



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

(21) **PI 1002651-7 A2**



(22) Data de Depósito: 20/07/2010
(43) Data da Publicação: 27/03/2012
(RPI 2151)

(51) *Int.Cl.:*
F27B 14/14

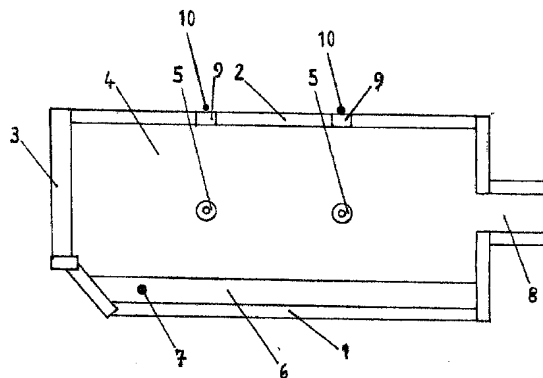
(54) **Título:** MÉTODO PARA OPERAR UM FORNO DE CADINHO

(30) **Prioridade Unionista:** 17/09/2009 EP 09 011881.1,
21/07/2009 DE 10 2009 034 041.6

(73) **Titular(es):** Linde Aktiengesellschaft

(72) **Inventor(es):** Thomas Niehoff

(57) **Resumo:** MÉTODO PARA OPERAR UM FORNO DE CADINHO. A presente invenção refere-se a um método para operar um forno de cadinho para fundir um material contendo metal, em que o forno de cadinho engloba uma câmara de forno (4), que é aquecida por meio de pelo menos um queimador (5), em que o método compreende as seguintes etapas: a) introduzir o material contendo metal no forno de cadinho, b) fundir o material contendo metal em uma primeira fase de fundição até que seja formada uma superfície com banho de fundição, c) fundir o material contendo metal em uma segunda fase de fundição após a formação de uma superfície com banho de fundição, d) remover e/ou reter o metal fundido, caracterizado pelo fato de que pelo menos um dos queimadores (5) é operado durante a primeira fase de fundição (b) de maneira que seja emitida uma parte maior da capacidade do queimador na forma de convecção em vez da forma de energia radiante e que as partes respectivas do calor de convecção e do calor radiante emitidas do, pelo menos um, queimador (5) sejam ajustadas especificamente por via do ajuste da luminosidade e/ou do tamanho, especificamente da extensão da chama do, pelo menos um, queimador (5).



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA OPERAR UM FORNO DE CADINHO**".

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um método para operar um forno de cadinho para fundir um material que contenha metal, em que o forno de cadinho engloba uma câmara de forno, que é aquecida por meio de pelo menos um queimador, em que o método compreende as seguintes etapas:

- a) introduzir o material contendo metal no forno de cadinho,
- b) fundir o material contendo metal em uma primeira fase de fundição até que seja formada uma superfície com banho de fundição,
- c) fundir o material contendo metal em uma segunda fase de fundição após a formação de uma superfície com banho de fundição,
- d) remover e/ou reter o metal fundido.

Conforme conhecido, são usados fornos de fundição de projetos diferentes para fundir metal, como, por exemplo, cobre, alumínio, chumbo ou ferro. Nos fornos de cadinho são usados por exemplo, fornos de fundição de tambor rotativo e fornos de torre. Geralmente, tais fornos ainda são operados em uma maneira tipicamente original em que uma pessoa encarregada do forno monitora o processo de fundição e assume o controle tão logo considere que determinada ação seja requerida. Na prática, o resultado ou também a eficiência com a qual tal forno de fundição pode ser operado varia frequentemente até certo ponto devido à variação das condições e dos materiais do início do processo, por exemplo, com relação à qualidade e origem dos resíduos do material a ser fundido, e devido ao fato de que associados diferentes controlam o processo de fundição de maneiras diferentes.

No campo dos fornos de fundição de tambor rotativo, especificamente, há tentativas para se obter um método de operação comparativamente homogêneo para o forno de fundição, que varia pouco entre os turnos individuais das pessoas encarregadas do forno, pelo uso de sensores para parâmetros de operação selecionados, como, por exemplo, a temperatura em determinados locais, por exemplo, dentro de um forno de fundição. Podem ser encontradas inúmeras possibilidades no documento US 2006/0199125 A1,

por exemplo, para a operação de um forno de fundição de torre.

O objetivo da presente invenção é proporcionar um método para operar um forno de cadinho, que é aperfeiçoado com referência ao controle da operação e da adaptabilidade do mesmo para um respectivo objetivo de fundição.

O objetivo proposto é solucionado por meio de um método do tipo anteriormente mencionado, em que pelo menos um dos queimadores é operado durante a primeira fase de fundição (b) de maneira que uma parte maior da capacidade do queimador seja emitida na forma de convecção e do que na forma de energia radiante e as partes respectivas de calor de convecção e do calor radiante emitidos do pelo menos um queimador, sejam especificamente ajustadas por meio do ajuste da luminosidade e/ou tamanho, especificamente da extensão da chama do pelo menos um queimador.

