



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

(11) (21) **PI 0303618-9 A**



(22) Data de Depósito: 08/09/2003
(43) Data de Publicação: 10/05/2005
(RPI 1792)

(51) Int. Cl⁷ :
C21B 7/12

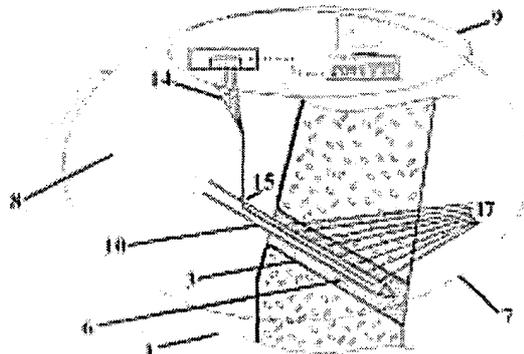
(54) Título: **SISTEMA PARA MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DA MASSA DE TAMPONAMENTO DO FURO DE CORRIDA DE ALTOS-FORNOS**

(71) Depositante(s): Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. - USIMINAS (BR/MG), Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR (BR/SP)

(72) Inventor(es): Ricardo Machado Cabral, Luis Augusto Marconi Scudeller, Belarmino Rodrigues Pinto Neto, Victor Carlos Pandolfelli, José de Sousa Carvalho

(74) Procurador: Luiz Octávio Barros de Souza

(57) Resumo: "SISTEMA PARA MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DA MASSA DE TAMPONAMENTO DO FURO DECORRIDA DE ALTOS-FORNOS". Esse sistema permite a obtenção de curvas de sinterização de massas de tamponamento, possibilitando ajustes na sua composição de modo a se obter uma sinterização que satisfaça as condições operacionais de tamponamento dos furos de corrida. O sistema é composto, basicamente, por dispositivo de impacto (8) e por dispositivo de medição (7), esse contendo uma lança de medição (10) e um sistema de coleta de dados (9). O sistema desenvolvido apresenta vantagens sobre os existentes, pois otimiza o levantamento da curva de sinterização da massa, proporcionando, em consequência, corridas mais longas, logo, diminuindo o número de corridas, com economia significativa devido à diminuição do consumo específico da massa de tamponamento. A análise das curvas permite, ainda, a detecção de trincas no refratário da parede do forno, ao longo do furo de corrida, possibilitando a execução de trabalho específico para sua manutenção.



“SISTEMA PARA MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DA MASSA DE TAMPONAMENTO DO FURO DE CORRIDA DE ALTOS-FORNOS”.

Com o objetivo de se otimizar, de forma concreta, a fabricação de ferro-gusa em altos-fornos, seu controle operacional tem evoluído consideravelmente nas últimas décadas. Assim, progressos têm sido introduzidos na preparação da carga, nos equipamentos de distribuição de carga, tornando-os mais versáteis. Também, melhorias nos sistemas de injeção pelas ventaneiras e, principalmente, na utilização de sensores para monitoração das operações de esgotamento do forno e do processo têm conduzido a um controle mais eficaz da operação desse forno.

Sendo o processo de alto-forno realizado em batelada, o ferro-gusa e a escória são esgotados do cadinho através de furos de corrida, distribuídos na carcaça do forno. Ao final das corridas de gusa é realizado o tamponamento desses furos, sendo esse processo de grande importância para a estabilidade operacional do forno.

O processo de tamponamento utiliza um material refratário, aplicado sob pressão, nas regiões dos furos de corrida.

A operação normal de tamponamento, ilustrada na figura 1, inicia-se com a colocação do canhão (5) na boca do furo de corrida (4). O bico do canhão (5) se adapta perfeitamente à superfície da parede (2) do forno (1), para reter o fluxo de gusa e escória, assim como, evitar escape de massa refratária de tamponamento (6) entre o bico do canhão (5) e a boca do furo (4). Em seguida, a massa de

tamponamento (6) é injetada, sob pressão, no furo durante um determinado tempo, função da quantidade de massa. Terminada a injeção, o canhão (5) é mantido acoplado na boca do furo (4), durante um certo tempo necessário à sinterização da massa (6), evitando-se
5 eventual arrombamento do furo (3) devido à baixa resistência mecânica da massa não sinterizada. Após este tempo, o canhão (5) é retirado da boca do furo (4) e recarregado para a próxima injeção.

