



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

(21) PI 0720413-2 A2



\* B R P I 0 7 2 0 4 1 3 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 17/12/2007  
(43) Data da Publicação: 31/12/2013  
(RPI 2243)

(51) Int.Cl.:  
B22D 35/06  
B01J 19/02  
C04B 35/58

(54) Título: APARELHO DE TRANSFERÊNCIA DE METAL EM FUSÃO E MÉTODOS DE FORNECER CALOR A UM METAL EM FUSÃO QUE ESCOA ATRAVÉS DE UM APARELHO DE TRANSFERÊNCIA DE METAL E DE AQUECER UMA SEÇÃO DE UM CANAL DE TRASNFERÊNCIA DE METAL EM FUSÃO

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 19/12/2006 US 60/876045

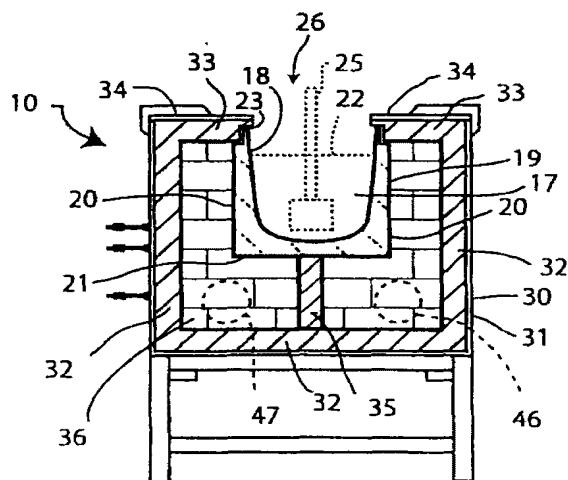
(73) Titular(es): Novelis INC.

(72) Inventor(es): Eric W. Reeves, Jason D. Hymas, Richard Scott Bruski

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & Cia.

(86) Pedido Internacional: PCT CA2007002275 de 17/12/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/074134de 26/06/2008



“APARELHO DE TRANSFERÊNCIA DE METAL EM FUSÃO E MÉTODOS DE FORNECER CALOR A UM METAL EM FUSÃO QUE ESCOA ATRAVÉS DE UM APARELHO DE TRANSFERÊNCIA DE METAL E DE AQUECER UMA SEÇÃO DE UM CANAL DE  
5 TRANSFERÊNCIA DE METAL EM FUSÃO”

### CAMPO TÉCNICO

Esta invenção diz respeito a aparelho usado para transferir metais em fusão durante operações de lingotamento e similares. Mais particularmente, a invenção diz respeito a aparelho e métodos de prover calor a metais em fusão transferidos em tal aparelho para impedir solidificação do metal, resfriamento excessivo, ou efeitos similares, durante a passagem através de tal aparelho.  
10

### FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

É prática comum durante operações de lingotamento de metal fazer com que um metal em fusão escoe através de um canal alongado (algumas vezes denominado calha), por exemplo, de um forno de fusão para um molde de lingotamento. Tais canais são feitos de um material que pode resistir à exposição ao metal em fusão por um período de tempo razoável sem dano excessivo, e as condições devem ser tais que o metal não resfrie abaixo de sua temperatura de solidificação (solidus) antes de atingir seu destino.  
15 Quando canais deste tipo são bastante pequenos, um rápido escoamento (por exemplo, relativamente bastante inclinado) ou de capacidade de contenção de metal relativamente pequena, existe pouco risco de solidificação do metal. Recentemente, entretanto, várias novas práticas tornaram necessário prover canais de maior capacidade, maior comprimento e/ou menor fluxo, particularmente na tecnologia de tratamento de alumínio. Por exemplo, a patente U.S. 5.527.381 de Peter D. Waite, et al., que foi concedida em 18 de junho de 1996, revela um método de tratar um metal em fusão com um gás para remover hidrogênio dissolvido e outras impurezas à medida que o metal  
20  
25

escoa através de um canal ou calha. O tratamento pode ser feito de forma mais completa se o canal for de grande capacidade de contenção de metal e o metal for forçado a escoar a uma baixa velocidade de produção. Similarmente, é agora possível co-lingotar diferentes metais em fusão para formar um único lingote por lingotamento com resfriamento direto, e o metal em fusão usado para uma camada de revestimento de um lingote como este é em geral lingotado em quantidades muito menores que o metal em fusão usado para uma camada de núcleo, de forma que o metal da camada de revestimento deve escoar muito mais lentamente para o aparelho de lingotamento do que o metal do núcleo. Adicionalmente, metal em fusão é algumas vezes filtrado em filtros de espuma cerâmica para remover partículas sólidas, e o uso de tais filtros pode reduzir o fluxo de metal em fusão através de um canal. Conseqüentemente, em aplicações tais como essas e outras, o risco de solidificação de metal (ou resfriamento excessivo) no canal é aumentado.

Uma maneira de eliminar o risco de solidificação de metal é aquecer o metal no canal ou o próprio canal. Metal no canal pode ser aquecido direcionando-se uma chapa para a superfície superior do metal à medida que ele escoa através do canal, mas isto tem a desvantagem de que oxidação do metal na superfície é assim acelerada, particularmente se o metal for alumínio ou uma liga de alumínio. O aquecimento do canal pode ser realizado provendo-se aquecedores elétricos na superfície interna do canal, ou adjacentes a ela, mas geralmente tais aquecedores são lentos para transferir calor para o metal e, portanto, nem sempre são muito efetivos em aplicações deste tipo.

Duas patentes ilustram o tipo de abordagem feita no passado. A patente U.S. 5.744.093 de John A. Davis, que foi concedida em 28 de abril de 1988, revela a provisão de um canal coberto para prover maior isolamento. Gases que emergem do canal são arrastados para uma câmara de pressão, e

calor pode ser introduzido acima do metal por meio de um arranjo de queimadores que penetra na tampa do canal. Gases de combustão do queimador são então extraídos do espaço acima do metal quer ao ser extraído para a câmara de pressão.

5                   A patente U.S. 3.942.473, que foi concedida em 9 de março de 1976 a Charles M. Chodash, diz respeito à adição de cobre e fornece um canal encerrado com um espaço de topo coberto acima do canal de metal. O metal é mantido a uma temperatura elevada tanto provendo-se aquecedores radiantes no espaço de topo quanto direcionando chamas de gás para as superfícies 10 superior e inferior do canal.

Existe uma necessidade de melhoria do aquecimento dos canais de transferência de metal, particularmente para canais de grande capacidade e/ou baixa produção, e particularmente para aparelhos destinados ao uso com alumínio e ligas de alumínio.

15                  REVELAÇÃO DA INVENÇÃO

Em aspectos exemplares, são providos um método e aparelho para prover calor a um metal em fusão que escoa através de um aparelho de transferência de metal. Gases de combustão quentes, gerados por um queimador ou similares, são usados para aquecer um material condutor de calor que entra em contato com o metal em fusão. Entretanto, os gases de combustão quentes são mantidos fora de contato com o metal em fusão e são usados para aquecer o metal somente pela condução através do material refratário. O material condutor de calor pode ser usado para formar uma seção 20 de um canal, um elemento de canal de transferência, ou apenas uma parte de um canal ou canal de transferência, ou como um inserto ou corpo que faz contato com o metal em fusão. Os gases postos em contato com o material condutor de calor são confinados em um ou mais encerramentos que 25 permitem que gases escoem através do aparelho na forma de uma corrente, impedindo ainda contato dos gases de combustão com metal em fusão isolado

(e, preferivelmente, também a atmosfera externa que envolve o aparelho).

Uma modalidade exemplar fornece um aparelho de transferência de metal em fusão, compreendendo um canal de transferência de metal em fusão, um encerramento para receber e circular gases de combustão, 5 impedindo ainda a entrada dos ditos gases no dito canal, um corpo condutor de calor de material que separa pelo menos parte do dito canal de transferência do dito encerramento, e um dispositivo de combustão para gerar gases de combustão e distribuir os ditos gases no dito encerramento. Em uso, calor dos ditos gases de combustão é transferido para o metal em fusão 10 contido no dito canal através do dito corpo de material condutor de calor. Conseqüentemente, o metal em fusão é aquecido pelos gases de combustão, mas os gases são mantidos fora de contato direto com o metal em fusão no canal.

