

# MELHORIA NAS TAMPAS REFRATADAS DOS DISTRIBUIDORES DOS LINGOTAMENTOS CONTÍNUOS I E II DA CST

Álvaro Pio de Abreu Júnior <sup>(1)</sup>

Flávio Altoé Franco <sup>(2)</sup>

Luiz Guilherme Mendes <sup>(3)</sup>

Odimar Antônio Moreira <sup>(4)</sup>

Zelber Dettogne do Nascimento <sup>(5)</sup>

## Resumo

As tampas que cobrem os distribuidores dos Lingotamentos Contínuos eram originalmente refratadas. Estas tampas logo nas primeiras corridas empenavam por superaquecimento das bordas da estrutura, provocando quebra do refratário e causando obstrução dos veios. A alternativa inicialmente adotada foi o emprego de tampas fabricadas a partir de placas desclassificadas na linha de produção da CST, que apesar de resistirem até 60 corridas, eram extremamente pesadas, deformavam-se com o calor, elevavam a temperatura da carcaça do distribuidor e expunham os operadores ao calor. O trabalho consistiu em reforçar estruturalmente as tampas originais e mudar o concreto refratário. Esta modificação foi testada no Lingotamento Contínuo II, com resultado satisfatório após 102 corridas em 3,5 meses de uso. Atualmente esta modificação foi implantada nos dois Lingotamentos alcançando vida útil média de 2000 corridas para o refratário e 4000 corridas para a estrutura metálica. Este tipo de tampa possibilitou a implantação do sistema de inertização da atmosfera do distribuidor com argônio; os distribuidores não mais se deformaram; e foi amenizada a exposição dos operadores ao calor. Outro fator que colaborou com a boa performance das tampas foi a implantação do sistema de partida a frio.

**Palavras-chave:** Lingotamento contínuo; Distribuidor; Tampa.

## I INTRODUÇÃO

A partir de 1999 os distribuidores do Lingotamento Contínuo I e II (Figuras 1 e 2) começaram a apresentar empenos significativos. O procedimento de reparo adotado foi o desempenho da estrutura no forno de tratamento térmico da Oficina de Caldeiraria, o que acarretava em uma série de retrabalhos e onerava o custo da recuperação, além de causar possíveis danos metalúrgicos ao conjunto.

A baixa performance das tampas refratadas originais devido a empenos e trincas da estrutura no início de operação do Lingotamento Contínuo I, levou a CST a adotar o uso de tampas fabricadas a partir de placas desclassificadas. Essas tampas atendiam de maneira precária, pois além de causarem acréscimo de peso e aquecimento de bordas no distribuidor, também se empenavam e

expunham os operadores ao calor excessivo, veja Figura 3.

Através de levantamento topográfico constatou-se que o empeno dos distribuidores tinha as mesmas características para o Lingotamento Contínuo I e II, conforme indicado na Figura 4.

Como o empeno dos distribuidores estava tornando-se um problema generalizado, resolveu-se estudar maneiras de minimizá-lo. O estudo realizado indicou que o emprego de tampas maciças impunha uma sobrecarga de até 12t na estrutura do distribuidor, que aliada ao calor transmitido a partir das tampas eram as principais causas de empenos.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Havia um lote de tampas refratadas originais em estoque que estava em bom estado de conservação no caso do Lingotamento Contínuo I e em péssimas condições no caso do Lingotamento Contínuo II. A partir daí, decidiu-se iniciar os testes com um conjunto de tampas (3 tampas) do Lingotamento Contínuo II devido a pior condição de aproveitamento.