Assim, o conhecimento do tempo de sinterização da massa de tamponamento proporciona um ajuste adequado do tempo
10 em que o canhão fica na boca do furo de corrida, após o tamponamento, o que contribui para um aumento efetivo de sua vida útil, por não ficar um tempo excessivo sobre o canal de corrida e, também, diminui a probabilidade de um arrombamento do furo de corrida, devido a uma retirada do canhão antes do tempo.

15 Os fatores que determinam a efetividade do fechamento do forno são a pressão aplicada para injeção, o tempo despendido para executar a atividade e o estado de conservação do bico do canhão, além da qualidade da massa refratária injetada, determinada pelo seu grau de sinterização.

20 Essa massa refratária, com trabalhabilidade ajustada para esse tipo de aplicação, deve possuir propriedades de fluência tais que lhe possibilite penetrar no furo, adquirindo resistência mecânica suficiente para obstruir o fluxo de gusa e não permitir que o furo seja arrombado. Ela deve ter, também, temperatura de sinterização
25 compatível com as temperaturas existentes nas regiões dos furos de corrida. Devido às suas características físico-químicas, esse material

refratário sinteriza gradualmente ao longo do furo de corrida utilizando o gradiente térmico existente na parede do forno para propiciar, via camada termoplástica, o bloqueio ou tamponamento do furo de corrida.

5 Desse modo, a curva de aquecimento da massa de tamponamento é de fundamental importância para que seus fabricantes possam ajustar a composição das mesmas para que tenham uma sinterização adequada para as condições operacionais do forno.

10 Apesar disso, a medição de temperatura dos furos de corrida, embora sendo de grande importância para o conhecimento das condições de sinterização das massas de tamponamento, é raramente efetuada, devido à dificuldade de realização e imprecisão nos resultados obtidos.

15 A técnica atual para se avaliar a temperatura da massa de tamponamento no furo de corrida, raramente efetuada, consiste em se utilizar brocas normais de perfuração, com diâmetros que variam entre 30mm e 70mm, e termopar de medição. As medições da temperatura ao longo do furo são feitas sucessivamente, com perfurações até um determinado comprimento, retirada da broca,
20 inserção do termopar, espera pela estabilização da temperatura, retirada do termopar e inserção da broca para novo ciclo de perfuração e medição. Tal sistema de medição é bastante impreciso, pois devido à grande diferença de diâmetro do furo e do termopar torna-se difícil determinar a real posição do ponto de contato durante a medição.
25 Além disso, as leituras de temperatura são obtidas em tempos distintos, havendo, também, dificuldade na repetição da leitura em um

mesmo ponto.

Além dessa imprecisão na leitura, por ser feita com broqueamento do furo de corrida, esta operação deve ser feita, por motivos de segurança operacional do alto-forno e dos operadores de
5 área de corrida, somente após a massa de tamponamento injetada no forno, estar em estágio avançado de sinterização, evitando assim que haja arrombamento do furo, com escape de gusa e escória do forno.

Os inconvenientes observados na utilização dessa técnica não conduzem a uma curva de aquecimento adequada para
10 sinterização da massa de tamponamento, não permitindo, assim, ajustes na sua composição para que se obtenha uma sinterização que satisfaça as condições operacionais de tamponamento dos furos de corrida.

Com o objetivo de disponibilizar uma técnica de
15 medição de temperatura de massas de tamponamento, que não apresente os inconvenientes da técnica atual, foi desenvolvido um sistema para medição dessa temperatura, ilustrado esquematicamente nas figuras 1 a 4, onde:

1. alto-forno
- 20 2. parede do forno
3. furo de corrida
4. boca do furo de corrida
5. canhão de injeção de massa
6. massa de tamponamento
- 25 7. dispositivo de medição
8. dispositivo de impacto

9. sistema de coleta e tratamento de dados
10. lança de medição
11. tubo de aço
12. furos no tubo de aço
- 5 13. barra sólida pontiaguda
14. termopares
15. orifício lateral da lança
16. pontas sensoras
17. pontos de medição
- 10 18. “alumina-bolha”
19. ressaltos
20. chapas de aço inoxidável

O sistema desenvolvido é composto, basicamente, por um dispositivo de medição (7) e um dispositivo de impacto (8).

