfriamento do fundido. Por exemplo, para um fundido de ferro fundido branco, a taxa de

resfriamento pode ser controlada pela seleção adequada desses parâmetros de modo a não exceder a 40°C/hora.

Além disso, a câmara pode ser isolada de modo a manter o diferencial de temperatura pré-selecionado entre
5 uma porção mais quente e uma porção mais fria do fundido solidificado, por exemplo, através da espessura do fundido. A manutenção deste diferencial de temperatura pode evitar o enfraquecimento, fissura ou ruptura do fundido. Em pelo menos algumas modalidades do fundido, a porção mais quente
10 pode ser localizada dentro do fundido solidificado e a porção mais fria pode ser localizada em uma superfície externa do fundido solidificado. No entanto, essas posições podem variar dependendo da geometria do fundido específico.

Em um exemplo particular, quando o fundido
15 compreende um corpo com um interior oco em que algum material de moldagem (tal como a areia para moldagem) foi mantido, a câmara pode ser isolada de modo a manter um diferencial de temperatura pré-selecionado entre:

- (a) aquela parte do interior oco do fundido
20 solidificado em contato com o material moldado; e
- (b) uma superfície externa do fundido solidificado da qual o material de moldagem foi removido ou na maior parte removido.

Por exemplo, um propulsor usado em uma bomba
25 centrífuga geralmente pode ter forma anular e algum material de moldagem pode ser retido na região central oca. A este respeito, a temperatura da superfície externa do fundido pode ser determinada a partir da câmara de temperatura atmosférica circundando o fundido.

30 Em um exemplo, quando o material sendo fundido for ferro fundido branco, o diferencial de temperatura pré-selecionado que é mantido em toda a espessura do fundido solidificado pode ser inferior a aproximadamente 100°C.

Novamente, se esse diferencial de temperatura pode variar para diferentes materiais, o diferencial é pré-selecionado para acomodar a diferença nas taxas de resfriamento do material (e, portanto, uma diferença de
5 contração entre, por exemplo, um interior e exterior do fundido), o que tende a prevenir ou evitar que o material rache ou quebre.

Em uma forma, antes de localizar o fundido solidificado na câmara, o molde pode ser totalmente
10 removido de um exterior do fundido. Por exemplo, quando o material de moldagem é composto de areia, a areia de moldagem pode ser retirada a partir do exterior do fundido por raspagem ou desalojamento das partículas de areia antes que o fundido seja localizado na câmara. Entretanto, como
15 mencionado acima, quando o fundido compreende um interior oco, pelo menos alguns, se não todos os materiais de moldagem podem ser mantidos quando no mesmo quando o fundido solidificado está localizado na câmara.

Além disso, durante a remoção do molde a partir
20 do exterior do fundido, os gases emitidos a partir do fundido na medida em que ele esfria podem ser ventilados, por exemplo, sendo extraídos ou afastados do fundido e do molde por um ventilador e direcionados para uma instalação de ventilação. Assim, o operador(es) pode ser protegido da
25 exposição a gases tóxicos (como o monóxido de carbono e dióxido de enxofre) que são emitidos a partir do fundido.

No método do primeiro aspecto, após a remoção do molde, pelo menos em parte, do fundido solidificado, o fundido pode ser elevado e depositado em uma base para a
30 câmara. Depois disso, um invólucro que constitui o restante da câmara pode ser localizado na base para confinar o fundido. Este procedimento pode ser simplesmente configurado e, assim, rapidamente aprovado para assim

reduzir o tempo de exposição do fundido para a atmosfera circundante antes de o mesmo ser confinado no interior da câmara. Durante este processo, a ventilação pode ser empregada para dissipar/capturar efluentes gasosos de
5 moldes nocivos como o monóxido de carbono e dióxido de enxofre.

O método do primeiro aspecto pode ser usado em conjunto tanto com a fundição de areia quanto com as técnicas de moldagem e fundição chamadas Replicast®
10 (desenvolvidas pela Castings Technology International).

Os inventores supõem que o método funciona porque o aparelho simula as propriedades de isolamento térmico do molde de areia, mas substitui o molde por uma barreira de ar relativamente grande, que é de menor capacidade térmica
15 e permite o resfriamento mais rápido.

Os inventores ainda supõem que, quando um material de ferro fundido branco está resfriando, ao longo do tempo, há uma transformação metalúrgica para formar martensita, que tem excelentes propriedades de dureza e é
20 desejável no produto final. No entanto, quando a martensita é formada também resulta em uma pequena expansão no tamanho do metal que sofreu suficiente resfriamento. Se a diferencial de temperatura entre uma porção mais quente e uma porção mais fria de um fundido solidificado for muito
25 grande, então durante o resfriamento uma "pele" ou camada externa de martensita dura pode se formar do lado de fora do fundido bem antes de tal metalurgia ser formada dentro do centro de uma seção do fundido. Quando o núcleo central do fundido, eventualmente, não resfria de forma suficiente
30 para formar a martensita, a pequena quantidade resultante da expansão que ocorre em seguida no metal pode levar a rachaduras da "pele" mais externa já endurecida do fundido. Isso pode causar uma falha catastrófica do fundido e

desperdício total. O presente método e aparelho inventivo podem resolver este problema através do resfriamento controlado e adequado através das seções do fundido.

