

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

(21) **PI 0715265-5 A2**

(22) Data de Depósito: 17/07/2007
(43) Data da Publicação: 26/03/2013
(RPI 2203)



(51) *Int.Cl.:*
G01N 33/20
B01L 3/04

(54) **Título:** APARELHO PARA DETERMINAR A PORCETAGEM DE EQUIVALENTE DE CARBONO E SILÍCIO EM METAL FERROSO LÍQUIDO

(30) **Prioridade Unionista:** 29/09/2006 IN 1584/MUM/2006

(73) **Titular(es):** ANANT KASHINATH KAKATKAR, SATISH SHASHIKANT KELKAR

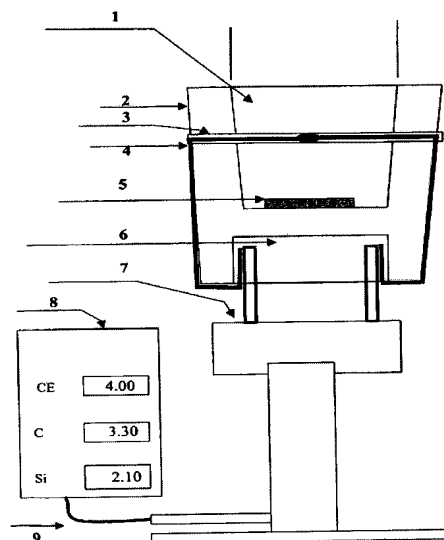
(72) **Inventor(es):** ANANT KASHINATH KAKATKAR, SATISH SHASHIKANT KELKAR

(74) **Procurador(es):** David do Nascimento Advogados Associados

(86) **Pedido Internacional:** PCT IN2007000295 de 17/07/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/038297 de 03/04/2008

(57) **Resumo:** APARELHO PARA DETERMINAR A PORCETAGEM DE EQUIVALENTE DE CARBONO E SILÍCIO EM METAL FERROSO LÍQUIDO. A presente invenção refere-se a um aparelho e um método para determinar a porcentagem de equivalente de carbono, de carbono e silício em metal ferroso líquido. O aparelho da presente invenção compreende a estrutura de copo refratário (2), uma cavidade (1), um fio de termopar (4), um tubo de quartzo (3), uma base (6), telúrio (5), um suporte (7), um cabo de compensação (9), e um dispositivo eletrônico (8). O método da presente invenção compreende as etapas de a) despejar a amostra no copo refratário, b) registrar a temperatura máxima da amostra e permitir que ela resfrie até a temperatura de solidificação, c) determinar a temperatura do líquido, sendo que esta temperatura é inversamente proporcional e dá a porcentagem de equivalente de carbono utilizando um algoritmo; d) determinar a temperatura do sólido utilizando o algoritmo; e) determinar a porcentagem de carbono e de silício utilizando o dispositivo eletrônico (8) com base no algoritmo. A presente invenção refere-se à detecção da composição de metal ferroso líquido em um tempo muito mais rápido utilizando o copo refratário.



APARELHO PARA DETERMINAR A PORCENTAGEM DE
EQUIVALENTE DE CARBONO E SILÍCIO EM METAL FERROSO LÍQUIDO

Campo Técnico

A presente invenção refere-se a um aparelho e um
5 método para determinar a porcentagem de equivalente de
carbono, de carbono e silício em metal ferroso líquido. Mais
particularmente, a presente invenção refere-se à detecção da
composição do metal ferroso líquido em um tempo muito mais
rápido utilizando copos refratários.

Antecedentes e Técnica Anterior

10 A análise térmica existente para a detecção da
porcentagem de equivalente de carbono, de carbono e silício
requer aproximadamente 180 segundos e consome aproximadamente
200 - 325 gramas de metal. A análise térmica envolve a
15 medição e a análise do padrão de resfriamento do metal
líquido, sob condições controladas. Quando o metal líquido é
despejado em um copo, a temperatura máxima registrada pelo
copo é armazenada e ainda o resfriamento lento é submetido à
varredura. Durante o resfriamento, quando o primeiro núcleo
20 solidifica, ele irradia a sua energia cinética, uma captura
térmica é observada, a qual é metalurgicamente denominada
como a temperatura do líquido (TL). Esta temperatura, que é
inversamente proporcional à porcentagem do equivalente de
carbono (CE), ajuda a determinar o valor de % de CE. Com mais
25 resfriamento, com a ajuda do revestimento de telúrio na base
do copo, a amostra é esfriada e convertida em ferro branco,
em vez de cinza. Isto resulta na temperatura de solidificação
(TS). A detecção da TL e da TS ajuda na detecção da
porcentagem de carbono e de silício.

30 Os copos existentes utilizados são de formato
redondo ou quadrado, de maneira que 225 - 325 gramas de metal
líquido podem ser acomodados para teste. O telúrio é aplicado
no fundo do copo ou revestido por sobre toda a superfície

interna do copo. O fio de termopar utilizado para medindo a temperatura é um fio do tipo K (Cr-Al) grosso de 22 SWG.