O corpo condutor de calor de material pode formar um 15 elemento alongado (com uma superfície de contato do metal definindo o canal e uma outra superfície que faz contato com os gases de combustão, por exemplo, uma superfície externa do elemento alongado). Em um caso desses, o elemento alongado pode ser uma seção do canal aberta no topo ou um tubo 20 ou tubos encerrados. Alternativamente, o corpo condutor de calor de material pode ser separado de um elemento que define o canal, por exemplo, ele pode ser um elemento tubular que estende-se até o canal formado em um elemento alongado.

Em uma outra modalidade exemplar, a invenção fornece um 25 aparelho de canal de transferência de metal em fusão. O aparelho inclui uma seção do canal de transferência de metal em fusão com uma extremidade superior e uma superfície externa que estende-se da extremidade superior em torno da seção do canal. Um encerramento encerra pelo menos parcialmente a superfície externa da seção do canal, e o encerramento contém pelo menos uma câmara adjacente à superfície externa. Uma entrada da câmara, ou uma

entrada de cada câmara, quando existir mais de uma, é provida, através da qual gases de combustão quentes são introduzidos na câmara, ou em cada câmara. Uma saída da câmara, ou de cada câmara, é também provida, através da qual gases de combustão quentes são removidos depois de escoar como 5 uma corrente através da(s) câmara(s), transferindo assim calor para a seção do canal através da sua superfície externa. O aparelho preferivelmente comprehende adicionalmente pelo menos um gerador de gases de combustão quentes, tal como um queimador de combustível, posicionado na entrada da câmara, ou de cada câmara.

10                  Uma outra modalidade exemplar fornece um método de prover calor a um metal em fusão que escoa através do aparelho de transferência de metal provido com pelo menos um canal para transferir o dito metal em fusão, um encerramento para receber e circular gases de combustão e um corpo de material condutor de calor que separa pelo menos parte do dito canal do dito 15 encerramento, o dito método compreendendo transferir metal em fusão através do canal, gerar gases de combustão, fazer com que os gases de combustão penetrem e circulem através do encerramento, ao mesmo tempo confinando os ditos gases de combustão para impedir que os ditos gases de combustão entrem no dito canal.

20                  Também uma outra modalidade exemplar fornece um método de aquecer uma seção de um canal de transferência de metal em fusão que tem uma extremidade superior e uma superfície externa que estende-se da extremidade superior em torno da seção do canal. O método compreende gerar pelo menos uma corrente de gases de combustão quentes, e direcionar a 25 pelo menos uma corrente para escoar através de um volume encerrado em volta de pelo menos parte da superfície externa da seção do canal de transferência de metal em fusão. A superfície externa do canal é assim exposta à corrente de gases de combustão quentes, fazendo assim com que o calor seja transferido para a seção do canal e seus conteúdos através da

superfície externa.

Preferivelmente, os gases de combustão quentes são gerados por um queimador que cria uma corrente de gases quentes e uma chama introduzida no encerramento. Os gases de combustão são normalmente usados diretamente, isto é, sem ter a oportunidade de resfriar até nenhum ponto significativo. Idealmente, os gases de combustão quentes são preferivelmente confinados para seguir um caminho sinuoso enquanto em contato com o material refratário condutor de calor e, idealmente, substancialmente toda a superfície do material condutor de calor oposta à superfície de contato do metal é exposta aos gases quentes.

O corpo condutor de calor pode ser feito de qualquer material que tem condutividade térmica suficiente para permitir que calor passe a uma taxa efetiva dos gases de combustão quentes para o metal em fusão no canal, quando usado em espessuras apropriadas, para prover bom suporte para o metal em fusão e um aparelho robusto. Uma "taxa efetiva" de passagem de calor, certamente, é uma taxa suficiente para atingir o efeito desejado (por exemplo, aquecimento do metal em fusão, retenção de temperatura do metal, ou resfriamento mais lento do metal à medida que ele passa através do canal). Embora qualquer espessura efetiva de material possa ser usada, seções transversais mais finas são melhores em virtude de elas serem menos resistentes à passagem de calor, desde que a resistência adequada seja mantida. A espessura selecionada em geral não é maior que a exigida para resistência adequada da seção do canal e um bom suporte dos metais em fusão. Normalmente, materiais efetivos são usados em espessuras que variam de 0,25 polegada (6,35 milímetros) até 12 polegadas (304,8 milímetros), ou 0,5 polegada (12,7 milímetros) a 6 polegadas (152,4 milímetros), mais preferivelmente 1 a 8 polegadas (25,4 a 203,2 milímetros), e ainda mais preferivelmente 2 a 6 polegadas (50,8 a 152,4 milímetros), dependendo do tipo de material empregado, embora seções mais finas ou mais espessas não

sejam excluídas. Certamente, a espessura não tem que ser constante em todos os pontos no material, e espessuras podem variar de ponto a ponto, da maneira necessária, tal como a composição do material.

Materiais condutores de calor adequados incluem, por exemplo, componentes de metal refratário ou metais sólidos. Muitos metais sólidos são atacados pelo metal em fusão em movimento do mesmo tipo, ou de tipos diferentes, e portanto não são adequados, a menos que a superfície de contato do metal seja protegida de alguma maneira. Ferro fundido foi considerado com uma boa resistência ao ataque por metal em fusão (por exemplo, ligas de alumínio) e a superfície de contato com o metal pode ser ainda mais protegida aplicando-se um revestimento fino de um componente de metal refratário, por exemplo, nitreto de boro. Componentes de metal refratários podem ser usados em vez de metal, desde que eles tenham boa condutividade térmica, ou podem ser usados em seções finas. Tais materiais são em geral resistentes a altas temperaturas, resistentes ao choque térmico, não reativos com metal em fusão, e têm baixos coeficientes de expansão. Entretanto, óxidos de metais refratários, por exemplo, alumina, sílica e óxido de cálcio, são geralmente considerados isolantes térmicos, e podem não ser adequados (a menos que misturados com materiais mais condutores ou usados em seções muito finas) em virtude de terem baixa condutividade térmica (por exemplo, normalmente menor que cerca de 2 Watts/metro-Kelvin (W/mK)). Por outro lado, carboneto de silício, nitreto de boro e nitreto de silício são materiais adequados (embora nitreto de boro seja extremamente caro, e é, portanto, improvável de ser usado na prática enquanto seu preço permanecer tão alto).

Observou-se que refratários condutores de calor contendo carboneto de silício são particularmente preferidos, algumas vezes protegidos com uma camada de sílica para impedir oxidação a altas temperaturas. Embora carboneto de silício possa ser usado na sua forma pura, ele é

geralmente misturado na forma granular com ligantes e outros componentes refratários em água, fundidos, secos e curados para formar um sólido denso. Quanto maior a proporção de carboneto de silício, tanto maior a condutividade térmica do refratário resultante.

5     DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

A figura 1 é uma vista plana de topo de um aparelho de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A figura 2 é uma vista lateral do aparelho da figura 1;

A figura 3 é uma vista de extremidade do aparelho da figura 1;

10       A figura 4 é uma seção transversal vertical do aparelho da figura 1 feita na linha IV-IV mostrada na figura 2;

A figura 5 é uma seção transversal horizontal do aparelho da figura 1 feita na linha V-V mostrada na figura 2;

15       A figura 6 é uma seção transversal longitudinal vertical do aparelho da figura 1 feita na linha VI-VI mostrada na figura 1;

A figura 7 é uma seção transversal longitudinal vertical central do aparelho da figura 1 feita na linha VII-VII mostrada na figura 1;

A figura 8 é uma seção transversal similar à figura 5 de uma modalidade alternativa da presente invenção;

20       A figura 9 é uma seção transversal similar à da figura 7, mas mostrando uma modalidade modificada na qual o canal tem uma profundidade constante em todo seu comprimento, e uma tampa isolante sobre o topo aberto;

25       A figura 10 é uma seção transversal de uma modalidade exemplar alternativa; e

A figura 11 é uma seção transversal de ainda uma outra modalidade alternativa.

MELHOR MANEIRA PARA REALIZAR A INVENÇÃO

Uma primeira modalidade exemplar de um aparelho de

transferência de metal em fusão está mostrada nas figuras 1 a 7 dos desenhos anexos. Esta modalidade particular é para uso com válvulas de desgaseificadores de metal destinados ao uso com alumínio ou ligas de alumínio fundido, formando assim uma unidade de desgaseificação de metal em linha compacta que pode, por exemplo, ser incorporada em um canal ou calha convencional, que vai de um forno de fusão de metal até um aparelho de lingotamento. Uma modalidade exemplar pode ser destinada ao uso com outros metais em fusão.