15 O dispositivo de medição (7) é constituído de um sistema de coleta e tratamento de dados (9) e de uma lança de medição (10), que é do mesmo material que a barra de perfuração utilizada pelo dispositivo de impacto (8) na abertura dos furos de corrida (3).

20 O dispositivo de impacto (8) é responsável pela geração do esforço necessário à introdução da lança de medição (10) no furo de corrida (3) após seu preenchimento com a massa de tamponamento (6).

25 A lança de medição (10), figura 4, consiste de um tubo de aço (11), graduado, de comprimento superior ao da extensão do furo de corrida (3), dotado de furos (12) espaçados regularmente ao longo de seu comprimento, complementado por uma barra sólida (13),

pontiaguda, em uma de suas extremidades, termopares (14) que penetram por um orifício (15) localizado na sua lateral, passando pelo seu interior até os furos (12) onde afloram suas pontas sensoras (16) formando os pontos de medição (17). A lança (10) é preenchida com
5 “alumina bolha” (18) e possui a sua outra extremidade adaptável ao dispositivo de impacto (8).

A barra sólida (13) protege a ponta da lança (10) do ataque de gusa no caso dela entrar em contato com o banho líquido no forno. Isso pode ocorrer por desgaste do furo de corrida (3), devido a
10 pouca massa de tamponamento (6) ou devido ao excesso de penetração da lança (10).

A “alumina bolha” (18) é inserida ao longo do tubo de aço (11) para, em caso de rompimento da ponta de proteção, ou seja, a barra sólida (13), não ocorrer a formação de um jato de gusa,
15 possibilitando remoção segura da lança (10).

Os pontos de medição (17), responsáveis pela monitoração da temperatura da massa de tamponamento (6), são montados nos furos (12), nos quais são feitos ressaltos (19), faceando externamente o tubo (11). Em cada ressalto (19) é adaptada uma
20 primeira chapa de aço inoxidável (20), com um furo descentrado, por onde se faz passar a ponta sensora (16) do termopar (14). O termopar (14) é, então, dobrado de modo que sua ponta sensora (16) passe por uma segunda chapa de aço inoxidável (20), igual à primeira, mas montada de forma a deixar o furo defasado em relação à primeira.
25 Essa segunda chapa de aço (20) é soldada à parede do tubo (11), garantindo a proteção dos pontos de medição (17).

O sistema de coleta e tratamento de dados (9), responsável pela aquisição e armazenamento dos dados, registra “on-line” os dados de temperaturas da massa refratária de tamponamento (6), nos diversos pontos de medição (17), durante todo o processo de sinterização da massa (6), permitindo seu tratamento posterior.

Para medição da temperatura da massa de tamponamento (6) do furo de corrida (3) de altos-fornos, utilizando o sistema desenvolvido, o canhão de injeção (5), após a aplicação da massa (6) no furo (3), é mantido acoplado na boca do furo (4), agora durante um pequeno tempo para sinterização apenas da massa em contato direto com o gusa líquido, não de toda a massa injetada. Após esse tempo, o canhão (5) é retirado da boca do furo (4) e inserida a lança (10), no furo de corrida (3), preenchido com a massa (6) ainda com baixa resistência, com o auxílio do dispositivo de impacto (8). A inserção da lança (10) deve ser feita observando a graduação na mesma em função do comprimento do furo de corrida(3), avaliado quando da aplicação da massa de tamponamento(6).

A medição das temperaturas, propriamente dita, é realizada nos pontos de medição (17), definidos ao longo do comprimento do furo de corrida (3), com o auxílio de termopares (14), durante o intervalo de tempo em que esse furo (3) se encontra tamponado. Os dados de temperatura são coletados por um sistema de aquisição e tratamento de dados (9), onde são registrados, armazenados e processados para a obtenção da curva de sinterização da massa (6), aplicada ao furo de corrida (3), durante todo esse processo, permitindo uma avaliação quanto à sua qualidade. Os

processos de aplicação da massa (6), inserção da lança (10) e medição de temperatura são ilustrados nas figuras 1, 2 e 3.