5 No método do primeiro aspecto, e posterior ao processo de resfriamento, também pode haver uma etapa de aquecimento da câmara e do fundido da mesma por um intervalo predeterminado. Esta etapa de aquecimento pode ser feita para efetuar um processo de tratamento térmico no fundido, que é colocado na câmara. Ao invés de remover o
10 fundido da câmara após o intervalo em que a taxa de resfriamento controlada ocorre, a câmara pode estar operativamente conectada a uma fonte de calor externa para que possa ser aquecida. O aquecimento da câmara posterior ao resfriamento controlado do fundido pode atingir um
15 relaxamento *in situ* do fundido. Em um exemplo, para um produto de ferro fundido branco a câmara pode ser aquecida a cerca de 1000°C durante um intervalo predeterminado de cerca de 4 horas para efetuar o processo de tratamento térmico.

20 O método do primeiro aspecto pode compreender uma etapa adicional de remoção do fundido da câmara uma vez que tenha resfriado a uma temperatura predeterminada. Essa temperatura pode estar bem acima da temperatura ambiente, mas não tão alta que quando o fundido for removido da
25 câmara ele fissure ou quebre. Por exemplo, quando o material que está sendo fundido for um ferro fundido branco, a temperatura predeterminada em que o fundido é removido da câmara pode ser de cerca de 150°C.

Em um segundo aspecto é descrito um método para
30 resfriamento de um fundido recém solidificado, compreendendo a etapa de localização do fundido em uma câmara que o circunda completamente e facilita uma taxa de resfriamento controlada do fundido.

Como com o primeiro aspecto, o método do segundo aspecto pode reduzir os atrasos no processo de produção do fundido, bem como a formar mais rapidamente um aparelho e espaço essenciais disponíveis novamente.

5 A terminologia "recém solidificada" deve ser entendida por se referir a um fundido que tenha suficientemente se solidificado em um molde tal que possa ser transferido para a câmara.

10 Em outros aspectos, o método do segundo aspecto, pode fazer parte e ser implementado conforme o método do primeiro aspecto.

15 Além disso, no método dos primeiros e segundos aspectos, a etapa de localização do fundido em uma câmara deve ser entendido por incluir a localização *in situ* de uma câmara em torno do fundido recém solidificado pela formação de câmara, ou posicionamento de uma câmara pré-criada, na posição. Por exemplo, a remoção de apenas uma face de uma caixa de moldagem pode expor uma quantidade suficiente do fundido para, em seguida, permitir que a taxa de resfriamento controlada do fundido ocorra no interior da câmara.

20 Em um terceiro aspecto são descritos aparelhos de resfriamento de um fundido, o aparelho constituído por uma câmara que está adaptada para cercar completamente e facilitar uma taxa de resfriamento controlada do fundido.

25 Novamente, como no primeiro aspecto, o aparelho do terceiro aspecto pode acelerar o processo de produção do fundido, em que o aparelho pode ser mais rapidamente reutilizado no processo de produção. O uso de uma câmara circundante também é simples, econômico e eficiente em termos de espaço, quando comparado com aparelhos de tipo transportador. Estes aparelhos podem ser facilmente movidos por um operador, utilizando uma empilhadeira, armazenados e

até mesmo guardados durante o resfriamento, em situações onde há espaço de trabalho limitado. Estes aparelhos são bem adaptados a um processo de produção de fundição do tipo batelada, tal como descrito aqui.

5 Em uma forma do aparelho a câmara é isolada. Por exemplo, a câmara pode ser isolada com um material isolante com uma espessura pré-selecionada e/ou um coeficiente de transferência de calor pré-selecionado, cada um dos quais pode ser selecionado de modo a facilitar a taxa de
10 resfriamento controlada do fundido.

 Em uma modalidade, o material de isolamento pode ser uma manta refratária que reveste uma superfície interior da câmara. A manta refratária pode ser formada de um material de manta de magnésio-cálcio-silicato (como é
15 comercializado sob a marca Kaowool®, propriedade da Thermal Ceramics, Inc). No entanto, o material de isolamento especial, empregado, sua espessura e seu coeficiente de transferência de calor podem ser selecionados a partir de muitos materiais alternativos, a fim de melhor controlar e
20 otimizar a taxa de resfriamento do fundido.

 Em uma forma do aparelho, a câmara compreende uma base e um invólucro que é localizável na base para fechar a câmara. Por exemplo, quando a base e o invólucro são combinados eles podem ser moldados e configurados para
25 definir uma caixa quadrada ou retangular fechada. No entanto, a forma e configuração da base e do invólucro podem ser otimizadas ou aproximadas para o fundido especial, dependendo das circunstâncias.

 Além disso, a câmara é tipicamente formada por um
30 material que pode suportar a temperatura de um fundido recém-solidificado. Por exemplo, para um fundido de ferro fundido branco, a câmara pode ser fabricada em aço (como o aço doce).