No caso de um forno de cadinho com carga direta, o material a ser fundido é introduzido diretamente na câmara do forno do forno de cadinho. A câmara de forno é definida por uma base de forno, que é também referida como cadinho, e um telhado de forno, que juntos circundam a câmara de forno. Na primeira fase de fundição (b) após a carga, isto é, após a introdução do material a ser fundido, metal ainda não fundido muito sólido é posicionado na câmara de forno no caso de um forno de cadinho com carga direta.

Um forno de cadinho com carga indireta difere de um forno de cadinho com carga direta pela presença de uma câmara de carga, que é disposta contra a corrente de uma câmara de forno. O material a ser fundido é inicialmente introduzido na câmara de carga e é fundido. O metal líquido é bombeado da câmara de carga para a câmara de forno, onde é homogeneizado e é também completamente aquecido. Portanto, a primeira fase de fundição ocorre nessa câmara de carga em resposta à carga indireta.

Na primeira fase de fundição após a carga, uma grande parte do material a ser fundido, por exemplo, metal, em ambos os casos fica "na sombra". Portanto, a parte do material pode ser aquecido por meio de radiação de calor. Nessa fase de fundição, pelo menos um queimador deve ser

operado de acordo com a invenção de maneira que uma parte maior da capacidade do queimador seja emitida na forma de convecção e do que na forma de energia radiante. Uma grande parte do calor de convecção significa que está disponível uma grande quantidade de gás quente, que também pode permear a área entre os materiais sólidos. As áreas de material a ser fundido, que não são detectadas ou apenas detectadas pela radiação térmica ocasionada pela chama do queimador, são, assim, aquecidas. Vantajosamente, a circulação do gás na câmara de forno ocorre por meio do fluxo do gás quente, que é específico para a convecção.

De acordo com a invenção, a capacidade radiante, isto é, a parte da capacidade do queimador, que é emitida pelo queimador ou pelos queimadores na forma de energia radiante, deve ser ao mesmo tempo inferior à parte da convecção na primeira fase de fundição após a carga. Isso é particularmente vantajoso porque, devido à falta de circulação de material na primeira fase de fundição, o mesmo material, isto é, as mesmas partes de metal, que ainda não foram fundidas ou que foram apenas parcialmente fundidas, são sempre submetidas à radiação térmica e que o material pode, portanto, superaquecer e queimar em resposta a uma aplicação alta de energia por via do aquecimento radiante. Isso não é desejado, porque pode ser perdido material valioso durante o processo de fundição.

As características se tornam muito importantes no caso de um forno de cadinho.

De acordo com a invenção, o ajuste das partes do calor de convecção e do calor radiante da capacidade do queimador emitidas do pelo menos um queimador é alcançado por via do ajuste da chama do pelo menos um queimador, em que o ajuste da luminosidade e da chama e/ou do tamanho da chama e, portando, especificamente da extensão da chama, determina a distribuição das partes acima mencionadas até um estágio crítico. Portanto, uma luminosidade alta da chama representa uma grande parte radiante e vice-versa, uma luminosidade baixa da chama representa uma pequena parte de energia radiante do total da energia térmica emitida e uma parte correspondentemente maior da energia de convecção, que é emitida

pela chama do queimador. Portanto, presume-se que a soma do calor de convecção e do calor radiante corresponda substancialmente à energia térmica total emitida pela chama.

De acordo com a invenção, a característica da chama, especificamente a luminosidade da chama e/ou o tamanho da chama são controlados por meio do controle da parte de ar e/ou da parte de oxigênio dos gases, que são supridos para o queimador. Dependendo da característica da chama desejada e, portanto, de acordo com o mecanismo de transferência de calor desejado, o oxidante suprido para o queimador ou o queimador, portanto, é dotado de um conteúdo de oxigênio entre 21% de volume, que é uso de ar, e 100% de volume, que é uso de puro oxigênio. Para atingir uma capacidade radiante mais alta, é portanto suprido para o queimador um oxidante que compreende uma parte de oxigênio mais alta do que para alcançar uma parte convectiva grande da capacidade do queimador. Por exemplo, o queimador ou queimadores é/são operado(s) como queimadores de ar na primeira fase de fundição, se precisar de um leve enriquecimento com o oxigênio do ar, enquanto o ar, que é altamente enriquecido com oxigênio ou é tecnicamente oxigênio puro, é usado como oxidante na segunda fase de fundição.

Na primeira fase de fundição, pelo menos um queimador é operado com um oxidante, que é dotado de uma pequena parte de oxigênio, isto é, por exemplo, levemente enriquecido com oxigênio. Nessa fase, o oxidante é dotado de uma parte de oxigênio menor do que 50% do volume, menor do que 40% do volume, menor do que 30% do volume ou menor do que 25% do volume.

