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

(11) PI 1015929-0 B1

BRPI1015929B1

(22) Data do Depósito: 08/01/2010

(45) Data de Concessão: 17/12/2019

(54) Título: DISPOSITIVO E MÉTODO PARA A MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DE PEÇA MOLDADA

(51) Int.Cl.: G01K 7/36; B22D 2/00; G01K 13/00.

(30) Prioridade Unionista: 16/04/2009 JP 2009-099994.

(73) Titular(es): NIPPON STEEL CORPORATION.

(72) Inventor(es): HIROSHI HARADA; MASANORI YAMANA; ATSUSHI SAIDA; MASAKI NAGASHIMA; TOMOHIRO KONNO.

(86) Pedido PCT: PCT JP2010000081 de 08/01/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/119594 de 21/10/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 13/10/2011

(57) Resumo: "DISPOSITIVO É MÉTODO PARA A MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DE PEÇA MOLDADA". A presente invenção refere-se a um dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada que inclui: um dispositivo de excitação de campo magnético que aplica um campo magnético de CA substancialmente perpendicular a uma superfície de uma peça moldada; um dispositivo de detecção de campo magnético que detecta o campo magnético de CA para detectar um fluxo magnético variado em resposta a uma tempe- ratura de superfície da peça moldada; e um dispositivo de derivação de temperatura de superfície que deriva a temperatura de superfície da peça moldada com base em uma força eletromotriz induzida obtida através da detecção do campo magnético de CA pelo dispositivo de detecção de campo magnético e dados de relação predeterminada. O dispositivo de excitação de campo magnético inclui uma bobina de excitação solenoide, o dispositivo de detecção de campo magnético inclui uma bobina de detecção solenoide interposta entre a superfície da peça moldada e a bobina de excitação, e os dados de relação indicam uma relação de correspondência entre a temperatura de superfície da peça moldada e a força eletromotriz induzida em uma faixa de temperatura incluindo um (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"DISPOSITIVO E MÉTODO PARA A MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DE PEÇA MOLDADA".**

CAMPO DA TÉCNICA

[001] A presente invenção refere-se a um dispositivo e método para a medição da temperatura de superfície de uma peça moldada, que é capaz de medir de forma estável a temperatura de superfície da peça moldada durante um longo período de tempo mesmo sob condições extremas.

[002] É reivindicada a prioridade sobre o Pedido de Patente Japonesa n° 2009-099994, depositado no dia 16 de abril de 2009, em que o conteúdo do mesmo está incorporado ao presente documento a título de referência.

ANTECEDENTES DA TÉCNICA

[003] No campo da moldagem contínua de placas, a moldagem de peças moldadas de alta qualidade de superfície satisfatória e qualidade interna com alta produtividade exige a prevenção de problemas de operação como interrupção. A interrupção pode ser evitar conforme descrito abaixo.

[004] Quando uma carcaça de solidificação está completamente fixada à superfície de uma placa de cobre em um molde, a temperatura da carcaça de solidificação diminui até o ponto de Curie. Portanto, a extração de peças moldadas pode ser temporariamente interrompida através da detecção de uma diminuição da temperatura da carcaça de solidificação até o ponto de Curie a fim de detectar a fixação da carcaça de solidificação. Particularmente, ao aplicar um campo magnético de corrente direta às peças moldadas no molde para magnetizar a carcaça de solidificação e detectar uma mudança em sua linha de força magnética, é possível detectar se a temperatura da carcaça de solidificação é diminuída ou não até o ponto de Curie (por exemplo, vide

Documento de Patente 1).

Lista de Citação

Documento de Patente

[Documento de Patente 1] Pedido de Patente Examinada Japonesa, Segunda Publicação n° S56-7456 (Reivindicações)

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Problema Técnico

[005] No entanto, se ocorre um fluxo desequilibrado no molde CC e, desta forma, a carcaça de solidificação é refundida consideravelmente quando o fluxo descarregado do bocal impinge sobre a carcaça de solidificação, uma espessura local da carcaça de solidificação é insuficiente. Isto pode ocasionar problemas para a operação denominados "interrupção". Tal problema de operação pode não ser evitado de forma suficiente através do método de detecção de uma diminuição na temperatura da carcaça de solidificação até o ponto de Curie, conforme descrito acima. Isto é, a interrupção pode ser evitada se a temperatura de superfície de peças moldadas puder ser precisamente medida a fim de controlar a superfície de peças moldadas para que tenha uma temperatura apropriada. Desta forma, os métodos de medição da temperatura de superfície de peças moldadas serão descrito abaixo.

[006] Primeiramente, há um método para a medição da temperatura de superfície de peças moldadas com o uso de um termômetro de radiação. No entanto, este método de medição com o uso do termômetro de radiação apresenta uma restrição dependendo de uma posição de medição. Especificamente, este método exige que não se inclua vapor ou água em uma atmosfera entre a posição de medição e o termômetro de radiação, ou caso contrário, se houver vapor ou água presente, o mesmo exige a realização da medição durante o fluxo para fora de vapor ou água na fronte do termômetro de radiação

com o uso de ar de alta pressão para evitar que seja afetada pelo vapor ou água.

[007] Utilizar o termômetro de radiação mencionado acima para evitar a interrupção exige o gerenciamento da temperatura de superfície de peças moldadas imediatamente sob o molde. Isto é, a medição da temperatura de superfície de peças moldadas imediatamente sob o molde com o uso do termômetro de radiação disposto imediatamente sob o molde permite a detecção do aumento da temperatura de superfície de peças moldadas de tal forma a produzir a interrupção, o que pode resultar na prevenção da interrupção antecipadamente. No entanto, já que as peças moldadas são resfriadas por uma quantidade maior de água imediatamente sob o molde, o espaço definido entre o termômetro de radiação e as peças moldadas está sob condições extremas onde maiores quantidades de água, vapor, pó, escamas e assim por diante são dispersadas. Isto torna extremamente difícil efetuar a medição precisa da temperatura de superfície de peças moldadas com um termômetro de radiação mesmo quando é usado ar de alta pressão.

[008] Foi desenvolvido outro termômetro de radiação que utiliza uma faixa menor de comprimento de onda de igual a ou menor que 1 μm, o que se acredita ser relativamente robusto em tais condições extremas. No entanto, mesmo com o uso deste termômetro de radiação, é difícil efetuar a medição estável devido à dispersão dos dados de medição.

[009] Outro método para a medição da temperatura de superfície de peças moldadas é monitorar uma mudança na temperatura de superfície de peças moldadas com o uso de uma pluralidade de termopares instalada em uma placa de cobre de molde. No entanto, este método também torna mais difícil fazer a medição precisa da temperatura de superfície de peças moldadas devido a uma folga de ar formada entre a superfície de peças moldadas e a placa de cobre de

molde sob o molde, embora uma mudança na temperatura de superfície de peças moldadas próximo ao nível de menisco no molde possa ser medida com alta sensibilidade.

[0010] À luz de tais circunstâncias, é um objetivo da presente invenção fornecer um dispositivo e método para a medição da temperatura de superfície de uma peça moldada, que é capaz de medir de forma estável a temperatura de superfície da peça moldada durante um longo período de tempo mesmo sob condições extremas onde existe uma quantidade maior de água, vapor e assim por diante.

