



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

(11) PI 0308390-0 B1

(22) Data do Depósito: 12/03/2003

(45) Data de Concessão: 29/08/2017



(54) Título: CONJUNTO DE CONTROLE DE DESGASTE DE REFRATÁRIO PARA INSTALAÇÃO EM UM FORNO REFRATÁRIO E MÉTODO DE CONTROLE DE TAXAS DE DESGASTE DE REFRATÁRIO DENTRO DE UM FORNO REFRATÁRIO

(51) Int.Cl.: G05D 27/00; F27D 99/00; F27D 19/00

(30) Prioridade Unionista: 12/03/2002 AU PS 1027, 26/06/2002 AU PS 3192

(73) Titular(es): XSTRATA QUEENSLAND LIMITED

(72) Inventor(es): JAMES SCOTT EDWARDS; JORMA TUPPURAINEN

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**CONJUNTO DE CONTROLE DE DESGASTE DE REFRATÁRIO PARA INSTALAÇÃO EM UM FORNO REFRATÁRIO E MÉTODO DE CONTROLE DE TAXAS DE DESGASTE DE REFRATÁRIO DENTRO DE UM FORNO REFRATÁRIO**".

Campo da Invenção

[001] A presente invenção refere-se a forros refratários e paredes refratárias utilizados para conter uma fusão na produção de ferro e metais não-ferrosos.

Antecedentes da Invenção

[002] Qualquer discussão da técnica anterior por todo o relatório descritivo não deve ser considerada de forma alguma como uma consideração de que tal técnica anterior é amplamente conhecida ou faz parte de um conhecimento comum geral no campo.

[003] Os forros e as paredes refratários são utilizados na produção de ferro, aço e metais não-ferrosos. A finalidade do forro ou paredes refratários é conter "uma fusão" dentro de um forno. A fusão pode incluir metal fundido, óxidos, escória e sulfetos fundidos. O forno é tipicamente um envoltório de aço forrado com material refratário. Os refratários são tipicamente sólidos cristalinos de ponto de fusão alto, carbetos, carbono ou grafite que foram trabalhados para suportar altas temperaturas e os ambientes corrosivos dentro do forno e conter a fusão.

[004] Enquanto os materiais refratários apresentam uma boa resistência à corrosão, o ambiente extremo dentro de um forno causará eventualmente o desgaste do refratário. A substituição do refratário representa um custo significativo visto que o material refratário é caro, a instalação é difícil e existe uma produção perdida enquanto o forno está fora de operação. Em vista disso, existe um esforço em andamento no sentido de se estender a vida útil do refratário através do desen-

volvimento de novos materiais refratários que oferecem um desempenho aperfeiçoado com taxas reduzidas de desgaste ou tempos de instalação inferiores.

[005] A taxa de desgaste do refratário diminui com a temperatura decrescente dentro do forno. No entanto, a fim de se escoar a fusão do forno a uma taxa de fluxo adequada, a fusão deve ser mantida a uma temperatura que é superior ao seu ponto de congelamento para manter a mesma suficientemente fluida.

[006] A temperatura do ponto de congelamento da fusão depende da composição particular da fusão. Para uma composição de fusão conhecida, o ponto de congelamento também é conhecido a partir de cálculo, experimentos ou experiência na fábrica. Portanto, é possível se determinar a temperatura mínima na qual a viscosidade da fusão é baixa o suficiente (ou inversamente, a fluidez é alta o suficiente) para fornecer um controle desejado da taxa de fluxo. Mantendo-se a temperatura do forno o mais próxima possível do mínimo, a corrosão do refratário é minimizada, estendendo, assim a vida útil do forro.

[007] Infelizmente, a composição da fusão dentro do forno irá variar com o tempo e dessa forma o ponto de congelamento é sujeito à variação. A fim de se compensar isso, o forno é operado para manter a fusão a um ponto de temperatura calculado de forma que uma taxa de controle adequada seja mantida se o ponto de congelamento estiver em um limite superior dos desvios típicos do ponto de congelamento teórico. Portanto, a temperatura de fusão é normalmente mais alta do que precisa ser durante a maior parte do tempo durante a operação do forno. Como resultado disso, a taxa de desgaste de refratário é superior quando precisa ser, reduzindo assim a vida útil para menos do que a vida útil ideal teórica para esse forro.