O aparelho está indicado no geral pelo número de referência 10 e inclui uma seção 11 de canal de transferência de metal constituído de até duas partes de canal 12 e 13 que apóiam-se uma na outra em uma junção 14. A seção do canal 11 age como um elemento formador de canal alongado que transfere metal em fusão através do aparelho. Apoando-se na seção do canal 11 em uma extremidade à montante está um elemento de entrada do canal 15, 15 e apoando-se na seção do canal 11 em uma extremidade à jusante está um elemento de saída do canal 16. Todas essas partes são de seção transversal com forma geral de U e são feitas de um corpo de material cerâmico refratário condutor de calor, o mesmo material preferivelmente sendo usado para todas essas partes. Embora a maioria dos canais de transferência de metal em fusão seja feita de refratários isolantes, por exemplo, óxidos de metal, projetados para impedir resfriamento excessivo do metal em fusão à medida que ele é transferido através do canal, a seção do canal 11 por sua vez é condutora de calor. O material refratário preferido usado com este propósito é uma cerâmica fundida densa com uma alta condutividade térmica feita de carboneto de silício (SiC), ou contendo este. Este material é resistente a alta temperatura e ao ataque por alumínio e a maioria das ligas de alumínio nas suas temperaturas de lingotamento normais. A condutividade térmica de tais cerâmicas aumenta à medida que o teor de SiC aumenta e, portanto, é desejável usar pelo menos 25%, mais preferivelmente pelo menos 50%, e

ainda mais preferivelmente pelo menos 65% de SiC na composição. SiC fundido puro pode ser usado, mas é caro e um pouco frágil. Um material particularmente preferido tem a seguinte composição.

SiC                  80% em peso

5                      Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>                  15% em peso

                          SiO<sub>2</sub>                  3% em peso

Equilíbrio componentes refratários diversos.

Este material tem uma densidade de cerca de 2,4 gramas por centímetro cúbico e uma condutividade térmica na faixa de 9,4 a 10,8 W/mK.

10                     Arranjados da maneira mostrada, o elemento de entrada 15, seção do canal 11 e elemento de saída 16 são firmemente agrupados, possivelmente sob compressão longitudinal resiliente provida pelas placas de extremidade carregadas por mola (não mostradas), normalmente sem nenhum componente de união ou vedação, para formar um canal de transferência 17 com topo aberto alongado contínuo para transferir metal em fusão na direção da seta A de um lado do aparelho ao outro. Embora não mostrados nos desenhos, os elementos de entrada e saída são, em uso, unidos no outro aparelho de transferência de metal ou partes de canal usando dispositivos padrões de anexação. Na modalidade ilustrada, o elemento de entrada 15 e o elemento de saída 16 incorporam ligeiras inclinações para baixo de suas respectivas extremidades externas até suas extremidades internas, tornando assim o canal de transferência 17 um pouco mais profundo na seção do canal 11 do que nas extremidades de entrada e saída extremas (ver figura 7). Entretanto, deve-se notar que uma seção profunda deste tipo em um canal 20 pode dificultar a remoção de todo o metal entre operações de transferência de metal, e assim a seção do canal 11 e os elementos 15 e 16 podem, alternativamente, ser feitos com uma profundidade constante, se preferido.

25

Como mostrado mais claramente na figura 4, a seção do canal 11 tem uma extremidade superior 23, uma superfície interna 18 que define

parte do canal de transferência 17 e uma superfície externa 19 formando paredes laterais planas 20 e parede inferior plana 21 que delimitam a dimensão externa física da seção do canal. Uma vez que o canal de transferência 17 aberto ocupa a maior parte da extremidade superior 23, não existe virtualmente superfície externa do canal na extremidade superior do canal. A espessura da seção do canal entre a superfície interna 18 e a superfície externa 19 é suficiente para confinar e suportar metal em fusão sem escoamento. Pode-se ver que o canal de transferência 17 formado na seção do canal 11 é relativamente ampla e profunda, e assim ela pode conter uma grande quantidade de metal em fusão quando suficientemente cheia (por exemplo, até o nível 22 mostrado pela linha tracejada na figura 4). Certamente, em outras modalidades, a seção do canal de transferência pode ser modelada e dimensionada diferentemente de maneira a se adequara a aplicações particulares, e pode ser, por exemplo, retangular, em forma de V ou semicilíndrica. Como já mencionado, o aparelho desta modalidade exemplar destina-se ao uso com desgaseificadores de metal (por exemplo, injetores de gás rotativos, um dos quais 25 está representado em linhas tracejadas na figura 4); e a profundidade e forma ampla e dimensão do canal de transferência 17 permitem ambiente suficiente para a imersão e uso de tais desgaseificadores, uma boa cabeça de metal acima dos pontos de inserção de gás (que melhora as operações de desgaseificação e limpeza de metal), e opcionalmente uma velocidade relativa baixa de fluxo de metal através do canal de cerca de 3 metros/minuto ou menos (em outras aplicações onde a seção do canal é usada basicamente para distribuição de metal, uma maior vazão de 4 a 9 metros/minuto é mais comum e preferida). A forma seccional transversal particular e o tamanho do canal de transferência 17 também significam que a razão da superfície do metal em fusão 22 exposta à atmosfera em relação ao volume de metal em fusão contido é bastante pequena, e assim a oxidação superficial não apresenta exatamente um

problema, como seria o caso para um canal mais raso ou mais largo. Uma tampa (não mostrada nesta modalidade, mas veja o elemento 60 da figura 9) pode ser posicionada sobre o canal de transferência 17 para reduzir perda de calor do metal em fusão, embora, nesta modalidade, uma tampa como esta (se usada) exija furos para permitir que os injetores de gás 25 passem através dela.

Como se pode ver nos desenhos, a seção do canal 11 é envolta em todos os lados, exceto no topo aberto 26 do canal de transferência 17, por um encerramento na forma de um alojamento 30 compreendendo um tanque com lados de metal 31 revestido com material refratário isolante térmico 32 feito, por exemplo, de tijolos queimados empilhados lado a lado, ou um sobre o outro, opcionalmente sem nenhum composto de união ou vedação, embora uma argamassa refratária possa ser usada entre os tijolos, se desejado. O topo aberto do tanque é mais largo que a seção do canal 11 e as folgas entre os lados do tanque e as bordas superiores da seção do canal são também ligadas e isoladas por blocos refratários 33, por exemplo, tijolos cerâmicos assentados transversalmente em relação à dimensão longitudinal da seção do canal e suportados nas suas bordas internas por quinas entalhadas da própria seção do canal na extremidade superior 23, como mostrado na figura 4. Tampas isolantes removíveis 34 são posicionadas sobre o material de revestimento refratário 33 para prover uma superfície superior relativamente fria para segurança dos operadores. Dentro do alojamento 30, a seção do canal 11 é suportada por uma pequena parede vertical 35 que sobe do piso do tanque ao longo da linha de centro longitudinal, e também por uma parede vertical 36 que estende-se transversalmente à seção do canal (ver figura 5, em particular). A junção 14 das duas partes 12 e 13 da seção do canal é alinhada com a parede 36 para impedir deslizamento entre as partes. Qualquer tendência de a seção do canal 11 ceder ou deslizar pelo peso do metal na temperatura operacional é assim evitada pelo suporte rígido e efetivo subjacente provido

pelas paredes 35 e 36.

Como mostrado na figura 3, o elemento de saída 16 do canal é retido em uma carcaça metálica de topo aberto 37 mantida no lugar por uma braçadeira retangular de topo aberto 38 aparafusada na parede de extremidade 5 39 do tanque. Um arranjo similar é provido para o elemento de entrada 15 do canal na outra extremidade do aparelho.

Conforme pode-se ver melhor na seção transversal horizontal da figura 5, o interior do alojamento 30 incorpora duas câmaras ovas 40 que formam espaços confinados isolados da atmosfera externa e mutuamente 10 alinhados um após o outro na direção longitudinal do aparelho. As câmaras 40 são separadas pela parede transversal 36 que estende-se de perto em torno da superfície externa 19 da seção do canal 11 (ver figura 6) e assim isola as atmosferas dentro das duas câmaras uma da outra. Cada câmara 40 é dividida abaixo no centro pela parede longitudinal 35 para formar dois compartimentos 15 ocos 41, mas esses compartimentos comunicam um com o outro em virtude das paredes longitudinais 35 não estendem-se completamente até a parede transversal 36, deixando folgas 43 em cada lado.

