

# DESGASTE EM PLACAS DE VÁLVULA - GAVETA NO LINGOTAMENTO DE AÇOS TRATADOS COM CÁLCIO- SILÍCIO<sup>1</sup>

Sebastião Camilo Rocha <sup>2</sup>  
Geraldo Ildeu Lara <sup>3</sup>

## Resumo

Após o fechamento da válvula gaveta da panela de aço que precede o vazamento de escoria ou da sobra de aço no final de lingotamento em corridas tratadas com Cálcio Silício, gerou-se uma alteração na rotina de trabalho da equipe operacional, em função de problemas apresentados nas placas da válvula gaveta. Para sanar a irregularidade, algumas ações foram tomadas, a fim de conhecer sua origem e saber quais medidas seriam necessárias para regularização. Para tanto, foi montado um esquema de acompanhamento do processo por especialistas da área, objetivando levantar dados das corridas tratadas com Cálcio. Algumas das medidas significativas no resultado apurado foram: Envio das placas que apresentaram problemas para análise físico-químico do material refratário e levantamento dos últimos quatro anos dos dados do processo que poderiam ter influencia na ocorrência. Esses dados foram usados para analisar possíveis mudanças no processo e que poderiam estar causando ou tendo alguma influencia. Com esses dados e o conhecimento em estudos sobre placas de válvula gaveta que trabalham estranguladas, foi possível tomar ações que resolveram o problema.

**Palavras-chave:** Cálcio silício; Placa de válvula gaveta.

## SLIDE GATE PLATES WEAR CONTINUOUS CASTING OF SiCa STEEL

### Abstract

After the slide gate closing of steel ladle, which goes before slag tapping or steel remainder at the end of casting, in heats treated with Calcium Silicon, an alteration has been generated in the operational team working routine, due to problems arisen in slide gate plates. To fix this abnormality, some actions have been performed, aiming at knowing its source, besides defining the measures to be taken for correction. For this, a tracing strategy was planned, counting on specialists to follow the process, in order to gather data related to Calcium treated heats. Some of the main measures related to the obtained results were: sending of plates with problems for refractories physical and chemical analysis, besides a survey covering the last four years, encompassing process data which might influence such occurrences. This data was taken into consideration for analysing possible changes within process which might be causing such alterations or having any influence thereupon. Counting on this information and knowledge, referred to studies of bottlenecked slide gate plates, it was possible to take measures for fixing this problem successfully..

**Key words:** SiCa steel; Slide gate plates

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no XXXVII Seminário de Aciaria - Internacional, 21 a 24 de maio de 2006, Porto Alegre, RS

<sup>2</sup> Membro da ABM, Assistente de Operações da Aciaria da Cosipa na área de Refratários.

<sup>3</sup> Membro da ABM, Assistente Técnico da Magnesita, na Aciaria da Cosipa.

## 1 INTRODUÇÃO

A Cosipa possui uma condição ímpar quando a comparamos com outras usinas siderúrgicas integradas do Brasil em função da adoção de um diâmetro único para o furo das placas e válvulas do sistema de válvula gaveta, isto, para atender a dois grupos diferentes de máquinas de lingotamento contínuo.

Antes do início de operação da Máquina de Lingotamento Contínuo nº 4 (MLC-4), as painéis de aço que lingotavam nas máquinas de lingotamento 1, 2 e 3 possuíam diâmetro de placas e válvulas de 60 mm e trabalhavam com abertura de 100%, proporcionando uma vida média de 7,6 corridas / conjunto de placas, sendo que em corridas tratadas com CaSi (Cálcio Silício) faziam duas corridas e em algumas situações até a terceira corrida com as mesmas placas.

Quando da implantação da máquina nº 4 devido maior velocidade de lingotamento deste equipamento, bem como a existência de dois veios, o diâmetro da válvula gaveta (placas e válvulas) mais adequado para atender a esta nova condição foi de 80 mm.

Portanto, no início de operação da máquina nº 4 tínhamos painéis de aço com diâmetro de 80 mm para atender a esta nova máquina, e diâmetro de 60 mm para atender às máquinas 1, 2 e 3.

Operacionalmente foi um transtorno, pois era muito difícil separar painéis de aço para atender determinada máquina, sendo ainda pior quando uma placa de aço estava prevista para as máquinas 1, 2 e 3 (diâmetro 60 mm) e por algum motivo a corrida passava a ser preparada para a máquina nº 4 (diâmetro 80 mm). O repanelamento era inevitável!