A patente norte-americana nº. 3.404.570 apresenta o método e o aparelho para determinar a concentração de um silício em uma amostra de um material eletricamente condutor ao medir em uma amostra despejada do material o resfriamento de uma maneira tal que um gradiente da temperatura ocorre através da amostra, com a temperatura e uma força do termopar produzida com a amostra em cada ponto de dois pontos na amostra espaçados na direção do gradiente da temperatura. A magnitude da diferença entre as forças eletromotrizes em uma diferença predeterminada da temperatura entre os pontos é representativa da concentração do constituinte. No entanto, este método é complexo e demorado.

A presente invenção é rápida e simples e dura somente 50 a 180 segundos. O conceito de encontrar a composição na presente invenção é pela análise térmica, e não com a medição da condutividade na técnica anterior.

A patente norte-americana nº. 3.546.921 apresenta um método de produção de uma captura térmica inicial na curva de resfriamento de uma amostra derretida de ferro fundido hipereutético mediante a adição de estabilizadores de carboneto tais como Bi, B, Ce, etc., que são inventados para iniciar a captura térmica discernível consistente.

No entanto, este método se aplica somente para a determinação apenas do equivalente de carbono pela determinação somente da temperatura do líquido. A presente invenção não determina a % de carbono e a % de silício no metal.

A presente invenção determina mais uma captura térmica denominada temperatura do sólido. Além disso, dois elementos adicionais, ou seja, o carbono e o silício, são determinados em contraposição somente ao equivalente de

carbono na técnica anterior.

A patente norte-americana nº. 4.059.996 apresentou um aperfeiçoamento em relação a outra ao apresentar uma bolha de material em contato com a parede inferior de uma cavidade.

5 A bolha de material inclui um material promotor da formação de carboneto e preferivelmente misturado com um material para a evolução de hidrogênio. O material refratário ajuda a impedir que o material promotor da formação de carboneto seja queimado rapidamente e misturando demasiadamente rápido com o

10 metal derretido. O hidrogênio evoluído desse modo é utilizado para gerar turbulência no metal que ajuda o material formador de carboneto a alcançar cada canto do copo e desse modo prover a formação de carbonetos por todo o copo.

O problema com este método é devido à turbulência,

15 a queda da temperatura é observada enquanto o copo é cheio, e o enchimento do copo é uma tarefa habilidosa. Uma prática de parar e repetir o derramamento tem que ser seguida para impedir que o metal em ebulição saia do copo. Todo isto visa uma difusão dos agentes de resfriamento por todo o copo.

20 Na presente invenção, a turbulência não é criada. O material formador de carboneto fica misturado sem força externa por causa do volume menor do copo. Isto evita a geração de hidrogênio prejudicial a tal temperatura elevada de 1.400°C e o respingar de metal do copo.

25 A patente norte-americana nº. 4.515.485 também apresenta um aperfeiçoamento na patente norte-americana nº. 4.059.996 para misturar os agentes de resfriamento por todo o copo utilizando o hidrogênio evoluído de uma forma mais bem controlada. No entanto, isso não resolve completamente os

30 problemas associados com a ebulição e o derramamento de metal devido à geração de hidrogênio.

A presente invenção remove a causa da criação de turbulência da raiz ao reduzir o volume do copo que elimina a

necessidade da geração de turbulência no metal líquido.

A patente norte-americana nº. 4.274.284 descreve um método para melhorar o tempo de resposta do termopar de Cromel Alumel que é utilizado para medir a temperatura do copo. O elevado tempo de resposta é muito essencial para a medição exata de capturas térmicas tal aqui como descrito. O termopar fica sob tensão térmica constante até que a análise seja completada.

Isto requer o uso de um calibre de fio mais grosso que causa um maior tempo de resposta e um custo mais elevado do fio e desse modo da medição. O calibre do fio é maior para suportar a tensão térmica porque o tempo requerido para a medição é grande. No entanto, o termopar permanece exposto ao metal líquido e desse modo o metal contamina o termopar, prejudicando a precisão.

Na presente invenção, o volume da amostra é reduzido para 50 a 180 gramas em contraste com 200 - 325 gramas conforme requerido pela técnica anterior. Devido a um tempo mais baixo de amostragem, é reduzido o tempo para que o termopar tenha que ser submetido à tensão térmica. Um termopar mais fino pode ser utilizado devido a um tempo mais baixo de exposição. Em segundo lugar, um fio mais fino tem uma defasagem menor e desse modo um melhor tempo de resposta. Desse modo, o objetivo da técnica anterior para reduzir a defasagem da temperatura é atingido automaticamente com a redução do diâmetro do fio. A presente invenção permite a utilização de termopares mais finos, reduzindo desse modo o custo da amostragem. O tubo de quartzo (3) utilizado elimina a contaminação do material carbonáceo, que é um outro objetivo da técnica anterior.