Solução para o Problema

[0011] Para superar os problemas acima e alcançar os objetivos acima, a presente invenção fornece o seguinte:

(1) um dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada inclui: um dispositivo de excitação de campo magnético que aplica um campo magnético de CA substancialmente perpendicular a uma superfície de uma peça moldada; um dispositivo de detecção de campo magnético que detecta o campo magnético de CA para detectar um fluxo magnético variado em resposta a uma temperatura de superfície da peça moldada; e um dispositivo de derivação de temperatura de superfície que deriva a temperatura de superfície da peça moldada com base em uma força eletromotriz induzida obtida através da detecção do campo magnético de CA pelo dispositivo de detecção de campo magnético e dados de relação predeterminada, em que o dispositivo de excitação de campo magnético inclui uma bobina de excitação solenoide, o dispositivo de detecção de campo magnético inclui uma bobina de detecção solenoide interposta entre a superfície da peça moldada e a bobina de excitação, e os dados de relação indicam uma relação de correspondência entre a temperatura de superfície da peça moldada e a força eletromotriz induzida em uma faixa de temperatura incluindo um ponto de Curie

predeterminado.

[0012] De acordo com o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada acima, a disposição da bobina de detecção entre a superfície da peça moldada e a bobina de excitação pode excluir um efeito através de uma porção de baixa temperatura próximo a um canto da peça moldada. Como resultado, é possível medir a temperatura de superfície da peça moldada com precisão maior na frente da bobina de detecção, isto é, próximo ao centro da face estreita da peça moldada.

[0013] Além disso, o limite inferior da temperatura de superfície da peça moldada nos dados de relação é o ponto de Curie menos 200°C aproximadamente e o limite superior disto é o ponto de Curie mais 100°C aproximadamente. A razão disto é a dependência da propriedade magnética do aço em relação à temperatura (aquele aço é mudado para ferromagnético na faixa da temperatura ambiente até o ponto de Curie, paramagnético acima do ponto de Curie, e não magnético em temperaturas ainda maiores). Isto é, se uma região com o campo magnético aplicado for não magnética, um fluxo magnético não é variado independente da aplicação do campo magnético. Se a região com o campo magnético aplicado diminui na temperatura para ser paramagnético ou ferromagnético, o fluxo magnético é variado enquanto o fluxo magnético é concentrado sobre aquela região. Além disso, a variação do fluxo magnético é fora do comum sob condições ferromagnéticas. No entanto, se a região com o campo magnético aplicado é ferromagnética e magneticamente saturada, não é observada nenhuma mudança na tensão enquanto o fluxo magnético não é mais variado. Portanto, uma vez que a região é magneticamente saturada, a variação do fluxo magnético, isto é, a mudança de tensão pode ser observada mesmo quando a temperatura daquela região diminui adicionalmente. Desta maneira, os limites inferior e superior da

temperatura a serem medidos são determinados.

[0014] (2) No dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada do Item (1), os dados de relação podem ser uma equação que indica a relação de correspondência entre a temperatura de superfície da peça moldada e a força eletromotriz induzida.

[0015] (3) No dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada do Item (1), a peça moldada pode ser uma chapa obtida através de uma moldagem contínua ao extrair a chapa do fundo de um molde, e o dispositivo de excitação de campo magnético e o dispositivo de detecção de campo magnético podem ser dispostos em uma face estreita da peça moldada imediatamente sob o molde e abaixo de uma zona de resfriamento para resfriar a face estreita da peça moldada.

[0016] Neste caso, é possível diminuir primeiramente a temperatura de superfície da peça moldada até o ponto de Curie ou abaixo na zona de resfriamento para resfriar a face estreita da peça moldada e, imediatamente após isto, para medir a temperatura de superfície de uma porção na qual a temperatura de superfície da peça moldada aumenta através do calor recuperado.

[0017] (4) No dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada do Item (1), uma frequência de aplicação do campo magnético excitado pelo dispositivo de excitação de campo magnético é, de preferência, igual a ou maior que 0,5 Hz e igual a ou menor que 20 Hz.

[0018] (5) Como um método de medição de temperatura de superfície da peça moldada que mede uma temperatura de superfície de uma peça moldada com o uso do dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada dos itens (1), o método inclui: aplicar o campo magnético de CA à peça moldada pelo dispositivo de excitação de campo magnético e detectar o campo magnético de CA

pelo dispositivo de detecção de campo magnético; e derivar a temperatura de superfície da peça moldada pelo dispositivo de derivação de temperatura de superfície.

Efeitos Vantajosos da Invenção

[0019] Conforme descrito acima, de acordo com o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada e com o método da presente invenção, é possível medir a temperatura de superfície de uma peça moldada de forma estável durante um longo período de tempo mesmo sob condições extremas onde existe uma quantidade maior de água, vapor e assim por diante.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0020] A figura 1 é um gráfico que mostra uma relação entre uma distância de uma superfície de derramamento e temperatura de superfície de chapa em um processo de moldagem contínua de uma chapa extraída do fundo de um molde enquanto resfria fortemente um lado estreito de uma peça moldada imediatamente sob um molde.

[0021] A figura 2A é um diagrama esquemático usado para explicar o princípio básico da medição da temperatura de superfície de uma peça moldada.

[0022] A figura 2B é um diagrama de bloco que mostra uma configuração de um dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada de acordo com uma modalidade da invenção.

[0023] A figura 3 é um gráfico que mostra a relação entre a temperatura de superfície da peça moldada e uma tensão de sensor.

[0024] A figura 4 é um gráfico que mostra a relação entre a temperatura de superfície da peça moldada e a tensão de sensor em uma faixa de temperatura de 550°C a 850°C que é mostrada na figura 3.

[0025] A figura 5 é um gráfico que mostra a relação entre uma

frequência aplicada a uma bobina de excitação e profundidade pelicular.

[0026] A figura 6A é um diagrama esquemático que mostra um experimento de verificação de uma mudança de tensão em um canto de peça moldada através de uma diferença na disposição da bobina de excitação.

[0027] A figura 6B é um gráfico que mostra os resultados do experimento de verificação de uma mudança de tensão em um canto de peça moldada através de uma diferença na disposição da bobina de excitação.

[0028] A figura 7A é um gráfico que mostra os resultados de medição de um experimento comparativo e que mostra uma relação entre tempo de medição e a temperatura de superfície da peça moldada.

[0029] A figura 7B é um gráfico que mostra os resultados de medição de um exemplo e que mostra uma relação entre tempo de medição e a temperatura de superfície da peça moldada.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES

[0030] Doravante, será descrito um dispositivo e método para a medição da temperatura de superfície de uma peça moldada de acordo com uma modalidade com referência aos desenhos.

[0031] Esta modalidade envolve um dispositivo e a método para a medição da temperatura de superfície de uma peça moldada imediatamente sob um molde que tem um espaço retangular interno em um processo de moldagem contínua de uma chapa extraída debaixo com o uso do molde.