Pelo fato da junta quente dos termopares ficar em contato direto com a massa de tamponamento, na parede do furo de corrida, tendo sua posição conhecida com precisão e sendo as temperaturas lidas simultaneamente em todas os pontos de medição, logo após o tamponamento, o sistema desenvolvido apresenta a vantagem de permitir o levantamento otimizado da curva de sinterização da massa refratária de tamponamento. Em consequência, a sinterização adequada da massa de tamponamento faz com que ela trabalhe em melhores condições, proporcionando corridas mais longas, e diminuindo o número de corridas por dia, com consequente diminuição do número de tamponamentos, logo, com economia significativa devido à diminuição do consumo específico da massa de tamponamento.

Além disso, o conhecimento do tempo de sinterização da massa de tamponamento proporciona o ajuste adequado do tempo em que o canhão fica na boca do furo de corrida, após o tamponamento, contribuindo para o aumento efetivo de sua vida útil, e diminuindo a probabilidade do arrombamento do furo de corrida, devido à retirada do canhão antes do tempo.

Como vantagem adicional, o conhecimento das temperaturas, simultaneamente em todos os pontos, permite, pela análise das curvas de temperatura, a detecção de trincas no refratário da parede do forno, ao longo do furo de corrida, possibilitando a execução de trabalho específico para sua manutenção.

REIVINDICAÇÃO

“SISTEMA PARA MEDIÇÃO DA
 TEMPERATURA DA MASSA DE TAMPONAMENTO DO FURO
 DE CORRIDA DE ALTOS-FORNOS”, destinado a ser utilizado em
 5 levantamento de curvas de sinterização de massas refratárias de
 tamponamento de furos de corrida de altos-fornos, caracterizado por
 ser constituído por um dispositivo de medição (7) e um dispositivo de
 impacto (8), sendo o dispositivo de medição (7) composto de um
 sistema de coleta e tratamento de dados (9) e de uma lança de medição
 10 (10), que consiste de um tubo de aço (11), de comprimento um pouco
 inferior que a extensão do furo de corrida (3), dotado de furos (12)
 espaçados regularmente ao longo de seu comprimento,
 complementado por barra sólida (13), pontiaguda, em uma de suas
 extremidades, e por termopares (14) que penetram por um orifício
 15 (15) localizado na lateral do tubo (11), passando pelo seu interior até
 os furos (12), nos quais são feitos ressaltos (19), onde são adaptadas
 chapas de aço (20), com furo descentrado, por onde se faz passar a
 ponta sensora (16), formando os pontos de medição (17), dita lança
 (10) preenchida com “alumina bolha” (18), e com sua outra
 20 extremidade adaptável ao dispositivo de impacto (8).