Na segunda fase de fundição, pelo menos um queimador é operado com um oxidante, que é dotado de uma parte de oxigênio relativamente grande, em qualquer parte de oxigênio, que é maior do que a do oxidante na primeira fase de fundição. Portanto, na segunda fase de fundição, é preferivelmente usado como oxidante o ar enriquecido com oxigênio ou oxigênio puro. Nessa fase, por exemplo, o oxidante é dotado de uma parte de oxigênio maior do que 50% do volume, maior do que 70% do volume, maior do

que 90% do volume, maior do que 95% do volume ou mesmo 100% do volume.

Em uma modalidade da invenção, todos os queimadores de operação na primeira fase de fundição são ajustados de maneira que seja emitida uma parte maior da capacidade do queimador na forma de convecção do que na forma de energia radiante. Na segunda fase de fundição, todos os queimadores em operação são, portanto, ajustados de maneira que seja emitida uma parte maior da capacidade do queimador na forma de energia radiante do que na forma de convecção. Preferivelmente, prevalece a capacidade do queimador transferida na primeira fase de fundição para o material na forma de convecção, enquanto na segunda fase de fundição o material é mais aquecido pela capacidade radiante do que pela convecção.

Em resposta à transição da primeira para a segunda fase de fundição, os queimadores ou uma parte dos queimadores podem ser também operados com uma parte maior de oxigênio, que é a parte de oxigênio no oxidante suprido para o queimador que é aumentada em resposta à comutação para a segunda fase de fundição, ou os queimadores ou uma parte dos queimadores são desligados e são ligados outros queimadores que operam com uma parte maior de oxigênio no oxidante.

Portanto, o objetivo da invenção é otimizar o processo de fundição em um forno de cadinho por meio do ajuste da característica de chama. A parte de oxigênio no oxidante é controlada como uma função da característica de chama de maneira que a energia suprida pelo queimador seja transferida para o material seja principalmente na forma de radiação ou principalmente na forma de convecção. Por exemplo, é medida a luminosidade da chama de pelo menos um queimador. Vantajosamente, é medido um parâmetro adicional de operação como, por exemplo, a temperatura do banho de fundição e ajustada uma determinada luminosidade da chama do queimador, dependendo se o processo está na primeira (b) ou na segunda (c) fase de fundição.

A primeira fase de fundição é caracterizada pelo fato de que uma grande parte do material ainda está presente na câmara de forno na

forma sólida. Não ocorre essencialmente uma circulação do material. O começo da segunda fase de fundição é caracterizado pelo fato de que já foi formado um banho de fundição líquido. Preferivelmente, a transição da primeira para a segunda fase de fundição é determinada pelo ponto no tempo, no qual mais de 80%, particularmente preferível mais de 90% do material total situado na câmara de forno ou na câmara de carga tenha sido fundido. Em uma maneira excepcionalmente preferida, a fase na qual todo o material a ser fundido já fez a transição para a fase líquida é considerada como o início da segunda fase de fundição.

De preferência, a invenção serve para fundir material que inclua cobre, alumínio, chumbo ou ferro. Especificamente, o método de acordo com a invenção é adequado para produzir os metais mencionados a partir do material base que deva ser fundido.

Vantajosamente, o operador de forno inicialmente pré-seleciona determinados valores para colocar gás combustível e oxidante através do queimador, por exemplo, para um controle parcialmente automatizado. A luminosidade medida proporciona então uma confirmação de que esse primeiro ajuste está correto ou mostra a necessidade de correção, que é realizada pelo operador de forno por meio de um novo ajuste ou adaptação, respectivamente, dos valores mencionados. Ao fazer isso, o modo de operação do forno é respectivamente controlado com o auxílio da luminosidade da chama do queimador.

De acordo com a invenção, pode ser também proporcionado valores alvos diferentes da luminosidade para cada das chamas para mais de um queimador, por exemplo, para dois ou três queimadores. Isso significa que a câmara de carga está aquecida de maneira diferente em locais diferentes. Por exemplo, uma área da câmara de forno na qual o material já tenha feito a transição completa para a fase líquida pode ser aquecida com uma parte maior de energia radiante do que uma área do espaço de forno na qual o material base sólido ainda não esteja colocado.

É preferível um ou uma pluralidade de queimadores que sejam operados com ar como oxidante. Uma grande parte da emissão da capaci-

dade do queimador pode, portanto, ser ajustada na forma de calor de convecção. Conforme já descrito, isso é particularmente importante para a primeira fase de fundição (b). De acordo com a invenção, podem ser usados os queimadores especiais de ar bem como os queimadores que possam também operar como queimadores de ar. A característica determinante das duas possibilidades é o fato de que o nitrogênio contido no ar não é convertido em resposta à combustão com o ar como oxidante, permanecendo, portanto, um gás inativo, mas é aquecido em resposta à combustão e, portanto, está disponível como gás quente para a convecção em uma quantidade relativamente grande.