Logo depois se optou por trabalhar com um único diâmetro de 80 mm, sendo que para a máquina nº 4 as placas trabalhavam com abertura total e nas máquinas 1, 2 e 3 com estrangulamento. Ocorreu uma redução drástica da vida das placas devido ao estrangulamento necessário quando as painéis lingotavam nas máquinas 1, 2 e 3.

A esta altura foi realizado um estudo de adaptação de um novo diâmetro que atendesse às duas condições (Máquina 4 e máquinas 1, 2 e 3) sem comprometer o abastecimento do distribuidor da máquina 4 e com menor redução de estrangulamento das placas nas máquinas 1, 2 e 3.

Chegou-se então ao diâmetro de 75 mm, que hoje é praticado nas válvulas gavetas de todas as painéis de aço, estipulando uma vida máxima de placas de 6 corridas, dando uma média mensal de performance entre 5,2 a 5,5 corridas/conjunto de placas em condições normais, sendo que para corridas tratadas com CaSi, passou-se a fazer uma ou duas corridas apenas.

Neste trabalho é feito uma abordagem relativa ao desgaste das placas de válvula gaveta (VG) usadas no lingotamento de aços tratados com cálcio-silício, enfocando as condições operacionais que contribuem para a aceleração do desgaste das placas.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Mecanismo de Desgaste

O desgaste das placas de válvula gaveta se dá por vários motivos, entre eles, podemos destacar:

- Erosão física pelo aço líquido;
- Corrosão por reações químicas com aço e ou escória;

- Choque térmico devido variação brusca da temperatura;
- Aderência de metal na região da lingüeta (superfície de trabalho);
- Erosão/corrosão da região da lingüeta durante o lingotamento de aços tratados com cálcio-silício (principalmente quando as placas trabalham estranguladas).

## 2.2 Mecanismo de Desgaste em Corridas Tratadas com CaSi

A performance de placas de válvula gaveta, usadas no lingotamento de corridas de aços tratados com cálcio-silício, está diretamente relacionado a quatro principais fatores operacionais:

- Tempo de lingotamento;
- Grau de estrangulamento das placas;
- Temperatura do aço na panela;
- Concentração de cálcio no aço.

É de conhecimento que as placas de válvula gaveta estão sempre trabalhando em situações rigorosas durante o lingotamento das corridas, onde os fatores listados anteriormente estão intrínseca e intimamente relacionados, sendo muito difícil mensurar separadamente cada um.

No caso específico da Cosipa que trabalha com um único diâmetro (75 mm) para atender exigências diferentes das máquinas 1, 2, 3 e 4, estes fatores (tempo, temperatura e concentração de cálcio) coexistem rotineiramente em seu grau máximo de influencia, o que torna ainda mais agressivas as solicitações sobre as placas.

É importante observar que esta condição de operação da Cosipa difere das aciarias brasileiras similares, conforme já mencionado.

### 2.2.1 Desgaste por estrangulamento das placas

O desgaste das placas de válvula gaveta quando usada no lingotamento de corridas de aço tratadas com cálcio-silício é mais acelerado quando as placas trabalham estranguladas (caso das máquinas 1, 2 e 3) devido à formação de “zonas mortas”, conforme indicado na Figura 1, onde a vaporização do cálcio fica facilitada.

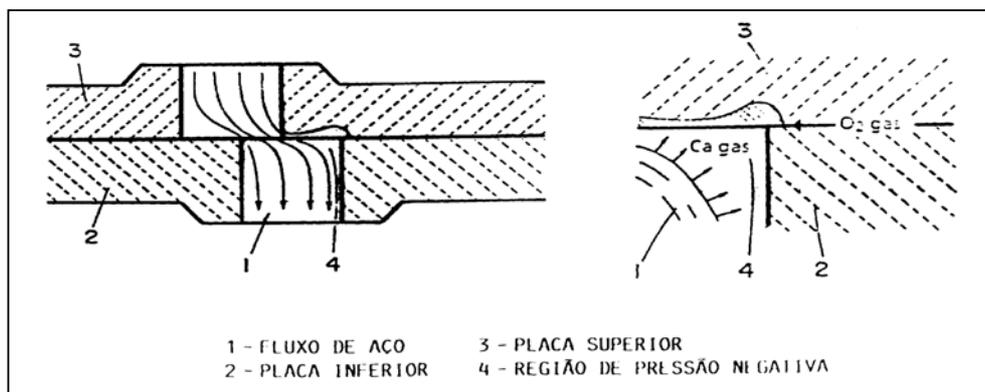
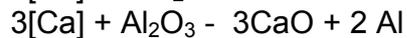
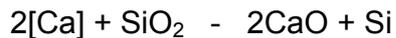