Para certos materiais de fundição, onde uma taxa mais rápida de resfriamento pode ser tolerada (por exemplo, mais rápido do que 40°C/hora), o isolamento pode ser revertido e, opcionalmente, aberturas e/ou extratores podem ser incorporados ao invólucro. Alternativamente, para retardar a taxa de resfriamento, os gases com um isolamento/manta ou mesmo um efeito de aquecimento pode ser inicialmente introduzido e, em seguida, opcionalmente, confinado dentro da câmara durante o resfriamento.

Em um quarto aspecto é descrita um fundido que é produzido pelo método dos primeiros e segundos aspectos, ou que é produzido no aparelho do terceiro aspecto.

O fundido do quarto aspecto é geralmente, mas não exclusivamente, um material frágil e/ou um material que é suscetível a choque térmico. Em uma forma o fundido é de ferro fundido branco. Além disso, o ferro fundido branco pode ter um teor de cromo variando de 1,5 a 40% em peso e um teor de carbono variando de 0,5-5,5% em peso. Em outras modalidades, o ferro fundido branco pode ter um teor de cromo de 25 a 35% em peso.

A fundição pode formar qualquer componente de uma bomba, como um impulsor, uma voluta (casca/caixa/invólucro), um revestimento de bomba, uma bucha de entrada, e assim por diante. No entanto, uma vasta gama de componentes e formas pode ser produzida de acordo com o método e os aparelhos do primeiro ao terceiro aspecto, nem todas limitadas aos componentes das bombas.

Breve descrição dos desenhos

Não obstante quaisquer outras formas que possam estar no escopo do método e do aparelho, tal como estabelecido no Sumário, modalidades específicas do método e do aparelho serão agora descritas, por meio de exemplo, e com referência aos desenhos anexos, onde:

Figura 1 ilustra uma vista em perspectiva de uma modalidade da câmara de resfriamento; e

Figuras 2 a 6 esquematicamente representam a sequência de etapas que são seguidas em um método para a
5 produção de um fundido.

Descrição detalhada das Modalidades Específicas

Antes de descrever uma metodologia para o resfriamento de um fundido, referência será primeiramente feita a Figura 1 que ilustra uma vista em perspectiva de
10 uma modalidade de uma câmara adequada para facilitar o resfriamento controlado.

Na Figura 1, uma câmara para facilitar uma taxa de resfriamento controlada é apresentada sob a forma de uma caixa de resfriamento 10. A caixa 10 compreende um painel da base geralmente retangular 12 e um invólucro em forma de
15 uma cobertura 14, que é organizado com quatro painéis laterais retangulares 19 que estão juntos ortogonalmente um ao outro, e cada um dos quais dependendo de uma placa superior 20. O painel da base 12 é espaçado a partir do
20 solo por vigas ocas 16, que também são moldadas e localizadas para receber os dentes de uma empilhadeira para o levantamento do painel da base 12 e para o levantamento de uma caixa de resfriamento montada/carregada 10.

A cobertura 14 compreende uma abertura inferior
25 18 que é montável confortavelmente no painel da base 12 e através do qual um fundido que está localizado na base 12 é recebido em uso no interior da cobertura 14. A cobertura 14 tem uma placa superior 20 que fecha sua extremidade mais alta em uso e que é organizada em frente à abertura 18.
30 Quatro alças para ganchos 22 são fixadas na superfície mais externa superior da placa superior 20, na qual ganchos de agarramento de uma ponte rolante podem ser conectados (como

mostra a Figura 5). Isso permite a elevação, descida e movimento da cobertura 14 com relação à base 12.

O painel da base 12 e a cobertura 14 são fabricados a partir de painéis de aço doce que foram soldados juntos. Toda a superfície interior do painel da base 12 e cobertura 14 é revestida com uma manta refratária 24 formada a partir de um material de manta de magnésio-cálcio-silicato (MgCaSiO_2) (como Kaowool® propriedade da Thermal Ceramics, Inc.). A espessura e o coeficiente de transferência de calor do material da manta são selecionados para melhor controlar e otimizar a taxa de resfriamento do fundido.

Em uso, a caixa de resfriamento 10 circunda completamente um fundido para permitir que esta resfrie a uma taxa controlada. O uso de uma caixa, ao contrário de um forno de resfriamento mais complexo com um arranjo transportador, é simples assim como econômico e eficiente em termos de espaço.

Alguns Exemplos não limitantes de uma metodologia para o resfriamento de um fundido serão agora fornecidos e os quais fazem uso do aparelho mostrado na Figura 1. Referência também será feita à sequência do método esquemático representado nas Figuras 2 a 6.

Exemplo 1

Uma investigação foi feita para desenvolver um processo de fundição, que incorporou uma "ejeção" antecipada (remoção) de um componente fundido a partir de um molde de areia. Notou-se que muitos de tais componentes normalmente seriam permitidos para solidificar e resfriar lentamente no molde durante um período de vários (3-6) dias, para evitar que o componente rache e quebre.