É preferível que substancialmente toda a superfície externa 19 da seção do canal 11 seja circundada pelo alojamento e câmaras, isto é, pelo 20 menos essas partes do canal entre as paredes de extremidade 39 e 45 do alojamento. Em algumas modalidades, entretanto, pode ser possível encerrar menos da superfície externa do canal, isto é, a extremidade superior do canal pode ficar fora do alojamento, ou a parede inferior do canal pode apoiar-se na base do tanque e pode não ficar exposta às câmaras internas 40. No geral, 25 entretanto, pelo menos 50% e mais preferivelmente pelo menos 75% e opcionalmente pelo menos 95% da superfície externa da seção do canal são encerrados e circundados pelos compartimentos e câmaras internas, garantindo-se assim (como será explicado) distribuição de calor boa e uniforme na seção do canal e metal em fusão nela contida. Qualquer parte do

canal que não esteja encerrada desta maneira pode, se desejado, ser coberta por uma camada de material isolante térmico para impedir perda excessiva de calor nessas partes.

Como já notado, na modalidade ilustrada, substancialmente toda a superfície externa 19 da seção do canal 11 é envolta pelos compartimentos internos 41 de cada câmara 40, e diretamente oposta a eles, isto é, não somente nos lados 20, mas também ao longo da base 21. As únicas partes da seção do canal não diretamente expostas a esses compartimentos ocos são as partes suportadas pelas paredes 35 e 36, e as partes em contato com o material refratário 33 nas bordas superiores. Essas partes da seção do canal aumenta somente até um pequeno percentual da parede externa da seção do canal. Duas aberturas 46 e 47 são formadas em cada uma das paredes de extremidade 39 e 45 do tanque 31 e passam através do revestimento refratário adjacente. Aberturas 46 são destinadas como entradas para gases de combustão quentes nas respectivas câmaras 40, e aberturas 47 são destinadas como saídas para tais gases (e são cada qual normalmente conectadas na tubulação de exaustão de gás, não mostrada). Queimadores de combustível 50 são posicionados nas aberturas de entrada 46, ou adjacentes a elas, para gerar correntes de gases de combustão quentes e opcionalmente chamas 51 e para introduzi-las nos compartimentos 41, como mostrado na figura 5. Os gases quentes circulam entre os compartimentos 41 em cada uma das câmaras 40 em virtude das folgas 43 posicionadas a uma distância de cada uma das entradas e saídas. Esta circulação de gases quentes está representada pelas setas B. Os gases eventualmente deixam o aparelho pelas saídas 47, como representado pelas setas C. Como mostrado na figura 6, os gases quentes são livres para subir ao longo dos lados da seção do canal 11, como mostrado pelas setas D, e assim substancialmente toda a superfície externa 19 da seção do canal 11 é exposta e banhada nos gases de combustão circulantes quentes durante operação dos queimadores. Coletivamente, os movimentos

representados pelas setas B, C e D formam uma corrente estacionária de gases quentes que escoam através das câmaras 40. Nota-se que as câmaras são completamente encerradas no alojamento 30, e são seladas contra perda de gases, exceto nas entradas e saídas 46 e 47, e assim as correntes de gases de 5 combustão quentes são limitadas para seguir um caminho curvo ou sinuoso ou em serpentina através de cada câmara, isto é, de compartimento a compartimento 41 através da folga distante 43, com os gases escoando em direções opostas em cada compartimento. Entende-se que os gases de combustão são canalizados e limitados de uma maneira tal que eles são 10 impedidos de entrar no canal de transferência 17 e entrar em contato com o metal em fusão transferido através do aparelho.

Na prática, a seção do canal 11 é aquecida na sua superfície externa 19 tanto por calor radiante das chamas 51 quanto por condução/convecção pelo contato direto com os gases de combustão quentes. 15 A condutividade térmica relativamente boa do material da seção do canal 11 permite que o calor penetre na seção do canal e no canal de transferência 17 e no metal em fusão nele contido. As aberturas 46 e 47, e os queimadores 50, são preferivelmente posicionados e angulados de maneira tal que as chamas 51 e a corrente de gases quentes não são inicialmente direcionadas para a 20 superfície externa 19 da seção do canal 11, nem para o revestimento refratário 32, 33, evitando assim a formação de pontos quentes e possível dano nas superfícies dos refratários. A chama e gases quentes dos queimadores 50 são em geral orientados horizontalmente na direção longitudinal da seção do canal para uma área aberta de cada câmara 40 por baixo do nível da parede inferior 25 da seção do canal. Este arranjo também garante boa distribuição de calor através de toda superfície externa 19 da seção do canal e assim impede a formação de pontos frios no canal de metal 17. Nota-se que os gases quentes que passam através das câmaras 40 encontram somente o refratório do revestimento do tanque ou o refratório da seção do canal de forma que as altas

temperaturas são acomodadas sem danos no aparelho ou perda de calor excessiva.

Os queimadores 50, que podem ser, por exemplo, alimentados a gás ou óleo, são providos com capacidade de aquecimento adequada para elevar a temperatura nas câmaras rapidamente e introduzir calor suficiente na seção do canal 11 para elevar a temperatura do metal em fusão no canal de transferência 17, para manter a temperatura do metal em fusão constante, ou permitir que o metal em fusão resfrie de uma maneira controlada, dependendo do projeto do metal. Exemplos de queimadores adequados são os assim chamados queimadores de pré-mistura que são aspirados na pá e na garganta do queimador criadas pela velocidade de gás em movimento através de um bico. A mistura de combustível e ar pode ser controlada por uma válvula manual, ou pode ser controlada automaticamente, por exemplo, por um computador que segue um programa predeterminado. Exemplos de tais queimadores são revelados no North American Combustion Handbook (1978), North American Mfg. Co., Second Edition, 1978 (ISBN: 0960159614), página 243, figuras 6.7 (desenho do inspirador) e 6.8 (desenho do aspirador). A revelação deste manual está aqui especificamente incorporada por esta referência. Como uma alternativa, ar comprimido pode ser usado para jatear os gases de combustão nas câmaras 40, ou um queimador de mistura de bico pode ser usado, no qual o queimador mistura ar e gás, mas exige um soprador para prover o ar. De qualquer maneira, é necessário um suprimento de combustível com equipamento de segurança apropriado para controlar a purga, pressão, monitor de chama, etc. Em geral, os gases de combustão têm uma temperatura na faixa de 500 a 2.000°C ou mais, quando introduzidos no aparelho, e são assim capazes de distribuir calor rapidamente e em quantidades ilimitadas.

Em operação, se desejado, a temperatura do material cerâmico da seção do canal pode ser aumentada rapidamente até uma temperatura alta

adequada pelos queimadores quando o aparelho é posto em operação pela primeira vez, e tal temperatura pode ser mantida indefinidamente durante fluxo de metal normal. Alternativamente, o aparelho pode ser aquecido pelos gases de combustão antes de o metal ser forçado a escoar através do canal,

5 evitando assim o rápido resfriamento do metal à medida que o primeiro fluxo do metal quente vaza para o aparelho. Uma vez que se atinge uma temperatura estacionária, a saída dos queimadores de combustível 50 pode ser reduzida ou ligada e desligada ciclicamente para manter uma temperatura de equilíbrio sob o controle de termopares ou dispositivos de detecção de

10 temperatura similares, idealmente monitorados por equipamento numérico computadorizado. Com este propósito, dois termopares 55, 56 são providos para controlar a temperatura de cada câmara, um (55) para o controle da temperatura do canal e/ou do metal dentro do canal, e o outro (56) para controle do excesso de temperatura dentro da câmara. A temperatura do canal

15 é tomada fora da fornalha próxima ao queimador por meio do termopar 55 posicionado em contato direto com o canal. Alternativamente, um termopar pode ser provido em contato com o metal em fusão e estendendo-se da extremidade superior aberta até o canal. O segundo termopar 56 é posicionado em contato com o refratário 32 na parte mais fria da câmara. O queimador 50

20 é então ciclado entre dois pontos de controle, isto é, baixa temperatura do metal liga o queimador e a alta temperatura da câmara desliga o queimador. Termopares de reserva 57 são também providos no caso de falha dos termopares primários.

