

PROCESSO KR - 05 ANOS DE OPERAÇÃO NA GERDAU AÇOMINAS¹

Alessandro Adelino Marques²
José Saturnino da Silva³
Luiz Márcio de Castro⁴
Éderson Natalino de Souza⁴

Resumo

Na Gerda Açominas foi implantado em maio de 2002 um sistema de dessulfuração de gusa em panela - KR (*Kambara Reactor*), que consiste basicamente na adição de fundentes e agitação mecânica. Este processo surgiu há mais de 20 anos atrás, não indo em frente em função da baixa vida do *impeller* e falta de controle de rotação. Com o aparecimento dos inversores de frequência e desenvolvimento de um novo tipo de refratário o processo tornou-se atrativo. Este processo é altamente vantajoso em relação aos demais, em função do baixo custo, pequeno tempo de tratamento e altíssima eficiência. Os resultados apresentados pelo KR na Gerda Açominas mostram que o projeto é bastante atrativo, com baixos teores de enxofre, baixo tempo de tratamento, custo reduzido e facilidade de operação do equipamento. Com a operação do KR foi possível melhor controle da relação manganês e enxofre, possibilitando obtenção de produtos com ótima qualidade de superfície e aumento do rendimento de acabamento. Além disso, a Gerda Açominas pode ofertar ao mercado aços de maior valor agregado (menor teor de enxofre).

Palavras-chave: KR; Dessulfuração; Panela de gusa.

KR PROCESS - 05 YEARS OF OPERATION AT GERDAU ACOMINAS

Abstract

At Gerda Acominas plant was assembled in May 2002 a pre-treatment desulphurization station KR (*Kambara Reactor*), which consists basically at slag maker agents system, and a mechanical mixer. This process is running for 20 years, but it's not to go ahead in high amount, because of poor campaign of the impeller device. After the discovery of inversion frequency device and a new type of refractory, the process is growing. This a very advantageous process regarding the other desulphurization process because of low cost of operation, little time of treatment and high effectiveness. The presented results by KR in Gerda Acominas they show that the project is sufficiently attractive, with low sulfur texts, low time of treatment, reduced cost and easiness of operation of the equipment. With the operation of the KR better control of the relation was possible manganese and sulfur, making possible attainment of products with excellent quality of surface and increase of the finishing income. Moreover, Gerda Açominas can offer to the market steel of bigger aggregate value (lesser sulphur text).

Key words: KR; Desulphurization; Transfer ladle.

¹ *Contribuição técnica ao XXXIX Seminário de Aciaria – Internacional, 12 a 16 de maio de 2008, Curitiba, PR, Brasil*

² *Engenheiro Processo e Produção (Área de Desenvolvimento Técnico da Aciaria Gerda Açominas)*

³ *Engenheiro Especialista (Área de Desenvolvimento Técnico da Aciaria Gerda Açominas)*

⁴ *Engenheiro Processo e Produção (Área de Desenvolvimento Técnico da Aciaria Gerda Açominas)*

1 INTRODUÇÃO

As exigências cada vez mais rigorosas do mercado consumidor, principalmente com os elementos indesejáveis à composição química do aço, tem levado as Siderúrgicas a investirem cada vez mais nos processos de pré-tratamento do gusa líquido.

São bastante conhecidas as conseqüências negativas da presença de teores inadequados de enxofre nos aços. A redução da resistência ao choque (tenacidade), a diminuição da aceitação ao dobramento, a baixa estampabilidade e a fragilidade a quente seriam alguns dos sérios problemas que os produtores de aço teriam normalmente de enfrentar, caso os teores de enxofre estivessem acima daqueles limites já previamente definidos como adequados a cada aplicação.

Assim na fabricação de aços com baixo teor de enxofre, o tratamento de dessulfuração do gusa é o mais recomendado. Na Gerdau Açominas foi implantado um sistema de dessulfuração de gusa em panela - KR, que consiste basicamente na adição de fundentes (CaO, CaF₂ e óxido de alumínio) através de uma calha e de agitação mecânica. Este processo é altamente vantajoso em relação aos demais, em função do baixo custo, pequeno tempo de tratamento e altíssima eficiência.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo apresentar o sistema de dessulfuração em panela de gusa (Processo KR) implantado na Gerdau Açominas, mostrar as vantagens do processo, o desenvolvimento de refratários e os resultados obtidos em 05 anos de operação na aciaria da Gerdau Açominas - Usina Presidente Arthur Bernardes.