[008] É um objetivo da presente invenção se superar ou melhorar pelo menos uma das desvantagens da técnica anterior, ou fornecer

uma alternativa útil.

Sumário da Invenção

[009] De acordo com um primeiro aspecto, a presente invenção fornece um conjunto de controle de desgaste de refratário para instalação em um forno refratário, o conjunto incluindo:

- um sensor refratário para medir a temperatura do refratário;

- um sensor de viscosidade para determinar a viscosidade da fusão no forno;

- meio de ajuste de temperatura de fusão que responde ao sensor de refratário e ao sensor de viscosidade, de forma que,

- o meio de ajuste ajusta a temperatura da fusão para uma temperatura de ponto de configuração ideal determinada a partir de uma relação predefinida entre a temperatura do refratário e a viscosidade da fusão, onde a temperatura do ponto de configuração ideal é uma temperatura mínima que sustentará uma taxa desejada de controle da fusão do forno.

[0010] De acordo com um segundo aspecto, a presente invenção fornece um método de controle das taxas de desgaste de refratário dentro de um forno refratário, o método incluindo:

- a medição da temperatura da camada refratária;

- a medição da viscosidade de uma fusão dentro do forno;

- o ajuste da temperatura da fusão para uma temperatura de ponto de configuração ideal determinado a partir de uma relação predefinida entre a temperatura do refratário e a viscosidade da fusão; onde,

- a temperatura de ponto de configuração ideal é uma temperatura mínima que sustentará uma taxa desejada na qual a fusão é controlada a partir do forno.

[0011] Em outra forma preferida, a temperatura do refratário e a taxa de fluxo são monitoradas continuamente. Isso fornece um ajuste

em tempo real da temperatura de ponto de configuração ideal. No entanto, será apreciado que a temperatura do refratário e a taxa de fluxo podem ser monitoradas periodicamente para fornecer temperaturas de ponto de configuração ideais calculadas periodicamente que são então comparadas com as temperaturas de fusão medidas periodicamente.

[0012] Preferivelmente, a temperatura do refratário é medida em uma área de alto desgaste do forno. Em uma forma particularmente preferida, o sensor de temperatura de fusão é pelo menos um termopar utilizado para medir continuamente a temperatura da fusão e o sensor de refratário é pelo menos outro termopar utilizado para monitorar continuamente a temperatura do refratário.

[0013] Preferivelmente, a taxa de mudança da temperatura do refratário é comparada com uma taxa ideal calculada de forma teórica da mudança na temperatura do refratário com base na mínima taxa de desgaste do refratário possível para as condições operacionais particulares do forno, onde a comparação entre a taxa real de mudança na temperatura do refratário e o valor monitorado da viscosidade da fusão contra a taxa teoricamente ideal de mudança na temperatura do refratário e na viscosidade da fusão é utilizada para determinar o ajuste necessário na temperatura da fusão.

[0014] Preferivelmente, a taxa teoricamente ideal de mudança na temperatura do refratário é calculada a partir da taxa de desgaste esperada de um forro refratário que mantém uma camada de crescimento ideal em sua superfície interna. Será apreciado pelos versados na técnica nesse campo da tecnologia, que a camada de crescimento ideal variará em espessura dependendo da fusão em particular. Em alguns casos, a situação ideal é não ter uma camada de crescimento sequer.

[0015] Em outra modalidade da invenção, o nível da fusão dentro do forno é medido durante o escoamento utilizando uma lança resfria-

da por ar onde a taxa de mudança do nível da fusão é utilizada para determinar a taxa de fluxo de escoamento e dessa forma determinar a viscosidade da fusão. Em algumas modalidades, a temperatura do refratário, e/ou a temperatura da fusão, é medida utilizando-se um pirômetro ótico. Em uma forma adicionalmente preferida, o resfriamento forçado é aplicado ao refratário a fim de retardar adicionalmente a taxa de desgaste do refratário.