Figura 1. Região de pressão negativa por estrangulamento das Placas

A pressão de vapor do cálcio dissolvido no aço é de aproximadamente 1 atm a 1500°C (Ver Figura 7). Nas zonas mortas formadas quando as placas trabalham estranguladas a pressão é inferior a 1 atm, e sob temperaturas superiores a 1500°C a pressão de vapor do cálcio é maior que 1 atm, o que significa uma evaporação vigorosa do Ca, que se infiltrará pelos poros das placas, reagindo com a alumina e sílica presente no refratário, formando compostos de baixo ponto de fusão - tipo gelenita ( $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ), cuja temperatura de fusão é ~ 1593 °C (valor retirado do ternário  $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ ), mas que na prática este valor deve ser ainda menor considerando a presença de outros óxidos.

O mecanismo de desgaste se dá seguindo as reações abaixo:

(1)  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  da estrutura refratária são desoxidados pelo [Ca] do aço.



(2) O CaO produzido reage com a  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  contido na estrutura refratária, criando materiais de baixo ponto de fusão ( $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  e aluminatos de cálcio)

(3) Estes materiais de baixo ponto de fusão tornam-se fases líquidas nas temperaturas do lingotamento do aço e são lavadas pelo fluxo do aço líquido, provocando a corrosão da placa.

Este desgaste acentuado na região da lingüeta dificulta a vedação do conjunto de placas ao final do lingotamento.

Esta situação de desgaste é típica para as placas usadas nas máquinas 1, 2 e 3. Para o caso da máquina 4 onde as placas trabalham totalmente abertas, ocorre apenas o aumento do diâmetro dos furos.

As placas de válvula gaveta indicadas para o lingotamento de aços tratados com cálcio-silício devem ter o menor teor de sílica possível para dificultar a formação de compostos de baixo ponto de fusão que se formam ao reagir com o vapor de cálcio proveniente do aço.

Por isto se utiliza o produto Zirkor-API que em sua composição possui majoritariamente alumina, zirconia e carbono.

Para esta placa Zirkor-API o limite da concentração de cálcio no aço é da ordem de 28 a 30 ppm, dependendo da temperatura e do nível de estrangulamento.

Trabalhos desenvolvidos pela NSC (Nippon Steel Corporation) na usina Y-Works, em painéis de 180 t, mostrou que a concentração de cálcio acima de 35 ppm aumenta radicalmente o desgaste das placas na região da lingüeta (Figura 2).

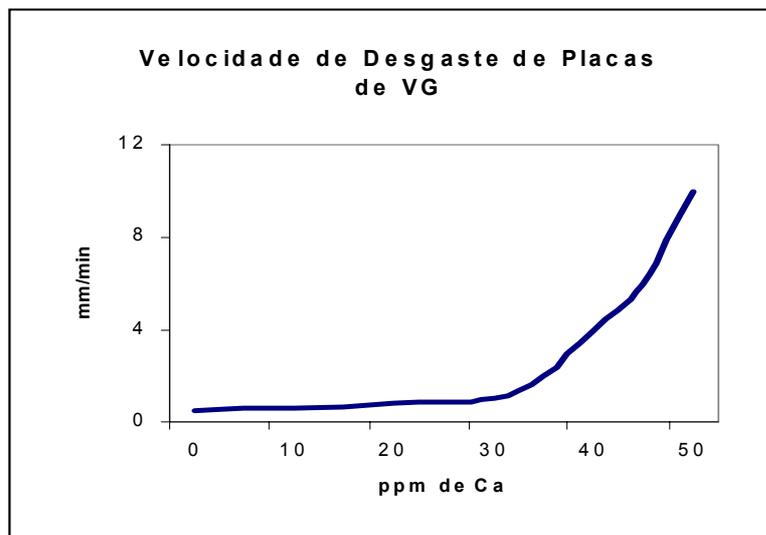


Figura 2. Velocidade de desgaste

### **2.3 Ações para Reduzir o Desgaste em Corridas Tratadas com CaSi**

Para entender e conhecer melhor as variáveis que podem provocar esse desgaste foram tomadas as seguintes ações:

- 1- Analisar o refratário das placas que apresentaram grande desgaste ou não vedaram no fechamento da Panela (análise química, densidade e porosidade aparente, resistência a flexão a 1400°C, resistência a compressão, etc...);
- 2- Levantar dados das corridas lingotadas com CaSi no período das ocorrências em estudo (Temperatura no distribuidor, tempo de lingotamento, ppm de Ca, medida do desgaste nas placas, tipo de aço e qual máquina foi processado);
- 3- Análise inicial dos dados acima para avaliar quais as variáveis que estariam provocando o desgaste;
- 4- Levantamento de dados (Temperatura no distribuidor, tempo de lingotamento, ppm de Ca) das corridas tratadas e lingotadas com CaSi nos últimos quatro anos. Esse período compreende o início da mudança do diâmetro da placa na partida da máquina 4, até o período das ocorrências de painéis que não vedaram no fechamento;
- 5- Análise dos dados acima para observar se o processo poderia ou não ter influência no desgaste das placas.

### **2.4 Análise dos Itens 1, 3 e 5:**

Item 1 - As análises químicas realizadas demonstraram que as placas apresentavam-se dentro das especificações técnicas. O diagnóstico de dados de produção demonstrou que as características do material atenderam às especificações.

Análise visual demonstrou que as trincas apresentaram perfil esperado. Estas trincas não apresentaram oxidação nem infiltração de fluxos, o que demonstra que, em uso, as mesmas encontravam-se com espessura bastante reduzida.

A análise química da face quente mostrou uma elevação acentuada dos teores de cálcio o que, somado ao formato característico da região desgastada, demonstra que o desgaste foi provocado pelos vapores de cálcio que atuam durante o estrangulamento dos furos das placas no momento do lingotamento.

Item 3 - Os dados analisados em gráfico de Regressão Linear (Figura 3) mostrou que os fatores preponderantes, pela ordem, são:

-Tempo de lingotamento; temperatura e ppm de Ca.

