

## TESTE COM REVESTIMENTO REFRAATÓRIO DE TRABALHO COM CARACTERÍSTICAS DE AUTO-ENDURECIMENTO PARA PARTIDA COM DISTRIBUIDOR FRIO NA MCC#4 DA CSN\*

Bruno Gomes Silva<sup>1</sup>  
Camila Lourenço Soares<sup>2</sup>  
Fernando Paulucio Quinelato<sup>3</sup>  
Reginaldo Fonseca Lourenço<sup>4</sup>  
Robson Luis da Silva Nascimento<sup>5</sup>

### Resumo

O Distribuidor é um equipamento indispensável e de grande importância no processo de solidificação do aço via Lingotamento Contínuo. Os distribuidores são revestidos por um material refratário de trabalho que entrará em contato com o aço líquido. Atualmente é utilizado um revestimento que possui a necessidade de adição de água durante a aplicação, que poderá ser manual ou automática. Com o distribuidor disponível para lingotamento, o mesmo é direcionado para as máquinas de lingotamento onde serão pré-aquecidos visando retirar o excesso de umidade e promover a sinterização do refratário. O presente trabalho apresenta uma alternativa de revestimento, onde não é utilizada água na aplicação do produto, ou seja, um refratário com características de auto-endurecimento que permite iniciar o lingotamento sem haver necessidade de pré-aquecimento, o que significa partir a frio com o distribuidor.

**Palavras-chave:** Distribuidor; Refratário de trabalho; Partida a frio.

### TEST WITH WORK LINE REFRACTORY WITH SELF-HARDENING CHARACTERISTICS FOR STARTING WITH COLD TUNDISH IN THE CSN CCM#4 Abstract

The Tundish is an indispensable equipment and of great importance in the steel solidification process via Continuous Casting. The tundishes are coated with a refractory material of work that come into contact with the molten steel. Nowadays is used a coating that has the necessity for adding water during application, which can be manual or automatic. The tundish available for casting, it is directed to the continuous casting machines where will be preheated order to remove humidity excess and promote refractory sintering. This paper presents an alternative coating where water is not used on product application, that is, with a refractory self-hardening characteristics which allows starting the casting without necessity for pre-heating, which means a cold start of continuous casting.

**Keywords:** Tundish; Work coating refractory; Cold start.

<sup>1</sup> Engenheiro de Desenvolvimento, Refratários, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Volta Redonda, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheira de Processo, MCC#4, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Volta Redonda, RJ, Brasil.

<sup>3</sup> Engenheiro de Desenvolvimento, Processo Solidificação, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Volta Redonda, RJ, Brasil.

<sup>4</sup> Engenheiro Especialista, Processo Solidificação, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Volta Redonda, RJ, Brasil.

<sup>5</sup> Engenheiro Especialista, Lingotamento Contínuo, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Volta Redonda, RJ, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

O distribuidor é um equipamento indispensável ao processo de Lingotamento Contínuo, uma vez que permite a continuidade do processo, armazenando aço líquido e distribuindo-o para os moldes enquanto acontece a troca de panela. Além disso, o distribuidor possui papel importante na qualidade final das placas de aço, no que se refere à flotação de inclusões.

Os distribuidores são constituídos, basicamente, por uma carcaça metálica revestida por uma camada isolante, um revestimento refratário permanente e um de trabalho. A figura abaixo apresenta um projeto refratário típico dos distribuidores.

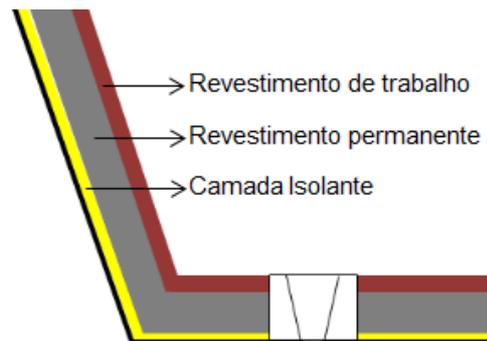


Figura 1 - Projeto de revestimento refratário de um distribuidor.

A camada isolante é aplicada junto à carcaça metálica, geralmente sob a forma de plaquetas silico-aluminosas, e tem a função de minimizar as trocas térmicas entre os revestimentos adjacentes e a carcaça, de maneira que o menor calor possível seja perdido do interior do distribuidor.