De acordo com uma modalidade particularmente vantajosa da invenção, pelo menos um dos queimadores é operado durante a segunda fase de fundição (c) de maneira que uma grande parte da capacidade do queimador seja emitida na forma de energia radiante e não na forma de convecção e que as respectivas partes de calor de convecção e de calor radiante, que são emitidas por pelo menos um queimador, sejam especificamente ajustadas por meio do ajuste da luminosidade e/ou tamanho, na extensão específica da chama do pelo menos um queimador. A segunda fase de fundição (c) inicia quando já tenha sido formada a superfície de banho de fundição.

O processo na segunda fase de fundição de preferência diferencia entre duas modalidades de um forno de cadinho, que, na prática, são frequentemente encontradas: o forno de cadinho com um dispositivo para circular o banho de fundição e o forno de cadinho desprovido de tal dispositivo. É vantajoso um ajuste diferente para a característica da chama de pelo menos um queimador, dependendo de qual dessas duas modalidades esteja disponível.

Se o forno de cadinho usado englobar um dispositivo para circular o banho de fundição, é, portanto, alcançada, de acordo com a invenção, uma grande parte da capacidade radiante da capacidade, que é emitida do pelo menos um queimador de acordo com a invenção. De acordo com a experiência, a alta capacidade radiante do queimador corresponde a uma

chama muito luminosa do queimador. De acordo com a invenção, a luminosidade da chama é usada para avaliar e ajustar a capacidade radiante de uma chama. Uma luminosidade alta corresponde, portanto, a uma alta capacidade radiante, enquanto uma luminosidade baixa corresponde a uma capacidade radiante baixa. Além disso, uma parte de convecção grande da capacidade do queimador emitida pelo queimador corresponde a uma capacidade radiante baixa. Portanto, os dois pares podem ser medidos e ajustados, por exemplo, por via da luminosidade da chama do queimador.

A operação do queimador respectivo por meio de um oxidante, que engloba uma parte de oxigênio maior do que a parte de ar representa, na prática, uma possibilidade de influenciar a luminosidade da chama. Aqui, as possibilidades se estendem de uma parte de oxigênio levemente aumentada para o uso de um queimador de puro oxi-combustível, isto é, um queimador que é operado com oxigênio tecnicamente puro como oxidante. Por exemplo, o oxidante pode ser dotado de uma parte de oxigênio, que é apenas ligeiramente maior do que o ar, por exemplo, 25% do volume a 40% do volume ou também uma parte muito grande de oxigênio maior do que de 90% do volume a 100% do volume de oxigênio.

Contudo, a abordagem no caso de um forno de cadinho sem um dispositivo para circular o banho de fundição é diferente: no caso de tal modalidade, é vantajoso limitar a capacidade radiante do pelo menos um queimador de acordo com a invenção, de maneira que não ocorra uma combustão indesejada de metal fundido na superfície do banho de fundição. Tal combustão pode ocorrer quando o aquecimento do banho de metal for alto, porque, sem circulação, a parte do metal fundido que estava na superfície, que é sempre a mesma, deve acomodar a maioria da capacidade radiante. Em uma maneira particularmente vantajosa, é usada uma chama que compreende uma luminosidade baixa ou também uma chama invisível para um forno de cadinho sem um dispositivo para circular o banho de fundição. A chama invisível é também referida como uma combustão sem chama. Os queimadores especiais, que são especificamente projetados para a combustão sem chama podem ser usados para a combustão sem chama e os quei-

madores convencionais podem ser operados sem chama.

Em todos os casos descritos, a capacidade do queimador, conforme conhecida do estado da técnica, é controlada ou regulada em uma maneira particularmente vantajosa além da luminosidade da chama, ou, de modo geral, da característica da chama.

O tamanho da chama e o espaço compreendido pela chama são medidas a distribuição do calor da combustão na câmara de forno e no material a ser fundido. Dependendo da etapa do processo, determinadas partes do forno podem ser relativamente quentes ou frias. Por exemplo, determinadas partes do forno podem ser relativamente frias imediatamente após a carga. Tais quedas de temperatura podem ser rapidamente compensadas no forno por meio da regulagem do volume da chama, por meio da qual é homogeneizado o processo de fundição.

Em uma maneira particularmente vantajosa, a chama é, portanto, ajustada para ser diferente para a primeira fase de fundição (b) e para a segunda fase de fundição (c) com referência a sua luminosidade e/ou tamanho, especificamente extensão e/ou volume.