3 DESSULFURAÇÃO - TERMODINÂMICA E CINÉTICA DAS REAÇÕES

Vantagens de se dessulfurar no gusa:

1. Condição redutora, inerente da saturação em carbono do gusa (preferência à formação do sulfeto ("M"S) e não do óxido ("M"O)).
2. Possibilidade de agitação vigorosa, que influencia na diminuição do tempo de tratamento, já que a cinética destas reações é limitada pela difusão.

Desvantagens:

1. Custo de investimentos para a realização deste processo.
2. Colocação de mais uma etapa, no fluxograma do processo siderúrgico.

Foi escolhido pela Gerdau Açominas o processo KR de dessulfuração no gusa líquido devido às vantagens operacionais (termodinâmicas e cinéticas).

É possível definir um "potencial de enxofre" tal que:

$$\mu_{S_2} = RT \cdot \ln p_{S_2} \quad (1)$$

Onde:

S₂ = Atmosfera de enxofre;

S = Enxofre no metal;

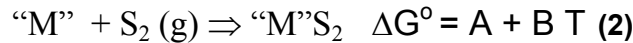
μ_{S₂} = Potencial de enxofre;

R = Constante de Boltzmann: (R = 0,08205 atm.L / K.mol);

T = Temperatura;

PS₂ = Pressão parcial de enxofre.

É viável termodinamicamente, rebaixar a pressão parcial de enxofre, utilizando-se um elemento "M" que forme um sulfeto estável:



Essa reação sofrerá ainda um deslocamento adicional para a direita se existir escória na qual o sulfeto ("M" S₂) seja diluído.

Pela equação (1), pode-se representar o seu potencial de enxofre da seguinte maneira:

$$A + B \cdot T = -R \cdot T \cdot \ln \left[\frac{(a_{MS_2})}{h_M \cdot pS_2} \right]$$

$$A + B \cdot T = -R \cdot T \cdot \ln \left[\frac{(a_{MS_2})}{h_M} \right] + R \cdot T \cdot \ln pS_2$$

De (1) tem-se:

$$\mu_{S_2} = A + B \cdot T + RT \cdot \ln \left(\frac{a_{MS_2}}{h_M} \right) \quad (3)$$

$$\mu_{O_2} = C + D \cdot T - 2 \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{h_M}{a_{MO}} \right) \quad (4)$$

Onde:

μ_{O_2} = Potencial de oxigênio;

C / D = constantes;

T = Temperatura;

R = Constante de Boltzmann (R = 0,08205 atm.L / K.mol);

h_M = Coeficiente Henriano de "M" (elemento dessulfurante);

a_{MO} = Coeficiente de atividade do óxido "MO".

Segundo Campos,⁽¹⁾ a equação:

$$\ln \%S = \left[\frac{(\Delta G_{S^0} - \Delta G_{O^0})}{R \cdot T} \right] + \ln \cdot a_{MS} - \ln \cdot a_{MO} + \frac{\mu_{O_2}}{2 \cdot R \cdot T} - \ln f_S \quad (5)$$

Onde:



É uma equação para a reação genérica de dessulfuração. Para cada tipo de processo deve ser deduzida uma outra expressão análoga, mas incorporando a estequiometria da reação química que representa a dessulfuração.

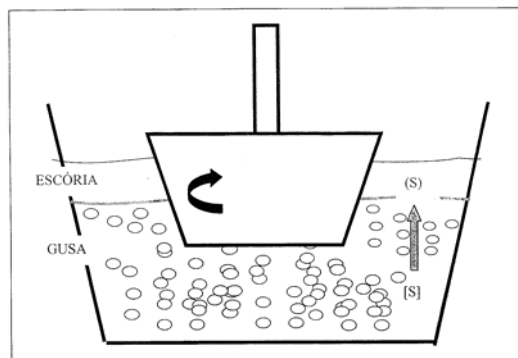
Pela equação (3), segundo Campos,⁽¹⁾ têm-se:

1. $\Delta G_{s^0} - \Delta G_{o^0}$ deve ser minimizado (óxido agente dessulfurante deve ser o mais instável possível e o sulfeto formado o mais estável possível. Portanto, o agente dessulfurante deve ser escolhido apropriadamente.
2. μ_{O_2} deve ser o mais fortemente negativo possível, o que mostra a necessidade de ambiente redutor para que valores baixos de teores de enxofre (%S) sejam possíveis, pois se tiver em ambiente oxidante vai ter preferência à formação de "M"O (óxido) ao invés de "M"S (sulfeto).
3. O teor de enxofre da escória deve ser o mais baixo possível (equivalente à atividade do sulfeto baixa), para não haver retorno de enxofre para o metal (reversão de enxofre).
4. O teor de agente dessulfurante na escória deve ser o mais alto possível (equivalente à atividade do óxido alta).
5. O valor de f_s deve ser positivo e, portanto, a presença de elementos que aumentem o coeficiente Henriano de atividade de enxofre é benéfica à dessulfuração. O carbono e o silício, elementos presentes em alta porcentagem no gusa, atuam no sentido de aumentar o valor de f_s , beneficiando a dessulfuração.

A análise de cada fator da equação (6), isoladamente, pode levar a conclusões incorretas quando da dessulfuração pela escória em processos industriais onde todos estes fatores agem simultaneamente.

Baseados no exposto acima no KR têm:

A teoria do processo consiste em que a mistura do agente dessulfurante é envolvido no metal quente através do Impeller e assim vai promover a reação deste agente dessulfurante com o enxofre do metal.⁽²⁾ Este processo promove uma energia de agitação bem melhor que os processos anteriores. A Figura 1 mostra um esquema de agitação no KR.



Fonte: Gerdau Açominas

Figura 1 - Esquema da agitação do material dessulfurante no KR

4 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo é composto basicamente dos seguintes itens:

- Equipamento elevação carro *impeller*.
- Equipamento de agitação mecânica.
- Carro de transferência da panela de gusa com sistema de inclinação de panela.
- Carro intermediário de transferência de escória.
- Carro de transferência de pote de escória.
- Silos de estoque de fundente e mistura.

- Sistema de transporte e adição de fundentes.
 - Mecanismo de amostragem e medição de temperatura.
 - Coifa e dutos para despoejamento.
 - Equipamento de remoção de escória (*Skimmer*).
- O fluxograma de operação é mostrado na Figura 2 abaixo:

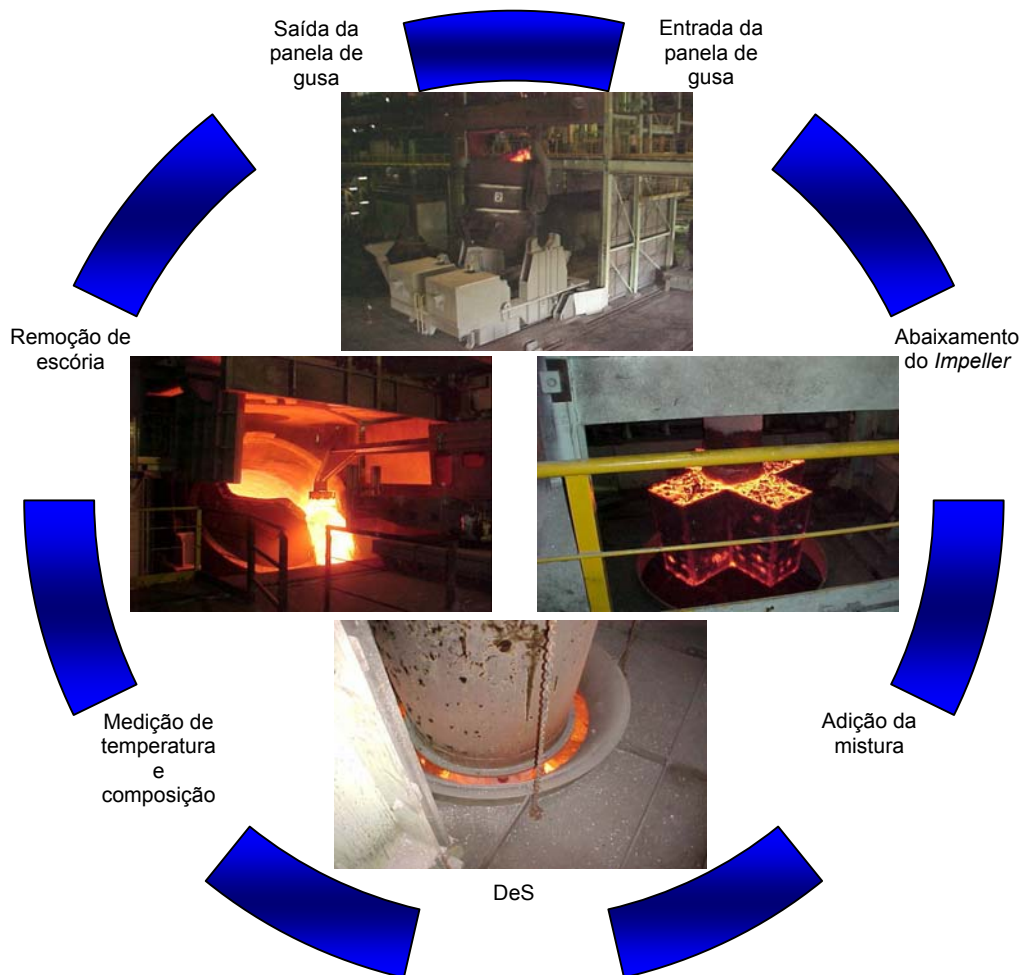


Figura 2 - Fluxo de operação do KR.⁽³⁾

4.1 Mistura Dessulfurante

A Tabela 1 abaixo mostra as misturas dessulfurantes e granulometria.

Tabela 1 - Misturas dessulfurantes e granulometria

	CAL	FLUORITA	ÓXIDO DE ALUMÍNIO
MISTURA DE PROJETO (%)	90	05	05 %
MISTURA ATUAL (%)	95	05	-----
GRANULOMETRIA (mm)	≤ 3,0	≤ 1,0	-----

Fonte: Gerdau Açominas

4.2 Refratário do *Impeller*

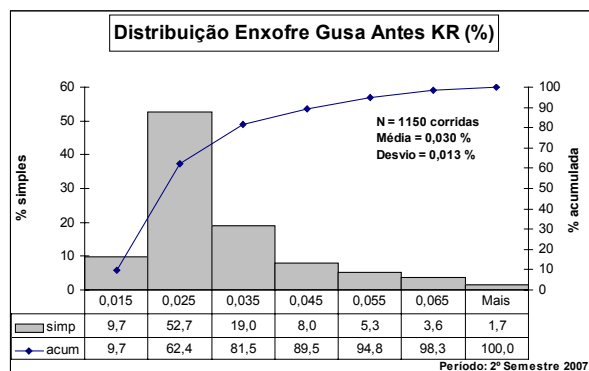
Na década de 1990 foi desenvolvida uma nova família de *Castables* baixo cimento com adição de carbetto de silício (SiC), com o objetivo de atender as exigências do KR, que tinham como principais solicitações resistência a erosão, corrosão, bem como uma ótima resistência ao choque térmico. Utilizando *Know how* da Krosaki⁽⁴⁾ a Magnesita S.A. desenvolveu um novo concreto para aplicação, bem como toda alteração na fábrica de pré-moldados, buscando tecnologia no Japão para oferecer um *Impeller* que pudesse ter a mesma performance dos atualmente utilizados no Japão.

4.3 Refratário da Panela de Gusa

Somente o desenvolvimento de materiais refratários para o *impeller* não seriam suficientes, para se obter uma resposta satisfatória em termos de refratários, uma vez que as mesmas solicitações eram esperadas para a panela de gusa. Foi então desenvolvida uma nova linha de refratários para a panela de gusa na linha $Al_2O_3 - C - SiC$, visando ao menos manter o desempenho anterior da panela (antes do KR).