O revestimento permanente é aplicado sobre a camada isolante, sendo usados geralmente tijolos ou concretos com alumina,  $Al_2O_3$ , com teores em torno de 70%. Também conhecido como revestimento de segurança, tem por objetivo proteger a carcaça metálica contra eventuais penetrações de aço decorrentes de desgaste ou falhas que vierem a ocorrer com o revestimento de trabalho.

O revestimento de trabalho entrará em contato com o aço líquido e tem por objetivo principal suportar todo sequencial de corridas sem desgaste excessivo ou falhas que causem penetração de aço até o revestimento permanente. Comumente são utilizadas massas refratárias magnesianas aplicadas a seco ou por borrifamento. O desempenho do revestimento de trabalho vai depender da espessura da massa ser compatível com o número de corridas praticado no distribuidor e do tempo de lingotamento. Em linhas gerais, para o sucesso do revestimento de trabalho os seguintes parâmetros são necessários [1]:

- Ter boas características de aplicação e adesão ao revestimento permanente;
- Poder ser usado tanto na prática de distribuidor frio como na de distribuidor quente;
- Apresentar facilidade de secagem e manter-se íntegro durante o aquecimento;
- Promover isolamento térmico, minimizando perdas de calor;
- Ser quimicamente compatível com o processo de fabricação de aço;
- Ter boa resistência à corrosão pela escória e à erosão pelo aço;
- Não conter componentes que possam comprometer o nível de hidrogênio do aço;
- Ter alto índice de cambagem durante o processo de resfriamento, separando-se com facilidade do revestimento permanente.

O alto índice de cambagem pode ser associado à capacidade de isolamento térmico dos materiais de cobertura. A condutividade térmica da massa tem uma influência direta sobre a temperatura da interface do revestimento de trabalho e revestimento permanente. Dependendo da temperatura alcançada e do tempo de lingotamento, podem ocorrer reações entre estes materiais dificultando a separação do revestimento de trabalho durante o processo de basculamento [1]. Desta forma, o revestimento permanente poderá sofrer danos, necessitando de reparos localizados durante sua campanha afetando, assim, sua vida útil.

Os revestimentos aplicados por borrifamento necessitam ser pré-aquecidos ou secados para iniciar a operação. Os distribuidores pré-aquecidos a temperaturas maiores que 900°C são os ditos para Partida a Quente, enquanto os secados a temperaturas ao redor de 300°C e 400°C podem resfriar até temperatura ambiente e serem utilizados para Partida a Frio.

O presente trabalho apresenta uma alternativa de partida a frio sem necessidade de secagem, utilizando um material de auto-endurecimento, sem adição de água, onde a resistência a verde do material refratário é adquirida através de reações químicas que conferem condições propícias para utilização do distribuidor sem nenhuma necessidade de aquecimento ao revestimento.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O revestimento de trabalho proposto é formado a partir de uma mistura de materiais conforme apresentado a seguir:

- Concreto magnesiano;
- Ligante (silicato de sódio);
- Catalisador (ésteres).

O concreto possui a seguinte composição:

**Tabela 1** - Composição do concreto refratário.

MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
86,0%	7,0%	3,5%	3,0%

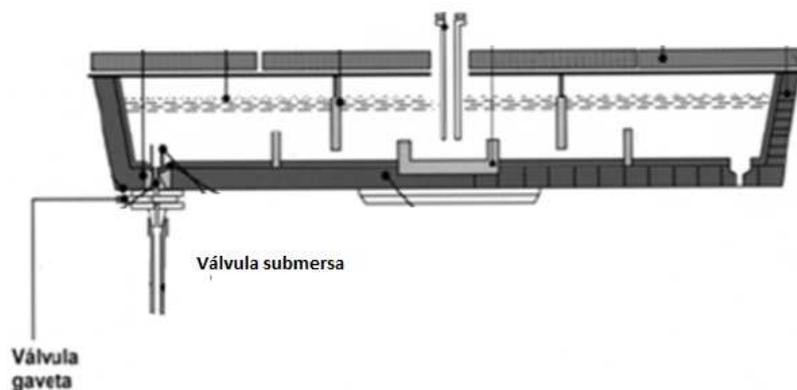
A mistura é realizada durante a aplicação do material através de uma máquina semiautomática. É assentada uma forma no interior do distribuidor a ser preparado, fazendo-se o ajuste necessário à espessura desejada. A figura 2 ilustra o processo de aplicação.