[0032] Uma peça moldada é suportada por cilindros até perto de uma posição na qual a peça moldada extraída de imediatamente sob o molde é finalmente solidificada na parte inferior de uma face larga do molde, enquanto que outra peça moldada é meramente suportada por poucos cilindros fornecidos imediatamente sob o molde na parte inferior de uma face estreita do molde. Consequentemente, embora a face larga

da peça moldada possa ser resfriada por pontas do bocal para resfriamento disposto entre os cilindros até uma posição na qual a solidificação é completada, é necessário assegurar uma espessura de carcaça de solidificação, resistente contra pressão estática do aço em fundição na face estreita da peça moldada ao diminuir a temperatura de superfície que se situa em uma faixa de imediatamente sob o molde até uma posição na qual os cilindros são fornecidos. Consequentemente, a face estreita da peça moldada imediatamente sob o molde é fortemente resfriada com água ou similares, e uma mudança na temperatura de superfície da peça moldada, que é causada pelo forte resfriamento, tem um padrão de temperatura conforme esquematicamente mostrado na figura 1. Nota-se, na figura 1, que a temperatura de superfície da peça moldada diminui, primeiramente, até o ponto de Curie Tc ou abaixo através do forte resfriamento na face estreita da peça moldada e, então, aumento através do calor recuperado. O ponto de Curie é um ponto de transformação magnética. O aço é mudado para uma substância ferromagnética na faixa da temperatura ambiente até o ponto de Curie, uma substância paramagnética acima do ponto de Curie, e uma substância não magnética em uma temperatura ainda maior. Nesta modalidade, a temperatura de superfície da peça moldada é medida com o uso de um sensor de temperatura com base nesta propriedade.

[0033] A figura 2A é um diagrama esquemático usado para explicar o princípio básico da medição da temperatura de superfície da peça moldada e a figura 2B é um diagrama de bloco que mostra a configuração de um dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada de acordo com esta modalidade.

[0034] O princípio básico da medição da temperatura de superfície da peça moldada será descrito abaixo com referência à figura 2A.

[0035] Primeiramente, um campo magnético vertical é aplicado a uma superfície de uma peça moldada 1 por uma bobina de excitação 2.

Então, como um fluxo magnético é mudado pela temperatura de superfície da peça moldada 1, a mudança na linha de força magnética é detectada por uma bobina de detecção 3. Então, a temperatura da peça moldada 1 pode ser medida com o uso de uma força eletromotriz induzida obtida através desta detecção e uma relação entre uma temperatura de superfície da peça moldada predeterminada e a força eletromotriz induzida.

[0036] Conforme mostrado na figura 2A, o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada de acordo com esta modalidade inclui, como componentes principais, uma bobina de excitação solenoide 2 que aplica um campo magnético de CA à superfície da peça moldada 1; uma bobina de detecção solenoide 3 que detecta uma mudança no fluxo magnético; e um dispositivo de cálculo (não mostrado) para calcular a temperatura de superfície da peça moldada com o uso da relação entre a temperatura de superfície da peça moldada predeterminada e a força eletromotriz induzida.

[0037] A bobina de detecção 3 é disposta adiante da bobina de excitação 2 (isto é, entre a superfície da peça moldada 1 e a bobina de excitação 2), e as razões para isto serão descritas posteriormente.

[0038] Conforme mostrado na figura 2B, a bobina de excitação 2 é formada através do enrolamento de uma linha de cobre revestido com poliéster 5 que tem a 1 mm de diâmetro externo ao redor de um tubo a base de epóxi de vidro 4 que tem a 30 mm de diâmetro externo em 500 voltas. Além disso, a bobina de detecção 3 é formada pelo enrolamento de uma linha de cobre revestido com poliéster 6 que tem 0,3 mm de diâmetro externo ao redor do tubo a base de epóxi de vidro 4 em 40 voltas. Além disso, um conjunto de dispositivos de bobina incluindo a bobina de excitação 2 e a bobina de detecção 3 é acomodado, como um sensor, em um estojo de aço inoxidável cilíndrico (não mostrado). Este estojo cilíndrico está sob uma condição de ser forçado a ser

resfriado pelo ar seco fornecido de um dispositivo (não mostrado).

[0039] A bobina de excitação 2 está conectada através de um fio a um amplificador de corrente constante 7 que está, então, conectado a um oscilador 8.

[0040] A bobina de detecção 3 está conectada através de um fio em um processador de sinal 9. O processador de sinal 9 inclui um amplificador operacional (OP), resistores, capacitores e assim em diante e tem uma função de amplificação de tensão e uma função de processamento de filtro como um filtro passa-baixa, um filtro passa-faixa ou similares. O processador de sinal 9 está conectado a um amplificador síncrono 10. O amplificador síncrono 10 é um dispositivo analógico que pode receber, como um sinal de referência, um sinal que tem uma frequência de 1,5 Hz do amplificador de corrente constante 7, emitir uma tensão que tem a mesma frequência, e detectar uma diferença na fase entre a tensão e o sinal de referência.

[0041] As funções do processador de sinal 9 e do amplificador síncrono 10 podem ser substituídas por uma função de um computador pessoal (PC) (não mostrado). Neste caso, um sinal (uma mudança no fluxo magnético) detectado pela bobina de detecção 3 é recebido pelo PC através de um conversor AD e as funções do processador de sinal 9 e a função do amplificador síncrono 10 podem ser implantadas com software de programa.

[0042] O dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada é ajustado ao fundo do bloco de molde para a face estreita da chapa se a peça moldada abaixo de uma zona de resfriamento que resfria fortemente a face estreita da peça moldada 1 imediatamente sob o molde. A razão para o ajuste do dispositivo abaixo da zona de resfriamento é resfriar a peça moldada 1 temporariamente até que a temperatura de superfície da peça moldada alcance o ponto de Curie ou abaixo na zona de resfriamento imediatamente sob o molde

e, imediatamente após isto, para medir a temperatura de superfície de uma porção na qual a temperatura de superfície aumenta através do calor recuperado. Além disso, é preferível que o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada seja disposto de tal maneira que o centro do diâmetro interno (ou externo) do tubo a base de epóxi de vidro 4 esteja voltado para o centro da face estreita da peça moldada 1, conforme mostrado nas figuras 2A e 2B.

[0043] No dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada, o oscilador 8 gera um sinal de CA que tem uma frequência de 1,5 Hz e o amplificador de corrente constante 7 amplifica o sinal de CA para um diferente sinal de CA que tem uma determinada magnitude a ser aplicada à bobina de excitação 2. Como resultado, a bobina de excitação 2 fornece um fluxo magnético alternante ϕ para a peça moldada 1. Isto é, a bobina de excitação 2 aplica um campo magnético de CA substancialmente perpendicular à face estreita da peça moldada. Se a superfície da peça moldada 1 incluir uma substância não-magnética, o campo magnético é expandido para dentro da peça moldada 1 como em vácuo, conforme indicado pode uma linha pontilhada na figura 2A. Se a superfície da peça moldada 1 incluir uma substância magnética, um campo magnético é concentrado sobre a substância magnética, mudando assim de forma significante o fluxo magnético, conforme indicado por uma linha sólida na figura 2A. Tal mudança no fluxo magnético é definida pela temperatura de superfície da peça moldada 1, isto é, sua permeabilidade magnética. Desta forma, a mudança no fluxo magnético é detectada pela bobina de detecção 3.

[0044] A detecção da mudança no fluxo magnético pela bobina de detecção 3 será descrita em maiores detalhes abaixo.