Um componente de ferro fundido branco 30 para uma bomba centrífuga foi moldado a partir de metal fundido em

uma caixa de moldagem contendo areia 32 tendo um componente superior (metade superior) 34 e um componente inferior (metade inferior) 36. Permitiu-se que o componente 30 fosse solidificado e resfriado no molde durante um período de
5 cerca de 3 horas (um tempo determinado pelo módulo de fundição ou a razão entre o volume total dividido por área de superfície). Para componentes da bomba de ferro fundido branco, foi observado que a temperatura do componente caiu de cerca de 1390°C a cerca de 990-1000°C durante este
10 período.

Uma vez que o componente 30 tenha solidificado (mas ainda estivesse vermelho quente) o componente superior 34 da caixa de moldagem 32 foi removido pela elevação por uma ponte rolante 38 e afastado do componente inferior 36.
15 A moldagem por si só, sendo formada por um conjunto de material de areia, foi então geralmente rompida a partir do exterior do componente (por exemplo, sendo desfeito manualmente ou pelo uso de uma máquina remotamente operada). Dependendo do formato do componente, um pouco de
20 areia foi mantida dentro de seu núcleo (por exemplo, um impulsor de bomba tinha uma cavidade interna que foi observada se mantendo parcialmente cheia de areia).

Durante a remoção do componente superior 34 e remoção da areia a partir do exterior do componente 30 e
25 até o confinamento do componente 30 dentro da caixa de resfriamento 10', um ventilador 40 foi posicionado atrás do operador 42 para gerar um fluxo de ar para movimentar gases tóxicos liberados a partir do fundido 30 e molde para serem movidos na direção e para dentro de um sistema de extração
30 de fumaça 43. Esta exposição alivia quaisquer operadores 42 a esses gases.

O componente 30 foi, então, engatado e levantado por ganchos de agarramento para movê-lo para fora do

componente inferior 36, e para colocá-lo sobre o painel da base 12' da caixa de resfriamento 10'. A cobertura 14' foi, então, colocada em posição por uma ponte rolante 38, de modo a ser assentado no painel da base 12'. Termopares foram posicionados em cima, e dentro do componente 30, e dentro da caixa de resfriamento 10' em um local que é distanciado do componente 30. Ao longo do tempo, as gravações destes termopares têm permitido que o tipo de material de isolamento seja otimizado. Em um exemplo, isso foi conseguido pela seleção de um coeficiente de transferência de calor e espessura do material para que a taxa de resfriamento do fundido 30 fosse capaz de ser controlada para não exceder aproximadamente 40°C/hora.

O componente 30 foi confinado na caixa de resfriamento cheia de ar, isolada 10 e deixado resfriar de forma controlada durante um período de cerca de 2-5 dias. Os registros de temperatura tomados usando termopares garantiram que o diferencial de temperatura entre o interior e o exterior do componente fosse mantido em menos de aproximadamente 100°C para evitar que o material do fundido rachasse durante o período de resfriamento. Qualquer adaptação necessária no material de isolamento para manter esse diferencial foi notada e feita.

O fim do período de resfriamento foi expresso por uma temperatura do componente em que o componente 30 poderia ser retirado da caixa de resfriamento 10' e dentro da atmosfera circundante sem rachaduras devido ao choque térmico. Isto variou conforme o formato dos componentes, tamanho e material, mas para os componentes de ferro fundido branco estava geralmente em torno de 150°C.

Uma seqüência da metodologia esquemática de resfriamento é representada nas Figuras 2 a 6 e será agora descrita como segue:

• A Figura 2 mostra uma caixa de moldagem 32 sendo posicionada por um guindaste em uma área de trabalho A. Na área de trabalho, a base 12' de uma caixa de resfriamento 10' é posicionada adjacente à área de trabalho A. Também localizado ao lado da área de trabalho está uma unidade de extração 43 para extrair emissões de SO₂ e CO (por exemplo, que são emitidos quando a caixa de moldagem é aberta).

• A Figura 2 mostra também que um operador 42 posicionou uma unidade de ventilação 40, de modo a extrair ou mover o ar atmosférico através da caixa de moldagem 32 e em direção à unidade de extração 43, para evitar que os gases nocivos cheguem ao operador 42. Esse movimento do ar atmosférico foi mantido durante todo o procedimento de ejeção.

• A Figura 3 ilustra a remoção da face 34 da caixa de moldagem 32 que foi então colocada no chão da área de trabalho A ao lado da caixa de moldagem 30. A remoção da face 34 expõe um componente de bomba moldado 30 assentado na draga 36 da caixa de moldagem 32. O operador 42, em seguida, começou a romper com a moldagem de areia a partir do exterior do elemento 30, por exemplo, manualmente quebrando o conjunto de areia ou pelo uso de algum tipo de máquina de perfuração.

• A Figura 4 ilustra o componente 30 sendo retirado da draga 36 usando ganchos de agarramento 50 conectados a uma ponte rolante 38 para elevar e, em seguida, abaixar o componente 30 para o painel da base 12' da caixa de resfriamento 10'. Durante esse tempo será visto que a ventilação do ventilador 40 e extração de gases através da unidade de extração 43 são mantidas.