Termopares podem ser providos somente em um lado maior do

25 alojamento 30, mas podem alternativamente ser posicionados em ambos os lados. Em geral, os termopares são providos no lado do queimador de uma câmara, mas o queimador de cada câmara pode ficar posicionado de maneira diferente em diferentes instalações por causa de considerações tais como espaço e instalações de exaustão disponíveis, etc., e assim é prudente prover

termopares em cada lado durante a produção do aparelho. Também, deve-se ter em mente que, em um alojamento de duas câmaras do tipo mostrado nas figuras 1 a 7, os queimadores de uma câmara podem ficar posicionados no lado transversal oposto do queimador do outro, ao contrário a arranjo no mesmo lado mostrado nos desenhos. Certamente, isto pode ser preferível mesmo para distribuição de calor ao longo da seção do canal.

Nota-se pelos desenhos que não existe barreira ou camada de material de nenhum tipo entre a superfície externa 19 e a seção do canal 11 e o lado de dentro das câmaras 40, em virtude de qualquer tal barreira ou camada incorporar uma medida de isolamento entre a seção do canal e os gases de combustão quentes, reduzindo assim a resposta de temperatura do aparelho, ou reduzindo a temperatura máxima que pode ser conferida ao metal em fusão. Entretanto, uma cobertura ou proteção fina de material, tal como metal ou camada de cerâmica protetora, pode ser provida para suportar e proteger o material da seção do canal, se isto for considerado desejável. Uma camada como esta preferivelmente seria fina o bastante (ou condutiva o bastante) para prover pouco ou nenhum valor isolante térmico.

Os queimadores 50 são alimentados com combustível por meio de linhas de óleo ou gás convencionais (não mostradas nos desenhos) e as linhas podem ser presas por um grampo de mangueira 58 mostrado na figura 3. Na figura 4, a posição da entrada 46 e da saída 47 estão mostradas em linhas tracejadas para indicar suas posições relativas ao interior, embora perceba-se que esses elementos são formados na parede exterior (não mostrada na figura 4).

As figuras 1 a 7 representam uma modalidade exemplar na qual existem duas câmaras de aquecimento longitudinais 40 dentro do alojamento, cada qual dividida em dois compartimentos laterais 41, que é um arranjo que é normalmente preferido. Entretanto, para uma seção do canal relativamente pequena, pode haver apenas uma única câmara com dois

compartimentos, uma entrada, uma saída e um queimador de combustível (a entrada e saída sendo posicionadas na mesma parede lateral, e a câmara estendendo-se por todo o comprimento da seção do canal). Para uma seção do canal maior, mais de duas câmaras podem ser providas. Por exemplo, a figura 5 é uma vista similar à figura 5, mas mostrando um aparelho de três câmaras. Neste caso, uma câmara adicional 40' é posicionada entre duas câmaras de extremidade 40. A câmara adicional tem uma parede divisória 36' que divide a câmara em dois compartimentos 41' e força os gases de combustão quentes que entram na câmara 40' pela entrada lateral 46' a partir do queimador 50' a estender-se em torno da extremidade da parede divisória, como mostrado pelas setas B' antes de emergir do compartimento na saída lateral 47'. Câmaras similares adicionais podem ser providas, se desejado. Deve-se notar que a provisão de mais queimadores e câmaras possibilita introduzir maiores quantidades de calor no aparelho e oferece um controle mais preciso de temperatura ou perfil de temperatura ao longo do canal.

Como notado anteriormente, o aparelho das figuras 1-7 (e também figura 8) destina-se a prover uma seção do canal adequada para uso com bicos do desgaseificador de metal e é portanto bastante profundo. A figura 9 mostra uma modalidade alternativa com uma seção do canal mais rasa 11 destinada ao uso mais geral, o piso da seção do canal 11 é plano por todo seu comprimento e não existe entrada do canal e elementos de saída como no aparelho anterior. A altura geral da seção do canal 11 deve preferivelmente ser aproximadamente 100 mm acima do nível de metal 22 por questão de segurança. Como não existe intenção de introduzir dispositivos tais como bicos de gás no metal nesta forma do aparelho, uma cobertura isolante 60 (tanto removível quanto fixa) pode ser posicionada sobre a extremidade superior da seção do canal para prover isolamento térmico para o metal em fusão.

No caso de um aparelho de duas câmaras das figuras 1 a 7, o

comprimento da seção do canal é normalmente cerca de 1,98 m pés e os dois queimadores combinados são capazes de gerar um máximo de pelo menos 151200 kcal/h, ou 23184 kcal /h/0,305 m durante aquecimento do aparelho (para um total de 151200 kcal/h). Em operação em estado estacionário, a 5 produção dos queimadores pode ser ajustada de volta par cerca de 90720 kcal/h, ou 13860 kcal/h/0,305 m Quando ativados por gás, os queimadores podem consumir 12.000 litros por minuto de gás na saída máxima. A quantidade de ar suprida aos queimadores deve ser uma quantidade adequada para completa combustão do gás em dióxido de carbono (normalmente um 10 excesso de 3% em relação à quantidade estequiométrica exigida para completa combustão), por exemplo, 120.000 litros por minuto. Este grau de aquecimento idealmente mantém o metal em uma faixa de temperatura adequada, por exemplo, 20°C acima do liquidus (ou um mínimo de 350 °C) até 1.300°C (para alumínio e ligas de alumínio) e até cerca de 850 °C, ou 15 mesmo até cerca de 1.000 °C. Uma faixa particularmente preferida é 650 – 725 °C. Deve-se notar que uma grande quantidade do efeito do aquecimento pode ser realizada pelo aquecimento radiante, bem como pelo aquecimento por convecção.

O movimento de metal através da seção do canal é geralmente 20 expresso em termos de fluxo de massa. A taxa preferida é 39–250 kg/minuto (86-550 lb/minuto), ou cerca de 2-5 cm/s, embora realmente não exista limite, já que o metal pode ser mantido fundido, mesmo quando estiver parado. Em geral, o fluxo não deve ser muito rápido a ponto de ficar turbulento, que geralmente ocorre na faixa de 15-20 cm/s.

25 Se necessário, quando o aparelho das modalidades ilustradas é anexado em outras seções do canal, essas seções (particularmente se mais rasas) podem também ser aquecidas, mas por outros meios, por exemplo, por aquecedores elétricos embutidos nas paredes do canal, ou usados para produzir calor radiante por cima.

Embora as modalidades exemplares anteriores incorporem seções de canal de topo aberto feitos de material refratário condutor de calor, outros arranjos podem ser providos. Por exemplo, modalidades exemplares alternativas adicionais da invenção estão mostradas nas figuras 10 e 11. Na 5 modalidade da figura 10, metal em fusão 22 é transferido através de seis tubos paralelos 111 feitos de um material condutor de calor, preferivelmente contendo carboneto de silício. Os tubos têm superfícies de contato com metal internas 118 e superfícies externas 119 que permanecem fora de contato com o metal em fusão. Os tubos são envoltos por um encerramento 132 feito de 10 um material refratário isolante, por exemplo, um material feito de óxidos de metal refratário. O espaço encerrado entre o exterior dos tubos 111 e o interior do encerramento 132 forma uma passagem 141 pela qual gases de combustão quentes são forçados a escoar e circular (por exemplo, um queimador é provido em uma entrada em uma extremidade longitudinal do encerramento 15 132 e um suspiro para os gases é provido em uma extremidade longitudinal oposta). O metal nos tubos 111 é mantido quente pelo calor dos gases de combustão que passam através das paredes dos tubos 111, ao passo que calor é retido dentro do aparelho 110 pelo isolamento provido pelo encerramento 132. Os gases de combustão quentes nos canais formados pelos tubos não 20 fazem contato com o metal em fusão à medida que os gases são confinados para seguir um caminho separado e são ventilados antes de o metal em fusão sair do aparelho.