[0045] Uma tensão de CA de $N \times d\phi c/dt$ (onde, N é o número de voltas da bobina de detecção 3, ϕc é o número de ligações de fluxo magnético da bobina de detecção 3 e t é o tempo) é induzida na bobina

de detecção 3. Com seu ruído removido por um filtro passa-baixa de 5 Hz no processador de sinal 9, a tensão de CA é processada pelo amplificador síncrono 10 para detectar um valor de tensão que tem um componente de frequência de 1,5 Hz. Isto é, quando uma distribuição do fluxo magnético alternante ϕ é mudada pela temperatura de superfície da peça moldada 1, o número de ligação do fluxo magnético ϕc da bobina de detecção 3 e a tensão de CA induzida na bobina de detecção 3 podem ser, consequentemente, mudados e detectados. Então, o dispositivo de cálculo calcula a temperatura de superfície da peça moldada 1 com base na força eletromotriz induzida obtida através da detecção da mudança no fluxo magnético pela bobina de detecção 3 e a relação mencionada acima. Desta forma, é possível medir a temperatura de superfície da peça moldada 1.

[0046] Conforme descrito com o princípio básico descrito acima, para efetuar a medição da temperatura de superfície da peça moldada com o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada de acordo com esta modalidade, é necessário predeterminar a relação entre a temperatura de superfície da peça moldada e a força eletromotriz induzida (ou a tensão detectada pela bobina de detecção 3). Desta forma, os conteúdos e resultados de um experimento que é executado para introduzir um exemplo da relação serão descritos abaixo.

[0047] A figura 3 é um gráfico que mostra a relação entre uma peça moldada temperatura (a temperatura de superfície da peça moldada) e uma tensão (detectada pela bobina de detecção 3). A figura 4 é um gráfico que mostra a relação entre a temperatura de superfície da peça moldada e a tensão de sensor em uma faixa de temperatura de 550°C a 850°C que é mostrada na figura 3. Esta relação (entre a tensão e a temperatura de superfície da peça moldada) é mostrada na seguinte equação (1).

[0048] Na equação (1), x é um valor que corresponde a um décuplo da diferença entre um valor de tensão V detectado pela bobina de detecção 3 e uma tensão de 5,54 V em uma faixa de temperatura não magnética, y é a temperatura de superfície da peça moldada (°C) e R é um coeficiente de correlação.

$$y=177,54x^6-1509,1x^5+4497,4x^4-6381,4x^3+4631,6x^2-1681,9x+944,07\ldots(1)$$

$$R^2=0,9922$$

[0049] Neste experimento, uma amostra de peça moldada foi aquecida a cerca de 1200°C com o uso de uma fornalha de aquecimento e o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada mostrado na figura 2B foi colocado para aplicar um campo magnético perpendicular à superfície da amostra de peça moldada aquecida. Além disso, o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada foi fixado em uma posição para ajustar a distância entre o tubo a base de epóxi de vidro 4 e a superfície da amostra de peça moldada em 30 mm. Além disso, um termopar foi embutido na amostra de peça moldada a uma profundidade de 1 mm e a temperatura da amostra de peça moldada foi medida. Os resultados da medição são mostrados na figura 3.

[0050] Pode ser visto na A figura 3 que uma tensão detectada pela bobina de detecção 3 (a tensão de sensor) é mudada em uma faixa de temperatura r incluindo o ponto de Curie Tc enquanto a tensão é substancialmente constante em uma faixa de temperatura mais elevada. Para a faixa de temperatura r na qual uma tensão é mudada, a relação entre uma temperatura de superfície da peça moldada e uma tensão pode ser obtida de acordo com a equação (1) acima através de aproximação polinomial, por exemplo, conforme mostrado na figura 4. Isto indica que o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada de acordo com esta modalidade tem a capacidade de detectar uma mudança nas características magnéticas com alta sensibilidade na faixa de temperatura r incluindo o ponto de Curie Tc.

Isto é, verificou-se a partir dos resultados deste experimento que o dispositivo de medição de temperatura pode ser utilizado como um termômetro para a superfície moldada em uma faixa de temperatura do ponto de Curie Tc menos cerca de 200°C até o ponto de Curie Tc mais cerca de 100°C, por exemplo.

[0051] Além disso, para a faixa de temperatura na qual uma tensão é repentinamente mudada, a relação da temperatura versus tensão pode ser obtida de acordo com a equação (1) acima através da aproximação polinomial, por exemplo, conforme mostrado na figura 4. Isto indica que o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada de acordo com esta modalidade tem a capacidade de detectar uma mudança nas características magnéticas da superfície da peça moldada próximo ao ponto de Curie Tc com alta sensibilidade, o que significa que o dispositivo de medição de temperatura pode ser utilizado como um termômetro para a superfície moldada em uma faixa de temperatura do ponto de Curie Tc menos cerca de 200°C até o ponto de Curie Tc mais cerca de 100°C, por exemplo.

[0052] Posteriormente, quando a temperatura de superfície para o lado estreito da peça moldada é medida, é preferível medir a temperatura de superfície para o centro do lado estreito tão longe quanto possível já que a interrupção devido ao fluxo descarregado dos bocais depende da temperatura de superfície do centro do lado estreito.

[0053] No entanto, já que qualquer bit do campo magnético de CA da bobina de excitação alcança o canto da peça moldada, a tensão da bobina de detecção é mudada pela temperatura do canto da peça moldada, que pode atuar como um fator de distúrbio. De modo geral, enquanto o canto da peça moldada é resfriado a uma taxa de extração mais elevada, a temperatura de superfície na área do canto se torna menor que uma no centro do lado estreito. Consequentemente, já que o canto da peça moldada tem uma permeabilidade relativa maior que o

centro do lado estreito, um bit do campo magnético de CA sendo excitado ocasiona uma mudança na tensão da bobina de detecção devido à mudança na temperatura do canto da peça moldada. Além disso, o canto é resfriado através de água de resfriamento ejetada de pontas do bocal interpostas entre os cilindros na face larga da peça moldada e tem temperatura variante ainda de acordo com as condições de resfriamento do lado largo, o que pode resultar em uma mudança na tensão da bobina de detecção. Consequentemente, é preferível que a mudança na tensão da bobina de detecção devido à mudança na temperatura do canto da peça moldada é tão pequena quanto for possível.

[0054] Por um lado, conforme mostrado na figura 6A, quando a bobina de detecção 3 foi colocada na frente da bobina de excitação 2 (isto é, colocada conforme denotado pela referência numérica 3(3a) na figura 6A, que é doravante denominada como "localização frontal") ou na parte posterior disto (isto é, colocada conforme denotado pela referência numérica 3(3b) na figura 6A, que é doravante denominada como "localização posterior") em relação à peça moldada (não mostrado nesta figura embora esteja colocada abaixo do tubo a base de epóxi de vidro 4), verificou-se como a tensão da bobina de detecção 3 é afetada pelo canto da peça moldada.

[0055] No experimento, quando um ângulo de ferro 11 foi colocado em uma posição distante em 30 mm da bobina de detecção 3 em uma linha central da bobina de detecção 3 (isto é, uma linha axial central do diâmetro do tubo a base de epóxi de vidro 4) como um sensor, as tensões medidas (ΔV central) da bobina de detecção 3 foram comparadas sob duas condições.