[0016] Em algumas modalidades, a viscosidade de fusão é medida utilizando-se um viscosímetro inclinado. Em outra forma preferida, a relação entre a viscosidade e a temperatura da fusão é derivada de uma análise da alimentação antes de entrar no forno. Alternativamente, uma relação entre a viscosidade e a temperatura da fusão é derivada de uma análise da fusão. O ponto de congelamento da fusão também pode ser estimado utilizando-se essas técnicas.

[0017] De acordo com um terceiro aspecto, a presente invenção fornece um sistema de monitoramento de taxa de desgaste de refratário instantâneo para prever a taxa de desgaste instantânea do refratário em um forno refratário, o sistema incluindo:

- um sensor de temperatura refratário adaptado para medir a temperatura do refratário além da taxa de mudança da temperatura no refratário;

- uma unidade de conversão que responde ao sensor de temperatura para determinar uma taxa instantânea de mudança da espessura do refratário utilizando uma relação predefinida entre as características de transferência de calor do refratário, a temperatura do refratário e a taxa de mudança da temperatura do refratário.

[0018] De acordo com outro aspecto, a presente invenção fornece um método de previsão da vida útil de um forro refratário em um forno refratário, o método incluindo:

- a medição da temperatura do refratário e da taxa de mu-

dança da temperatura do refratário;

a determinação da taxa instantânea de mudança da espessura do refratário a partir de uma relação predefinida entre a taxa de mudança da espessura do refratário, a temperatura do refratário, a taxa de mudança da temperatura do refratário e as características de transferência de calor do material refratário.

[0019] Preferivelmente, a temperatura do refratário é medida com um sensor de temperatura de refratário embutido. Preferivelmente, o sensor de temperatura de refratário é um termopar do tipo N.

[0020] Em uma forma preferida adicionalmente, o termopar é embutido em uma posição predeterminada dentro do refratário.

[0021] Essa técnica em particular para medir a taxa de desgaste de refratário real permite uma previsão precisa do comprimento de uma vida útil. Isso permite que os operadores obtenham uma utilização máxima do forro refratário antes do desligamento do forno para substituição do material refratário. Também permite que os operadores detectem qualquer distanciamento da operação normal, tal como o desgaste acelerado do refratário e reajam ao fato. Isso significa que podem investigar a causa do distanciamento, corrigir qualquer operação inadequada e retornar para uma operação mais estável.

[0022] Utilizando-se a presente invenção, a temperatura de fusão é continuamente ajustada para um valor mínimo real acima do ponto de congelamento que fornecerá uma viscosidade de fusão adequada para a taxa de escoamento desejada. Mantendo-se a temperatura de fusão a um mínimo, a taxa de desgaste do refratário é mantida da mesma forma em um mínimo, que por sua vez estende a vida útil do forro refratário.

Breve Descrição dos Desenhos

[0023] As modalidades preferidas da presente invenção serão descritas agora por meio de exemplo apenas, com referência aos de-

senhos em anexo, nos quais:

A figura 1 ilustra um corte vertical através de um forno refratário adequado para uso com a presente invenção;

A figura 2 é um corte A-A do forno refratário ilustrado na figura 1; e

A figura 3 é uma comparação gráfica das taxas de desgaste de refratário reais tiradas a partir de vidas útil de refratário subsequentes no mesmo forno, o forno sendo operado de acordo com técnicas anteriores durante a primeira vida útil, e de acordo com a presente invenção durante a segunda vida útil.

Descrição Detalhada das Modalidades Preferidas

[0024] Com referência à figura 1, o forno refratário 100 consiste em um envoltório de aço 101 encerrando um forro refratário 102. A temperatura da fusão 106 é medida utilizando-se o termopar 105 que se estende a partir do envoltório 101 para o interior do forno a fim de se "ver" a fusão 106.

[0025] A temperatura da camada refratária 102 é monitorada utilizando-se os termopares "em tijolos" tais como os ilustrados nos locais 104a, b e c. O termopar em tijolo é embutido em uma profundidade determinada dentro do refratário. Os sensores de temperatura utilizados são geralmente termopares do tipo N, no entanto, outros tipos de termopares e pirômetros óticos também podem ser utilizados. O termopar em tijolo é cuidadosamente posicionado visto que a distância da superfície externa influencia os cálculos de transferência de calor para o material.