<sup>(1)</sup> Engenheiro Metalurgista - CST

<sup>(2)</sup> Engenheiro Mecânico - CST

<sup>(3)</sup> Técnico de Apoio à Operação - CST

<sup>(4)</sup> Técnico de Manutenção - CST

<sup>(5)</sup> Especialista em Refratário - Magnesita

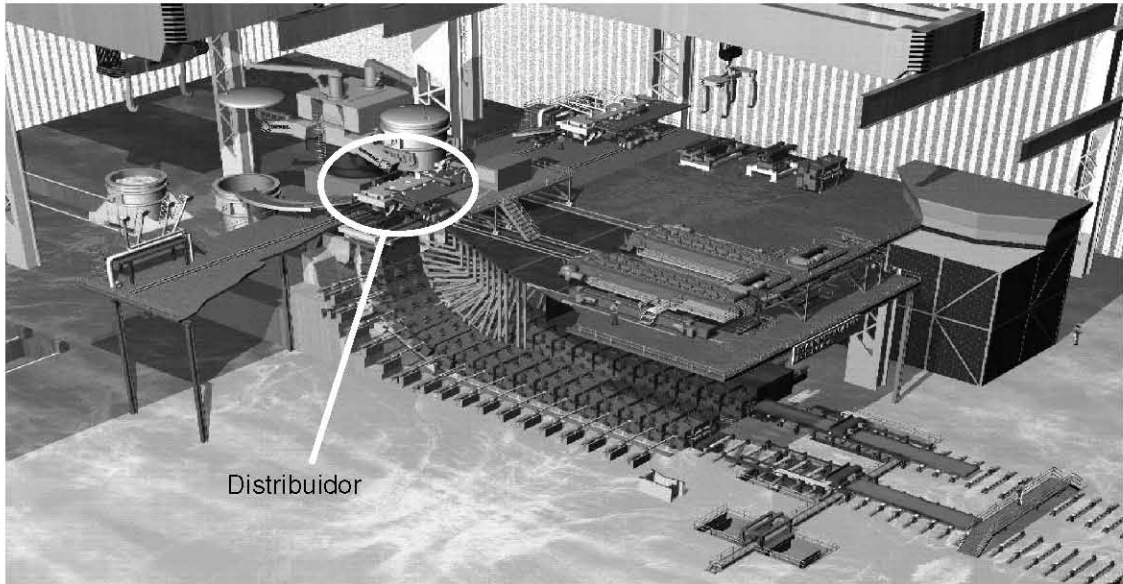


Figura 1. Máquina de lingotamento contínuo.

A estrutura deste conjunto de tampas foi desempenada e reforçada através de nervuras e de fechamento (Figuras 5 e 6), tornando-se semelhante a uma estrutura tipo caixão. Isso possibilitou o aumento de rigidez, impedindo deformações provocadas pelo aquecimento diferencial nas regiões da estrutura. Em determinadas áreas fez-se uso de materiais específicos para operar em altas temperaturas, como os aços inoxidáveis AISI 310 e AISI 304. O aço inoxidável AISI 310 foi empregado nas extremidades das tampas devido à incidência direta de calor do interior do distribuidor, e pela capacidade deste material resistir até 1.150°C em operação (Figura 6). O aço inox AISI 304 foi aplicado nas bordas inferiores, lado que recebe calor direto do canal de emergência.

Em paralelo ao desenvolvimento estrutural das tampas foram realizados experimentos com diversas composições de materiais refratários até a definição de concreto compatível às condições de processo. O concreto desenvolvido tem como

características principais: material de fluência livre com 53% de  $Al_2O_3$ , resistente ao lascamento e contém na sua composição 1,5% de fibras de aço inoxidável AISI 304 para possibilitar aumento considerável da resistência mecânica.

### 3 RESULTADOS

O conjunto modificado de tampas para teste entrou em operação em 10/09/2001 no Lingotamento Contínuo II, onde foi utilizado sob condições normais de operação por 102 corridas durante 3,5 meses, quando então foi retirado de operação para troca de refratário.

Após o teste não foram verificados empenos



Figura 3. Distribuidor com tampas maciças (conjunto de 3 tampas) em operação.