[0056] Posteriormente, o ângulo de ferro 11 foi movido para uma posição que corresponde ao canto da peça moldada, isto é, uma posição distante em 120 mm da linha axial central da bobina de

detecção 3 na direção radial, um valor de tensão (ΔV canto) da bobina de detecção 3 foi medida, e um valor que é uma divisão deste valor de tensão (ΔV canto) pelo primeiro valor de tensão medido (ΔV centro) (ΔV canto/ΔV centro) foi obtido. Os resultados do experimento são mostrados por um gráfico na figura 6B. Pode ser visto neste gráfico que o valor de tensão (ΔV centro) medido quando o ângulo 11 foi colocado sobre a linha axial central é cerca de duas vezes maior na localização frontal da bobina de detecção 3 que na localização posterior disto. Isto indica uma grande mudança em um fluxo magnético no centro do lado estreito, isto é, alta sensibilidade para a mudança de temperatura.

[0057] Por outro lado, pode ser visto neste gráfico que uma razão do valor de tensão (ΔV canto) medido quando o ângulo 11 foi colocado sobre a posição que corresponde ao canto da peça moldada para o valor de tensão (ΔV centro) medido quando o ângulo 11 foi colocado sobre a linha axial central (a razão é representada pelo "efeito de canto" na figura 6B) diminui a cerca de 1/10 na localização frontal da bobina de detecção 3, quando comparado à localização posterior disto. Isto indica que a mudança na tensão da bobina de detecção 3 devido à mudança na temperatura do canto da peça moldada pode ser reduzida na localização frontal da bobina de detecção 3, permitindo assim a medição da temperatura de superfície do centro do lado estreito com alta sensibilidade. A razão para a redução do efeito do canto de peça moldada na localização frontal da bobina de detecção 3 é que a mudança na ligação do fluxo magnético na bobina de detecção 3 quando o ângulo 11 é colocado na posição que corresponde ao canto da peça moldada é menor do que quando o ângulo 11 é colocado no lado frontal.

[0058] O resultado do experimento mostrou que a temperatura de superfície do centro do lado estreito da peça moldada poderia ser medida com maior precisão na localização frontal da bobina de

detecção 3 entre a peça moldada e a bobina de excitação 2 que na localização posterior disto.

[0059] A frequência que é gerada pelo oscilador 8 e aplicada à bobina de excitação 2 é, de preferência, igual a ou maior que 0,5 Hz e igual a ou menor que 20 Hz. Se a frequência estiver abaixo de 0,5 Hz, um tempo constante de igual a ou maior que um minuto é necessário quando um sinal enviado da bobina de detecção 3 é detectado, o que pode resultar em velocidade de resposta diminuída do dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada. Por outro lado, se a frequência estiver abaixo de 20 Hz, a profundidade pelicular, que é uma profundidade através da qual um campo magnético penetra, se torna pequena, através da qual o campo magnético é mais concentrado na superfície da peça moldada. Conforme mostrado na figura 5, a profundidade pelicular na frequência até 20 Hz pode ser assegurada em 10 mm (0,01 m) ou até mesmo uma permeabilidade relativa de cerca de 200. Isto significa que é preferível assegurar a profundidade pelicular em 10 mm aproximadamente já que a superfície da peça moldada apresenta irregularidades como marcas de oscilação e adicionalmente a distância entre a superfície da peça moldada e o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada é delicadamente variada devido a protuberâncias ou similares, o que pode resultar em maior susceptibilidade em uma frequência mais elevada. Consequentemente, o limite superior da frequência é, de preferência, 20 Hz.

Exemplo

[0060] Com a bobina de detecção 3 colocada na frente da bobina de excitação 2, isto é, entre a bobina de excitação 2 e a superfície da peça moldada, foi executado um experimento para verificar a eficácia do dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada. As condições do experimento estão listadas abaixo.

Condições de experimento

[0061] Largura da peça moldada: 1000~1800 mm

[0062] Velocidade de moldagem: 0,75~1,2 m/min

[0063] Aço usado: aço morto de alumínio e carbono médio

[0064] Posição do sensor (posição do dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada): 1 m abaixo do nível da superfície de derramamento em um molde e imediatamente abaixo de uma zona de resfriamento do molde do lado estreito

[0065] Distância entre o sensor (extremidade inicial da bobina de detecção 3 do dispositivo de medição de temperatura de superfície da peça) e a superfície da peça moldada: 30 mm

[0066] Frequência da corrente alternada aplicada à bobina de excitação 2: 1,5 Hz

[0067] Neste exemplo, o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada é instalado logo abaixo do molde do lado estreito. Isto possibilita manter a distância entre o dispositivo de medição de temperatura de superfície da peça e a superfície da peça moldada substancialmente constante (isto é, permite que a bobina de excitação 2 gere um campo magnético de CA substancialmente constante aplicado substancialmente perpendicular à superfície do lado estreito da peça moldada) mesmo quando o molde é modificado a fim de fornecer diferentes larguras de peça moldada.

[0068] A figura 7A é um gráfico que mostra os resultados de medição de um experimento comparativo executado com um termômetro de radiação convencional substituído pelo dispositivo de medição de temperatura de superfície da peça da invenção sob algumas condições de experimento e que mostra uma relação entre tempo de medição e a temperatura de superfície da peça moldada. A figura 7B é um gráfico que mostra os resultados de medição de um exemplo e que mostra uma relação entre tempo de medição e a temperatura de

superfície da peça moldada.

[0069] Conforme mostrado na figura 7A, o exemplo comparativo mostrou que os valores de medição foram tão dispersos que não foi possível medir a temperatura de superfície da peça moldada precisamente. Por outro lado, conforme mostrado na figura 7B, o resultado experimental deste exemplo mostrou que o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada da invenção poderia ser usado para medir a temperatura de superfície da peça moldada de forma estável.

[0070] De acordo com a modalidade e exemplo acima, o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada descrito acima pode ser usado para medir a temperatura de superfície da peça moldada direta e estavelmente durante um longo período de tempo imediatamente sob o molde a fim de moldar o aço continuamente e mesmo sob condições extremas onde existe uma quantidade maior de água, vapor e assim em diante. Em outras palavras, é possível medir a temperatura de superfície de uma porção na qual a temperatura de superfície da peça moldada é resfriada até o ponto de Curie ou abaixo na zona de resfriamento imediatamente sob o molde e, imediatamente após isto, a temperatura de superfície da peça moldada aumenta através do calor recuperado direta e estavelmente durante um longo período de tempo. Além disso, é possível medir a temperatura de superfície da peça moldada independente do tamanho da peça moldada. Consequentemente, o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada e método desta modalidade podem ser usados para detectar anormalidades de operação como interrupção, fluxo de aço em fundição desequilibrado em molde CC. e assim por diante.

[0071] A presente invenção não se limita às modalidades e exemplos descritos, mas pode ser modificada de várias formas sem se

distanciar do espírito e do escopo da invenção. Por exemplo, na medição da temperatura de superfície da peça moldada, quando dois dispositivos de medição de temperatura de superfície de peça moldada da invenção são, respectivamente, colocados em ambas as direções do lado estreito da peça moldada imediatamente sob o molde e é detectado que a temperatura de superfície da peça moldada medida por um dos dois dispositivos de medição de temperatura de superfície de peça moldada é maior que a temperatura de superfície na moldagem normal, é possível empregar um método de reconhecimento da possibilidade de interrupção e suspensão da moldagem contínua para evitar a interrupção antecipadamente.