• A Figura 5 ilustra a cobertura da caixa de resfriamento 14' sendo elevada e abaixada até a base do

painel 12' para, assim, confinar o componente 30 dentro da caixa 10'.

• Finalmente, a Figura 6 indica que a caixa de resfriamento 10' pode ser removida da área de trabalho A (por exemplo, através de uma empilhadeira que insere os seus dentes nas vigas ocas 16'). O invólucro da caixa de resfriamento 10' do componente 30 é levado para outro local onde o resfriamento controlado do componente pode ocorrer, liberando assim a área de trabalho A para mais uma das atividades mostradas na Figura 2 a 5. Neste sentido, para minimizar a quantidade de espaço ocupado por essas caixas de resfriamento 10', as caixas 10' podem ser projetadas de modo que elas possam ser empilhadas umas sobre as outras (por exemplo, até três caixas de altura).

Durante toda a operação, o operador 42 geralmente é isolado do fundido 30, o máximo possível, através do uso cuidadoso e da colocação de ventilação e da ponte rolante e ganchos de agarramento.

Exemplo 2

Aplicando a metodologia do Exemplo 1, os seguintes resultados para diferentes componentes de bomba foram observados:

(a) Um impulsor de bomba centrífuga de 900 kg foi batido para fora do molde de areia 93 minutos após a fundição, e colocado dentro da caixa de resfriamento. O impulsor foi então capaz de ser retirado da caixa de resfriamento após 42 horas. Isto comparado favoravelmente com um tempo de residência do molde normal para resfriar 72 horas antes da ejeção.

(b) Um impulsor de bomba centrífuga de 2.190 kg foi batido para fora do molde de areia 180 minutos após a fundição, e colocado dentro da caixa de resfriamento. O impulsor foi então capaz de ser retirado da caixa de

resfriamento após 50 horas. Isto comparado favoravelmente com um tempo de residência do molde normal para resfriar 120 horas antes da ejeção.

(c) Um impulsor de bomba centrífuga de 1.200 kg foi batido para fora do molde de areia 95 minutos após a fundição, e colocado dentro da caixa de resfriamento. O impulsor foi então capaz de ser retirado da caixa de resfriamento após 44 horas. Isto comparado favoravelmente com um tempo de residência do molde normal para resfriar 144 horas antes da ejeção.

Em geral, os resultados podem ser resumidos na seguinte tabela:

Componente	Após ejeção	Removido da caixa de resfriamento após:	Porcentagem do aperfeiçoamento do tempo de execução	Max. Temp. de remoção da caixa de resfriamento
(a)	93 min.	42 horas	42%	219°C
(b)	3 horas	50 horas	58%	200°C
(c)	95 min.	44 horas	69%	220°C

Na tabela aplica-se a seguinte terminologia:

• "Porcentagem do aperfeiçoamento do tempo de execução" - refere-se à melhora no tempo de resfriamento do fundido de ferro fundido branco calculado, por exemplo, (a) pela diferença entre 72 horas (tempo de resfriamento normal do molde) e 42 horas (tempo na caixa de resfriamento), dividido por 72 horas - isso resulta em 42%.

• "Máxima Temperatura de remoção da caixa de resfriamento". - refere-se a temperatura máxima em que o fundido pode ser retirado da caixa de resfriamento, sem risco de rachar (abaixo da temperatura quando a expansão resultante da formação de martensita ocorre).

25 Observações

Embora fundições de ferro fundido branco sejam muito suscetíveis à quebra a partir do estresse térmico causado pela ejeção prematura do molde, a taxa de resfriamento mais rápida atingida pelo método e aparelho

descritos aqui não têm qualquer efeito adverso sobre a força ou integridade do produto da fundição final. Além disso, o método e aparelho permitiram um aumento no rendimento do processo de produção. Outras vantagens podem
5 ser resumidas como resultando na:

- melhora da disponibilidade da caixa de moldagem;

- uma redução no número de caixas de moldagem necessárias;

- 10 • um aumento da disponibilidade de reutilização da areia do molde;

- um tempo de resfriamento de fundição reduzido da ordem de 30-60%;

- 15 • uma melhoria no tempo de execução do fundido da ordem de 40-70%;

- uma maior flexibilidade na disposição do piso da área de trabalho;

- uma melhor utilização do espaço da planta.

O método e aparelho descritos neste documento
20 podem ser usados em conjunto com a areia de fundição e técnica de moldagem de fundição Replicast®.

Apesar de um método e aparelho para a produção e resfriamento de um componente de fundição terem sido descritos com referência a algumas modalidades específicas,
25 deve-se considerar que o método e o aparelho podem ser incorporados em muitas outras formas.

Por exemplo, dependendo do material do componente, a caixa de resfriamento pode ser fornecida com furos de ventilação de ar nas placas laterais ou superiores
30 para uma taxa de liberação de gases e calor aumentada. Isto pode ser controlado de modo a não configurar a circulação do ar significativa dentro da caixa, o que poderia de outra forma induzir o choque térmico e rachaduras ou quebras do

componente. Opcionalmente, ventiladores extratores podem ser incorporados ao invólucro em situações em que maiores taxas de resfriamento podem ser toleradas. A espessura e/ou parâmetros de desempenho do material de isolamento também
5 podem ser revertidos para aumentar a taxa de resfriamento.