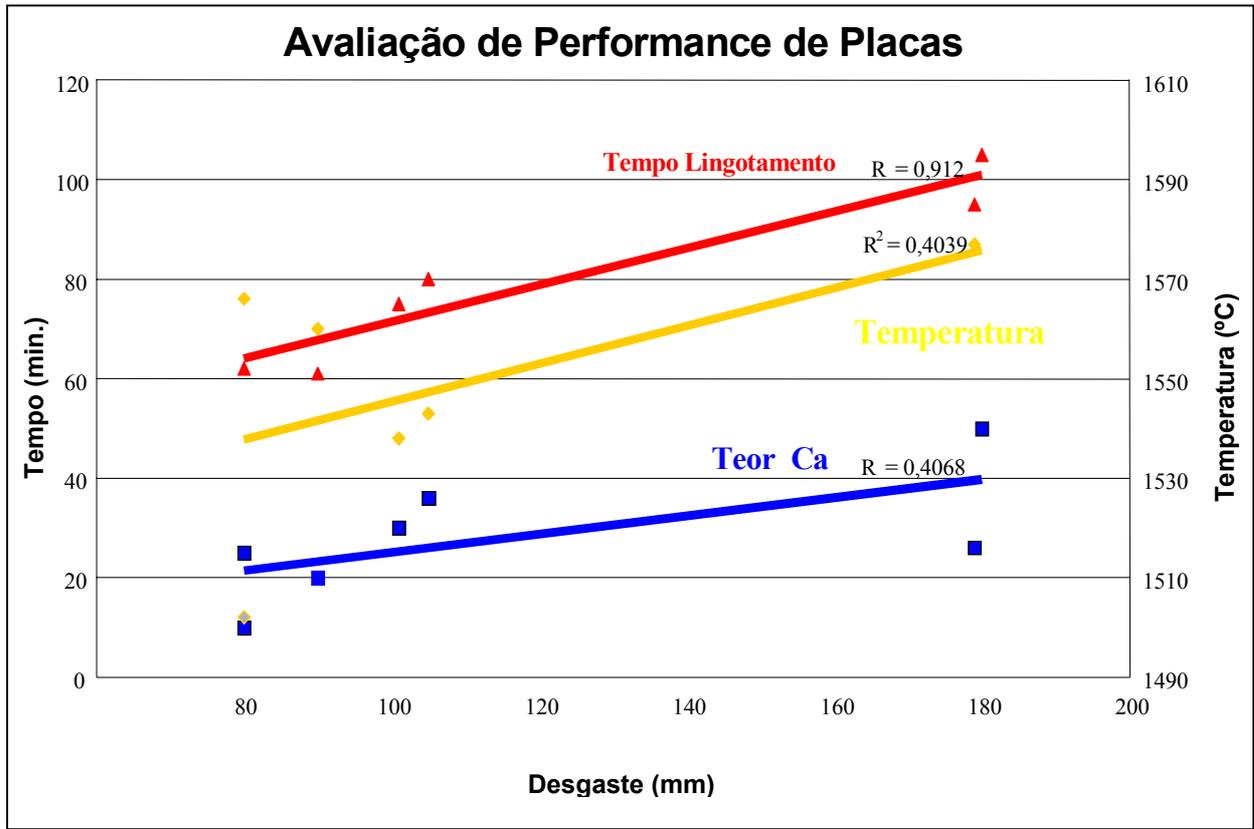


Figura 3. Regressão linear

Item 5 - Em análise realizada (Relatório CPqD-2005-0082 de 11/07/2005) dos dados das máquinas de lingotamento contínuo da Cosipa a respeito da concentração de cálcio, temperatura e do tempo de lingotamento referente ao período de junho de 2001 a maio de 2005, concluiu que:

- a) O tempo médio de corrida nas placas nas máquinas 1, 2 e 3 é cerca de duas vezes o tempo médio da máquina 4, o que é fato conhecido. Como o diâmetro das placas de válvula gaveta é o mesmo para todas as máquinas, significa que as placas trabalham com um estrangulamento com cerca de 50% nas máquinas de 1 a 3;
- b) Verificou-se aumento da temperatura média nos distribuidores, (Figura 4) entre dezembro de 2003 e maio de 2004, com posterior manutenção de novo patamar ligeiramente acima de 1540 °C, em decorrência do estreitamento na faixa de dados individuais de temperatura, a partir da elevação dos níveis inferiores e aparente manutenção dos limites máximos;