[0072] Além disso, embora tenha sido ilustrado nas modalidades descritas que a relação entre a temperatura de superfície da peça moldada predeterminada e a força eletromotriz induzida é usada para derivar a temperatura de superfície da peça moldada 1, os dados de relação que indicam uma relação de correspondência da temperatura de superfície da peça moldada predeterminada e a força eletromotriz induzida (por exemplo, dados que indicam a relação de correspondência mostrada na figura 4) podem ser usados para derivar a temperatura de superfície da peça moldada 1.

Aplicabilidade Industrial

[0073] De acordo com o dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada e método da presente invenção, é possível medir a temperatura de superfície de uma peça moldada de forma estável durante um longo período de tempo mesmo sob condições extremas onde existe uma quantidade maior de água, vapor e assim em diante.

Lista de Sinais de Referência

1: PEÇA MOLDADA

2: BOBINA DE EXCITAÇÃO

3: BOBINA DE DETECÇÃO

4: TUBO A BASE DE EPÓXI DE VIDRO

5: LINHA DE COBRE REVESTIDA COM POLIÉSTER QUE TEM DIÂMETRO EXTERNO DE 1 MM

6: LINHA DE COBRE REVESTIDA COM POLIÉSTER QUE TEM DIÂMETRO EXTERNO DE 0,3 MM

7: AMPLIFICADOR DE CORRENTE CONSTANTE

8: OSCILADOR

9: PROCESSADOR DE SINAL

10: AMPLIFICADOR SÍNCRONO

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada, caracterizado pelo fato de que compreende:

um dispositivo de excitação de campo magnético que aplica um campo magnético de CA substancialmente perpendicular a uma superfície de uma peça moldada (1);

um dispositivo de detecção de campo magnético que detecta o campo magnético de CA para detectar um fluxo magnético variado em resposta a uma temperatura de superfície da peça moldada (1); e

um dispositivo de derivação de temperatura de superfície que deriva a temperatura de superfície da peça moldada (1) com base em uma força eletromotriz induzida obtida através da detecção do campo magnético de CA pelo dispositivo de detecção de campo magnético e dados de relação predeterminada, em que:

o dispositivo de excitação de campo magnético inclui uma bobina de excitação (2) solenoide;

o dispositivo de detecção de campo magnético inclui uma bobina de detecção (3) solenoide interposta entre a superfície da peça moldada (1) e a bobina de excitação (2); e

os dados de relação indicam uma relação de correspondência entre a temperatura de superfície da peça moldada (1) e a força eletromotriz induzida em uma faixa de temperatura incluindo um ponto de Curie predeterminado.

2. Dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que

os dados de relação são uma equação que indica a relação de correspondência entre a temperatura de superfície da peça moldada (1) e a força eletromotriz induzida.

3. Dispositivo de medição de temperatura de superfície de

peça moldada (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

a peça moldada (1) é uma chapa obtida através de uma moldagem contínua através da extração da chapa do fundo de um molde; e

o dispositivo de excitação de campo magnético e o dispositivo de detecção de campo magnético estão dispostos em um lado estreito da peça moldada (1) imediatamente sob o molde e abaixo de uma zona de resfriamento para resfriar o lado estreito da peça moldada (1).

4. Dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que

uma frequência de aplicação do campo magnético excitado pelo dispositivo de excitação de campo magnético é igual a ou maior que 0,5 Hz e igual a ou menor que 20 Hz.

5. Método de medição da temperatura de superfície da peça moldada (1) que mede uma temperatura de superfície de uma peça moldada (1) com o uso do dispositivo de medição de temperatura de superfície de peça moldada (1), como definido na reivindicação 1, o referido método caracterizado pelo fato de que compreende:

aplicar o campo magnético de CA à peça moldada (1) pelo dispositivo de excitação de campo magnético e detectar o campo magnético de CA pelo dispositivo de detecção de campo magnético; e

derivar a temperatura de superfície da peça moldada (1) pelo dispositivo de derivação de temperatura de superfície.

FIG. 1

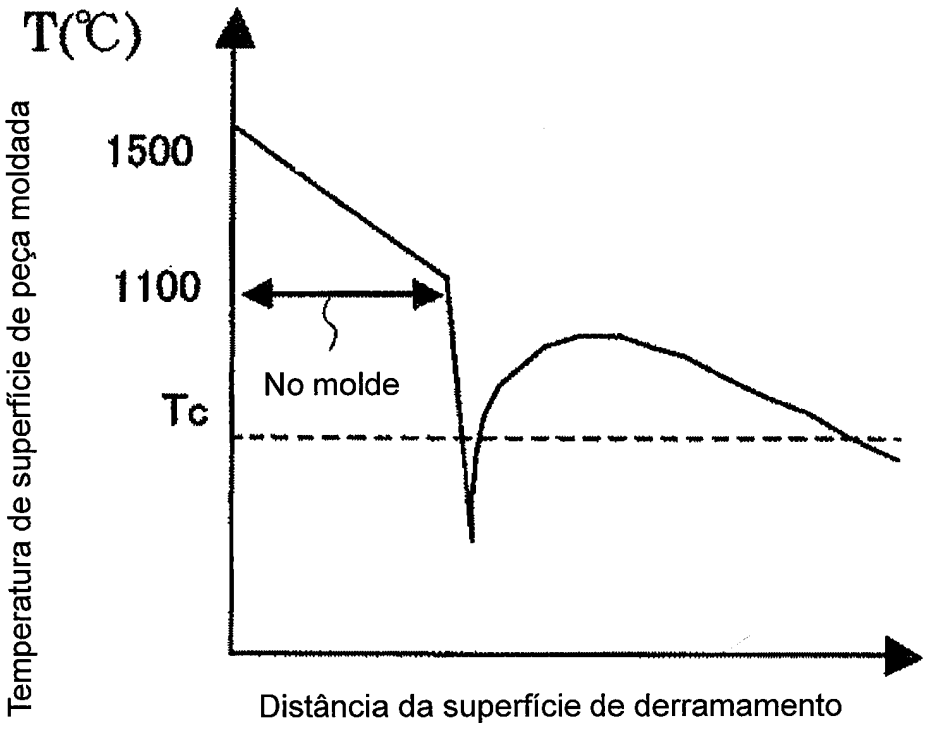

T(℃)
1500
1100
Tc
No molde
Temperatura de superfície de peça moldada
Distância da superfície de derramamento