Alternativamente, para retardar a taxa de resfriamento, os gases com um isolamento/manta ou mesmo um efeito de aquecimento (por exemplo, gases aquecidos controlados) podem ser inicialmente introduzidos e, em
10 seguida, opcionalmente, confinados e mantidos no interior da câmara durante o resfriamento. Este retardo da taxa pode ser realizado em conjunto com o aumento da espessura e desempenho de isolamento do material de isolamento.

Em uma forma deste, a câmara e o fundido podem
15 ser aquecidos por um intervalo predeterminado para conseguir uma têmpera ou algum outro tratamento de calor *in situ* do fundido. Em vez de introduzir gases aquecidos apenas como um meio de controlar a taxa de resfriamento da câmara, a câmara pode ser conectada a uma fonte direta de
20 aquecimento para elevar positivamente a temperatura interna. Este aquecimento pode ser direto, por exemplo, pelo uso de bicos de gás para gerar calor dentro da caixa, ou indiretamente, pela passagem dos gases quentes para a câmara.

25 Ao invés de remover o fundido da câmara após o intervalo em que a taxa de resfriamento controlada ocorre, o fundido na câmara pode ser reaquecido, o que poupa custos de aquecimento e tempo de ciclo. Por exemplo, em uma modalidade o fundido é resfriado a temperatura ambiente na
30 câmara, e então movido para uma segunda posição para ser dimin  ido e arrumado. Dependendo disso, o fundido pode, então, precisar ser submetido a tratamento térmico, o que exige o reaquecimento do fundido em uma segunda câmara ou

forno, por exemplo, no caso de um produto de ferro fundido branco por aquecimento o fundido de cerca de 1.000°C para um intervalo predeterminado de cerca de 4 horas para efetuar o processo de tratamento térmico.

5 Manter o fundido na câmara de resfriamento após o intervalo, e em seguida, submeter o fundido ao reaquecimento pode economizar custos de reaquecimento em cerca de 20-25%, porque não há necessidade de se reaquecer o fundido da temperatura ambiente até a temperatura de
10 tratamento. Além disso, o tempo do ciclo pode ser consideravelmente reduzido, porque o atraso no reaquecimento do produto, bem como as perdas de tempo de transferência para e de aparelhos de reaquecimento, são reduzidos.

15 O método e o aparelho podem ser particularmente e eficazmente aplicados para o resfriamento de fundidos de componentes da bomba, tais como impulsores, casca/caixa/invólucro (volutas), revestimentos de bombas (como forros de placa de apoio), buchas de entrada e assim
20 por diante. No entanto, uma vasta gama de componentes de fundição independentes e formatos podem ser resfriados de acordo com o método e usando o aparelho aqui descrito.

 Além disso, o método e o aparelho podem ser particularmente e eficazmente aplicados ao resfriamento de
25 ligas de ferro fundidas e de certos outros metais e materiais contendo metais, especialmente materiais de fundição quebradiços e/ou materiais de fundição que são suscetíveis a choques térmicos.

 Além disso, ao mesmo tempo uma manta refratária
30 formada a partir de um material de magnésio-cálcio-silicato foi descrita e testada, outros materiais de manta podem ser empregados com certos materiais de fundição, como mantas de fibra de cerâmica, mantas de fibra de silicato de magnésio

vítreo, e outras mantas do tipo sílica incluindo os fios de fibras de alumina-zircônia-sílica, etc.

Em um arranjo mais alternativo, a etapa de localização do fundido em uma câmara pode ocorrer *in situ* do molde - isto é, a câmara poderá ser formada em torno do fundido recém solidificado após a ejeção, mas sem mover o fundido. Em tal exemplo, tudo o que pode ser necessário é a remoção da face de uma caixa de moldagem. Um invólucro da câmara pode ser adaptado para a colocação diretamente sobre a draga da caixa de moldagem. Essa variação pode surgir quando, por exemplo, uma quantidade suficiente de fundido é exposta pela remoção da face. A caixa de moldagem pode também ser re-projetada para ajudar a facilitar esta colocação do invólucro *in situ* e resfriamento controlado.

Na descrição acima das modalidades preferidas, a terminologia específica foi utilizada com maior clareza. No entanto, a invenção não se destina a ser limitada às condições específicas assim selecionadas, e é para ser entendido que cada termo específico inclui todos os equivalentes técnicos que operam de forma semelhante para realizar um propósito técnico semelhante. Os termos como "superior", "inferior", "ascendente", "regiões mais externas", e semelhantes são usados como palavras de conveniência para fornecer pontos de referência e não devem ser interpretados como termos limitantes.

A fim de evitar a repetição, e para a facilidade de referência, os componentes e características semelhantes das modalidades alternativas que são mostrados nos desenhos diferentes foram designadas com um apóstrofo adicional, tal como o painel da base 12 na Figura 1 e painel da base 12' nas Figuras 2 a 6.