[0026] A fusão é escoada do forno 100 através do bloco de escoamento 107. Uma lança resfriada com ar 103 abaixada para dentro do forno é utilizada para medir a taxa de escoamento. Utilizando-se a taxa de fluxo da fusão enquanto a mesma é escoada do forno, é possível se estimar a viscosidade relativa da fusão. Pelo monitoramento da

temperatura do refratário e da combinação dessa com uma medição da viscosidade da fusão, a presente invenção permite que o sistema forneça continuamente controle em tempo real das taxas de desgaste do refratário. Tradicionalmente, a espessura da camada refratária foi medida a cada mês utilizando-se um método manual. No entanto, uma medição mensal da espessura do refratário (também conhecida como "comprimento de tijolo") é inferior ao controle em tempo real.

[0027] O controle em tempo real da taxa de desgaste de refratário permite que a vida útil do forro refratário seja maximizada sem o uso de sistemas de resfriamento forçado para o refratário.

[0028] A invenção utiliza a relação entre a taxa de escoamento e o ponto de congelamento da fusão para manter a temperatura do forno no mínimo. É sabido na indústria que a taxa de desgaste de refratário aumenta quando a temperatura do forno é maior. No entanto, a fim de se garantir que a fusão possa ser escoada do forno a uma taxa de fluxo suficiente, a fusão precisa ter uma fluidez suficientemente alta (ou inversamente, uma viscosidade suficientemente baixa).

[0029] De acordo com a composição teórica da fusão, é possível se determinar o ponto de congelamento teórico e a temperatura de ponto de configuração ideal teórica que é a temperatura mínima na qual a fusão tem uma viscosidade suficientemente baixa.

[0030] Na realidade, a composição da fusão varia constantemente e portanto a temperatura de congelamento da fusão também varia. Portanto, tem sido uma prática comum na indústria se manter a fusão em uma temperatura de ponto de configuração que seja superior ao que precisa ser a fim de levar em consideração as flutuações na composição da fusão. Essa prática reduz a vida útil do refratário que aumenta os custos de produção como discutido acima nos Antecedentes da Invenção.

[0031] A presente invenção fornece a capacidade de se monitorar

o desgaste do refratário pela medição da temperatura do refratário e da taxa de mudança da temperatura do refratário quando se compara esses valores com os valores teóricos ideais para o desgaste mínimo do refratário calculados utilizando-se as características de transferência de calor conhecidas do material. Pela combinação dessa informação com os dados de viscosidade de fusão calculados a partir da taxa de fluxo de escoamento, é possível se ajustar continuamente a temperatura da fusão para uma temperatura de ponto de configuração ideal. A temperatura de ponto de fusão ideal é a temperatura mínima real na qual a viscosidade da fusão é baixa o suficiente para uma taxa de escoamento eficaz. Portanto, a temperatura no forno permanece continuamente na mínima real reduzindo, assim, a taxa de desgaste de refratário e estendendo a vida útil do forno refratário.

[0032] A figura 3 ilustra uma comparação entre as taxas de desgaste de refratário reais das vidas útil subsequentes no mesmo forno. O comprimento do tijolo é uma medição da espessura do refratário e a vida útil é medida em meses. Durante a vida útil nº 7 o forno foi operado de acordo com técnicas discutidas nos Antecedentes da Invenção. A representação do desgaste de refratário durante a vida útil nº 7 é ilustrada ao longo da linha 109.

[0033] Durante a vida útil nº 8, o forno foi operado de acordo com a presente invenção e a representação do desgaste de refratário com o tempo é ilustrada ao longo da linha 108. A linha 110 é a linha de tendência calculada de forma estatística para o desgaste de refratário durante a vida útil nº 8 calculada em 79,3 semanas de vida útil. A linha de tendência indica que a taxa média de desgaste durante a vida útil nº 8 será de 1,7 mm. por semana.