FIG. 2A

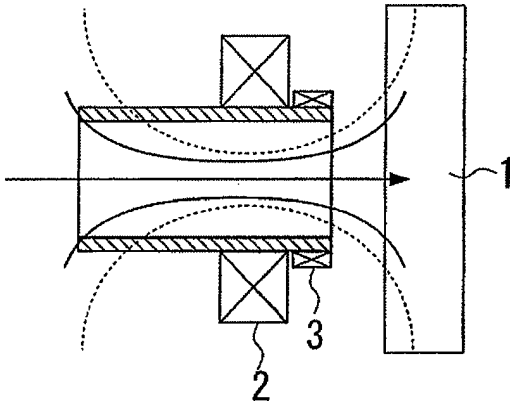

1
3
2

FIG. 2B

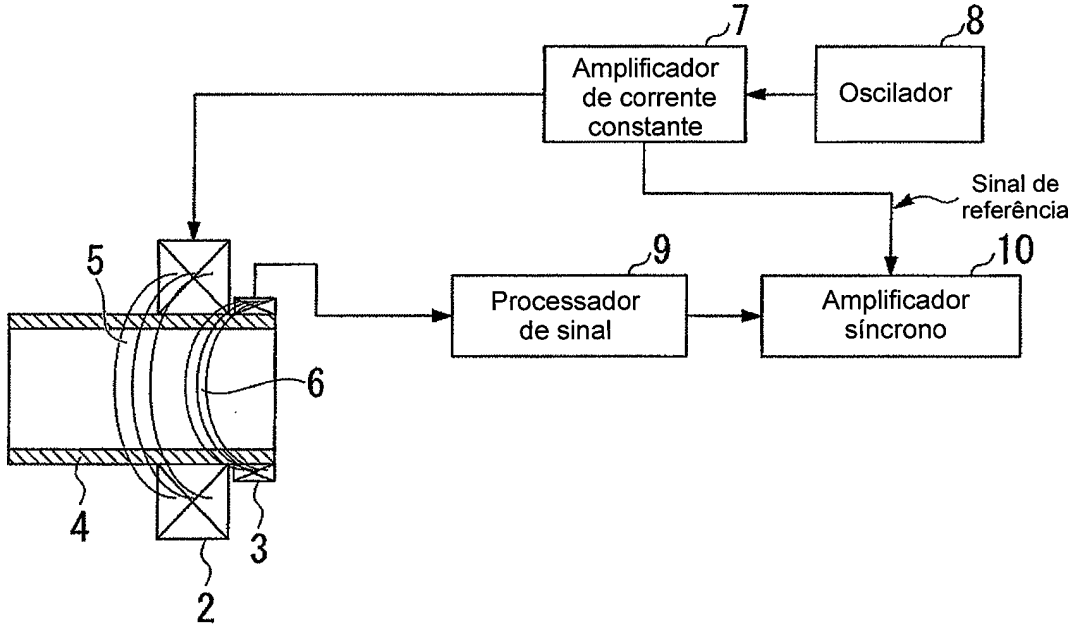

7
8
Amplificador de corrente constante
Oscilador
Sinal de referência
5
9
10
Processador de sinal
Amplificador síncrono
6
4
3
2

FIG. 3

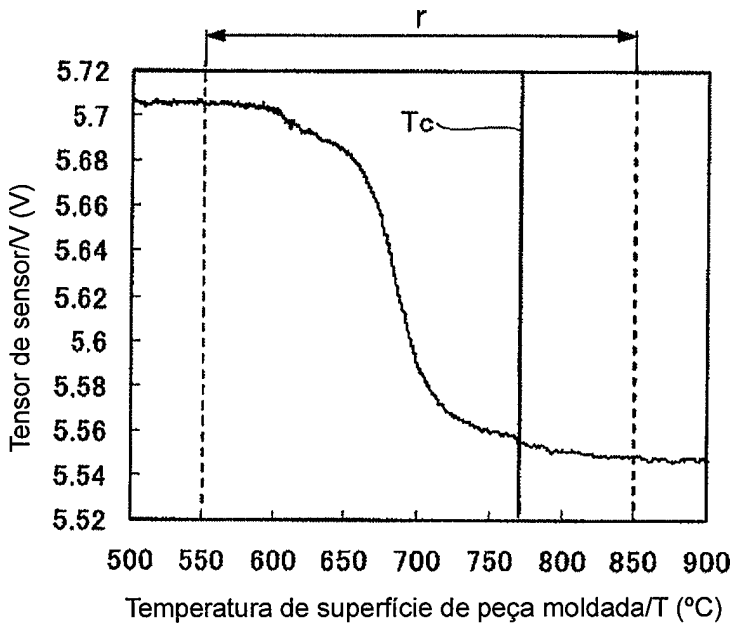

r
Tc
5.72
5.7
5.68
5.66
5.64
5.62
5.6
5.58
5.56
5.54
5.52
Tensor de sensor/V (V)
500 550 600 650 700 750 800 850 900
Temperatura de superfície de peça moldada/T (°C)

FIG. 4

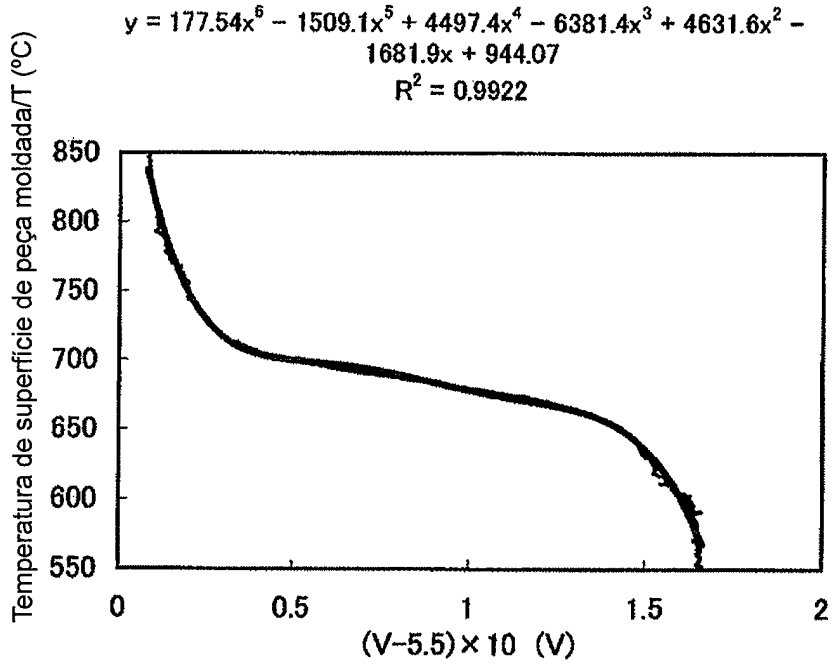

y = 177.54x^6 - 1509.1x^5 + 4497.4x^4 - 6381.4x^3 + 4631.6x^2 - 1681.9x + 944.07
R^2 = 0.9922
850
800
750
700
650
600
550
Temperatura de superfície de peça moldada/T (°C)
0 0.5 1 1.5 2
(V-5.5)×10 (V)