A patente norte-americana nº. 6.739.750 apresenta um vaso de amostragem para a análise térmica do metal derretido ao reduzir o tempo requerido com a ajuda do vaso de

amostragem do tipo sonda. O volume do vaso é decidido pela limitação na exatidão da medição da taxa de resfriamento. A taxa de resfriamento é requerida para que fique mais perto de (0 - 0,20 tal como mencionado na figura 3 B). No dito processo, o diâmetro convencional de aproximadamente 30 mm foi reduzido para aproximadamente 20 mm e a profundidade convencional de 50 mm foi reduzida para 36 mm ou mais. O uso desta técnica envolve o uso de uma amostra do tipo sonda mais caro que tem uma limitação de uma profundidade mínima de 36 mm de cavidade. Com a presente invenção, por hardware e algoritmo, a taxa de resfriamento de até 3°C é medida em vez de 0,20°C, o que elimina a limitação de uma profundidade de 36 mm ou mais na técnica anterior.

A patente norte-americana nº. 5.720.553 descreve o uso de inserções metálicas, em vez dos agentes de resfriamento, para agir como um dissipador de calor, promovendo desse modo a solidificação branca. No entanto, o custo da medição é elevado e a técnica envolve a amostragem do tipo de imersão que não é a preferida para a medição por toda parte.

A presente invenção utiliza agentes de resfriamento e um volume baixo do metal da amostra para promover a solidificação branca.

Inconvenientes da Técnica Anterior:

1. O metal solidifica nos remendos do ferro cinzento e branco, o que prejudica a precisão do teste até uma grande extensão.
2. A temperatura de despejamento do metal é muito elevada. Queima alguma quantidade de telúrio, afetando desse modo a qualidade do teste.
3. O termopar fica sob tensão térmica constante até que a análise esteja completa.
4. O metal é preso no forno por um tempo mais longo, o que

resulta na perda de eletricidade/energia e deteriora a qualidade do metal.

5. A análise térmica requer mais tempo.

6. A quantidade do metal requerida para a análise é maior.

5 7. a quantidade do agente de resfriamento requerida é maior.

Descrição Resumida da Presente Invenção

O objetivo principal da presente invenção é a apresentação de:

10 A) Um método que utiliza um copo refratário feito de areia revestida com resina que tem uma capacidade de 50 a 180 g em vez do copo da técnica anterior que precisa de uma quantidade de 200 - 325 g.

B) Um hardware para a determinação da porcentagem de carbono, silício e equivalente de carbono.

15 Um outro objetivo da presente invenção é o aumento da taxa de resfriamento ao reduzir o tamanho dos copos revestidos com resina. Quanto menor o volume, maior a razão entre área de superfície e o peso, e desse modo é obtida uma taxa de resfriamento mais elevada.

20 Ainda um outro objetivo da presente invenção é a obtenção do equilíbrio na temperatura de despejamento de maneira tal que a temperatura e o tempo requeridos sejam disponíveis para a mistura de agentes de resfriamento e a taxa de resfriamento máxima é atingida ao mesmo tempo.

25 A finalidade da presente invenção consiste em reduzir o tempo necessário para que o material de resfriamento misture em cada canto do copo no tempo curto através da redução da distância das bordas do centro do copo pela redução das dimensões do copo.

30 O objetivo da presente invenção consiste em economizar tempo, isto é, 50 a 80 segundos em contraste com a técnica anterior, que necessita de 180 segundos e para economizar o metal tirado na cavidade para a análise térmica.

Vantagens da Presente Invenção:

1. O metal solidifica como ferro branco enquanto a taxa de resfriamento é aumentada ao reduzir o tamanho do copo e desse modo reduzindo o volume do metal líquido, o que ajuda na
5 precisão do teste.
2. A tensão no termopar dura menos tempo porque o tempo requerido para a análise é reduzido devido a uma taxa de resfriamento mais rápida.
3. O tempo requerido para o material de resfriamento
10 (telúrio) misturar em cada canto do copo é reduzido quando as dimensões do copo são alteradas.
4. O metal é preso no forno por uma duração mais curta, economizando desse modo eletricidade/energia, e ajuda a manter a qualidade do metal.
- 15 5. A quantidade de metal requerida para a análise é menor e desse modo diminui na perda do metal.
6. A quantidade dos agentes de resfriamento para converter o ferro cinzento em ferro branco é reduzida.
7. A presente invenção apresenta desse modo o método
20 conveniente e rápido para a análise térmica de um metal ferroso líquido.

Descrição da Presente Invenção

De acordo com a presente invenção para a análise térmica de um metal ferroso líquido, é apresentado um
25 aparelho e um método para determinar a concentração de um constituinte em um metal ferroso líquido. Mais particularmente, a presente invenção refere-se a um método e um aparelho para a determinação da porcentagem de equivalente de carbono, de silício e carbono utilizando um equipamento
30 eletrônico.

Aparelho:

O aparelho da presente invenção é ilustrado na figura 1 do desenho em anexo. A Figura 2 representa o

diagrama de blocos do dispositivo eletrônico.

O aparelho da presente invenção compreende a estrutura de poço ou molde ou copo refratário (2), a cavidade (1), o fio de termopar (4), o tubo de quartzo (3), a base (6), telúrio (5), o suporte (7), o cabo de compensação (9) e o dispositivo eletrônico (8).

A estrutura de copo refratário ou molde (2) é feita de areia revestida com resina. A areia suporta uma alta temperatura de 1.050 graus C a 1.400 graus C porque é de natureza refratária. O diâmetro e a altura da estrutura do copo (2) são de aproximadamente 20 a 40 mm e 10 a 25 mm, respectivamente, de maneira tal que o peso do metal no copo é de aproximadamente 50 a 180 g.

