



AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DE UM INIBIDOR DE TURBULÊNCIA CILÍNDRICO EM UM DISTRIBUIDOR DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO DO TIPO DELTA POR MODELAGEM FÍSICA

Autor: Ana Clara Dias Oliveira

Orientador: Wagner Viana Bielefeldt

Laboratório de Siderurgia (LaSid) - Centro de Tecnologia
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre – RS

1. Introdução

O lingotamento contínuo é o último processo em uma aciaria. Durante o lingotamento o metal é vazado continuamente de um distribuidor em moldes onde ocorre a solidificação do aço em forma de tarugo, placa ou bloco. Portanto, esse processo em que o aço líquido passa pelo distribuidor antes de lingotar também pode ser visto como a última oportunidade para garantir uma maior limpeza do aço. Essa limpeza consiste em fluxos ascendentes e tempos de residência suficientes para flotar impurezas evitando a passagem destas para o molde. Por meio da modelagem física, pode-se estudar os efeitos de mobiliários internos nos distribuidores, como inibidores de turbulência, através da visualização das linhas de fluxo e arraste de escória, e com a determinação de tempos de residência e construção de gráficos de volumes característicos.

2. Objetivo

Avaliar a funcionalidade de um inibidor de turbulência cilíndrico na limpeza do aço por meio da análise de simulações de escoamento, volumes característicos e arraste de escória em um modelo físico de um distribuidor de lingotamento contínuo do tipo delta utilizado na produção do aço.

3. Metodologia

3.1. Modelo Físico

Para o presente estudo foi utilizado um protótipo de um distribuidor de lingotamento contínuo tipo delta em escala 1:1 construído em acrílico (figura 1) possibilitando a visualização dos ensaios. No interior do protótipo foram colocados uma soleira e um inibidor de turbulência cilíndrico que foi centralizado com o tubo longo. A soleira e o inibidor de turbulência (figura 2) também foram construídos em acrílico. Para a simulação do aço em temperatura de lingotamento utilizou-se água em temperatura ambiente, pois nessa temperatura a água apresenta uma viscosidade cinemática muito semelhante à viscosidade cinemática do aço a aproximadamente 1600 °C. Para o funcionamento do sistema utilizou-se uma caixa d'água com capacidade de 10 m³, uma bomba para colocar a água dentro do distribuidor e uma bomba para retirar a água pelos três veios de saída existentes.



Figura 1 – Protótipo Distribuidor



Figura 2 – Inibidor Cilíndrico

3.2. Ensaio de Visualização de Escoamento

No ensaio de visualização das linhas de fluxo o distribuidor com 2000 litros de água (equivalente à 16 toneladas de aço) foi deixado em regime permanente, ou seja, a vazão de água que entrava dentro do distribuidor pelo tubo longo era a mesma vazão de água que saía pelos três veios, um terço em cada veio. A vazão escolhida para este ensaio foi de 9513 L/h, equivalente a uma velocidade de lingotamento de 2.2 m/min para um tarugo de seção de 155 mm. Com o distribuidor em regime permanente foi injetado em forma de pulso uma solução de permanganato de potássio pelo tubo longo que serviu como um traçador evidenciando o caminho que a água (aço) percorre ao entrar no distribuidor.

3.3. Ensaio de Determinação de Tempos de Residência

O ensaio de determinação de tempos de residência segue a mesma metodologia do ensaio de escoamento, porém ao invés de injetar uma solução de permanganato de potássio foi injetada uma solução de 10% de ácido clorídrico. No veio central e em um dos veios laterais há sensores que medem a condutividade da água em micro Siemens e que sofrem alterações pela passagem do ácido. Por meio de um software foi feita a aquisição da condutividade versus tempo de ensaio. A condutividade foi convertida para concentração multiplicando-a por um coeficiente de calibração. O coeficiente de calibração é a soma de toda a condutividade a partir da passagem do ácido pelo sensor e dividida pelo tempo teórico em segundos. Dessa forma, a partir da concentração versus tempo foi possível construir curvas que indicaram as frações de volume pistonado, volume de mistura e volume morto durante o tempo de 2θ. Sendo 2θ o valor de dois tempos teórico calculado a partir da equação 1.

$$2\theta = \frac{120V}{Q} \quad (1)$$

Onde, V é o volume do distribuidor (2000 L) e Q é a vazão de entrada e saída de água (9513 L/h). O resultado deste cálculo fornece o tempo de ensaio de 25 minutos.