[0034] Em contraste, o desgaste de refratário durante a vida útil nº 7 foi aproximadamente o dobro da vida útil nº 8. Em momentos equivalentes durante as vidas útil nos. 7 e 8 (79,3 semanas), o comprimento

do tijolo durante a vida útil nº 7 foi de 184 mm enquanto que na vida útil nº 8, foi de 314 mm. Como uma referência futura, a linha pontilhada 111 ilustra uma taxa de desgaste de 1 mm por semana e a linha pontilhada 112 ilustra uma taxa de desgaste de 2,24 mm por semana.

[0035] Os dados apresentados na figura 3 confirmam que a presente invenção fornece um método eficiente de redução de desgaste de refratário e um aumento das vidas útil de refratário. O alinhamento relativamente próximo entre a taxa de desgaste real 108 durante a vida útil nº 8 e a linha de tendência estatística 110 é uma indicação adicional do grau de controle que a presente invenção fornece através das taxas de desgaste e da precisão aumentada da vida útil prevista.

[0036] A invenção foi descrita aqui por meio de exemplos apenas. Os versados na técnica reconhecerão prontamente muitas variações e modificações que não se distanciam do espírito e escopo do amplo conceito da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Conjunto de controle de desgaste de refratário para instalação em um forno refratário (100) compreendendo:

um sensor de refratário para medir a temperatura do refratário;

um sensor de viscosidade para determinar a viscosidade da fusão (106) no forno (100);

caracterizado pelo fato de que ainda compreende:

um meio de ajuste de temperatura de fusão que responde ao sensor de refratário e ao sensor de viscosidade, de forma que,

o meio de ajuste configura a temperatura da fusão para uma temperatura de ponto de configuração ideal determinada a partir de uma relação predefinida entre a temperatura do refratário e a viscosidade da fusão, onde a temperatura do ponto de configuração ideal é uma temperatura mínima que sustentará uma taxa desejada de escoamento da fusão (106) a partir do forno (100).

2. Conjunto, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o meio de ajuste de temperatura de fusão inclui um sensor de temperatura de fusão para monitorar a temperatura da fusão (106) e o sensor de viscosidade que possui um sensor de taxa de fluxo de escoamento, onde a viscosidade da fusão (106) é determinada utilizando-se a medição de taxa de fluxo de escoamento.

3. Conjunto, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura do refratário e a taxa de fluxo de escoamento são continuamente monitoradas.

4. Conjunto, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura de refratário é medida em uma área de alto desgaste do forno (100).

5. Conjunto, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato de que** o sensor de temperatura

de fusão possui pelo menos um termopar (105) para medir continuamente a temperatura da fusão (106) e o sensor de refratário possui pelo menos um outro termopar (105) para monitorar continuamente a temperatura do refratário.

6. Conjunto, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado pelo fato de que** a taxa de mudança da temperatura do refratário é comparada com uma taxa de mudança ideal calculada teoricamente na temperatura do refratário com base na menor taxa de desgaste de refratário teórica possível para as condições operacionais particulares do forno (100), onde a comparação entre a taxa real de mudança na temperatura do refratário e o valor monitorado da viscosidade da fusão contra a taxa teórica ideal de mudança na temperatura do refratário e na viscosidade de fusão é utilizada para determinar o ajuste necessário na temperatura de fusão (106).

7. Conjunto, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado pelo fato de que** uma relação teórica entre a viscosidade e a temperatura da fusão (106) é derivada de uma análise da alimentação antes de entrar no forno (100).

8. Conjunto, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado pelo fato de que** uma relação teórica entre a viscosidade e a temperatura da fusão (106) é derivada de uma análise da fusão (106).

9. Conjunto, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado pelo fato de que** a taxa teórica ideal de mudança na temperatura do refratário é calculada a partir da taxa de desgaste esperado de um forro refratário (102) que mantém uma camada de crescimento ideal em sua superfície interna.

10. Conjunto, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado pelo fato de que** o nível da fusão (106) dentro do forno (100) é medido durante o escoamento utilizando a lan-

ça resfriada com ar (103) onde a taxa de mudança do nível da fusão (106) é utilizada para determinar a taxa de fluxo de escoamento e dessa forma determinar a viscosidade da fusão.