O fio de termopar do tipo K (Cr-Al) de 22 a 24 swg (4) é utilizado para medir a temperatura. O envoltório do tubo de quartzo (3) é encaixado horizontalmente na estrutura do copo (2) de maneira tal que cobre o fio de Cr-Al (4). O tubo de quartzo (3) evita o contato do metal ferroso líquido e do fio de termopar (4) e elimina a possibilidade de contaminação. O tubo de quartzo (3) é vedado com agentes refratários de modo que não haja nenhum vazamento do furo do copo (2).

Os agentes de resfriamento tais como o bismuto, o boro, o cério, o chumbo, o magnésio e o telúrio (5) são misturados com os aglutinantes refratários e são aplicados no fundo do copo como agente de resfriamento. A quantidade dos agentes de resfriamento utilizada é de 0,20 a 0,50 g (0,2 a 0,6% em peso).

O copo refratário (2) tem uma base apropriada (6) de modo a encaixar no suporte (7). Este suporte envia então o sinal ao dispositivo eletrônico (8) através do cabo de compensação (9) para uma análise adicional da porcentagem de equivalente de carbono, de silício e carbono.

Um dispositivo eletrônico (8) com capacidade de detectar pontos de captura térmica a taxas de resfriamento elevadas é conectado ao suporte (7) através de um cabo de compensação (9). Este dispositivo eletrônico (8) encontra a temperatura do líquido e do sólido tal como por algoritmo, armazena, converte e exibe os valores correspondentes da % de CE, da % de carbono e da % de silício no monitor.

O dispositivo eletrônico (8) compreende o hardware de condicionamento de sinal (8a), o conversor analógico em digital (8b), o processador da entrada e saída (8c), o monitor (8d), e o processador de sinais digitais (8e).

Método:

A amostra de metal ferroso líquido é despejada dentro de uma cavidade (1) do copo (2). A temperatura máxima registrada pelo copo (2) é armazenada no dispositivo eletrônico (8) e o resfriamento é submetido à varredura. O calor liberado quando a austenita começa a precipitar produz uma captura isotérmica na curva de resfriamento. Durante a solidificação no copo, o calor latente é expelido. Devido ao efeito de resfriamento natural e liberação de calor latente, um equilíbrio térmico é alcançado e uma captura térmica é obtida. Esta temperatura é denominada como temperatura do líquido (TL). A captura encontrada, de acordo com a presente invenção, é relativamente fraca devido a uma taxa de resfriamento mais rápida. Esta captura fraca é devida a um peso mais baixo da amostra e desse modo um calor latente mais baixo disponível para prender a temperatura. A temperatura do líquido que é inversamente proporcional à % de equivalente de carbono (CE) determina o valor da % de CE empiricamente.

A amostra fica resfriada com a ajuda dos agentes de resfriamento (5) revestidos no fundo do copo (2) dentro da cavidade e a amostra é convertida em ferro branco. Quando todo o metal líquido solidifica, mais uma captura térmica é

obtida. Esta temperatura é denominada temperatura do sólido (TS). O tempo requerido para a análise ser completada de é aproximadamente 50 a 80 segundos.

Uma propriedade de qualquer substância é de ter um
5 ponto de congelamento fixo. Mas o ferro fundido, o ferro de S.G, o ferro maleável que está sob consideração da presente
invenção é uma exceção. Geralmente, o ferro da consideração
na presente invenção solidifica mostrando uma estrutura
cinzenta quando fraturado. Em tal caso, o ferro com a mesma
10 composição solidifica a uma temperatura diferente dependendo da nucleação. Quanto maior a nucleação, mais alto o ponto de congelamento. Mas quando é permitido resfriar rapidamente, solidifica, formando uma fratura branca. É denominada solidificação metaestável. O ferro com a mesma composição
15 solidifica a uma única temperatura se for permitido solidificar na temperatura de solidificação metaestável.

O diagrama de carbono e ferro/diagrama de ferro
silício e carbono universal mostra composições de
solidificações diferentes para valores diferentes da
20 temperatura do líquido e do sólido para a solidificação branca.

A presente invenção faz uso da solidificação metaestável. O metal é forçado a resfriar rapidamente ao utilizar agentes de resfriamento. Isto faz com que ocorra a
25 solidificação metaestável. O instrumento detecta a temperatura de solidificação do ferro. Uma tabela de valores diferentes de temperaturas de solidificação versus a sua composição correspondente é alimentada no instrumento. O algoritmo procura por valores armazenados da temperatura do
30 líquido e do sólido e encontra valores correspondentes da % de equivalente do carbono e da % de carbono.

O valor da % de silício é calculado utilizando a fórmula

% de equivalente de carbono = % de carbono + $(1/3) * \% \text{ de silício}$.

A quantidade menor da amostra considerada na presente invenção resfria mais rapidamente do que a
5 quantidade de amostra convencional. Desse modo, a presente invenção utiliza o instrumento, o qual pode processar taxas mais altas de resfriamento.