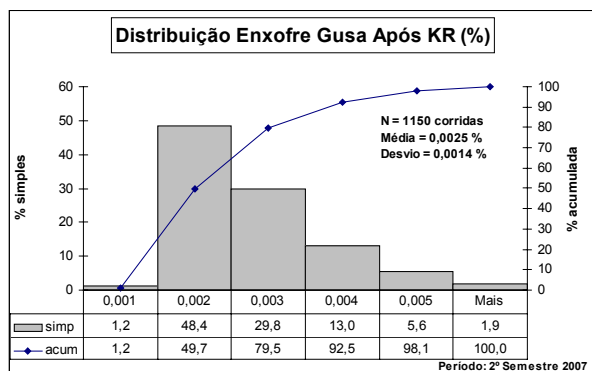
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

- Os gráficos das Figuras 3 e 4 mostram a evolução do teor de enxofre, antes e após o tratamento, com a média antes de 0,030% e após tratamento de 0,0025%, o que demonstra a eficácia do processo.



Fonte: Gerdau Açominas

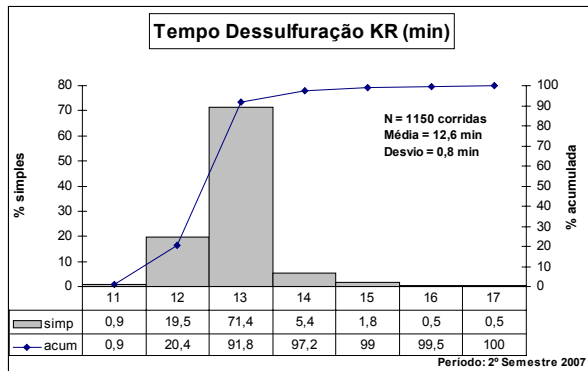
Figura 3 - Distribuição de % S no gusa antes do tratamento



Fonte: Gerdau Açominas

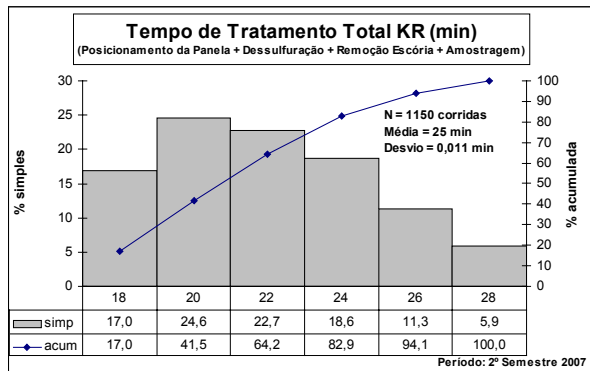
Figura 4 - Distribuição de % S no gusa após tratamento

- O gráfico das Figuras 5 e 6 mostram os tempos de dessulfuração médio de 12,6 minutos e o tempo total no KR (Posicionamento de Panela Início de Tratamento + Dessulfuração + Remoção de Escória + Amostragem + Posicionamento de Panela Final de Tratamento) de 25 minutos.



Fonte: Gerdau Açominas

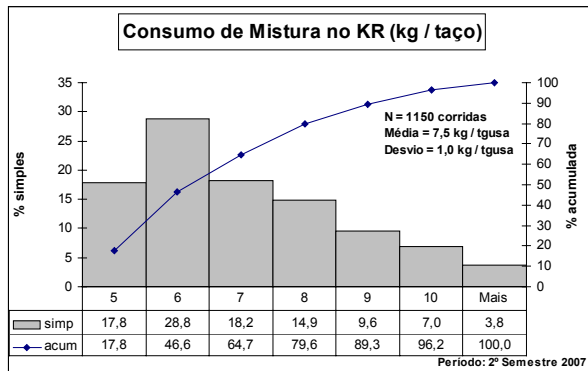
Figura 5 - Tempo de dessulfuração (min)



Fonte: Gerdau Açominas

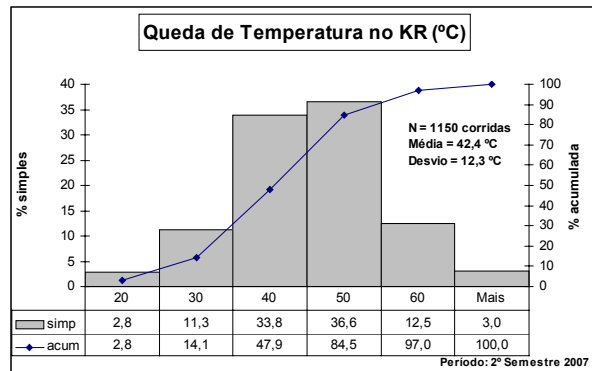
Figura 6 - Tempo de total KR (min)

- O gráfico da Figura 7 mostra o consumo específico de mistura que situa-se em torno de 7,4 Kg/ tonelada de gusa tratado, o que possibilita um custo muito baixo de mistura.
- O gráfico da Figura 8 mostra a queda de temperatura média após o tratamento no KR de 42,4°C.