**Figura 2** - Sequência de aplicação do material.

Considerando que a primeira corrida terá uma perda maior de calor em detrimento do contato com o refratário a temperatura ambiente, foi adicionado aos modelos de temperatura de liberação de panela para o Lingotamento Contínuo um acréscimo de 5°C para as primeiras corridas de sequência no distribuidor.

Foi necessário montar um dispositivo para aquecimento das válvulas submersas, uma vez que estas eram aquecidas por cima com o arraste da chama da estação de aquecimento do distribuidor. Como a estação não será utilizada, o aquecimento da válvula submersa foi realizado por baixo conforme Figura 3.



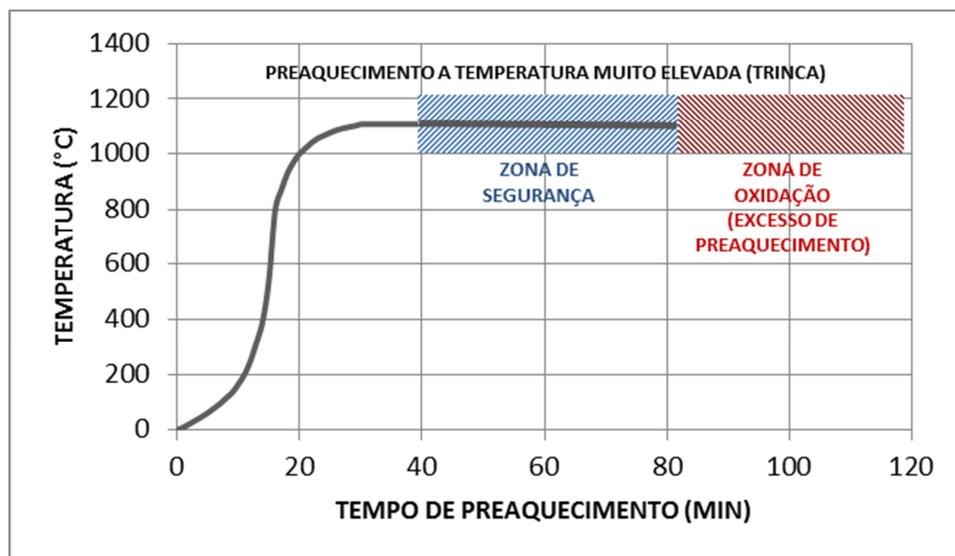
**Figura 3** - Esquema de um distribuidor



**Figura 4** - Aquecimento da válvula submersa.

Vale ressaltar a importância do aquecimento da válvula, uma vez que quando o aço flui para o veio, as paredes da mesma trocarão calor com o aço, sendo que este está em uma seção de área muito menor se comparado ao aço no distribuidor, isso pode contribuir para a solidificação do aço na válvula e perda do veio no início de lingotamento.

Além disso, deve-se objetivar uma temperatura ideal para a partida da válvula e durante o aquecimento, a faixa de temperatura entre 500°C e 900°C deve ser atravessada rapidamente para evitar oxidação de parte do carbono da válvula [2]. A figura abaixo mostra uma curva utilizada para o aquecimento da válvula submersa.



**Figura 5** - Curva de aquecimento da válvula submersa. [2]

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas 3 baterias de testes entre fevereiro e maio de 2014, totalizando 41 distribuidores revestidos com o material para partida a frio.

O gráfico abaixo apresenta o desempenho em relação ao número de corridas por distribuidor.