As taxas de resfriamento mais rápidas são medidas devido à quantidade menor da amostra sendo testada. O
10 hardware e o algoritmo utilizados na presente invenção podem lidar com taxas de resfriamento de 0 a 3 °C/s enquanto encontram temperaturas do líquido e do sólido.

O método que utiliza o hardware e o algoritmo para o processo completo é aqui descrito em detalhes.

- 15 1. Quando o metal líquido é despejado no copo (2), o termopar dentro do copo (2) é aquecido e gera o sinal em milivolts.
2. O condicionamento de sinal (8a) em milivolts é realizado utilizando vários componentes tais como filtros e capacitores.
- 20 3. O sinal analógico é convertido em sinal digital utilizando o conversor analógico em digital de alta resolução (8b) de modo que o processador de entrada e saída (8c) possa processar o mesmo.
4. São armazenados todos os pontos do processo de
25 resfriamento em uma disposição utilizando o processador de entrada e saída (8c).
5. Uma curva é gerada utilizando o engenho do processador de sinais digitais (8e). A interpolação dos pontos intermediários é feita para suavizar a curva.
- 30 6. A taxa de resfriamento instantâneo, ou seja, a primeira derivada em cada ponto da curva de resfriamento suavizada é obtida pelo engenho do processador de sinais digitais (8e) e os valores da taxa de resfriamento são armazenados em uma

outra disposição.

7. Um filtro é aplicado pelo engenho do processador de sinais digitais (8e) para se adequar a uma curva suave para o gráfico da primeira derivada por interpolação.

5 8. A segunda derivada em cada ponto da curva da primeira derivada suavizada é encontrada e os valores da segunda derivada são armazenados em uma outra disposição.

9. Um filtro é aplicado pelo engenho do processador de sinais digitais (8e) para se adequar a uma curva suave para o gráfico da segunda derivada por meio de interpolação e os valores obtidos são armazenados em uma outra disposição.

10 10. A terceira derivada em cada ponto da curva da segunda derivada suavizada é encontrada com a ajuda do engenho do processador de sinais digitais (8e) e os valores da terceira derivada são armazenados em uma outra disposição.

15 11. Os pontos de cruzamento máximo, mínimo e igual a zero de curvas da taxa de resfriamento, as curvas da primeira e segunda derivadas são encontradas utilizando o engenho do processador de sinais digitais (8e).

20 12. A temperatura do líquido e a temperatura do sólido são detectadas utilizando os pontos acima mencionados.

Detecção dos pontos de líquido e de sólido: Quando o ferro que contém carbono e silício solidifica, ele o faz na faixa de temperatura em vez de solidificar em um ponto de congelamento particular. Quando o material é despejado no copo (2), o dispositivo eletrônico (8) detecta a temperatura máxima. Quando o material é colocado para resfriar, inicialmente ele começa a resfriar à taxa de resfriamento máxima. Quando a temperatura alcança a temperatura de solidificação, poucas moléculas começam a solidificar para precipitar austenita e desse modo desprender o calor latente da solidificação. A resultante do resfriamento natural do material e a avaliação do calor latente reduzem a taxa de

resfriamento do metal em solidificação. Dependendo da quantidade de calor latente disponível com o metal em solidificação, a taxa de resfriamento começa a cair, alcança um nível mínimo e começa se elevar outra vez. A temperatura da taxa de resfriamento mais baixa atingida é temperatura do líquido. Uma vez que a leitura é armazenada como tempo versus temperatura, a primeira derivada destes pontos é a taxa de resfriamento e a segunda derivada é a relação de mudança da taxa de resfriamento. Portanto, quando a segunda derivada passa através de zero o valor mínimo na curva da taxa de resfriamento é obtido. A temperatura correspondente é a temperatura do líquido.

Com o mesmo princípio, é encontrada a temperatura do sólido. Quando o material esfria mais, ele alcança uma temperatura onde o material é completamente sólido. Ele desprende calor outra vez e a taxa de resfriamento cai outra vez. Esta mudança na taxa de resfriamento é detectada e mantida como temperatura do sólido.

Utilizando o algoritmo, a taxa de resfriamento de 0 a 3 graus C/s pode ser medida, manipulada, analisada utilizando o processador de entrada e saída (8c) do dispositivo eletrônico (8) para detectar as temperaturas do líquido e do sólido.

13. A tabela empírica da temperatura versus a % de equivalente de carbono correspondente e a % de carbono são armazenadas no processador de entrada e saída (8c) utilizando o diagrama de ferro e carbono. O processador de entrada e saída (8c) encontra o valor correspondente do equivalente de carbono utilizando a temperatura do líquido e exibe o seu valor no dispositivo eletrônico (8).

14. O processador de entrada e saída (8c) é utilizado para encontrar a % de silício utilizando a seguinte fórmula.

% de Equivalente de Carbono = % de Carbono + $(1/3) * \% \text{ de}$

Silício.

15. O processador de entrada e saída (8c) envia os valores de % de carbono e de % de silício, da temperatura do líquido e do sólido, e exibe os valores no monitor (8d) do dispositivo eletrônico (8).

