



Tema: Gestão de Manutenção

## RECUPERAÇÃO DOS REGENERADORES DOS ALTOS-FORNOS POR SOLDA CERÂMICA NA USIMINAS IPATINGA\*

Márcio Lobato Genelhu<sup>1</sup>  
 Gustavo Alexandre da Costa Manso<sup>2</sup>  
 Eptácio Pessoa Ponce de Lion<sup>3</sup>  
 Cláudio Jorge Brito Lapa<sup>4</sup>

### Resumo

Este trabalho tem o objetivo de apresentar o modelo de recuperação refratária a quente dos regeneradores dos altos-fornos, através da técnica de solda cerâmica, visando o aumento da vida útil e evitando a parada prematura para a manutenção destes equipamentos. A aplicação da solda cerâmica prolongou a vida útil dos regeneradores.

**Palavras-chave:** Regeneradores; Altos-fornos; Solda cerâmica; Refratários.

### RECOVERY OF HOT STOVES FROM THE BLAST FURNACES WITH CERAMIC WELDING AT USIMINAS IPATINGA

#### Abstract

This paper has the purpose to present the model of hot refractory repair of the hot stoves from the blast furnaces, through the technique of ceramic welding, looking for increasing the service life and avoiding the premature stop for maintenance of the equipment. The application of ceramic welding generated a gain in useful life of the hot stoves.

**Keywords:** Hot stoves; Blast furnace; Ceramic welding; Refractories.

- <sup>1</sup> Engenheiro Metalurgista, CQE/ASQ, Gerência de Controle e Gestão de Contratos, Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.
- <sup>2</sup> Engenheiro Metalurgista, Gerência de Altos-Fornos 1 e 2, Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.
- <sup>3</sup> Engenheiro Metalurgista, Gerência de Manutenção de Refratários, Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.
- <sup>4</sup> Engenheiro Industrial Mecânico, Gerência Regional América do Sul, Fosbel, São Paulo, SP, Brasil.

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2012, a Usiminas realizou uma inspeção termográfica no domo do Regenerador 4 do Alto-Forno 2 e detectou alguns pontos quentes. Planejou-se então um grande reparo no revestimento refratário do Regenerador 4 (reparo a frio), executado no ano de 2013.

Visando localizar e dimensionar a região danificada do revestimento refratário, foi feita uma vídeoendoscopia (filmagem interna do regenerador, a quente) em fevereiro de 2013. Esta filmagem foi analisada pelos especialistas da operação, manutenção mecânica e manutenção refratária do Alto-forno 2. Em seguida, discutiu-se a possibilidade de executar o reparo a quente, utilizando a técnica de solda cerâmica, visando postergar o grande reparo (reparo a frio) para uma parada programada em março de 2014.

Em abril de 2013, foi executada uma nova vídeoendoscopia nos refratários do Regenerador 4 do Alto-forno 2, visando à preparação da solda cerâmica, que foi executada em junho de 2013. Após uma nova vídeoendoscopia efetuada em agosto de 2013, foi realizada uma segunda solda cerâmica neste regenerador em dezembro de 2013.

Este trabalho descreve a metodologia empregada e os benefícios alcançados no reparo por solda cerâmica, no revestimento refratário do Regenerador 4 da Usiminas em Ipatinga.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Vídeoendoscopia

A vídeoendoscopia utiliza um gravador de imagens e monitor LCD, que registram as imagens captadas pelas microcâmeras posicionadas na extremidade de uma lança refrigerada a água, possibilitando inspecionar equipamentos operando até 1650°C [1].

As imagens são geradas em alta definição (Figura 1) e armazenadas em um cartão de memória, para posteriormente serem editadas, resultando num filme de vídeo que é gravado em DVD ou pen drive.