FIG. 5

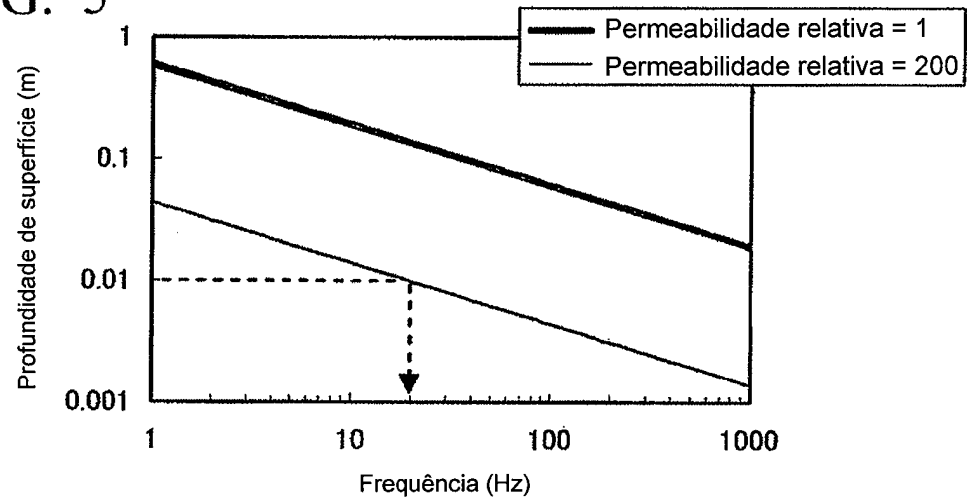


FIG. 6A

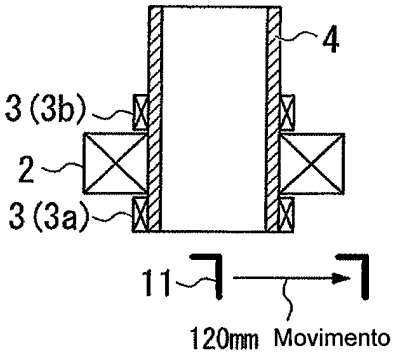


FIG. 6B

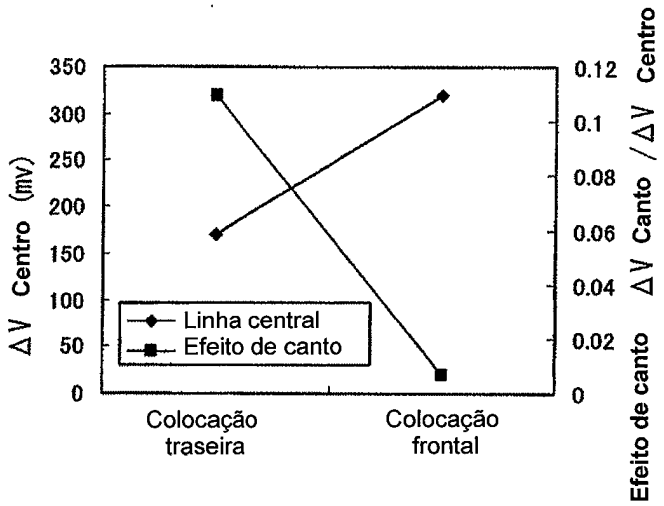


FIG. 7A

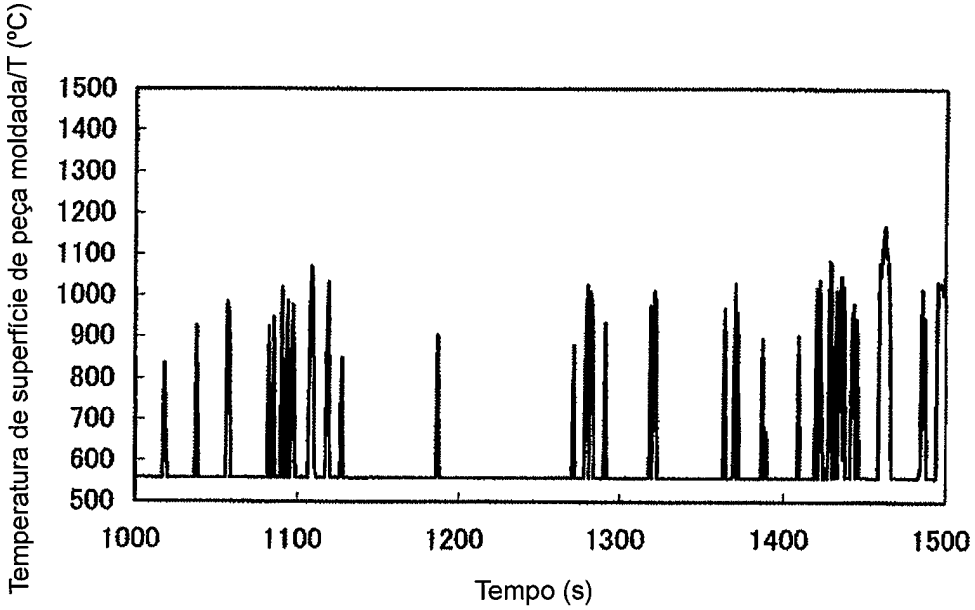
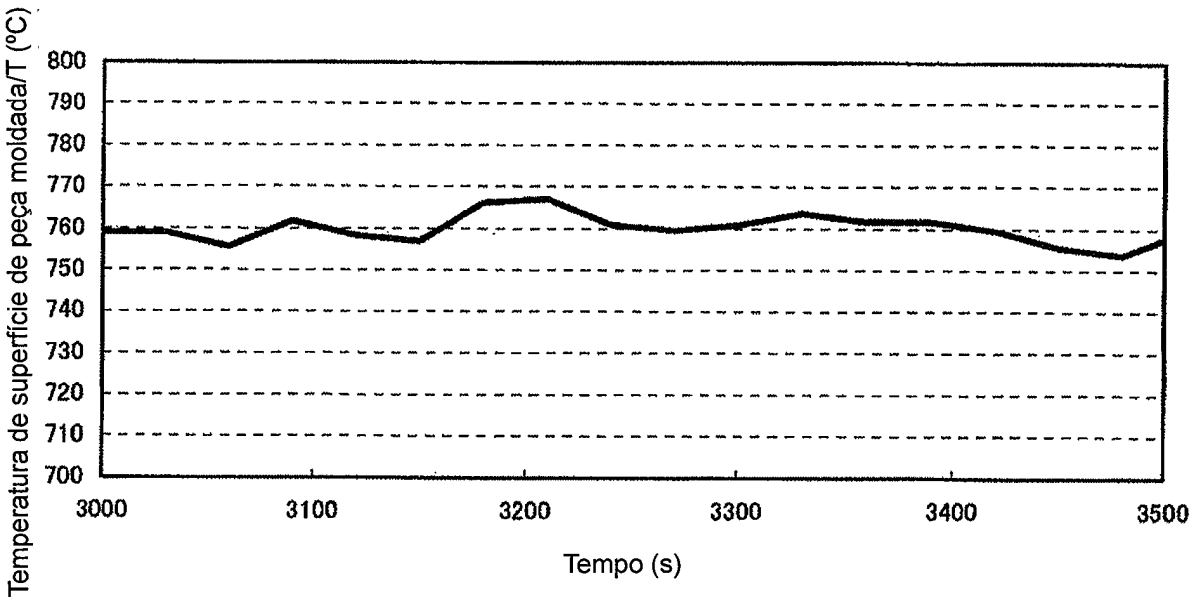

Temperatura de superficie de peça moldada/T (°C)
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
1000
1100
1200
1300
1400
1500
Tempo (s)

FIG. 7B


Temperatura de superficie de peça moldada/T (°C)
800
790
780
770
760
750
740
730
720
710
700
3000
3100
3200
3300
3400
3500
Tempo (s)