11. Conjunto, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura do refratário e a temperatura da fusão são medidas utilizando-se um pirômetro ótico.

12. Conjunto, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura do refratário ou a temperatura da fusão é medida utilizando-se um pirômetro ótico.

13. Conjunto, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a viscosidade de fusão é medida utilizando-se um viscosímetro inclinado.

14. Conjunto, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, **caracterizado pelo fato de que** o resfriamento forçado é aplicado ao refratário a fim de retardar adicionalmente a taxa de desgaste do refratário.

15. Conjunto, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura do refratário e a taxa de fluxo de escoamento podem ser monitoradas periodicamente para fornecer temperaturas de ponto de configuração ideais calculadas periodicamente que são então comparadas com as temperaturas de fusão medidas periodicamente.

16. Método de controle de taxas de desgaste de refratário dentro de um forno refratário compreendendo as etapas de:

medir a temperatura da camada refratária (102);

medir a viscosidade de uma fusão (106) dentro do forno (100);

caracterizado pelo fato de que ainda compreende:

ajustar a temperatura de fusão para uma temperatura de ponto de configuração ideal determinada a partir de uma relação pre-

definida entre a temperatura do refratário e a viscosidade da fusão (106);

em que a temperatura do ponto de configuração ideal é uma temperatura mínima que sustentará uma taxa desejada na qual a fusão (106) é escoada a partir do forno (100).

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo fato de que** a viscosidade da fusão (106) é determinada utilizando uma medição da taxa de fluxo da fusão (106) à medida que é escoada a partir do forno (100).

18. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura do refratário e a taxa de fluxo de escoamento são monitoradas continuamente.

19. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 a 18, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura do refratário é medida em uma área de alto desgaste do forno (100).

20. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 a 19, **caracterizado pelo fato de que** a taxa de mudança da temperatura do refratário é comparada com uma taxa ideal calculada teoricamente de mudança na temperatura do refratário com base na taxa teórica mínima possível de desgaste de refratário para as condições operacionais particulares do forno, em que a comparação entre a taxa real de mudança na temperatura do refratário e o valor monitorado da viscosidade de fusão contra a taxa teoricamente ideal de mudança na temperatura do refratário e viscosidade de fusão é utilizada para determinar o ajuste necessário na temperatura da fusão.

21. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 a 20, **caracterizado pelo fato de que** uma relação teórica entre a viscosidade e a temperatura da fusão (106) é derivada de uma análise da alimentação antes de entrar no forno (100).

22. Método, de acordo com qualquer uma das reivindica-

ções 16 a 20, **caracterizado pelo fato de que** uma relação teórica entre a viscosidade e a temperatura da fusão (106) é derivada de uma análise da fusão (100).

23. Método, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado pelo fato de que** a taxa teoricamente ideal de mudança na temperatura do refratário é calculada a partir da taxa de desgaste esperada que um forro refratário (102) apresenta possuindo uma camada de crescimento ideal em sua superfície interna.

24. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 a 23, **caracterizado pelo fato de que** o nível da fusão (106) dentro do forno (100) é medido durante o escoamento utilizando uma lança resfriada com ar onde a taxa de mudança do nível da fusão (106) é utilizada para determinar a taxa de fluxo de escoamento e dessa forma determinar a viscosidade da fusão.

25. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura do refratário e a temperatura da fusão são medidas utilizando um pirômetro ótico.

26. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura do refratário ou a temperatura da fusão é medidas utilizando um pirômetro ótico.

27. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo fato de que** a viscosidade da fusão é medida utilizando-se um viscosímetro inclinado.

28. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 a 27, **caracterizado pelo fato de que** o resfriamento forçado é aplicado ao refratário a fim de retardar adicionalmente a taxa de desgaste do refratário.

29. Método, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura do refratário e a taxa de fluxo de escoamento são periodicamente monitorados para fornecer temperatu-

ras de ponto de configuração ideais calculadas periodicamente que são então comparadas com as temperaturas de fusão medidas periodicamente.