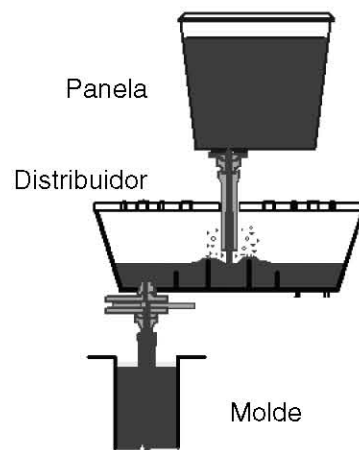


Figura 2. Posição do distribuidor

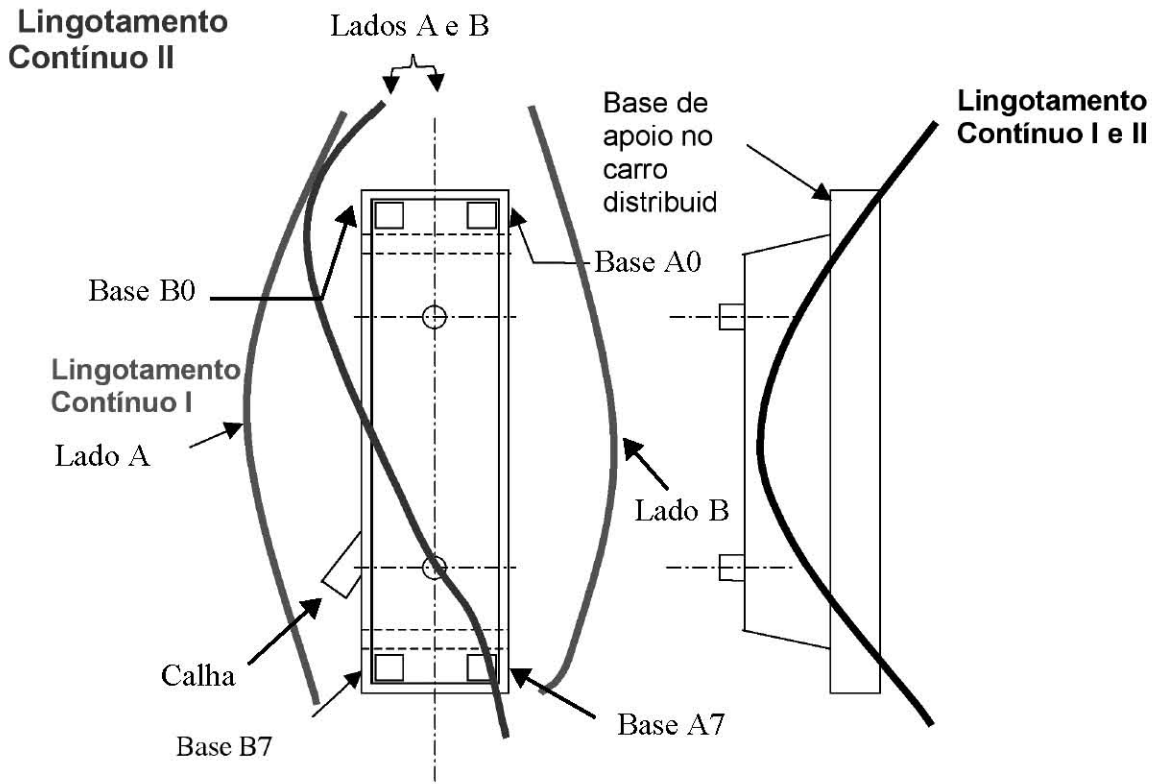


Figura 4. Perfil de deformação das paredes dos distribuidores do Lingotamento Contínuo I e II.

relevantes nas tampas, que outrora eram observados. Nas áreas de incidência direta de calor, os aços inoxidáveis resistiram satisfatoriamente. Devido ao bom resultado dos testes no Lingotamento Contínuo II, decidiu-se por reforçar todo o lote original de tampas do Lingotamento Contínuo I (18 tampas). O projeto de reforço para estas tampas foi na essência idêntico ao do Lingotamento Contínuo II, com pequenas adequações.

As tampas refratadas no Lingotamento Contínuo I substituíram todas as tampas maciças, e apresentaram excelentes resultados (Figura 7). As primeiras tampas entraram em operação em 24/01/2002.

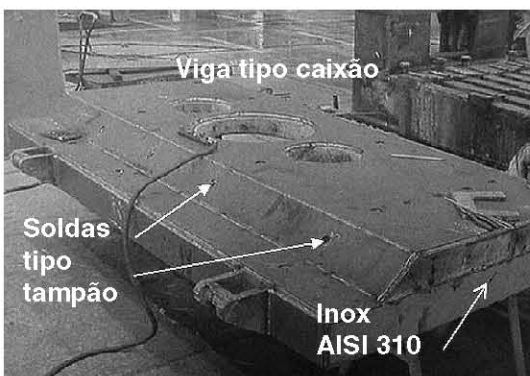


Figura 6. Fechamento da tampa lateral do Lingotamento Contínuo II.