O processamento importante nesse hardware e algoritmo fica essencialmente na etapa 5, onde um filtro é aplicado e um ajuste de curva suave é gerado. Este algoritmo assegura valores mais precisos quando se trabalha com taxas de resfriamento mais elevadas. O algoritmo pode detectar a temperatura do líquido e a temperatura do sólido até a taxa de resfriamento de 3 graus./s enquanto encontra as temperaturas do líquido e do sólido.

Descrições detalhadas da realização preferida são aqui fornecidas; no entanto, deve ser compreendido que a presente invenção pode ser incorporada de várias formas. Portanto, os detalhes específicos aqui apresentados não devem ser interpretados como limitadores, mas, ao contrário, como uma base para as reivindicações e como uma base representativa para ensinar a um elemento versado na técnica a empregar a presente invenção em virtualmente qualquer sistema, estrutura ou matéria apropriadamente detalhado.

As realizações da invenção tal como descrito acima e o método aqui apresentado irão sugerir modificações e alterações adicionais aos elementos versados na técnica. Tais modificações e alterações adicionais podem ser feitas sem que se desvie do caráter e do âmbito da invenção; o qual é definido pelo âmbito das seguintes reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. APARELHO PARA DETERMINAR A PORCENTAGEM DE EQUIVALENTE DE CARBONO E SILÍCIO EM METAL FERROSO LÍQUIDO, caracterizado pelo fato de compreender uma estrutura de copo refratário ou molde ou poço (2); uma cavidade (1); um fio de termopar (4); um tubo de quartzo (3); uma base (6); agentes de resfriamento (5), um suporte (7), um cabo de compensação (9), um dispositivo eletrônico (8); em que a estrutura de copo refratário (2) é composta por areia revestida com resina; o diâmetro e a altura da dita estrutura de copo são de aproximadamente 20 a 40 mm e 10 a 25 mm, respectivamente; a cavidade (1) é tal que o peso do metal líquido ou da amostra é de aproximadamente 50 a 180 g; o fio de termopar do tipo K (Cr-Al) de 22 a 24 SWG (4) é utilizado para medir a temperatura; o envoltório do tubo de quartzo (3) é encaixado horizontalmente na dita estrutura de copo (2) de maneira tal que cobre o dito fio de Cr-Al (4); o dito tubo de quartzo (3) evita o contato do dito metal ferroso líquido e do dito fio de termopar (4) e elimina a possibilidade de contaminação; o dito tubo de quartzo (3) é vedado com agentes refratários de modo que não haja nenhum vazamento do furo da dita estrutura de copo (2); agentes de resfriamento (5), 0,20 a 0,50 g, misturados com aglutinantes refratários, são aplicados no fundo do dito copo; o dito copo (2) tem uma base apropriada (6) para encaixar no suporte (7); o dito suporte (7) envia então o sinal ao dispositivo eletrônico (8) através do cabo de compensação (9) para uma análise adicional da porcentagem de equivalente de carbono, de carbono e silício.

2. APARELHO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo eletrônico (8) compreende:

- hardware de condicionamento de sinal (8a);
- conversor analógico em digital (8b);

processador de entrada e saída (8c);
monitor (8d);
processador de sinais digitais (8e).

3. APARELHO, de acordo com a reivindicação 1 e a
5 reivindicação 2, para determinar a porcentagem de equivalente
de carbono, de carbono e silício em metal ferroso líquido,
caracterizado pelo fato de compreender etapas de:

1. Quando o metal líquido é despejado no dito copo (2), o
termopar dentro do dito copo (2) é aquecido e gera o sinal em
10 milivolts;

2. O condicionamento de sinal (8a) em milivolts é realizado
utilizando vários componentes tais como filtros e
capacitores;

3. O sinal analógico é convertido em sinal digital
15 utilizando o conversor analógico em digital de alta resolução
(8b) de modo que o processador de entrada e saída (8c) possa
processar o mesmo;

4. São armazenados todos os pontos do processo de
resfriamento em uma disposição utilizando o processador de
20 entrada e saída (8c);

5. Uma curva é gerada utilizando o engenho do processador
de sinais digitais (8e); a interpolação dos pontos
intermediários é feita para suavizar a curva;

6. A taxa de resfriamento instantâneo, ou seja, a primeira
25 derivada em cada ponto da curva de resfriamento suavizada é
obtida pelo engenho do dito processador de sinais digitais
(8e) e os valores da taxa de resfriamento são armazenados em
uma outra disposição;

7. Um filtro é aplicado pelo engenho do dito processador de
30 sinais digitais (8e) para se adequar a uma curva suave para o
gráfico da primeira derivada por interpolação;

8. A segunda derivada em cada ponto da curva da primeira
derivada suavizada é encontrada e os valores da segunda

derivada são armazenados em uma outra disposição;

9. Um filtro é aplicado pelo engenho do dito processador de sinais digitais (8e) para se adequar a uma curva suave para o gráfico da segunda derivada por meio de interpolação e os valores obtidos são armazenados em uma outra disposição;

10. A terceira derivada em cada ponto da curva da segunda derivada suavizada é encontrada com a ajuda do engenho do dito processador de sinais digitais (8e) e os valores da terceira derivada são armazenados em uma outra disposição;

11. Os pontos de cruzamento máximo, mínimo e igual a zero de curvas da taxa de resfriamento, as curvas da primeira e segunda derivadas são encontradas utilizando o engenho do dito processador de sinais digitais (8e);