3.4. Ensaio de Emulsificação de Escória

Para o ensaio de emulsificação de escória, a água do distribuidor foi mantida em nível baixo equivalente a 3 toneladas de aço e por cima da água foi despejada uma camada com 100 litros de querosene com corante azul solúvel apenas no solvente para simular a escória. Ao iniciar o ensaio foi feita uma simulação de abertura de panela ligando simultaneamente as bombas de entrada e saída de água, porém com uma vazão de entrada de 32000 L/h e mantendo a vazão de saída em 9513 L/h. Ao atingir a marca de 16 toneladas de aço (2000 L de água) a vazão da entrada de água passou a ser 9513 L/h deixando o distribuidor em regime permanente por alguns segundos.

4. Resultados

4.1. Ensaio de Visualização de Escoamento

No ensaio de visualização de escoamento foi possível observar ao injetar o corante que o inibidor força linhas de fluxo com comportamento ascendente alcançando a superfície e então descendo em direção aos veios apresentando uma boa movimentação e um certo tempo para flotar impurezas como mostrado na figura 3.



Figura 3 – Linhas de fluxo no interior do distribuidor

4.2. Ensaio de Determinação de Tempos de Residência

O ensaio de determinação de tempos de residência mostrou que o aço apresenta um tempo mínimo de 55 segundos para misturar e flotar impurezas antes de lingotar e um tempo médio de residência de 368 segundos dentro do distribuidor. Quanto ao volume de mistura, com esse fluxo ascendente, o aço apresentou um valor expressivo de 44%. O gráfico 1 mostra a curva da condutividade versus tempo e a tabela 1 apresenta os volumes e tempos característicos obtidos com esse ensaio.

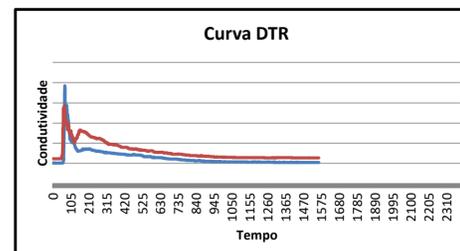


Gráfico 1 – Condutividade versus tempo

Volumes Característicos		
V. Morto	V. Pistonado	V. Mistura
52%	4%	44%
Tempos Característicos		
Tempo Mínimo	Tempo Médio	
55s	368s	

Tabela 1 – Volumes e tempos característicos

4.2. Ensaio de Emulsificação de Escória

Quanto ao ensaio de emulsificação, observou-se gotículas de querosene (escória) formadas em torno do inibidor, porém a turbulência não é suficiente para arrastá-las aos veios como mostrado na figura 4.



Figura 4 – Primeiros segundos de ensaio de emulsificação de escória

5. Conclusão

O inibidor de turbulência cilíndrico apresentou resultados satisfatórios. O fluxo ascendente visualizado no ensaio de escoamento somado a um tempo mínimo de residência de 55 segundos permite melhores condições para que impurezas coalesçam e flitem para a camada de escória. Já no ensaio de emulsificação o inibidor apresentou eficiência em conter a turbulência de forma que mesmo no momento crítico de abertura de panela em que há apenas um pequeno volume de aço não ocorre o arraste de escória para os veios.

6. Referências Bibliográficas

- [1] Kumar, A. Modeling of fluid flow and residence time distribution in a four strand tundish for enhancing inclusion removal. ISIJ International, v.48, p.38-47, 2008.
- [2] Machado, F.D., Dissertação de mestrado, UFRGS, Brasil, 2014.