Na modalidade da figura 11, metal em fusão 22 é transferido através de um canal alongado 250 feito de um material isolante térmico, por 25 exemplo, um material feito de óxidos de metal refratário. Suspens no metal em fusão 22 fica um corpo 211 de material condutor de calor, preferivelmente uma substância refratária feita ou contendo carboneto de silício. O corpo é fabricado na forma de um elemento tubular oco que circunda o espaço encerrado 240. O corpo 211 tem uma superfície externa 218 que faz contato

com o metal em fusão no canal, e uma superfície interna 219 que fica fora de contato com o metal. Gases de combustão quentes são forçados a escoar através do espaço encerrado 240, por exemplo, provendo-se um queimador em uma entrada em uma extremidade longitudinal do corpo 211 e um suspiro em uma extremidade longitudinal oposta. O corpo 211 consequentemente confina e circula os gases quentes e mantém os gases fora de contato com o metal em fusão no canal 250. O metal em fusão é mantido quente pelo calor dos gases de combustão que passam pelas paredes condutoras do corpo 211. Uma tampa removível 260 é provida para reduzir as perdas de calor pela superfície do metal em fusão.

### INFORMAÇÃO COMPARATIVA

Materiais potenciais para o canal aquecido foram investigados com relação à condutividade térmica e resistência ao ataque por alumínio fundido. Os resultados estão mostrados na tabela 1 a seguir.

15

**TABELA 1**

Fornecedor	Produto	Composição	Densidade g/cc	Condutividade térmica W/mK	Resistência a Al fundido	Nota
Pyrotek	O'Sialon	65% SiC	2,6	9	OK	
Anderman	EC70P	70% SiC, silicato de Al	2,1	7	OK	
Pyrotek	Pyrocast SCM2600	77% SiC, silicato de Al	2,6	7	OK	
Pyrotek	Pyrocast SC2600	83% SiC, alumina	2,4	10	OK	
Andeman	EC90P	90% SiC, silicato de Al	2,2	25	OK	
Aremco	Alumina Queimada Bisque	Alumina	2,8	4	Trincas	Usinável
Pyrotek	Pyrocast ZA	Alumina – metal	2,7	6	OK	Contém fibras de metal para resistência
St. Gobain	AX05	BN	1,8	7,8	OK	Muito caro
GE	BNC1	Compósito BN	2,2	10	OK	Usinável
Pyrotek	Pyrocast	SiO	2,3	1 - 2	OK	

	ZR	fundida, silicato de Al				
SGL Carbon	EK10	Grafite	1,7	10	OK	Queima ao ar
Morgan	Frequentit e 1000	Silicato de Mg	2,8	3	sem dados	
Ceradyne	147-1B	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	2,3	14	OK	Usinável antes do enchimento
	Ekatherm	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	3,2	22	OK	Usinável antes do enchimento
	Aço C comum		7,9	50	Dissolve	
	Aço liga		7,8	40	Dissolve	
	Aço inoxidável		7,9	15	Dissolve	
	Ferro dúctil alto níquel		7,4	13	Dissolve	
	Ferro fundido			80	Corrói	Pode ser revestido com uma camada fina (por exemplo, BN) para prolongar a vida-útil

Uma revisão das propriedades publicadas de várias formas de SiC revelou a informação mostrada na tabela 2 a seguir (do endereço da Internet MatWeb).

TABELA 2

Material	Condutividade térmica W/mK
SiC, alfa sinterizado	126
SiC, sublimado	110
SiC, 99, 9995%	200
SiC, prensado a quente	70
SiC, zero porosidade	100-160
SiC, ligado por reação	125

SiC, sinterizado	150
SiC, Deposição Química de Vapor 99,9995%	115
SiC, fibras	150
SiC, sintético	90
SiC, beta	42

Parece que todas essas formas de SiC são de condutividade térmica muito alta, e podem assim ser usadas nas modalidades ilustradas quando suficientemente resistentes e duráveis.

A partir dessas tabelas, pode-se ver que uma faixa preferida de condutividade térmica é pelo menos cerca de 2,5 W/mK, por exemplo, na faixa de cerca de 2,5 a 200 W/mK, com faixas mais preferidas sendo 5 a 80 W/mK e 7 a 25 W/mK.

## REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de transferência de metal em fusão, caracterizado pelo fato de que compreende:

um canal de transferência de metal em fusão;

5 um encerramento para receber e circular gases de combustão ao mesmo tempo impedindo a entrada dos ditos gases no dito canal de transferência;

um corpo condutor de calor de material que separa pelo menos parte do dito canal de transferência do dito encerramento; e

10 um dispositivo de combustão para gerar gases de combustão e distribuir os ditos gases no dito encerramento;

por meio do que, em uso, calor dos ditos gases de combustão é transferido para o metal em fusão no dito canal de transferência através do dito corpo de material condutor de calor.

15 2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito material tem uma condutividade térmica em uma faixa de 2,5 a 200 W/mK.

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito material tem uma condutividade térmica em uma faixa 20 de 5 a 80 W/mK.

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito material tem uma condutividade térmica de 7 a 25 W/mK.

25 5. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o dito material compreende um composto de metal refratário.

6. Aparelho, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o dito composto de metal refratário é selecionado do grupo que consiste em carboneto de silício, nitreto de boro e nitreto de silício.

7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o dito material compreende pelo menos 65% em peso de carboneto de silício.

8. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1  
5 a 7, caracterizado pelo fato de que o dito material é um metal que tem um revestimento de uma substância, pelo menos em uma superfície de contato com o metal do material, que é resistente ao ataque pelo dito metal em fusão.

9. Aparelho, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o dito metal é ferro fundido.

10 10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 8 ou reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a substância é nitreto de boro.

15 11. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que o dito canal de transferência é definido por uma seção do canal aberta no topo e o dito encerramento circunda a superfície externa da dita seção do canal.

20 12. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que o canal de transferência é definido por pelo menos um tubo adaptado para transferir metal em fusão através dele, o dito corpo de material forma paredes do dito pelo menos um tubo, e o dito encerramento envolve completamente o dito pelo menos um tubo.

25 13. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que o dito corpo de material forma um elemento tubular oco suspenso no dito canal de transferência, e o dito elemento tubular oco age como o dito encerramento, definindo o dito espaço encerrado dentro do dito elemento.

14. Aparelho de transferência de metal em fusão do tipo de canal, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma seção de canal de transferência de metal em fusão que tem uma extremidade superior e uma superfície externa que estende-se da dita

extremidade superior em torno da seção do canal;

um encerramento que encerra pelo menos parcialmente a dita superfície externa da seção do canal, o dito encerramento contendo pelo menos uma câmara encerrada adjacente à dita superfície externa;

5 uma entrada da câmara, ou uma entrada de cada câmara, quando mais de uma, pela qual gases de combustão quentes podem ser introduzidos na câmara, ou em cada câmara; e

uma saída da câmara, ou de cada câmara, quando mais de uma, pela qual os ditos gases de combustão quentes podem ser removidos da câmara, ou de cada câmara, quando mais de uma, depois de escoar através da câmara, ou de cada câmara, transferindo assim calor para a seção do canal através da dita superfície externa.

10 15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o dito encerramento encerra substancialmente toda a dita superfície externa da seção do canal.

16. Aparelho, de acordo com a reivindicação 14 ou reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos um gerador de uma corrente de gases de combustão quentes, um dito gerador sendo posicionado na dita entrada da câmara, ou de cada câmara.

20 17. Aparelho, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o dito pelo menos um gerador introduz a dita corrente de gases de combustão quentes na câmara, ou em cada câmara, no geral horizontalmente por baixo da dita seção do canal.

25 18. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 17, caracterizado pelo fato de que a dita seção do canal é feita de um material refratário condutor de calor.

19. Aparelho, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o material refratário condutor de calor compreende carboneto de silício.

20. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações  
14 a 19, caracterizado pelo fato de que tem pelo menos duas ditas câmaras  
arranjadas uma após a outra em uma direção longitudinal da dita seção do  
canal.

5               21. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações  
14 a 19, caracterizado pelo fato de que a câmara, ou cada câmara, compreende  
pelo menos dois compartimentos interconectados um no outro a uma distância  
da dita entrada e da dita saída, e posicionados de forma a confinar a dita  
corrente de gases de combustão quentes para escoar ao longo de um caminho  
10 estendido adjacente à dita parede externa da dita seção do canal.

15               22. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações  
14 a 19, caracterizado pelo fato de que a câmara, ou cada câmara, quando  
mais de uma, tem um volume interno em uso que recebe os ditos gases de  
combustão quentes, e a dita superfície externa da dita seção do canal é  
diretamente exposta ao dito volume interno.