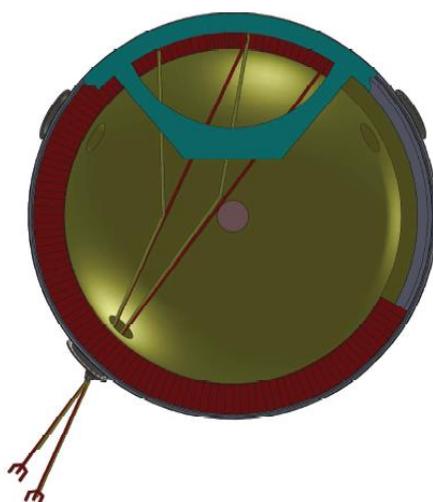
**Figura 1.** Imagem extraída de uma vídeo endoscopia, mostrando a região superior da parede refratária da câmara de combustão / regenerador de alto-forno.

\* Contribuição técnica ao 69<sup>o</sup> Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14<sup>o</sup> ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

## 2.2 Solda Cerâmica

A solda cerâmica é utilizada na reparação de refratários de fornos a quente, resultando num reparo de alta qualidade, longa durabilidade e reduzindo as perdas de produção dos equipamentos reparados [2].

Este processo utiliza uma mistura seca de pós refratários e de combustíveis metálicos. Esta mistura é projetada sobre a área a ser reparada (Figura 2), através de lanças refrigeradas, que são fabricadas de acordo com as dimensões dos equipamentos onde serão executados a solda cerâmica. Transportada por uma corrente de oxigênio, a mistura é aplicada sobre a superfície a ser reparada, gerando uma reação exotérmica com temperaturas de até 2315°C. O material se funde com os tijolos, formando uma ligação cerâmica e restaurando o revestimento refratário ao seu estado original.



**Figura 2.** Projeto de lanças de solda cerâmica, desenhadas para acessar os pontos danificados do revestimento refratário da parede da câmara de combustão, na região abaixo do domo do regenerador.

## 2.3 Preparativos para a Solda Cerâmica

Aproximadamente um mês antes da data agendada para a solda cerâmica, foram realizadas reuniões de planejamento, em que foram discutidos vários preparativos, por exemplo:

- pontos de energia, água e ar comprimido, próximos à região a ser reparada com solda cerâmica;
- montagem de andaimes, dimensionados para a movimentação das lanças e equipamentos de endoscopia e solda cerâmica;
- iluminação na região dos andaimes;
- fabricação de lanças refrigeradas para a endoscopia;
- fabricação de lanças refrigeradas para a solda cerâmica;
- disponibilização de equipe de suporte (2 mecânicos, 1 soldador e 1 eletricista);
- guindastes para movimentação de materiais e equipamentos para a região a ser reparada;
- caminhão de alta pressão de água; e
- cilindros de oxigênio para a solda cerâmica.

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

## 2.4 Cronograma Específico

Apresentamos a seguir um cronograma específico (Tabela 1) de solda cerâmica assistida por vídeoendoscopia, aplicada à região do domo do Regenerador 4 do Alto-forno 2.

**Tabela 1.** Cronograma específico de solda cerâmica em regenerador de alto-forno

ATIVIDADES	RESPONSÁVEL	INÍCIO	FIM
Bloqueio	Elétrica/Operação	06:00	06:30
Abrir Manhole	Mecânica	06:30	08:00
Quebra do refratário	Refratários	08:00	11:00
Montar dispositivo da Lança	Mecânica	11:00	13:00
Preparação FOSBEL	FOSBEL	13:00	15:00
Solda cerâmica	FOSBEL	15:00	23:00
Desmontar dispositivo da lança	Mecânica	23:00	00:00
Montar refratário	Refratários	00:00	02:00
Fechar manhole	Mecânica	02:00	04:00

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em dezembro de 2013, foi efetuada uma solda cerâmica nos pontos danificados do revestimento refratário da parede da câmara de combustão, na região abaixo do domo do Regenerador 4 do Alto-forno 2 (Figura 3). Foram aplicados 285 kg de material, cuja composição química é equivalente à dos tijolos que foram reparados. O reparo foi executado conforme programado, e atingiu o objetivo de soldar os tijolos danificados, estabilizando aquela região do revestimento refratário.