Fonte: Gerdau Açominas

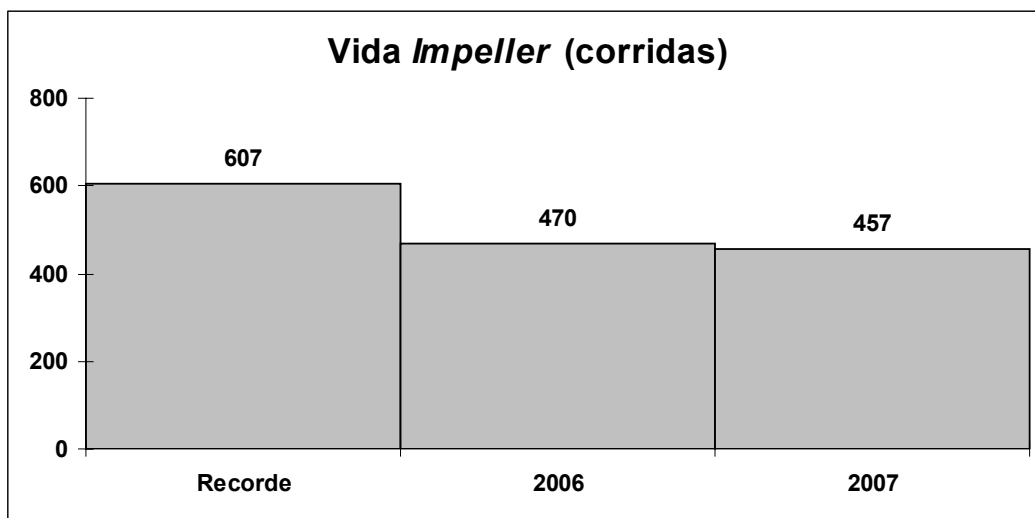
Figura 7 - Consumo de mistura KR (kg/taço)



Fonte: Gerdau Açominas

Figura 8 - Queda de temperatura KR (°C)

- O gráfico da Figura 9 mostra a vida média do *Impeller* nos anos 2006 e 2007, 470 e 457, respectivamente e o Recorde de vida com 1 *Impeller* de 607 corridas.



Fonte: Gerdau Açominas

Figura 9 - Vida *Impeller* (corridas)

6 CONCLUSÕES

- Alta eficiência de dessulfuração, podendo chegar a valores superiores à 90%.
- Baixo tempo de tratamento.
- Energia de agitação bem superior à dos outros processos; além de obter uma evolução na zona de reação.
- Possibilidade de utilização de agente dessulfurante de baixo custo.
- Menor %S obtido.
- Menor %FeTotal na escória.
- Menor consumo de agente dessulfurante obtendo menor teor de enxofre final.
- Maior região de atuação do agente dessulfurante.

O sistema de dessulfuração do gusa em panela - KR, combina um rápido processo de redução do enxofre e homogeneidade do banho metálico. Ele é caracterizado pelo baixo custo do processo, simplicidade de equipamento, fácil manutenção e elevado nível de confiabilidade operacional.

REFERÊNCIAS

- 1 CAMPOS, V. F., Tecnologia de Fabricação do Aço Líquido, UFMG, BH(1980), Vol.1, p.164-190.
- 2 KIRMSE, O.J., Estudo do Comportamento Metalúrgico do 'Reator Kambara' Através de Modelagem Física - CST, Dissertação de Mestrado (2006).
- 3 SILVA, J.S., CASTRO, L.M., AUAD,M.V., Dessulfuração em panela de gusa via processo KR na Açominas, 34º Seminário de Fusão, Refino e Solidificação dos Metais (2003).
- 4 LIMA, W.A., Relatório de Visita Técnica à Krosaki -Japão -Nov/2000"Absorção do KNOW HOW de Fabricação do Impeller para o KR (Agitador de Gusa para Dessulfuração)".