11000000

1/2

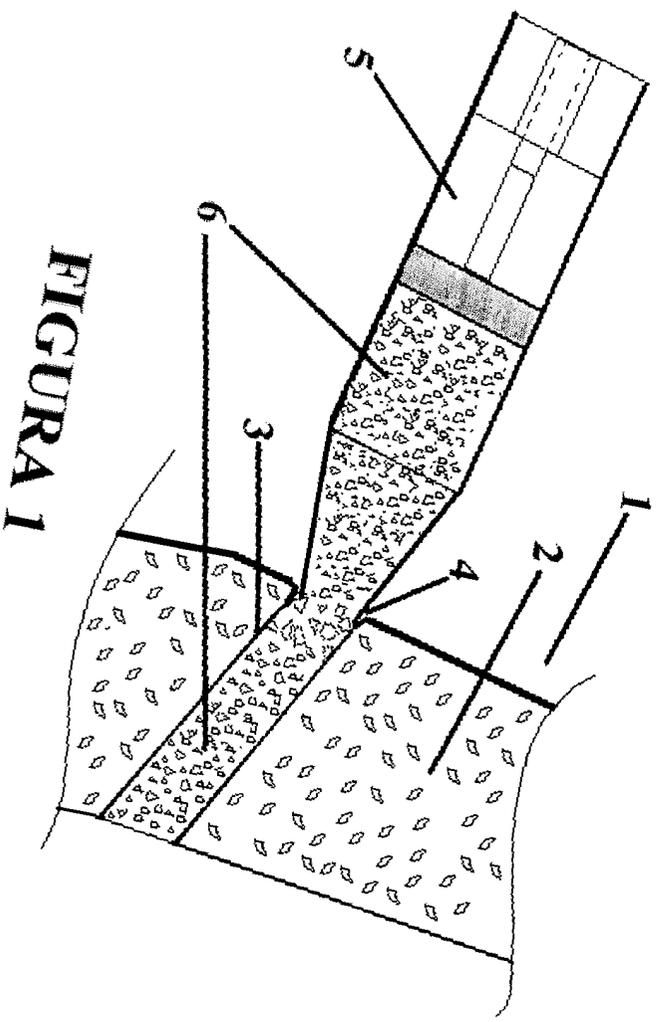


FIGURA 1

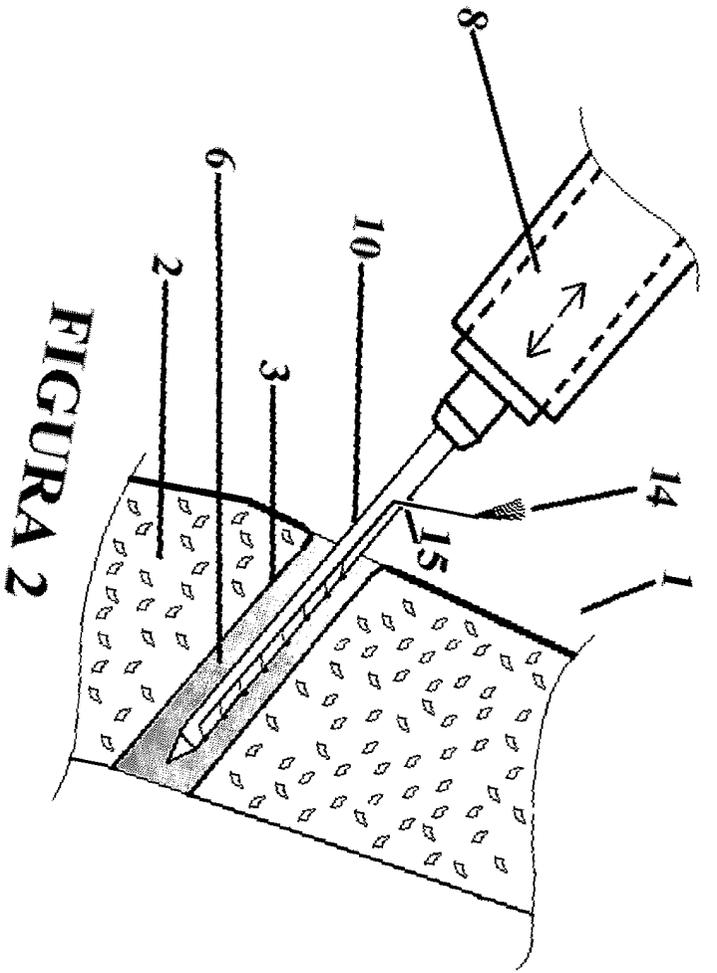


FIGURA 2

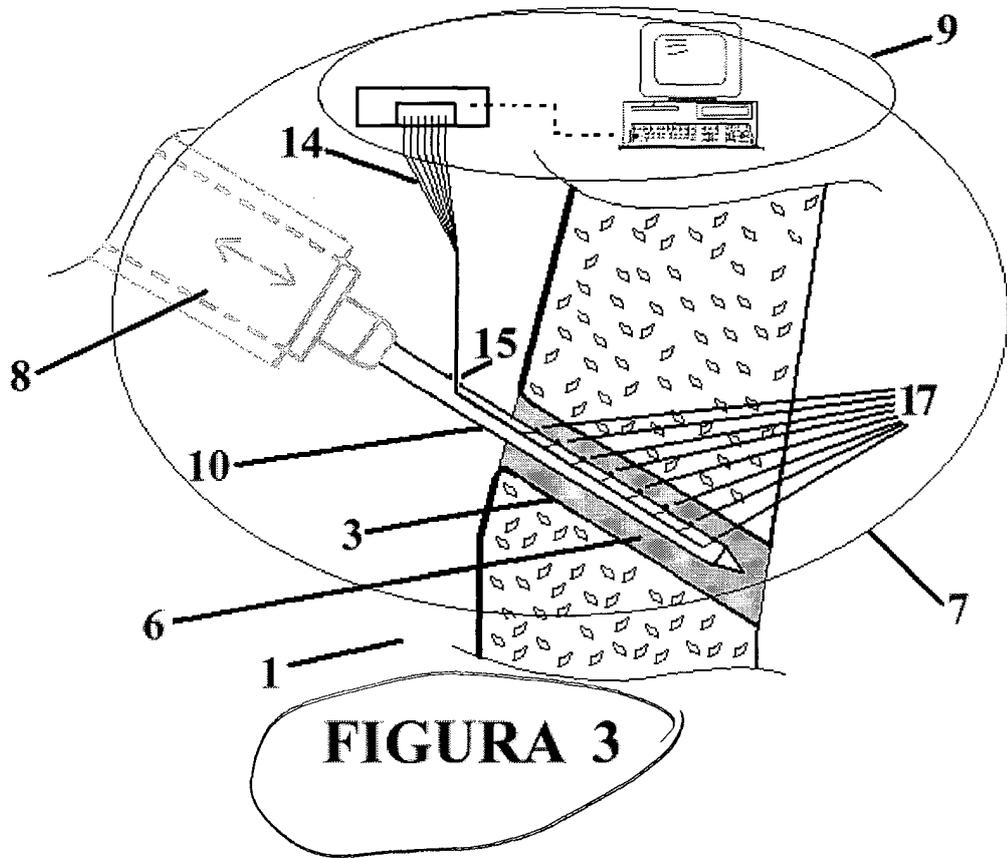


FIGURA 3

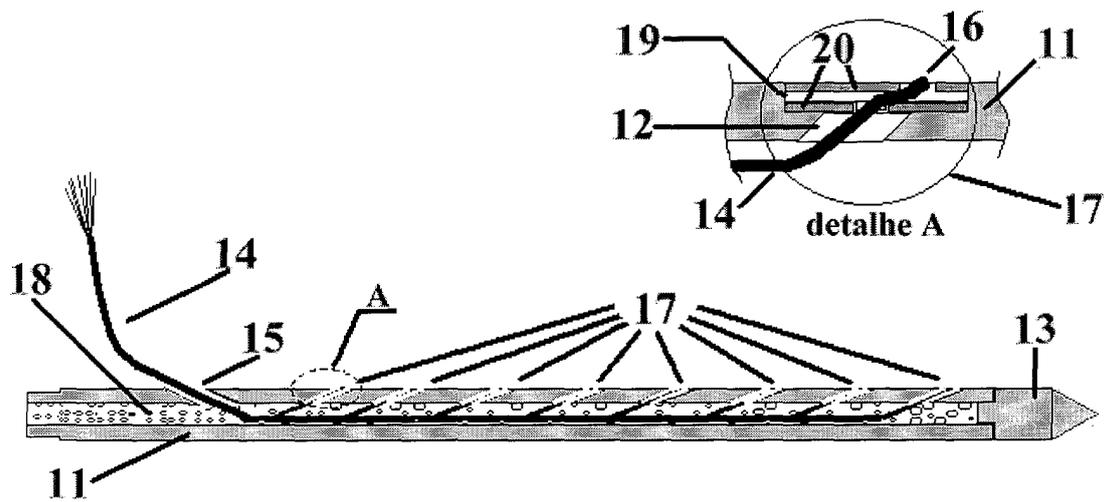


FIGURA 4

RESUMO

“SISTEMA PARA MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DA MASSA DE TAMPONAMENTO DO FURO DE CORRIDA DE ALTOS-FORNOS”.

5 Esse sistema permite a obtenção de curvas de sinterização de massas de tamponamento, possibilitando ajustes na sua composição de modo a se obter uma sinterização que satisfaça as condições operacionais de tamponamento dos furos de corrida.

10 O sistema é composto, basicamente, por dispositivo de impacto (8) e por dispositivo de medição (7), esse contendo uma lança de medição (10) e um sistema de coleta de dados (9).

15 O sistema desenvolvido apresenta vantagens sobre os existentes, pois otimiza o levantamento da curva de sinterização da massa, proporcionando, em consequência, corridas mais longas, logo, diminuindo o número de corridas, com economia significativa devido à diminuição do consumo específico da massa de tamponamento.

 A análise das curvas permite, ainda, a detecção de trincas no refratário da parede do forno, ao longo do furo de corrida, possibilitando a execução de trabalho específico para sua manutenção.