**Figura 3.** Aplicação de solda cerâmica no Regenerador 4 do Alto-forno 2 da Usiminas em Ipatinga.

As Figuras 4, 5 e 6 apresentam imagens extraídas da vídeoendoscopia realizada antes, durante e após a solda cerâmica executada em 11/12/2013, na região abaixo do domo do Regenerador 4 do Alto-forno 2 da Usiminas em Ipatinga.

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



Figura 4. Vídeoesoscopia antes da solda cerâmica, mostrando as regiões danificadas.

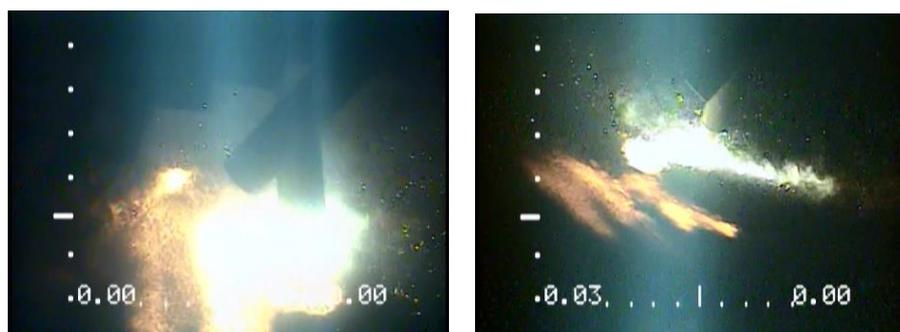


Figura 5. Processo de solda cerâmica.



Figura 6. Vídeoesoscopia após a solda cerâmica, mostrando o acabamento final do reparo.

### 3.1 Benefícios Operacionais

- a solda cerâmica possibilitou o prolongamento da vida útil do Regenerador 4 do Alto-forno 2, viabilizando a operação do equipamento até a grande parada (reparo a frio), programada para março de 2014;
- foi assegurada a continuidade de produção de gusa durante este período; e
- tempo de planejamento para uma melhor preparação de toda a contratação e execução do reparo a frio.

Tabela 2. Características dos tipos de reparos

ITEM	REPARO COM SOLDA CERÂMICA	REPARO A FRIO
TEMPO DE REPARO ESTIMADO	1 dia	45 dias
PERDA DE PRODUÇÃO ESTIMADA	Não há	11.500 t de gusa

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



## 4 CONCLUSÃO

Este trabalho confirmou que o uso da solda cerâmica, para reparos refratários em regeneradores de altos-fornos, foi fundamental para o prolongamento da vida útil deste equipamento, resultando em ganho no tempo de preparação e melhor contratação para quando do reparo a frio do Regenerador 4 da Usiminas em Ipatinga.

## Agradecimentos

Agradecemos às unidades da Usiminas, em especial, engenharia, refratários, gestão de contratos, manutenção e operação da redução, entre outras, pelo apoio prestado a todo serviço desenvolvido e executado para a recuperação do Regenerador 4.

## REFERÊNCIAS

- 1 Fosbel Inc. Inspection Services. Ohio: Brook Park. 2014 [acesso em 3 mar. 2014]. Disponível em: [http://www.fosbel.com/Industries/Steel/steel\\_inspections.aspx](http://www.fosbel.com/Industries/Steel/steel_inspections.aspx).
- 2 Fosbel Inc. Hot Refractory Repair Services. Ohio: Brook Park. 2014 [acesso em 3 mar. 2014]. Disponível em: [http://www.fosbel.com/Industries/Steel/steel\\_repair.aspx](http://www.fosbel.com/Industries/Steel/steel_repair.aspx).

---

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.