



REDUÇÃO DO CONSUMO DE ELETRODOS NO FORNO PANELA¹

Mário Cesar Radich²
Frederico de Moura Lima³
Felipe Terra Elias⁴
Marco Túlio Soares Ferreira Coelho⁵
Eduardo Aquino do Amaral⁶

Resumo

O consumo de eletrodos é um indicador operacional e de performance que é influenciado por vários parâmetros operacionais. O consumo de eletrodos no Forno Panela pode ser dividido nas seguintes causas: 1) Desgaste da Face lateral por Oxidação; 2) Desgaste da Ponta por ataque químico da escória e devido a rinsagem; 3) Lascamento da Ponta; 4) Erosão Elétrica. Para se atuar efetivamente no consumo de eletrodos do Forno Panela, devemos conhecer os agentes que causam os desgastes dos eletrodos. Neste trabalho serão apresentados o estudo, as ações e o conhecimento adquirido que levou a ArcelorMittal Piracicaba a reduzir em 15% o consumo de eletrodos do Forno Panela entre 2009 e 2010.

Palavras-chave: Eletrodos; Forno panela; Despoeiramento.

REDUCTION OF ELECTRODE CONSUMPTION IN LADLE FURNACE

Abstract

The consumption of electrodes is an indicator of operating performance that is influenced by several operating parameters. The electrode's consumption on Ladle Furnace is divided in: 1) Wall Face oxidation; 2) Edge wear by chemical attack due to slag and stirring; 3) Falling edge; 4) Electrical erosion. To act effectively in consumption of electrodes in Ladle Furnace, must know the agents that cause the electrode's wears. In this work will be presented the study, the actions and the knowledge acquired that led ArcelorMittal Piracicaba to reduce by 15% the electrode's consumption of Ladle Furnace between 2009 and 2010.

Key Words: Electrode; Ladle furnace; Dedusting system.

¹ Contribuição técnica ao 42º Seminário de Aciaria – Internacional, 15 a 18 de maio de 2011, Salvador, BA, Brasil.

² Téc. Eletricista. Analista de Aciaria. ArcelorMittal Piracicaba

³ Eng^o. de Controle e Automação. Engenheiro de Automação. ArcelorMittal Piracicaba

⁴ Eng^o. Metalurgista. Engenheiro de Processos. ArcelorMittal Piracicaba

⁵ Eng^o. Metalurgista. Engenheiro de Processos. ArcelorMittal Piracicaba

⁶ Eng^o. Metalurgista. Gerente de Área de Produção de Aciaria. ArcelorMittal Piracicaba



1 INTRODUÇÃO

Na ArcelorMittal Piracicaba, um dos itens de controle mais importantes é o consumo específico de eletrodo, medido em kg de eletrodo por tonelada de aço produzida. Esse item de controle possui tal importância devido ao elevado preço dos eletrodos, que os colocam entre os cinco insumos de maior custo na Aciaria.

Na busca incessante pela melhoria contínua da performance dos itens de controle, foi identificada a oportunidade de redução do consumo de eletrodos do Forno Panela. Em análise mais detalhada, verificou-se a oportunidade de redução do consumo de eletrodos através da alteração da lógica do sistema do despoejamento do Forno Panela em conjunto com melhorias nos ajustes elétrico do Forno Panela.

A exposição dos eletrodos ao oxigênio em temperaturas acima de 600°C causa oxidação nas laterais dos mesmos. No Forno Panela, a exposição ao oxigênio é afetada pelo fluxo de ar gerado pelo sistema do despoejamento. A Figura 01 abaixo apresenta a influência do fluxo de ar sobre a taxa de oxidação dos eletrodos, para várias temperaturas.