Vantajosamente, é usado um ou uma pluralidade de queimadores, que é operado com oxigênio que contém gás, cujo conteúdo de oxigênio é maior do que de ar, em particular com oxigênio tecnicamente puro. As vantagens e as aplicações dessas abordagens já foram descritas. Em uma maneira particularmente vantajosa, é usado um ou uma pluralidade de queimadores durante a segunda fase de fundição (c).

Alternativamente ou além do uso dos queimadores a ar, uma parte do gás do forno é circulada para aumentar a convecção na câmara do forno. Para isso, os gases do forno são sugados da câmara de forno e novamente alimentados para a câmara de forno, por meio do qual é alcançado um aumento da convecção por essas quantidades de gás aquecido, que fluem devido à circulação.

Preferivelmente, a luminosidade e/ou o tamanho da chama de um ou de uma pluralidade de queimadores é regulada em cada caso como uma função da temperatura no banho de fundição.

Além disso, há uma pluralidade de parâmetros adicionais, por exemplo, a composição da atmosfera do forno, que pode ser vantajosamente usada para controlar ou regular o forno de cadinho. Em uma maneira particularmente vantajosa, a luminosidade da chama pode, por exemplo, ser ajustada como uma função da composição da atmosfera do forno, que foi medida para esse fim por meios adequados, ou podem ser determinadas pelo menos as partes do componente principal da atmosfera do forno. As possibilidades adicionais para os parâmetros particularmente adequados estão explicadas mais detalhadamente nos exemplos, que se seguem abaixo.

De acordo com um desenvolvimento vantajoso adicional da invenção, a luminosidade da chama é medida por via de uma sonda UV. Para isso, pode ser proporcionada uma ou uma pluralidade de sondas UV na câmara de forno.

Alternativamente, pode ser proporcionada uma janela de observação na porta de carga do forno de cadinho ou no telhado do forno ou na parede do forno, através da qual há uma conexão visível entre a sonda UV fixada fora da câmara de forno e a chama do pelo menos um queimador, que é operado de acordo com a invenção e a luminosidade da chama pode, assim, ser medida com o auxílio da sonda UV. De acordo com a invenção, pode ser proporcionada uma pluralidade de janelas de observação para uma pluralidade de sondas UV.

Como uma alternativa para a medição da luminosidade da chama durante a operação de fundição, conforme descrito acima, para determinadas aplicações pode ser vantajoso executar antecipadamente uma determinação empírica da luminosidade da chama, antes, portanto, do início do processo de fundição, de maneira que determinadas temperaturas da chama, e, portanto, uma luminosidade da chama correspondente à respectiva temperatura da chama, possam ser atribuídas para determinados parâmetros de operação, como, por exemplo, a produtividade operacional do oxigênio através do queimador, que deva ser avaliado, ou a produtividade operacional do gás combustível que corresponde a esse queimador. Pode ser usada a correlação da luminosidade da chama ou da temperatura da chama,

respectivamente, com esses parâmetros de operação para determinar a luminosidade da chama por meio dos parâmetros de operação disponíveis prevaletentes. A produtividade operacional do oxidante e do combustível pode ser, por exemplo, assim determinada, em vez de uma medição direta da luminosidade da chama e dessas variáveis podem ser extraídas conclusões para a luminosidade da chama. O contexto determinado empiricamente entre o parâmetro de operação, por exemplo, a produtividade operacional do oxigênio e do gás combustível, permite, portanto, uma conclusão para as partes relativas e/ou absolutas da capacidade radiante e de convecção do forno.

Um desenvolvimento vantajoso da invenção proporciona o uso de uma coleção de dados eletrônicos bem como meios para avaliar os dados coletados para coletar os parâmetros de operação.

Uma modalidade adicional particularmente preferida da invenção proporciona o uso de meios para controlar e/ou regular e/ou otimizar e/ou operar o processo de fundição inteiramente automatizado, que acessa os parâmetros de operação coletados eletricamente como as variáveis de entrada.

Desse modo, é preferivelmente proporcionado meios para detectar a luminosidade e/ou o tamanho, especificamente a extensão da chama de pelo menos um dos queimadores; para esse fim é preferivelmente proporcionada especificamente uma sonda UV. De preferência, a determinação do tamanho e/ou extensão da chama é executada por via de um controle ótico, por exemplo, proporcionado uma ou uma pluralidade de janelas de observação adequadas na porta de carga e/ou no teto do forno e/ou na parede do forno do forno de cadinho.

São proporcionados queimadores de tipos diferente em uma maneira particularmente vantajosa em um forno de cadinho, por exemplo, queimador a ar e a oxigênio (queimador óxi-combustível), em que, de acordo com a invenção, a seleção dos queimadores operando simultaneamente possibilita o ajuste das partes da capacidade de convecção e radiante na câmara de forno e/ou na câmara de carga e na câmara de forno, tanto quan-

to disponível, e adaptar as mesmas para a respectiva fase de fundição ou otimizar as mesmas para a respectiva fase de fundição, respectivamente. Para a otimização, é preferivelmente proporcionado uma coleção e processamento de dados eletrônicos.