Apesar de o método e o aparelho terem sido descritos com referência a um número de modalidades

preferidas, deve-se considerar que o método e o aparelho podem ser incorporados em muitas outras formas.

Nas reivindicações seguintes e na descrição anterior, salvo disposições em contrário, devido à
5 linguagem expressa ou implicação necessária, as palavras "compreender" e variações como "compreende" ou "compreendendo" são usadas em um sentido abrangente, ou seja, para especificar a presença das características indicadas, mas não exclui a presença ou adição de novos
10 elementos em várias modalidades do método e aparelho.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para resfriamento de um fundido que é suscetível a choque térmico e/ou fratura, o método compreendendo as etapas de:

5 despejar material fundido em um molde para formar o fundido (30);

 permitir a solidificação do material fundido;

 remover do molde (32), pelo menos em parte, o fundido (30) solidificado resultante;

10 caracterizado pelo fato de que o fundido (30) solidificado é colocado em um painel de base (12) de uma câmara de resfriamento (10); e

 uma tampa (14) da câmara de resfriamento é localizada no painel de base (12), de modo que o(s)
15 painel(éis) lateral(is) da tampa (14) do painel de base (12) é(são) espaçado(s) do fundido (30), onde é colocado no painel de base (12), por meio da qual a câmara de resfriamento (10) é passível de circundar completamente o fundido (30) solidificado e facilitar a transferência de
20 calor entre o fundido (30) solidificado e a câmara (10) de modo que a taxa de resfriamento do fundido (30) é passível de ser controlada pela câmara de resfriamento (10), por meio da qual choque térmico e/ou fratura é mitigado.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1,
25 caracterizado pelo fato de que a câmara (10) é isolada (24) para facilitar a taxa de resfriamento controlada do fundido (30).

3. Método, de acordo com a reivindicação 2,
caracterizado pelo fato de que o material de isolamento
30 (24), a espessura e/ou o coeficiente de transferência de calor dos mesmos são selecionados para atingir a taxa de resfriamento controlada do fundido (30).

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que quando o material que está sendo fundido é um ferro fundido branco, a taxa de resfriamento do fundido é controlada para não ser mais do
5 que cerca de 40 °C/hora.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a câmara (10) é isolada (24) de modo a manter um diferencial de temperatura pré-selecionado entre uma parte mais quente
10 e uma parte mais fria do fundido (30) solidificado.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a parte mais quente é localizada dentro do fundido (30) solidificado e a parte mais fria é localizada em uma superfície externa do fundido
15 (30) solidificado.

7. Método, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que quando o fundido (30) compreende um corpo com um interior oco, no qual algum material de molde foi mantido, a câmara (10) é isolada (24)
20 de modo a manter um diferencial de temperatura pré-selecionado entre (a) o interior oco do fundido solidificado em contato com o material de molde e (b) uma superfície externa do fundido (30) solidificado.

8. Método, de acordo com qualquer uma das
25 reivindicações 5 a 7, caracterizado pelo fato de que a temperatura da superfície externa do fundido (30) é determinada a partir da temperatura atmosférica da câmara circundando o fundido (30).

9. Método, de acordo com qualquer uma das
30 reivindicações 5 a 8, caracterizado pelo fato de que o diferencial de temperatura pré-selecionado é determinado pelo material que está sendo fundido.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que quando o material que está sendo fundido é ferro fundido branco, o diferencial de temperatura é inferior a aproximadamente 100 °C.

5 11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que antes de localizar o fundido (30) solidificado na câmara, o molde (32) é removido do exterior do fundido (30).

10 12. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que compreende uma etapa adicional de ventilar os gases emitidos a partir do molde (32) durante a remoção do molde (32) a partir do exterior do fundido (30).

15 13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que, posteriormente ao processo de resfriamento, o método compreende adicionalmente a etapa de aquecer a câmara (10) e o fundido (30) na mesma por um intervalo predeterminado.

20 14. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a etapa de aquecer a câmara (10) efetua um processo de tratamento térmico no fundido (30).

25 15. Método, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a câmara (10) é aquecida a cerca de 1000 °C durante um intervalo predeterminado de cerca de 4 horas para efetuar o processo de tratamento térmico.

30 16. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que compreende uma etapa adicional de remover o fundido (30) da câmara (10), uma vez que tenha resfriado até uma temperatura predeterminada.

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que quando o material que está sendo fundido é um ferro fundido branco, a temperatura predeterminada é de aproximadamente 150 °C ou menos.