12. A temperatura do líquido e a temperatura do sólido são detectadas utilizando os pontos acima mencionados;

detecção dos pontos de líquido e de sólido: Quando o ferro que contém carbono e silício solidifica, ele o faz na faixa de temperatura em vez de solidificar em um ponto de congelamento particular; quando o material é despejado no dito copo (2), o dito dispositivo eletrônico (8) detecta a temperatura máxima; quando o material é colocado para resfriar, inicialmente ele começa a resfriar à taxa de resfriamento máxima; quando a temperatura alcança a temperatura de solidificação, poucas moléculas começam a solidificar para precipitar austenita e desse modo desprender o calor latente da solidificação; a resultante do resfriamento natural do material e a avaliação do calor latente reduzem a taxa de resfriamento do metal em solidificação; dependendo da quantidade de calor latente disponível com o metal em solidificação, a taxa de resfriamento começa a cair, alcança um nível mínimo e começa se elevar outra vez; a temperatura da taxa de resfriamento mais baixa atingida é temperatura do líquido; uma vez que a

leitura é armazenada como tempo versus temperatura, a primeira derivada destes pontos é a taxa de resfriamento e a segunda derivada é a relação de mudança da taxa de resfriamento; portanto, quando a segunda derivada passa
5 através de zero o valor mínimo na curva da taxa de resfriamento é obtido; a temperatura correspondente é a temperatura do líquido;

com o mesmo princípio, é encontrada a temperatura do sólido; quando o material esfria mais, ele alcança uma temperatura
10 onde o material é completamente sólido; ele desprende calor outra vez e a taxa de resfriamento cai novamente; esta mudança na taxa de resfriamento é detectada e mantida como temperatura do sólido;

utilizando o algoritmo, a taxa de resfriamento de 0 a 3 graus
15 C/s pode ser medida, manipulada, analisada utilizando o dito processador de entrada e saída (8c) do dito dispositivo eletrônico (8) para detectar as temperaturas do líquido e do sólido;

13. A tabela empírica da temperatura versus a % de
20 equivalente de carbono correspondente e a % de carbono são armazenadas no dito processador de entrada e saída (8c) utilizando o diagrama de ferro e carbono; o processador de entrada e saída (8c) encontra o valor correspondente do equivalente de carbono utilizando a temperatura do líquido e
25 exibe o seu valor no dito dispositivo eletrônico (8);

14. O dito processador de entrada e saída (8c) é utilizado para encontrar a % de silício utilizando a seguinte fórmula:
% de Equivalente de Carbono = % de Carbono + $(1/3) * \% \text{ de Silício}$;

30 15. O dito processador de entrada e saída (8c) envia os valores de % de carbono e de % de silício, da temperatura do líquido e do sólido, e exibe os valores no monitor (8d) do dito dispositivo eletrônico (8).

3. APARELHO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a estrutura do copo é poligonal.

5 4. APARELHO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, em vez de telúrio, outros
agentes de resfriamento, por exemplo, bismuto, boro, cério,
chumbo e magnésio ou outros ainda, podem ser utilizados como
uma alternativa.

10 5. APARELHO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que em vez to termopar de (Cr-Al) de 22 ou 24 SWG, um outro termopar com capacidade de medição na faixa de 1.050 a 1.400 graus C pode ser utilizado como uma alternativa.

15 6. APARELHO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o tempo de medição da porcentagem de equivalente de carbono, de carbono e silício é de 50 a 180 segundos.

20 7. APARELHO E MÉTODO, de acordo com as reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de serem substancialmente tal como descrito anteriormente com referência a e tal como mostrado nos desenhos anexos e no relatório descritivo.