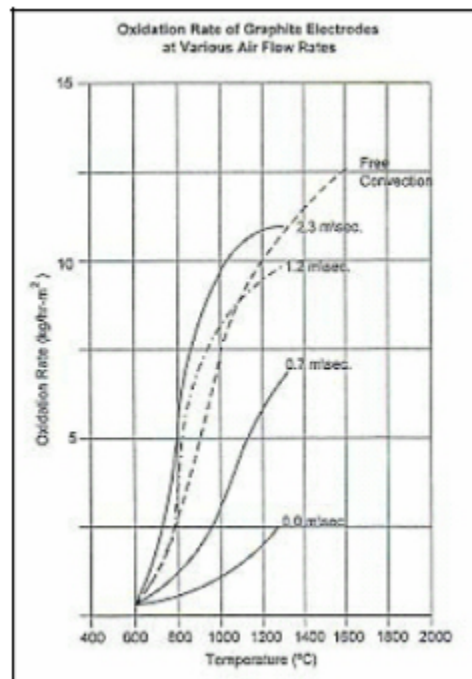


Figura 1. Taxa de oxidação dos eletrodos.⁽¹⁾

O consumo das pontas dos eletrodos está associado à corrente elétrica usada no Forno Panela.⁽²⁾ Neste caso, o consumo de eletrodo é diretamente proporcional ao quadrado da corrente. Portanto, qualquer ajuste fino que se faça na corrente elétrica pode contribuir substancialmente na redução do consumo dos eletrodos.

Partindo destes conceitos, as alterações na lógica do sistema de despoejamento possibilitaram otimizar a sucção dos gases de modo a reduzir o máximo possível o contato do fluxo de ar com os eletrodos; enquanto que as melhorias nos ajustes elétricos possibilitaram uma queda no consumo da ponta do eletrodo, que ocorre devido à erosão elétrica provocada pelo arco.

O trabalho atual apresenta soluções técnicas que melhoram a performance do consumo específico de eletrodos do Forno Panela.



2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Otimização dos Ajustes do Despoeiramento do Forno Panela

O ajuste da abertura do damper do sistema do despoeiramento do Forno Panela é feito automaticamente de acordo com a condição do forno (sem panela, forno ligado, forno desligado etc.). Cada uma dessas condições gera um ajuste automático da abertura do damper, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Percentual da abertura do damper em função da etapa do processo

DADOS DO PROCESSO	Abertura do Damper (%)
Posição durante a fase de espera	100
Posição durante a fase de manutenção	70
Posição de abertura mínima durante fase de tratamento	100

A posição durante a fase de espera indica o momento em que a panela está acoplada à abóbada do Forno Panela, porém com o forno desligado. Mesmo com o forno desligado é necessário que se faça a exaustão na panela, permitindo a captura dos gases e poeiras provenientes do tratamento na panela.

A posição durante a fase de manutenção refere-se ao momento em que o Forno Panela está sem panela.

A posição de abertura mínima durante a fase de tratamento indica o momento em que a panela está acoplada à abobada do Forno Panela, e o mesmo encontra-se ligado.

O primeiro passo da otimização da exaustão consistiu em reduzir a sucção durante a fase de espera do Forno Panela alterando-se a programação para abertura do damper do despoeiramento de 100% para 50%. Para esta alteração de processo, reduziu-se gradualmente a abertura do damper até encontrar um valor ótimo, onde havia exaustão dos gases e, ao mesmo tempo, não havia fuga de gases e particulados pela escotilha e nem pelos eletrodos.

A segunda modificação foi fechar totalmente o damper no momento em que não houver panela acoplada à abobada, com isto reduz-se o atrito do ar ambiente com os eletrodos.

Com o Forno Panela ligado o damper permanece com abertura de 100%.

Além das alterações descritas acima, foram criadas mais duas condições para ajuste do damper, feito através de reprogramações no PLC, conforme abaixo:

- posição durante a adição de ligas: ajusta a abertura do damper automaticamente para 100% objetivando evitar a saída de particulados para a Aciaria; e
- posição durante a retirada de amostra e medição de temperatura: ajusta a abertura do damper para 100% evitando a saída de gases e particulados pela porta de amostragem durante a retirada de amostra de aço ou medição de temperatura feita pelo operador. A abertura e fechamento da porta de amostragem são feitas manualmente. Quando a porta está aberta o damper permanece aberto em 100% favorecendo o consumo dos eletrodos devido ao alto fluxo de ar. Para garantir que a porta fique o mínimo possível aberta, uma janela de aviso aparecerá na tela do supervisor do Forno Panela após um período de 3 minutos de escotilha aberta, conforme Figura 2.