5 Como uma alternativa para a modalidade anteriormente mencionada, é possível usar o mesmo queimador para modos de operação diferentes, por exemplo, para comutar um ou uma pluralidade de queimadores, por exemplo, entre uma operação com ar como oxidante e com oxigênio tecnicamente puro ou menos puro ou operar o mesmo queimador como queimador para uma combustão sem chama.

10 Uma vantagem importante desta invenção deve ser vista no alcance de um resultado de fundição regular e bem uniforme, que difere pouco entre os turnos individuais das pessoas responsáveis pelo forno, para um forno de cadinho.

15 A invenção oferece um várias vantagens adicionais, apenas algumas das quais são mencionadas abaixo: o processo de fundição pode ser otimizado em uma maneira simples, por exemplo, com referência à qualidade do resultado da fundição, aos custos e/ou à produtividade do método de fundição. A transição da primeira fase de fundição para a segunda fase de fundição bem como as próprias fases de fundição podem ser adicionalmente

20 otimizadas. Por último, porém de não menor importância, a presente invenção identifica possibilidades para controlar eletronicamente e automatizar o processo de fundição. Todos os parâmetros de operação requeridos podem ser detectados por via de sensores, como, por exemplo, nanossensores.

25 Os parâmetros e as abordagens de operação adicionais, que podem ser usados com vantagem para controlar ou regular o processo de fundição, serão explicados nos exemplos que se seguem:

Exemplo 1:

30 O perfil de temperatura do revestimento à prova de fogo, que reveste a câmara de forno, de acordo com o qual a luminosidade e/ou o tamanho da chama de pelo menos um queimador é controlado, pode ser usado como parâmetro de operação. Para esse fim, é instalado um ou uma plurali-

dade de sensores de temperatura no revestimento à prova de fogo e a temperatura é medida com os mesmos. Particularmente vantajoso, um sensor de temperatura, por exemplo, é instalado no teto do telhado de forno.

Exemplo 2:

- 5 De acordo com outra modalidade, a temperatura e/ou a composição do gás de exaustão pode também ser medida no fluxo do gás de exaustão do forno de cadinho e pode ser usada como parâmetro de operação para controlar ou regular a característica da chama. Além disso, pode ser vantajoso determinar a pressão no canal do gás de exaustão, através do
- 10 qual o gás de exaustão sai do forno de cadinho, por meio de um dispositivo para medição de pressão e usar esse valor como parâmetro de operação para controlar ou regular o processo de fundição.

Exemplo 3:

- A posição (aberta ou fechada) da porta de carga do forno de cadinho pode ser também usada como parâmetro de operação, por exemplo, detectado por via de um sensor e pode ser usada para controlar ou regular o processo de fundição e em particular da operação do queimador. O mesmo se aplica à progressão do processo de carga, que pode ser também detectado e usado como parâmetro de operação em termos da invenção.

20 Exemplo 4:

- Este é um exemplo para uma modalidade semiautomática da presente invenção. A pessoa que opera o forno obtém, por meio disso, informação relacionada a uma tela, que serve como um meio de saída para uma coleção e processamento de dados eletrônicos e que determina um
- 25 curso de ação claro para a pessoa que opera o forno a partir de parâmetros de operação adequados. A pessoa que opera o forno então assume o controle do processo de fundição de acordo com as instruções.

Todas as alternativas acima mencionadas podem ser usadas tanto individualmente como em combinação umas com as outras.

- 30 A invenção e as modalidades adicionais da mesma será definida mais detalhadamente abaixo por meio da modalidade exemplificativa ilustrada na figura.

A figura mostra uma ilustração esquemática de um forno de cadinho que compreende um sensor de temperatura na área do banho de fundição e dois queimadores.

Em detalhe, a figura mostra um forno de cadinho para fundir metal que compreende uma base de forno 1 e um telhado de forno 2 bem como
5 uma porta de carga 3, por via da qual o metal a ser fundido, por exemplo, resíduos de metal, é introduzido no forno de cadinho. A figura ilustra um forno de cadinho com carga direta.

Conforme ilustrado na figura, a câmara de forno 4 é circundada
10 pela base de forno 1, o telhado de forno 2 bem como pelas paredes perpendiculares laterais, que são atribuídas para o telhado do forno, e a porta de carga 3.

Essa modalidade exemplificativa ilustra dois queimadores 5, que são usados para aquecer a câmara de forno 4 em cada caso isolado ou jun-
15 to e para propiciar condições adequadas para fundir o metal introduzido na câmara de forno 4. Para isso, a chama de pelo menos um dos dois queimadores 5 é controlada de acordo com a invenção como uma função de um ou de uma pluralidade de parâmetros de operação. Nesse exemplo, a temperatura do banho de fundição é medida como parâmetro de operação com o
20 auxílio de um sensor de temperatura 7.