20               23. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações  
14 a 22, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente pelo  
menos dois termopares, um posicionado para medir temperaturas de metal em  
fusão quando presente na dita seção do canal, e um outro posicionado para  
medir temperaturas na dita câmara, ou pelo menos uma das ditas câmaras,  
quando mais de uma.

25               24. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações  
14 a 23, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma  
tampa isolante de calor posicionada sobre a dita extremidade superior da dita  
seção do canal.

25. Método de fornecer calor a um metal em fusão que escoa  
através de um aparelho de transferência de metal provido com pelo menos um  
canal de transferência para transferir o dito metal em fusão, um encerramento  
para receber e circular gases de combustão e um corpo condutor de calor de

material que separa pelo menos parte do dito canal do dito encerramento, caracterizado pelo fato de que o dito método compreende:

transferir metal em fusão através do dito canal de transferência;

5 gerar gases de combustão;

fazer com que os ditos gases de combustão entrem e circulem através do dito encerramento, ao mesmo tempo confinando os ditos gases de combustão para impedir que os ditos gases entrem no dito canal de transferência.

10 26. Método de aquecer uma seção de um canal de transferência de metal em fusão que tem uma extremidade superior e uma superfície externa que estende-se da dita extremidade superior em torno da seção do canal, caracterizado pelo fato de que compreende:

15 gerar pelo menos uma corrente móvel de gases de combustão quentes; e

direcionar a dita pelo menos uma corrente de gases de combustão quentes para escoar através de pelo menos um volume encerrado que envolve pelo menos parte da dita superfície externa da dita seção de canal de transferência de metal em fusão, expondo assim a dita pelo menos uma parte da dita superfície externa da dita seção do canal aos ditos gases de combustão quentes e permitindo que calor seja transferido para a dita seção do canal através da dita superfície externa.

20 27. Método, de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que o dito pelo menos um volume encerrado envolve substancialmente toda a dita superfície externa da dita seção do canal.

25 28. Método, de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que a dita pelo menos uma corrente é direcionada para escoar em um caminho estendido adjacente à dita superfície externa da dita seção do canal.

29. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a dita pelo menos uma corrente é direcionada para escoar em um caminho sinuoso estendido.

30. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 26 a 29, caracterizado pelo fato de que a dita corrente de gases de combustão quentes é gerada queimando-se combustível em uma corrente de ar de combustão.

31. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 26 a 30, caracterizado pelo fato de que a dita pelo menos uma corrente de gases é direcionada para escoar inicialmente por baixo da dita seção do canal.

32. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 26 a 30, caracterizado pelo fato de que pelo menos duas correntes dos ditos gases de combustão quentes são geradas, e cada qual é direcionada para escoar através de um volume encerrado diferente, cada volume sendo arranjado um depois do outro em uma direção longitudinal da dita seção do canal.