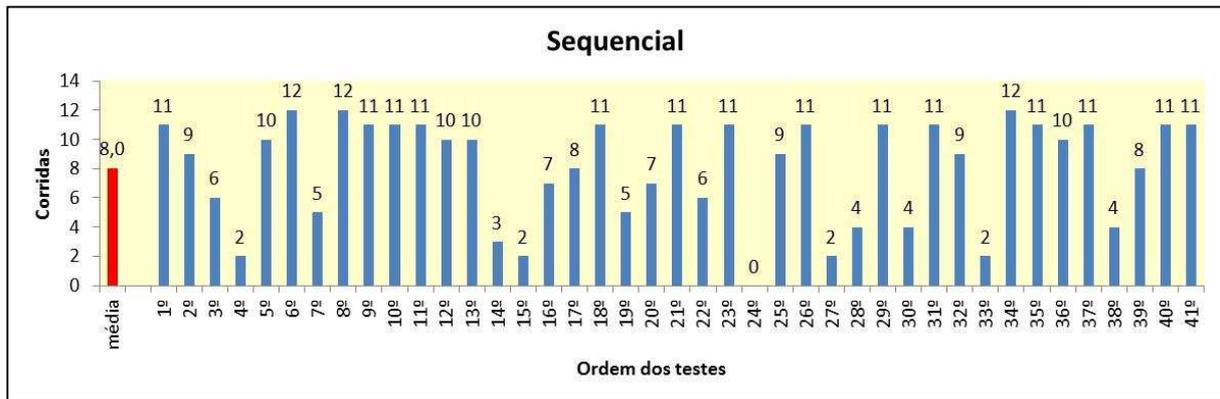


Figura 6 - Número de corridas por distribuidor.

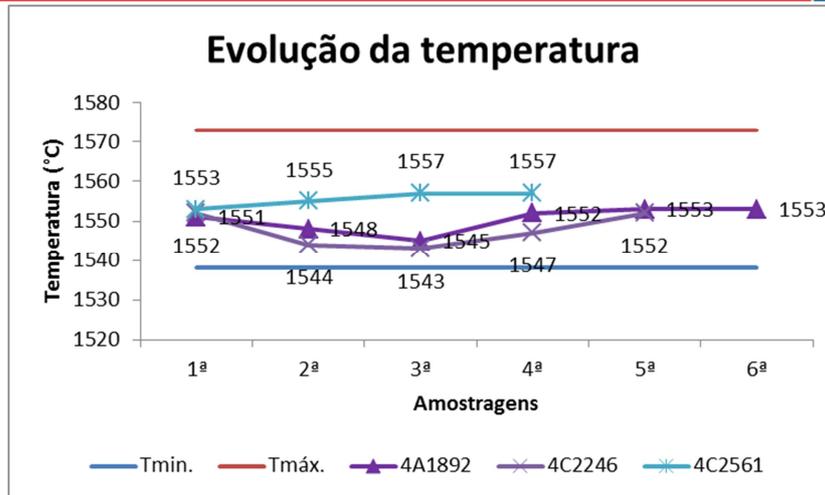
A média de 8,0 corridas por distribuidor é similar à praticada para distribuidores de partida a quente, sendo o tempo máximo de lingotamento de 550 minutos. Dos 41 distribuidores, 35 foram partidos a frio e 6 a quente. Isso mostrou a versatilidade do revestimento, caso seja necessário uma partida a quente.

O consumo médio de material foi de 2,3 toneladas por distribuidor, cerca de uma tonelada superior ao consumo de material de cobertura usado convencionalmente por aplicação via borrifamento. Isto se deve a maior espessura utilizada se comparado ao processo convencional e ao fato de o revestimento permanente não ser uniforme, isto é, possuir áreas mais desgastadas ou partes que sofreram reparo. Este último aspecto somado ao uso da forma, que fará com que o material ocupe as áreas menos espessas quanto as mais espessas, fará aumentar o consumo de material uma vez que a parede de trabalho ficará completamente uniforme após aplicação. Além disso, para o revestimento ter estabilidade, no que se refere a manter-se íntegro durante toda movimentação antes do lingotamento, no tempo em que estiver em operação ou até mesmo caso haja necessidade de partir a quente, trabalhou-se com uma espessura de 50 mm de refratário.

Em relação à perda de veio por obstrução, houve dois casos. No primeiro caso, a panela estava com taxa de queda de temperatura acentuada atípica, o que pode ser explicado pela grande queda de cascão de aço do conversor detectada durante o vazamento da corrida, nesta ocasião houve obstrução total dos dois veios. No segundo caso, o aço da panela estava com temperatura mais baixa que o normal, o que somado a perda térmica para o refratário frio pode ter contribuído para a obstrução de um dos dois veios.