A luminosidade da chama de pelo menos um dos dois queimadores 5 é medida por meio de uma sonda UV 10. Preferivelmente, é medida a luminosidade da chama dos dois queimadores 5. As sondas UV são instaladas na parte externa de uma janela de observação 9, que está disposta em
25 cada caso em uma maneira substancialmente perpendicular acima do respectivo queimador 5 no telhado de forno 2.

Em resposta a uma determinada temperatura do banho de fundição 6, é desejada uma determinada luminosidade da chama dos dois queimadores 5, dependendo se o processo de fundição está na primeira (b)
30 ou na segunda fase de fundição (c). Por meio disso, podem também estar disponíveis dois valores alvos diferentes de luminosidade para cada chama. Determinados valores são pré-selecionados para a produtividade operacio-

nal de gás combustível e oxidante, por exemplo, para um controle semiautomático pela pessoa que opera o forno para o respectivo queimador 5. A medição da luminosidade leva então a uma confirmação desse primeiro ajuste como estando correto ou exibe uma necessidade de correção, que o

5 operador de forno cumpre pelo novo ajuste ou adaptação, respectivamente, dos valores mencionados. Ao fazer isso, a operação ou o modo de operação do forno, respectivamente, é controlado com o auxílio da luminosidade da chama de um queimador 5.

Pelo menos um dos queimadores 5 deve ser assim operado durante a primeira fase de fundição (b) de maneira que seja emitida uma parte maior da capacidade do queimador na forma de convecção na forma de energia radiante e que as partes respectivas do calor de convecção e do calor radiante, que são emitidas do pelo menos um queimador 5, sejam especificamente ajustadas por via do ajuste da luminosidade da chama do pelo menos um queimador 5.

10

15

Na primeira fase de fundição após a carga, uma grande parte do metal a ser fundido, fica "na sombra" da chama do queimador, para expressar que essa parte do material pode ser apenas aquecido pela radiação térmica, porque está abrigado por material, que está situado entre a chama e essa parte do material. Uma grande parte do calor de convecção possibilita grandes quantidades de gás quente requerido para isso para também permear as áreas entre o material sólido e aquecer o mesmo.

20

Pelo menos um dos queimadores 5, nesse exemplo os dois queimadores 5, é operado durante a segunda fase de fundição (c) de maneira que seja emitida uma parte maior da capacidade do queimador na forma de energia radiante em vez da forma de convecção. A segunda fase de fundição (c) começa quando é formada uma superfície de banho de fundição. Esse exemplo é um forno de cadinho que compreende um dispositivo para banho de fundição 6 (dispositivo não ilustrado). Nesse caso, de acordo com a invenção, é desejada uma grande parte da capacidade radiante da capacidade, que é emitida pelos queimadores 5 aqui ilustrados. De acordo com a experiência, uma capacidade radiante alta do queimador 5 corresponde a

25

30

uma chama muito luminosa do queimador 5. De acordo com a invenção, a luminosidade da chama é usada para avaliar e ajustar a capacidade radiante de uma chama.

- 5 Nesse exemplo, a chama é, portanto, ajustada em uma maneira particularmente vantajosa para ser diferente uma da outra para a primeira fase de fundição (b) e para a segunda fase de fundição (c) com referência a sua luminosidade.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para operar um forno de cadinho para fundir um material contendo metal, em que o forno de cadinho engloba uma câmara de forno (4), que é aquecida por meio de pelo menos um queimador (5), em que o método compreende as seguintes etapas:
- a) introduzir o material contendo metal no forno de cadinho,
 - b) fundir o material contendo metal em uma primeira fase de fundição até que seja formada uma superfície com banho de fundição,
 - c) fundir o material contendo metal em uma segunda fase de fundição após a formação de uma superfície com banho de fundição,
 - d) remover e/ou reter o metal fundido,
- caracterizado pelo fato de que pelo menos um dos queimadores (5) é operado durante a primeira fase de fundição (b) de maneira que seja emitida uma parte maior da capacidade do queimador na forma de convecção em vez da forma de energia radiante e que as partes respectivas do calor de convecção e do calor radiante emitidas do, pelo menos um, queimador (5) sejam ajustadas especificamente por via do ajuste da luminosidade e/ou do tamanho, especificamente da extensão da chama do, pelo menos um, queimador (5).
2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que é proporcionada uma câmara de carga compreendendo um dispositivo de bombeamento, que está disposto contra a corrente da câmara de forno, e em que a câmara de carga não está aquecida ou é aquecida por via do, pelo menos um, queimador (5).
3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que é usado um ou uma pluralidade de queimadores (5), que operam com ar como oxidante.
4. Método, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de que pelo menos um dos queimadores (5) é operado durante a segunda fase de fundição (c) de maneira que seja emitida uma parte maior da capacidade do queimador na forma de energia radiante em vez da forma de convecção.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que as chamas dos queimadores (5) são ajustadas para serem diferentes uma da outra para a primeira fase de fundição (b) e para a segunda fase de fundição (c) com referência a sua luminosidade e/ou tamanho, particularmente extensão e/ou volume.