A inspeção na parte metálica das tampas, após 1057 corridas, identificou algumas trincas em mudanças de seção. As regiões trincadas foram recuperadas/reforçadas com solda. O empeno máximo ao longo do comprimento das tampas não ultrapassou 30mm (Figura 8). Foi verificado ainda desgaste do refratário na região do furo (Figura 9), onde foi alterado o perfil de refratamento para evitar este tipo de falha. O material das bordas em aço inoxidável AISI 310 resistiu satisfatoriamente a exposição direta do aço líquido, veja Figura 10.

A Programação da Oficina de Caldeiraria mantinha uma fabricação de 37 tampas maciças por mês, atualmente foi reduzida

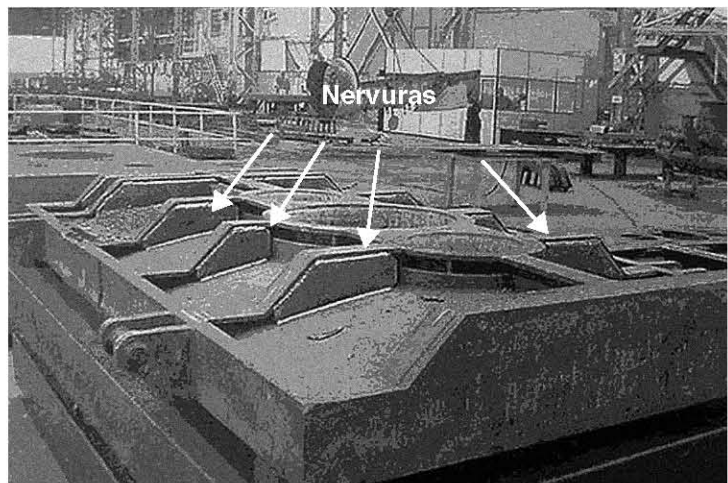


Figura 5. Tampa central original do Lingotamento Contínuo II.

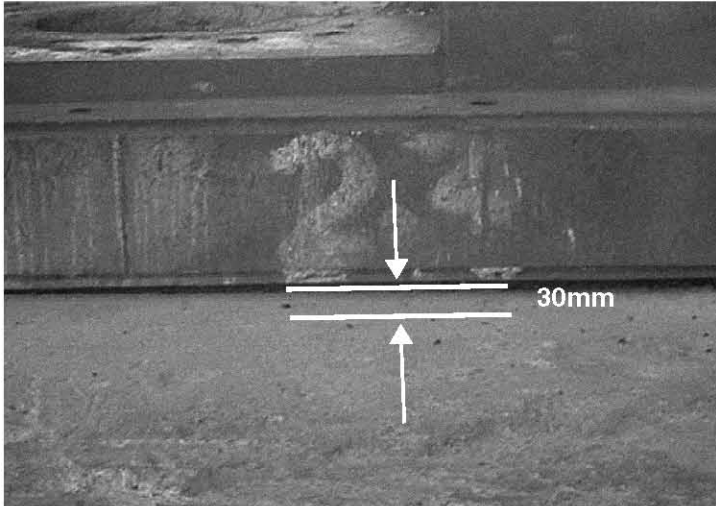


Figura 8. O empeno máximo ao longo da tampa.

para 18 tampas/ano para atender exclusivamente as partidas a quente nos distribuidores, visando o lingotamento de aços desidrogenados.

Desde o início da utilização das tampas refratadas modificadas não foi necessário realizar desempenho em distribuidores, evitando com isso tratamentos térmicos sucessivos que poderiam deteriorar o material.

A utilização de partida a frio é outro fator que colaborou com o aumento da vida útil das tampas, pois dispensa o pré-aquecimento por queimadores na área de preparação.

Em janeiro de 2005 o percentual de utilização das tampas refratadas no Lingotamento Contínuo I está em 95% e de 85% no Lingotamento Contínuo II.