Mapeando as temperaturas do aço no distribuidor das primeiras corridas da sequência, nota-se uma perda entre as primeiras e últimas medições em torno de 5°C, sendo as últimas medições mostrando estabilidade de temperatura.

O gráfico abaixo apresenta as medições realizadas em três primeiras corridas de sequência de um determinado tipo de aço.



**Figura 7** – Comportamento térmico de três primeiras corridas em distribuidores de partida a frio.

Após a saída de operação do distribuidor, foram realizadas inspeções para verificar a condição do permanente e de desgaste do revestimento de trabalho. Em nenhum caso verificou-se desgaste excessivo, penetração de aço ou vestígios de queima excessiva no permanente. Durante a cambagem, o revestimento de trabalho se soltou com extrema facilidade do permanente, que mostra que a frente de sinterização não chegou até o revestimento permanente e que o material promove um bom isolamento térmico.

#### 4 CONCLUSÃO

O material testado mostrou-se viável tecnicamente nos distribuidores da MCC#4. As inspeções feitas durante o lingotamento e após a cambagem dos distribuidores não evidenciaram anormalidades, como queda de material refratário de trabalho, penetração de aço ou queima excessiva do permanente.

Dentre os pontos positivos destacam-se:

- Facilidade na aplicação / desmoldagem do revestimento durante cambagem;
- Redução de emissão de ruídos oriundos do aquecimento convencional do distribuidor;
- Flexibilidade quanto a partidas a frio ou quente;
- Eliminação de exposição do operador a altas temperaturas durante preparação para aquecimento do tubo e inspeção do refratário;
- Redução do consumo de gás natural, utilizado no aquecimento dos distribuidores para partida a quente;
- Maior disponibilidade de distribuidores, uma vez que não é necessário aquecimento;
- Redução do gasto com manutenção dos aquecedores de distribuidor;
- Potencial aumento da vida útil do permanente, devido à facilidade de remoção do revestimento de trabalho.

Alguns pontos negativos em relação à partida a quente são apresentados a seguir:

- Maior consumo de refratário (75% superior);
- Necessidade de boa homogeneização térmica da corrida em virtude da perda inicial de calor (+/- 5°C);
- Necessidade de utilização de forma para aplicação e logística para seu manuseio;
- Possibilidade de um maior incremento de hidrogênio ao aço.

Analisando os prós e contra, conclui-se que o material é uma boa alternativa técnica para o lingotamento contínuo quando há a necessidade de um retorno rápido da máquina à operação. No que se refere à atratividade financeira, a viabilidade ou não depende de diversos fatores de mercado como, por exemplo, taxa de câmbio e custo de gás natural, isto devido ao material ser importado e ao alto consumo de gás no aquecimento convencional dos distribuidores.

### **Agradecimentos**

Os autores do trabalho agradecem a toda equipe de operação do Lingotamento Contínuo e aos fornecedores do material pelo apoio realizado durante os testes.

### **REFERENCIAS**

- 1 Duarte AK, De Carvalho EAR, Barrios SR. Fatores que afetam a performance do revestimento de trabalho do distribuidor de aço. XXXII Seminário de Fusão, Refino e Solidificação de Metais da ABM. Salvador – Bahia, 2001.
- 2 Gallo M. Refratários para Lingotamento Contínuo. 5ª edição. 2001.

### **BIBLIOGRAFIA**

- 1 Buoro S, Romanelli G. Use of dry refractory liners in continuous caster tundishes – Characterization and quality aspects. The Iron & Steel Technology Conference and Exposition. Atlanta. 2012.
- 2 García-Zubiri IX, Arandigoyen M, Racedo R, Amezketa P, Lagier M, Disante L, Comas M, Murialdo S, Pucchio L. Coldmag®, the easy way to cast. Jornada de Materiales Refractorios '11 |Refractory Materials Seminar '11| AS, Rosario, Santa Fe, Argentina. 2011.
- 3 Komanecky R, Petritz B, Sorger R. “State-of-the-art” cold-setting working lining mixes for tundish. AISTech 2011 Proceedings – Volume II.