6. Método, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado pelo fato de que é usado um ou uma pluralidade de queimadores (5), que é operado com um gás que contém oxigênio, cujo conteúdo de oxigênio é maior do que de ar, particularmente com um oxigênio tecnicamente puro.

7. Método, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizado pelo fato de que uma parte do gás do forno é circulada para aumentar a convecção da câmara de forno (4).

8. Método, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizado pelo fato de que a luminosidade e/ou o tamanho da chama é regulada por pelo menos um dos queimadores (5) como uma função da temperatura do banho de fundição.

9. Método, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a luminosidade da chama é medida por via de uma sonda UV (10).

10. Método, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 9, caracterizado pelo fato de que os parâmetros de operação dos queimadores são coletados e avaliados eletronicamente.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o processo de fundição é controlado e/ou regulado e/ou otimizado e/ou operado completamente automatizado, em que os parâmetros de operação coletados eletronicamente são acessados como variáveis de entrada.

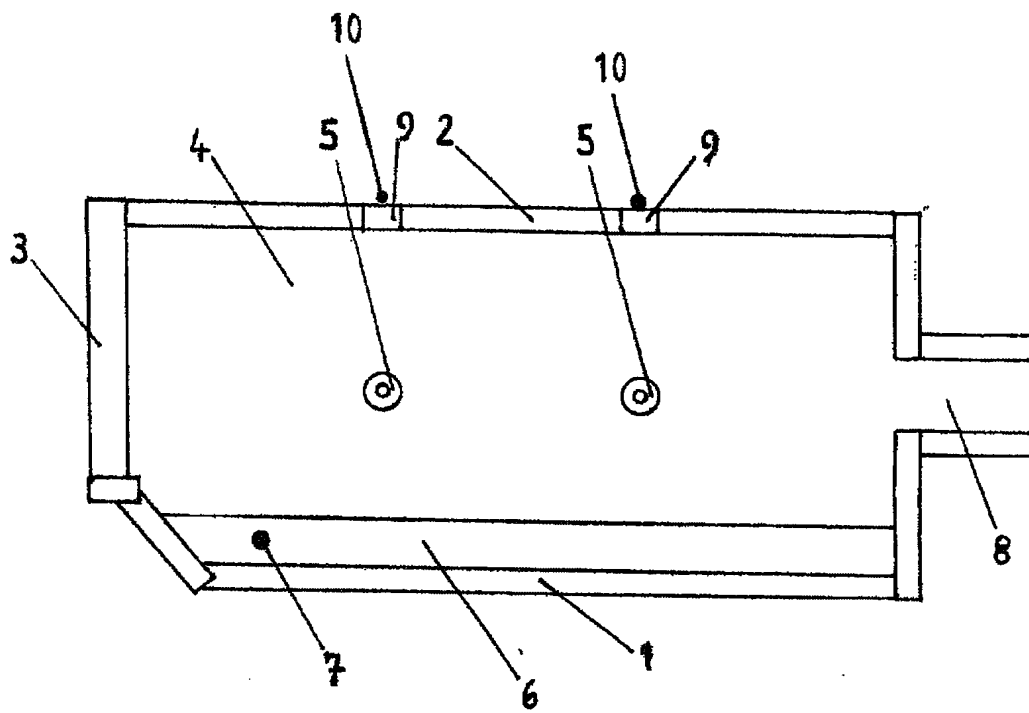


Fig. 1

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO PARA OPERAR UM FORNO DE CADINHO"**.

5 A presente invenção refere-se a um método para operar um forno de cadinho para fundir um material contendo metal, em que o forno de cadinho engloba uma câmara de forno (4), que é aquecida por meio de pelo menos um queimador (5), em que o método compreende as seguintes etapas:

- a) introduzir o material contendo metal no forno de cadinho,
- 10 b) fundir o material contendo metal em uma primeira fase de fundição até que seja formada uma superfície com banho de fundição,
- c) fundir o material contendo metal em uma segunda fase de fundição após a formação de uma superfície com banho de fundição,
- d) remover e/ou reter o metal fundido,
- 15 caracterizado pelo fato de que
- pelo menos um dos queimadores (5) é operado durante a primeira fase de fundição (b) de maneira que seja emitida uma parte maior da capacidade do queimador na forma de convecção em vez da forma de energia radiante e que as partes respectivas do calor de convecção e do calor radiante emitidas do, pelo menos um, queimador (5) sejam ajustadas especificamente por via do ajuste da luminosidade e/ou do tamanho, especificamente da extensão da chama do, pelo menos um, queimador (5).
- 20