1/2

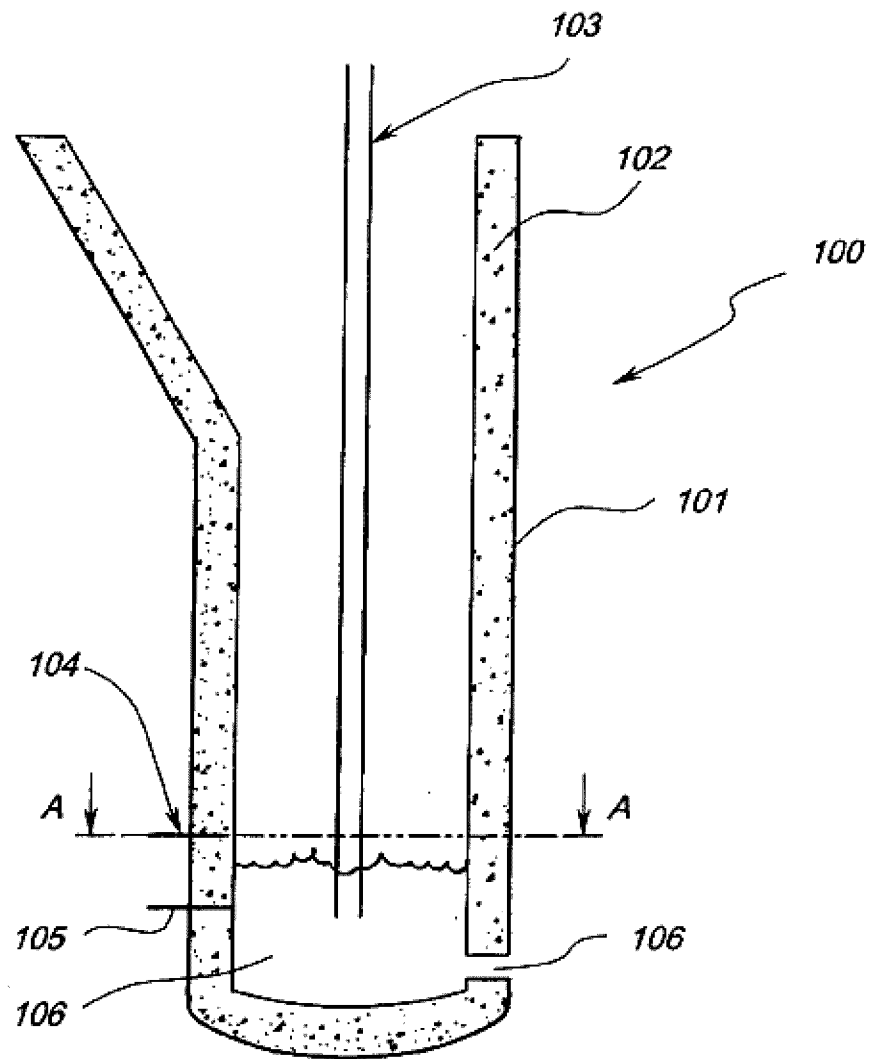


Fig. 1

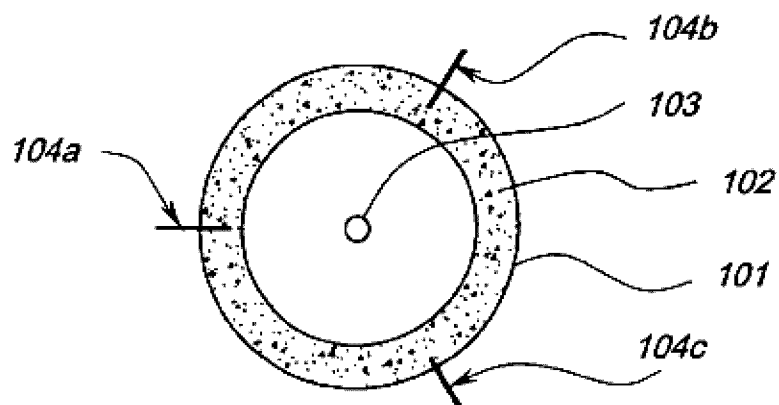