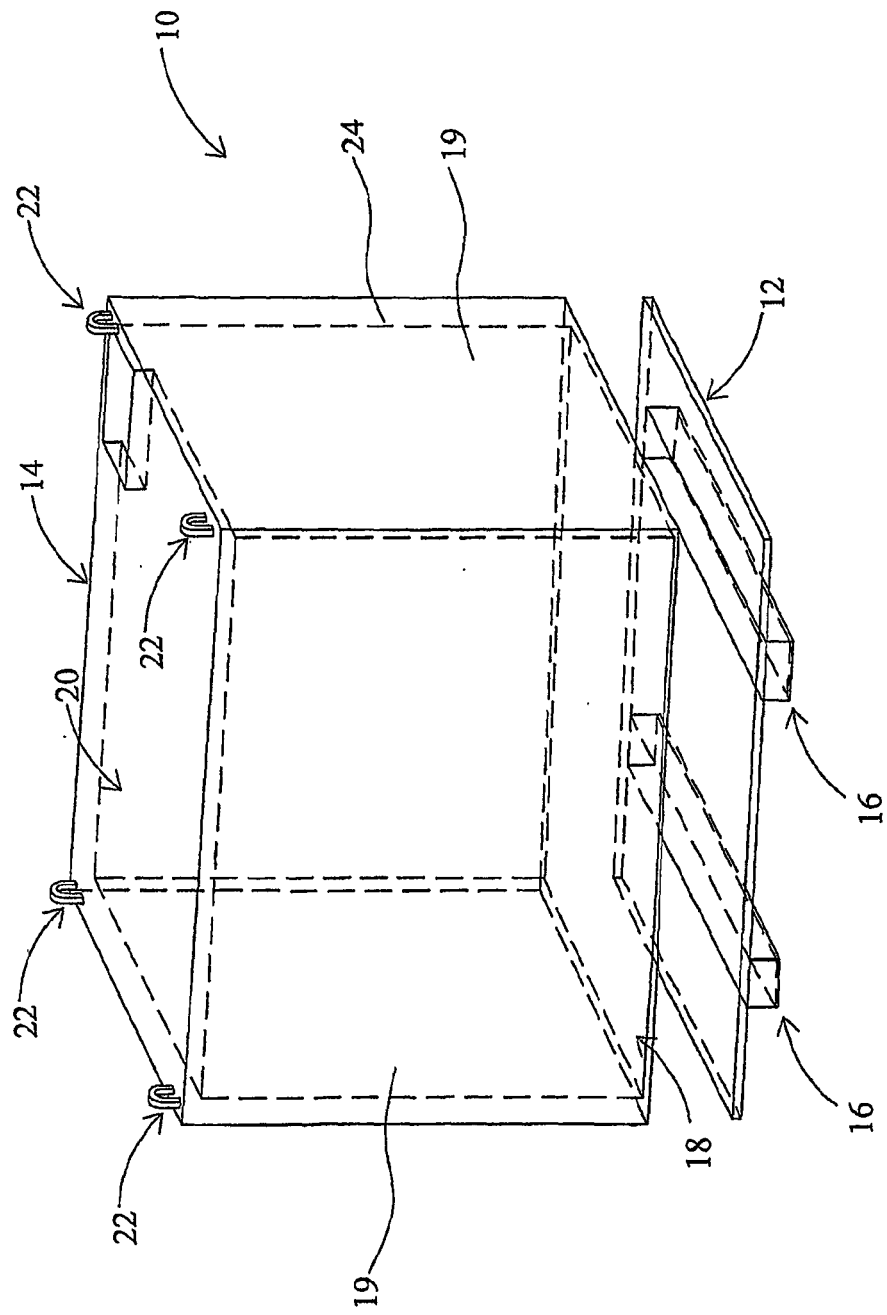
5 18. Aparelho para resfriamento de um fundido do tipo batelada, que é suscetível a choque térmico e/ou fratura, o aparelho compreendendo uma câmara (10) tendo um painel de base posicionado para receber um fundido de metal no mesmo e uma tampa (14), a tampa (14) sendo estruturada
10 para se levantar para uma posição em contato com e no painel de base, caracterizado pelo fato de que a tampa (14) tem painel(éis) lateral(is) disposto(s) para se localizar(em) no painel de base (12) para ser(em) espaçado(s) de um fundido (30), onde é recebido no painel
15 de base (12) para prover um fechamento da câmara (10) que é adaptada para circundar completamente e facilitar uma taxa de resfriamento controlada do fundido (30) posicionado na câmara (10), a tampa (14) definindo um espaço interior da câmara (10) tendo uma superfície interior que é revestida
20 com o material isolante (24) de modo que a transferência de calor do fundido (30) é transferida para o material isolante (24), por meio do qual choque térmico e/ou fratura é mitigado.

 19. Aparelho, de acordo com a reivindicação 18,
25 caracterizado pelo fato de que a câmara (10) é isolada com um material isolante (24) tendo uma espessura pré-selecionada e/ou um coeficiente de transferência de calor pré-selecionado.

 20. Aparelho, de acordo com a reivindicação 19,
30 caracterizado pelo fato de que o material de isolamento (24) é uma manta refratária (24) que reveste uma superfície interior da câmara (10).

21. Aparelho, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que a manta refratária (24) é formada a partir de um material de magnésio-cálcio-silicato.

- 5 22. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 21, caracterizado pelo fato de que a câmara (10) é formada por um material que pode suportar a temperatura de um fundido (30) recém-solidificado.

*Fig. 1*