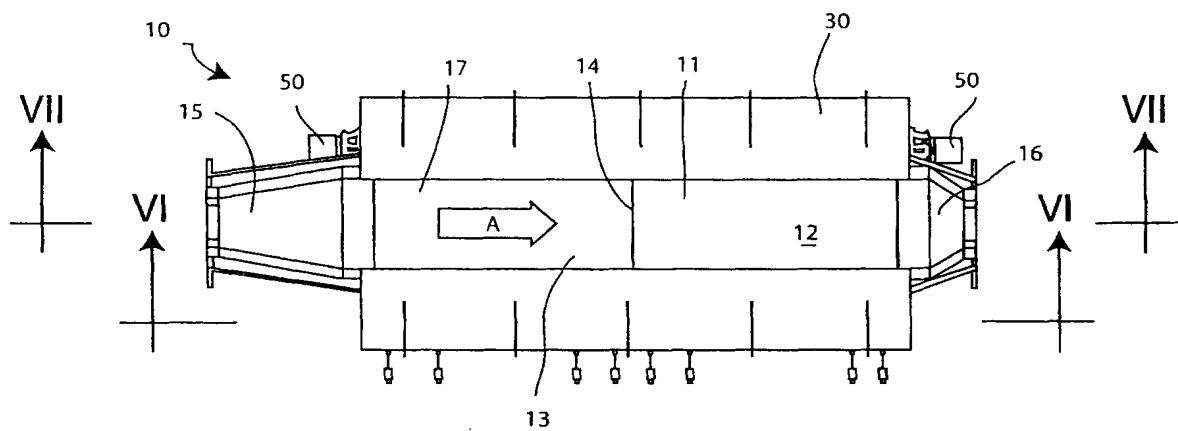


Fig. 1

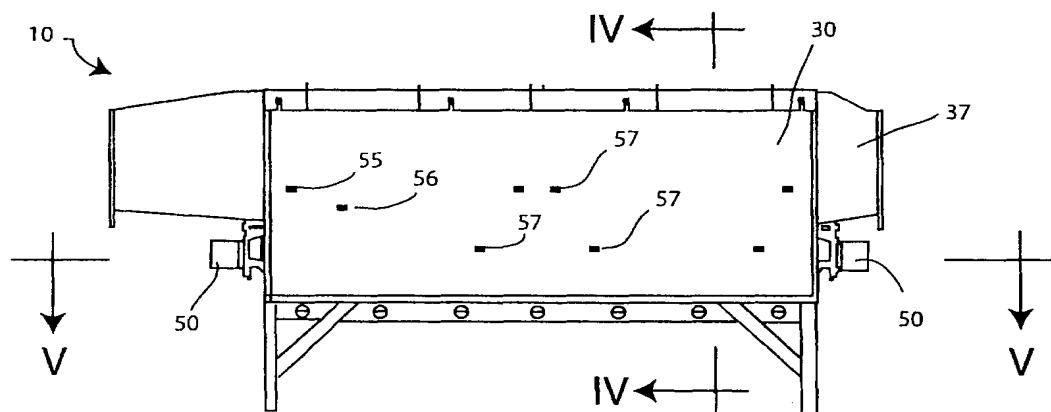


Fig. 2

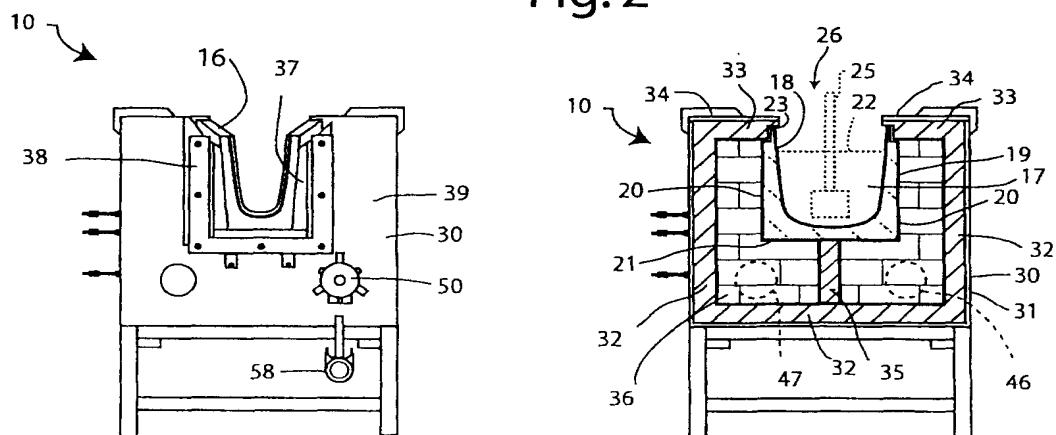


Fig. 3

Fig. 4

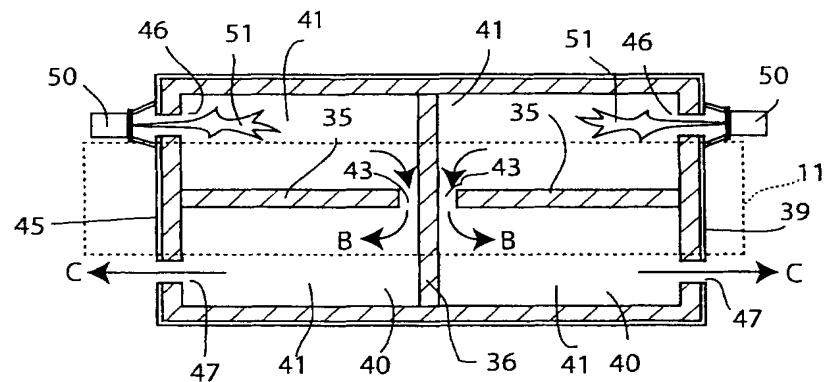


Fig. 5

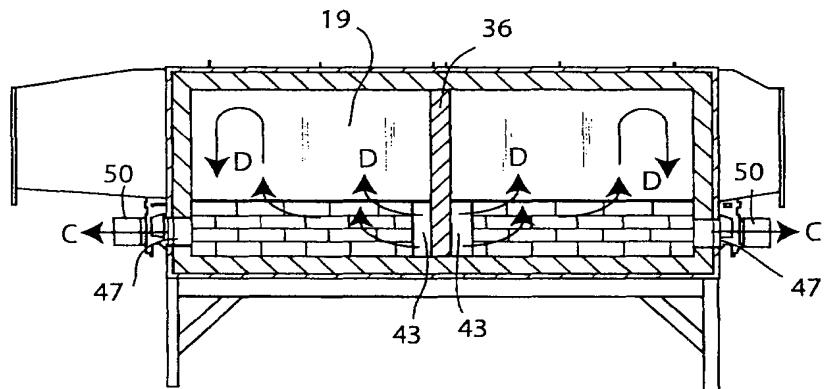


Fig. 6

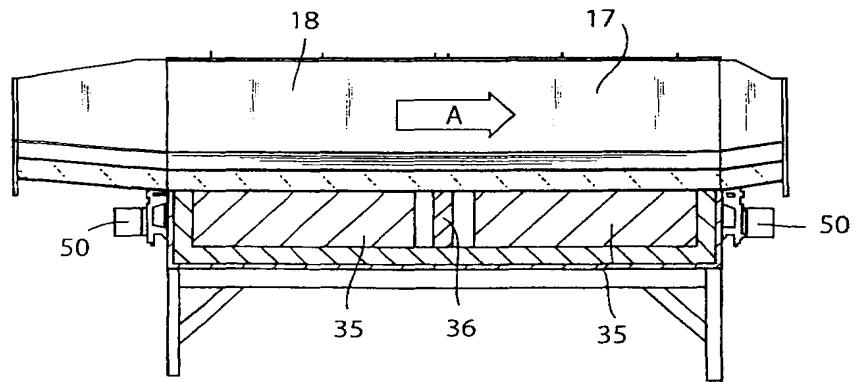


Fig. 7

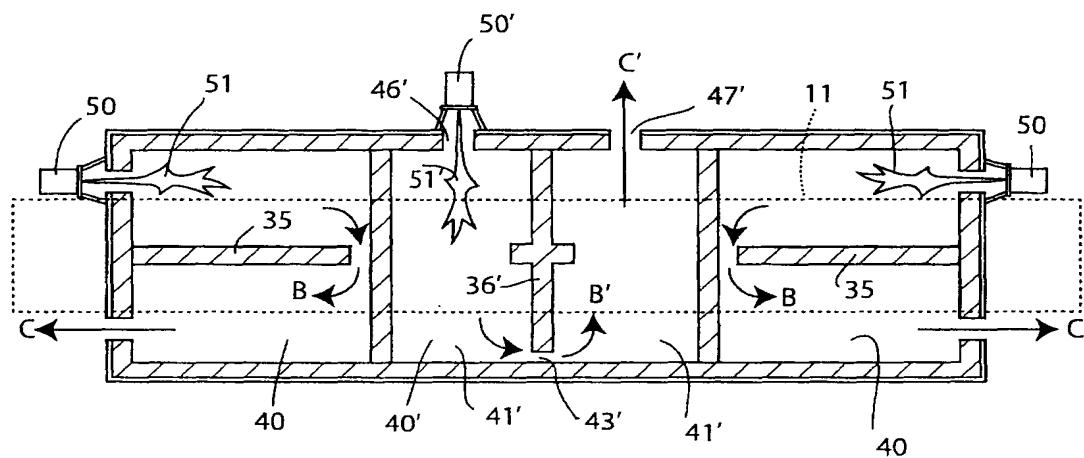


Fig. 8

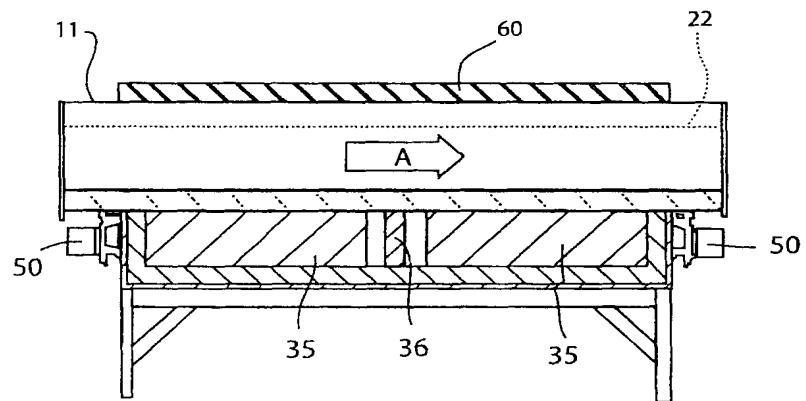


Fig. 9

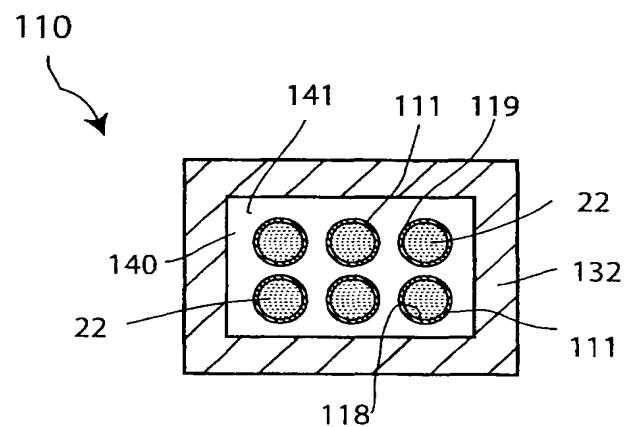


Fig. 10

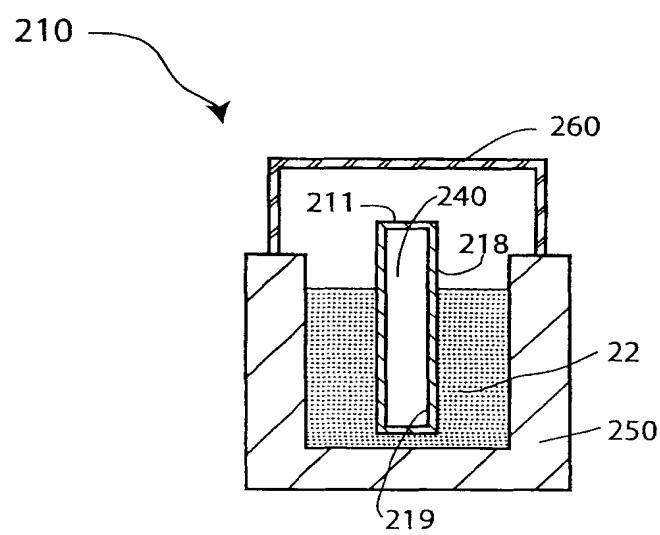


Fig. 11

## RESUMO

“APARELHO DE TRANSFERÊNCIA DE METAL EM FUSÃO E MÉTODOS DE FORNECER CALOR A UM METAL EM FUSÃO QUE ESCOA ATRAVÉS DE UM APARELHO DE TRANSFERÊNCIA DE METAL E DE AQUECER UMA SEÇÃO DE UM CANAL DE TRANSFERÊNCIA DE METAL EM FUSÃO”

A invenção diz respeito a um método e aparelho para prover calor a um metal em fusão que escoa através do aparelho de transferência de metal. O aparelho inclui um canal de transferência de metal em fusão, um encerramento para receber e circular gases de combustão, prevenindo ainda a entrada dos gases no dito canal, um corpo condutor de calor de material que separa pelo menos parte do canal do encerramento; e um dispositivo de combustão para gerar gases de combustão e distribuir os gases no encerramento. Calor dos gases de combustão é usado para aquecer o metal em fusão mantido no canal de transferência, impedindo ainda contato entre os gases de combustão e o metal em fusão. O corpo de material pode ser um canal usado para formar o canal de transferência, um tubo para transferir o metal em fusão, ou um tubo que age como o encerramento, ou similares.