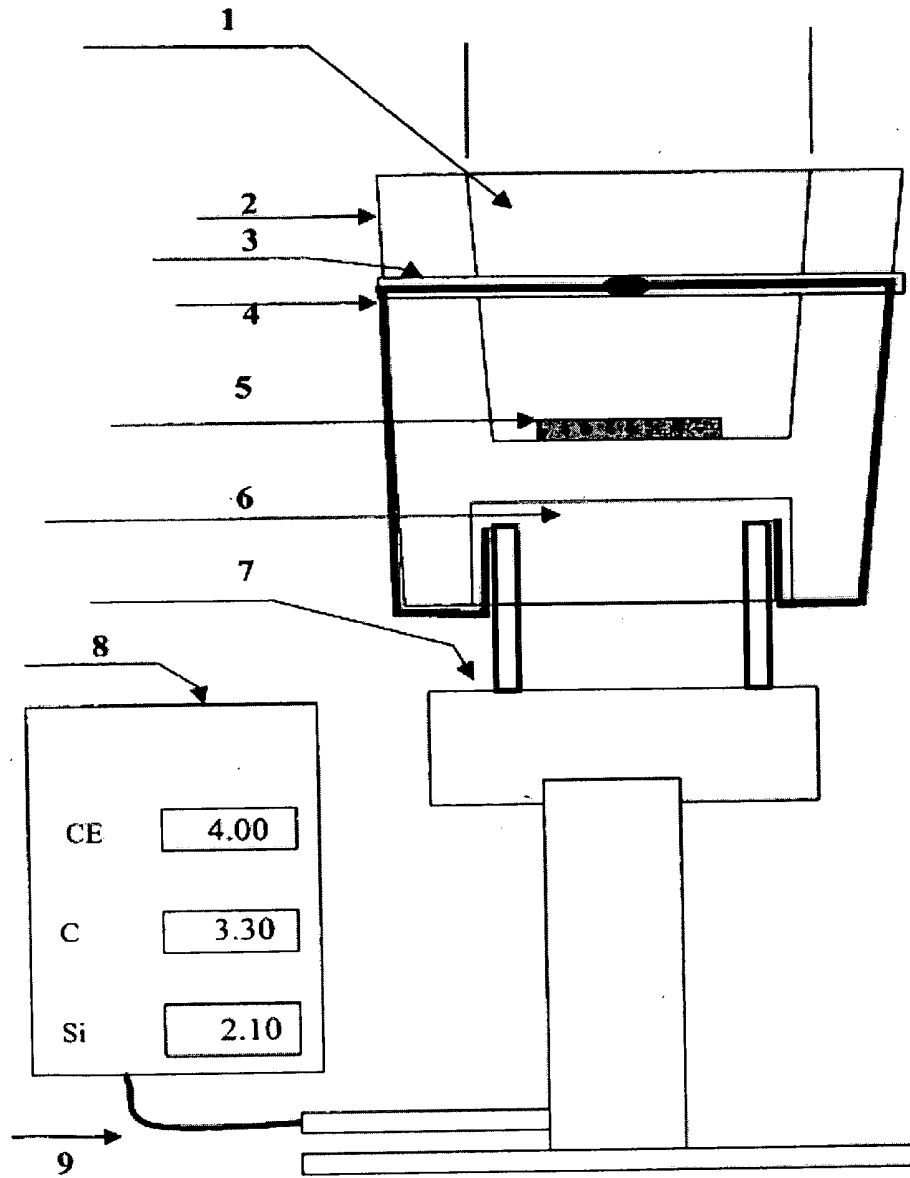


FIG. 1

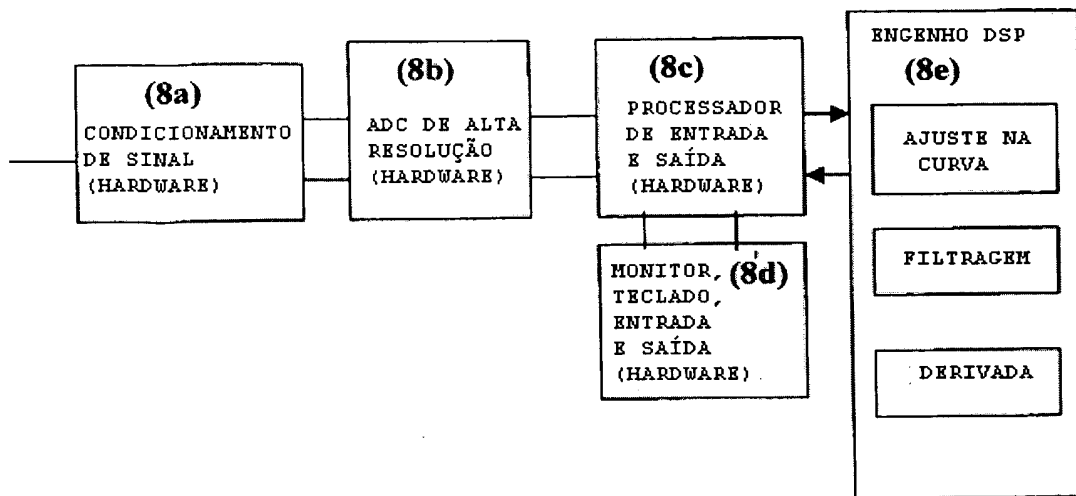


FIG. 2

RESUMO

APARELHO PARA DETERMINAR A PORCENTAGEM DE EQUIVALENTE DE CARBONO E SILÍCIO EM METAL FERROSO LÍQUIDO

A presente invenção refere-se a um aparelho e um
5 método para determinar a porcentagem de equivalente de carbono, de carbono e silício em metal ferroso líquido. O aparelho da presente invenção compreende da estrutura de copo refratário (2), uma cavidade (1), um fio de termopar (4), um tubo de quartzo (3), uma base (6), telúrio (5), um suporte
10 (7), um cabo de compensação (9), e um dispositivo eletrônico (8). O método da presente invenção compreende as etapas de a) despejar a amostra no copo refratário, b) registrar a temperatura máxima da amostra e permitir que ela resfrie até a temperatura de solidificação, c) determinar a temperatura
15 do líquido, sendo que esta temperatura é inversamente proporcional e dá a porcentagem de equivalente de carbono utilizando um algoritmo; d) determinar a temperatura do sólido utilizando o algoritmo; e) determinar a porcentagem de carbono e de silício utilizando o dispositivo eletrônico (8)
20 com base no algoritmo. A presente invenção refere-se à detecção da composição de metal ferroso líquido em um tempo muito mais rápido utilizando o copo refratário.