O custo de fabricação das tampas refratadas modificadas é 25% maior que o custo das tampas maciças para o Lingotamento Contínuo I e 50% maior para o Lingotamento Contínuo II, porém enquanto as tampas maciças resistiam ao máximo de 60 corridas, as tampas refratadas já ultrapassaram 2000 corridas para o refratário e 4000 corridas para a estrutura. A Figura 11 apresenta gráfico comparativo de custo unitário por corrida entre os dois tipos de tampa. Verifica-se que a pesar do custo maior da tampa refratada este é amortizado pelo grande

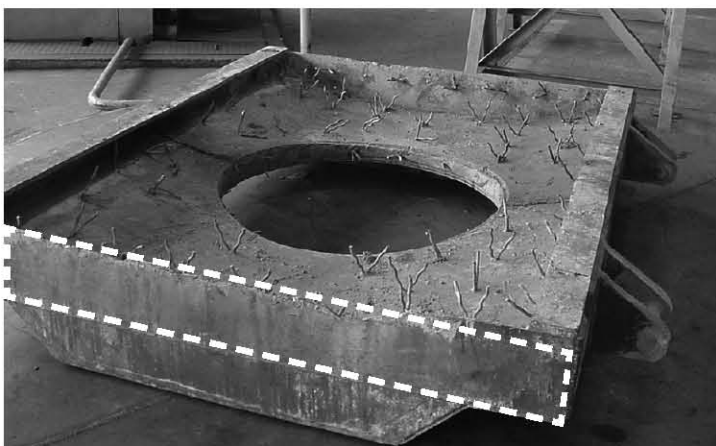


Figura 10. Tampa central após 1057 corridas - bordas laterais (inox AISI 310).

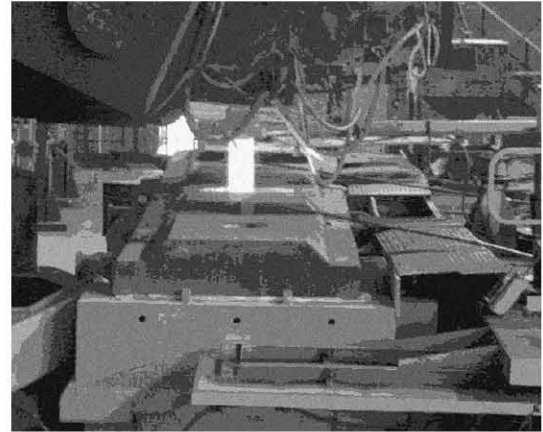


Figura 7. Distribuidor em operação com tampas refratadas no Lingotamento Contínuo I.

número de corridas que estas alcançam.

A medição de temperatura dos dois tipos de tampas em operação, através de termografia, mostra a diferença de temperatura entre a tampa maciça e a tampa refratada (Figura 12). A tampa maciça estava muito aquecida e apresentava na superfície temperatura de 580°C, já na tampa refratada a máxima temperatura encontrada na superfície foi de 88°C.

No processo de lingotamento, o uso da tampa refratada torna a condição para o operador mais adequada durante processo de retirada de amostra, veja a Figura 13.

### Benefícios Diretos

- Redução de custo - Custo de utilização das tampas refratadas é menor com relação às tampas maciças.
- Redução de empeno - Reduz vazamentos de chamas entre as bordas das tampas e do distribuidor.

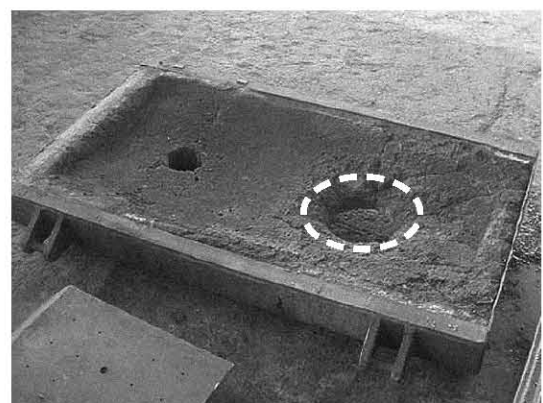


Figura 9. Lado refratado após 1057 corridas.

- Segurança - Melhora as condições do operador a exposição de calor.
- Redução de obstrução dos veios - Elimina queda de óxidos (carepa) das tampas maciças.