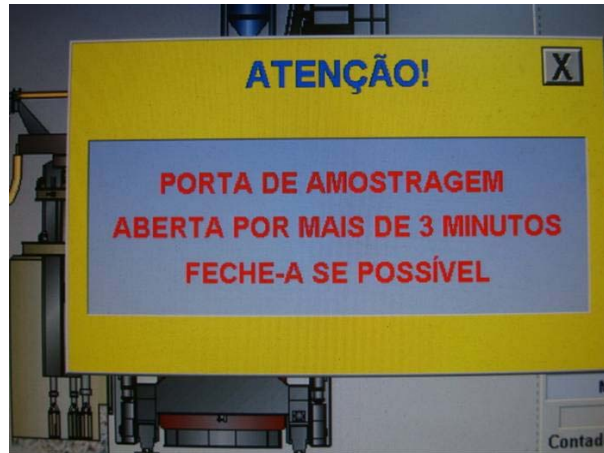


Figura 2. Janela de aviso para fechamento da porta de amostragem.

A Tabela 2 resume as alterações feitas no sistema do despoeiramento.

Tabela 2. Alterações na abertura do Damper do despoeiramento do Forno Panela

DADOS DO PROCESSO	Abertura do Damper (%)	
	Antes	Depois
Posição durante a fase de espera	100	50
Posição durante a fase de manutenção	70	0
Posição de abertura mínima durante fase de tratamento	100	100
Posição durante adição de ligas	Não havia indicação no sistema	100
Posição durante retirada de amostra e medição de temperatura	Não havia indicação no sistema	100

2.2 Otimização dos Parâmetros Elétricos do Forno Panela

A literatura apresenta vários estudos empíricos desenvolvidos para estimar o consumo da ponta dos eletrodos em diversas práticas operacionais. Através destes estudos foi encontrado que o consumo da ponta dos eletrodos é proporcional ao quadrado da corrente,^(3,4) conforme equação abaixo:

$$C_{TIP} = R_{SUB} * \left(\frac{I^2 * t_{PO}}{P} \right)$$

Onde:

CTIP = consumo da ponta dos eletrodos (kg/ton)

RSUB = taxa de sublimação (kg/kA² por hora)

TPO = power-on (horas)

I = corrente por fase (kA)

P = produtividade do forno (ton/corrida)

Realizou-se uma medição nos parâmetros elétricos do Forno Panela para avaliar a eficiência de operação.



Tabela 3. Parâmetros elétricos de Operação do Forno Painela

MODE	TAP	ARC	RATED SEC	ARC LGTH	PRI					Xop (MILLI- OHMS)	AVG SEC CARR. (KA)	KA DISTRIBUTION FROM AVG. (%)			I-pri kA
					VOLT	MW	MVAR	MVA	PE			#1 Flr	#2 Ctr	#3 Pit	
OPN	NO.	RHEQ	VOLT	(mm)	(KV)						(KA)	Flr	Ctr	Pit	kA
Refine	18	short	352	125	21,8	12,4	10,3	16,1	0,77	2,16	27,9	-3,3	0,4	2,8	297

Identificou-se uma variação entre as correntes (kA distribution) das fases 1, 2 e 3. Para reduzir a variabilidade entre as correntes das fases, foram tomadas as seguintes medidas:

- alterado os parâmetros do regulador Bias para garantir a proporcionalidade do ajuste hidráulico entre as fases; e
- realizado manutenção das válvulas de contrapressão.

Após as alterações uma nova medição foi realizada, onde observa-se uma redução na variação da corrente entre as fases (kA distribution) conforme abaixo:

Tabela 4. Parâmetros elétricos de Operação do Forno Painela após ajustes.