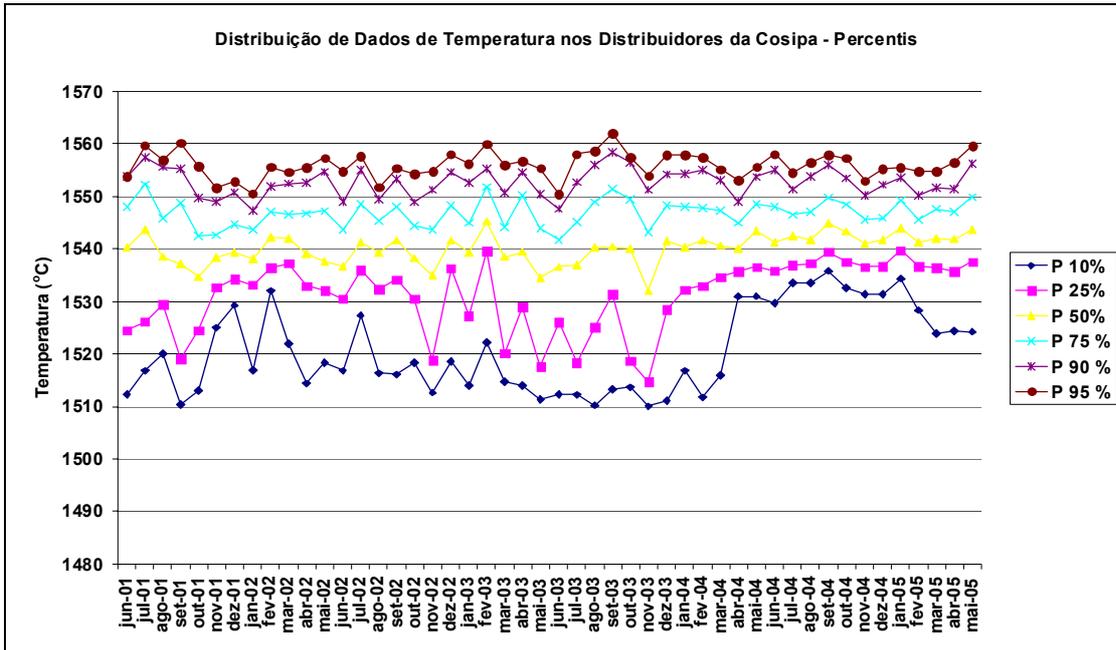


Figura 4. Temperatura média mensal - Percentis

c) Verificou-se elevação progressiva e generalizada do teor de cálcio, a partir de maio de 2004, culminando numa média atual de 28 ppm de cálcio no aço. (Figura 5)

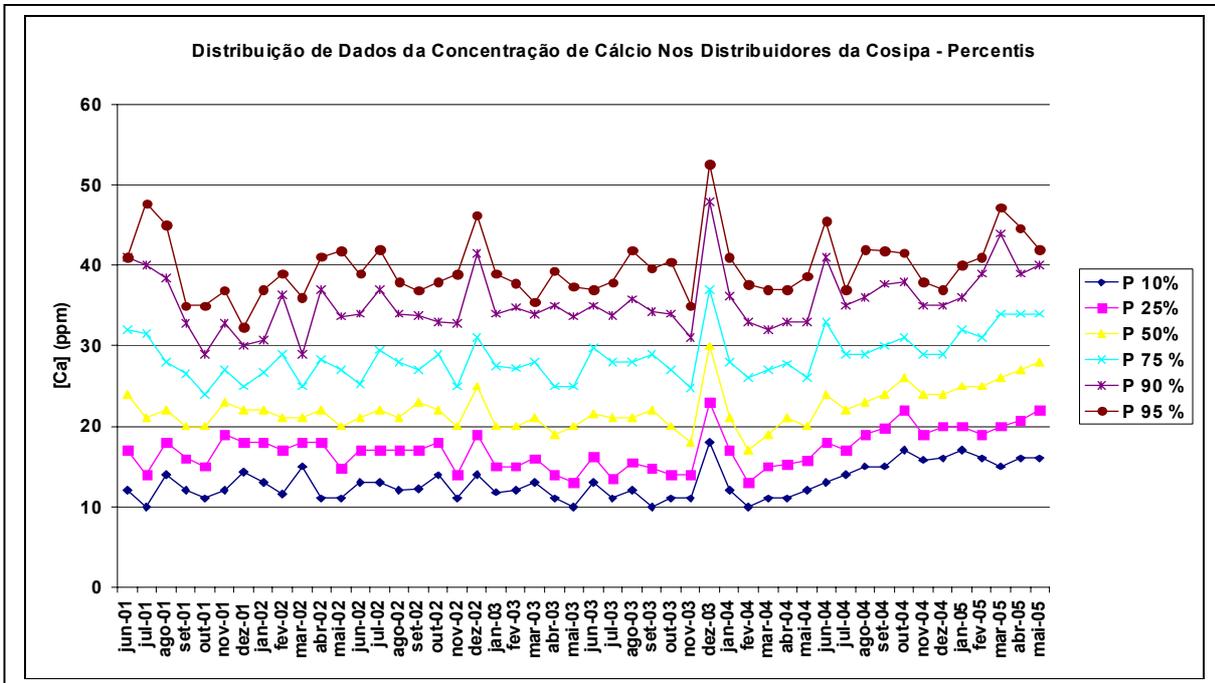


Figura 5. ppm médio mensal – Percentis

## 2.5 Aplicação de Medidas de Bloqueio

Pelas informações obtidas com o levantamento de dados do item 3 e 5 reduziu-se 10 °C, da temperatura de superaquecimento do aço (Figura 6), para conseguir reduzir o tempo de lingotamento e da temperatura no distribuidor.

Com essa ação ficou visível a melhora no aspecto das placas usadas em corridas de CaSi, nas máquinas 1, 2 e 3. (Figura 7).