Fig. 2

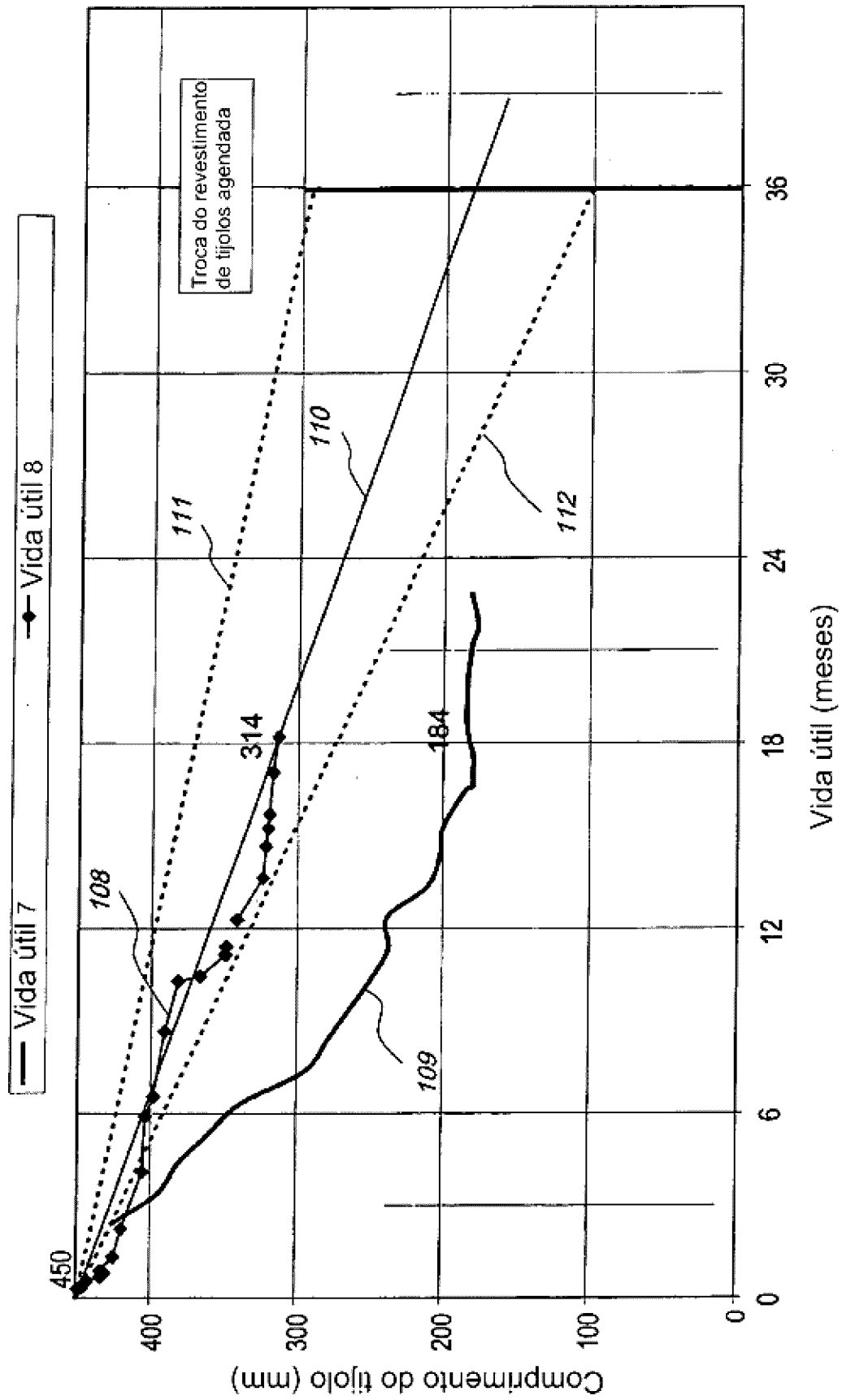


Fig. 3