MODE	TAP	ARC	RATED SEC	ARC LGTH	PRI					Xop (MILLI- OHMS)	AVG SEC CARR. (KA)	KA DISTRIBUTION FROM AVG. (%)			I-pri kA
					VOLT	MW	MVAR	MVA	PE			#1 Flr	#2 Ctr	#3 Pit	
OPN	NO.	RHEQ	VOLT	(mm)	(KV)						(KA)	Flr	Ctr	Pit	kA
Refine	18	long	352	121	21,8	12,3	10,6	16,3	0,76	2,16	28,3	-0,3	-0,5	0,8	302

A redução da variação da corrente proporcionou maior equilíbrio entre as fases e, conseqüentemente, redução de picos de corrente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ajustes no despoeiramento e nos parâmetros elétricos do Forno Painela foram executados durante o mês de fevereiro de 2010. A Figura 3 apresenta o histórico do consumo, com gráfico seqüencial mensal de 2010. Observa-se neste gráfico que o consumo específico de eletrodos do Forno Painela reduziu após os ajustes. Esta redução foi da ordem de 15% em relação ao ano de 2009.

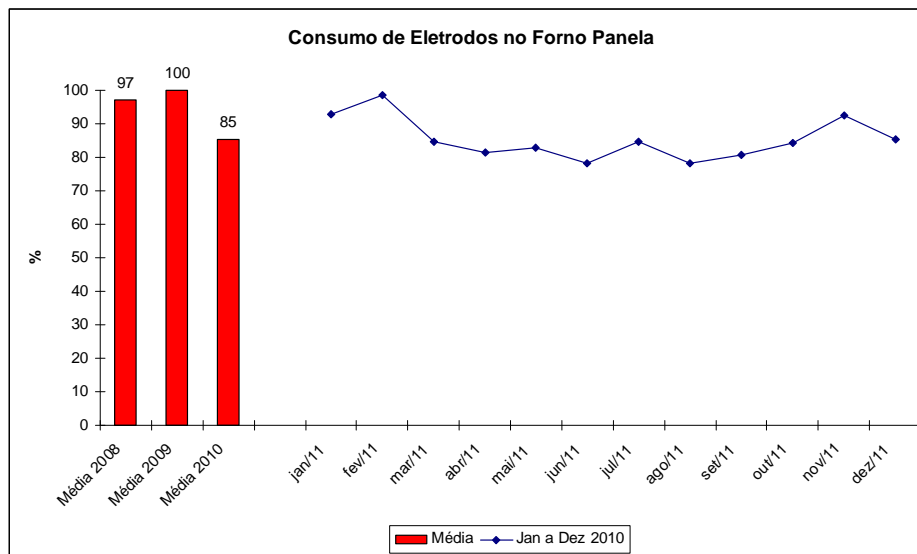


Figura 3. Consumo específico de eletrodo (%).



Após os ajustes em Março de 2010, nenhuma interferência negativa foi evidenciada no processo do Forno Panela. Sendo assim, a alteração foi mantida e o resultado alcançado com sucesso.

4 CONCLUSÃO

Os ajustes no despoeiramento e as regulagens dos parâmetros elétricos garantiram uma redução de 15% do consumo específico de eletrodos do Forno Panela.

O presente trabalho mostra que o correto ajuste no sistema de despoeiramento do Forno Panela agrega bons resultados no consumo específico de eletrodos devido à redução da oxidação das laterais dos eletrodos.

A realização de medições esporádicas dos parâmetros elétricos do Forno Panela é importante para a análise de variações de corrente das fases e tomada de decisões para ajustes e melhorias.

Agradecimentos

Os autores agradecem a toda equipe da Aciaria da ArcelorMittal Piracicaba pelo envolvimento e dedicação na execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 HOYLE, T.; REESE, D.; BOULANGER, P. **Achieving Maximum Benefit From Electrode Spray Cooling**. Contrecoeur-Ouest, Canadá.
- 2 RIZZO, Ernandes M. S. **Introdução aos Processos de Refino Secundário dos Aços**. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, São Paulo, Brasil, 2006. Série Capacitação Técnica em Processos Siderúrgicos.
- 3 RIBEIRO, Delmar B. et al. **Refino Secundário dos Aços**. Brasil, 2005.
- 4 FRUEHAN, R. J. et al. **The Making, Shaping and Treating of Steel**. 11th Edition. Steelmaking and Refining Volume. The AISE Steel Foundation, Pittsburgh, USA, 1998.