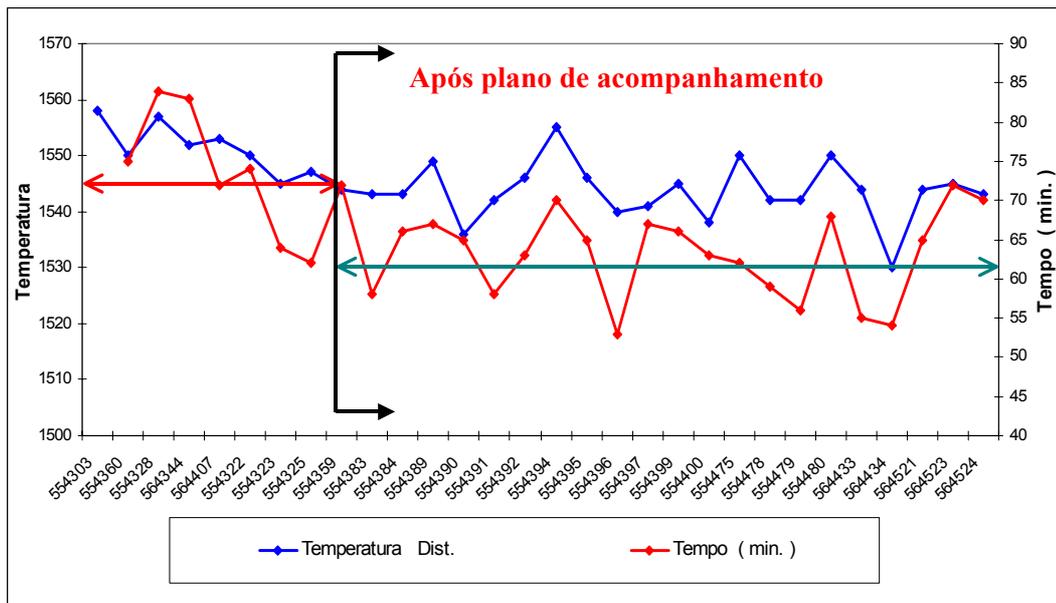


Figura 6. Tempo e temperatura após redução da temperatura



Figura 7. Placas de válvula Gaveta após redução da temperatura

### 3 CONCLUSÃO

O fato de usar as placas estranguladas nas máquinas 1, 2 e 3, com o tempo começou a apresentar problemas, pois teve o aumento gradativo da temperatura, tempo de lingotamento e ppm de cálcio, e isso aumentou o desgaste nas mesmas.

A redução da temperatura de superaquecimento em 10 °C, baixou o tempo de lingotamento, e indicou que para o caso Cosipa, a temperatura deve ser no máximo de 1550 °C e com tempo de lingotamento de até 67 minutos.

As corridas lingotadas nessas condições, não apresentaram problemas de lingotamento ou qualidade das placas de aço, vedaram no fechamento da panela, e as placas apresentaram desgaste dentro do normal.

Com isso foi possível garantir o fechamento da panela na primeira corrida com CaSi e fazer mais três corridas normais na mesma placa.

Considerou-se também que é preciso evoluir nesse assunto pois se está próximo do limite de uso da placa e tem-se que desenvolver outro material.

### BIBLIOGRAFIA

- 1 Ramos, V. P. S. (2005). "Estudo de Post Mortem de Placas de Válvula Gaveta Zirkor-API utilizadas em aços API na Cosipa" REL CPqD-2005-0068 Magnesita SA.
- 2 Ramos, V. P. S. (2005). "Análise de Dados de Teor de Cálcio, Temperatura e -Tempo de Corrida das Panelas nas Máquinas de Lingotamento Contínuo da Cosipa para os Anos de 2001 a 2005" REL CPqD-2005-0082 Magnesita SA.
- 3 Fushimi, T. (1996). "Alumina Carbon Slide Gate Plates." *Taikabutsu Overseas*, 16(4), 13-17.
- 4 Hintzen, U., M. Wiesel, et al. (1991). Behaviour of Slide Gate Refractories Subjected to CaSi-Treated Steel. Unitecr '91. Second Unified Int. Technical -Conf. Refractories. Global Advances in Refractories, Aachen.
- 5 Sugino, T., Hayamizu, K., and Kawamura, T. (1993). "Wear of Slide Gate Plate." - *Taikabutsu Overseas*, 13(4), 50-54.
- 6 Akamine, K., Nitawaki, S., Kaneko, T., and Harada, M. (1998). "MgO-C Sliding -Nozzle Plate for Casting Calcium-Alloy-Treated Steel." *Taikabutsu Overseas*, 18(1), 22-27.