#### Benefícios indiretos

- Segurança - Reduz peso de manuseio durante operação.
- Segurança - Reduz peso sobre os distribuidores em operação.
- Segurança - Reduz o ruído pelo oxi-corte na Oficina de Caldeiraria.
- Manutenção - Reduz a necessidade de desempenho dos distribuidores na Oficina de Caldeiraria.

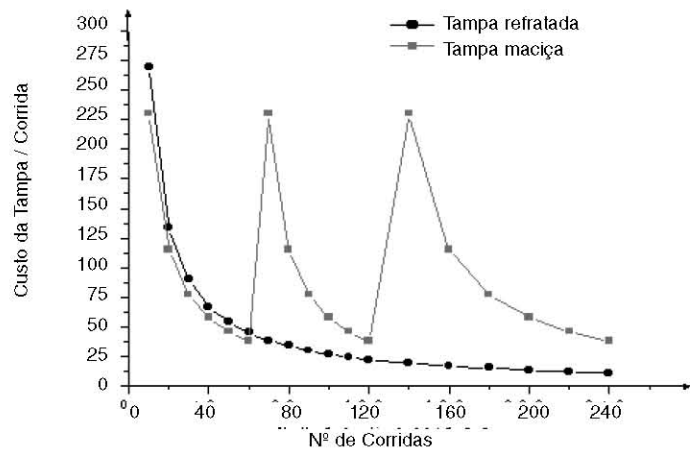


Figura 11. Relação custo da tampa/corrida.

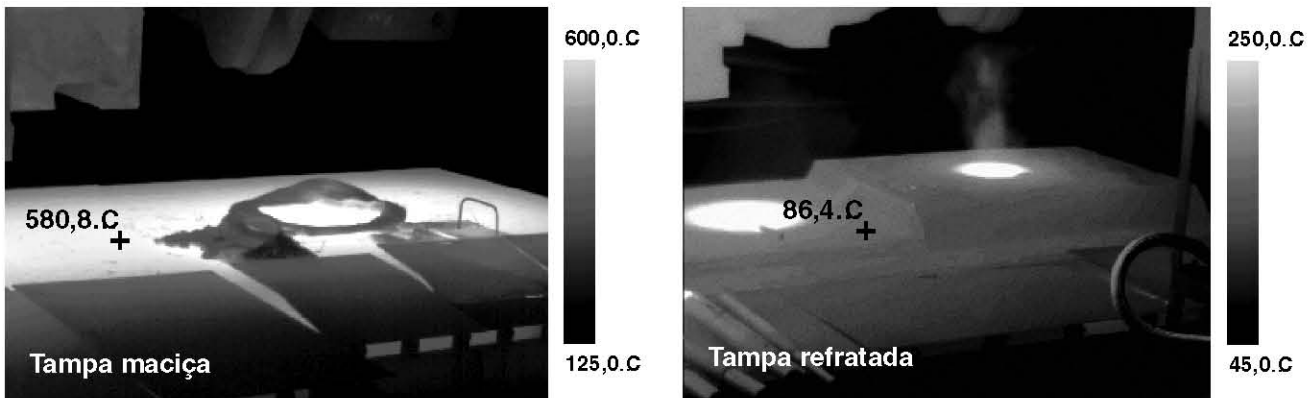


Figura 12. Termografia nos dois tipos de tampas em operação.

#### 4 CONCLUSÃO

O emprego das tampas com reforço estrutural do tipo caixão, o uso de materiais resistentes à oxidação (aço inoxidável) em regiões de temperatura elevada e a técnica adotada de refratamento com emprego de concreto refratário aluminoso de fluência livre com fibra metálica aumentaram a performance do equipamento.

Outros ganhos significativos com o emprego das tampas atuais foram a redução de custo por corrida, menor carga sobre os distribuidores e ganhos com segurança dos operadores, de transporte e operacional.



Figura 13. Coleta de amostra através da tampa refratada.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 CASTRO, J.T.P.; MEGGIOLARO, M.A. **Fadiga sob cargas reais de serviço**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2002.
- 2 LAI, G. Y. **High-temperature corrosion of engineering alloys**. Materials Park: ASM International, 1990.
- 3 ASM. **Failure analysis and prevention: metals handbook**. 8.ed. Materials Park, 1975.
- 4 **THE PROCEDURE handbook of arc welding**. 12. ed., Ohio: The Lincoln Electric Company, 1973.