

ESTUDO DA MISTURA NO DISTRIBUIDOR DURANTE UMA TROCA DE QUALIDADE DE AÇO ⁽¹⁾

*Miguel Liska Bock⁽²⁾
Mateus Daroit⁽³⁾
Marcos Augusto Zilles Mattiello⁽⁴⁾
Magda Galant François⁽⁵⁾
Antônio Cezar Faria Vilela⁽⁶⁾*

No lingotamento contínuo de qualidades distintas de aço, durante a operação de troca de panela, ocorre um descarte considerável de aço com qualidade intermediária por mistura no distribuidor e nos veios. O objetivo deste trabalho é quantificar este descarte, principalmente no que se refere à mistura no distribuidor, para minimizar as perdas. Um modelo físico de distribuidor será empregado na simulação dessa situação. Para simular a primeira qualidade de aço será empregada água com uma concentração definida de HCl. A segunda qualidade será simulada somente com água. O distribuidor, com a primeira qualidade de aço, será esgotado até o “nível de troca” com velocidade de lingotamento constante. Atingido o nível de troca, a velocidade será reduzida e iniciado o enchimento do distribuidor até o nível de trabalho. Nos veios de saída, sensores de condutividade serão utilizados para medir as variações de concentração em função do tempo. Os resultados obtidos indicarão a metragem a ser descartada por mistura no distribuidor para a configuração testada.

Palavras _Chave: Mistura de qualidade, troca de qualidade, modelamento físico.

(1) 5º ENEMET, 25 a 29 de julho de 2005, Belo Horizonte e Ouro Preto – Minas Gerais – Brasil.

(2) Graduando em Engenharia Metalúrgica – UFRGS.

(3) Graduando em Engenharia Metalúrgica – UFRGS.

(4) Graduando em Engenharia Metalúrgica – UFRGS.

(5) Engenheira Química, Dra., Pesquisadora LASID/PPGEM/UFRGS.

(6) Engenheiro Metalúrgico, Dr. -Ing., Professor do DEMET/PPGEM/UFRGS

Introdução

A utilização do modelamento físico para conhecer a localização e extensão da região afetada pela mistura nos tarugos durante troca de qualidades distintas de aço no distribuidor tem como finalidade quantificar o descarte. Este tipo de modelamento é uma técnica amplamente usada para simular e avaliar os parâmetros de fluxo de aço líquido no distribuidor e é um pré-requisito para qualquer processo de otimização efetivo (MAZUMDAR, 1999, p. 524).

A extensão da mistura depende de diversos fatores (THOMAS, 1997, p. 83):

- a) Diferença na composição química entre as qualidades;
- b) Nível de aço no distribuidor no momento da troca de panela;
- c) Velocidade de lingotamento e de re-enchimento de distribuidor;
- d) Número de veios;
- e) Seção a ser lingotada.

O lingotamento de qualidades distintas pode ser realizado de diversas maneiras (THOMAS, 1997, p. 85). A prática mais extrema é simplesmente parar a máquina de lingotamento contínuo quando a primeira qualidade acaba no distribuidor, trocar o distribuidor e recomeçar com a nova qualidade. Este método previne mistura de qualidades, mas acarreta perda de tempo e problemas no fim e no começo dos tarugos. Outros métodos, como a inserção de um “separador de qualidade” nos veios e a prática de troca do tipo “flying tundish”, em que o distribuidor é trocado ao mesmo tempo em que a panela contendo a nova qualidade também podem ser utilizados, evitando paradas no processo e grande mistura, mas necessitando de prévia preparação. A alternativa mais fácil é a simples troca de panela, que em compensação proporciona uma maior mistura.

O objetivo deste trabalho foi simular a operação de troca de panela. Diversos parâmetros variam com o tempo nesta prática. A velocidade de lingotamento é reduzida no momento que a antiga panela é esgotada. Com a nova panela posicionada, ela é aberta no momento em que o “nível de troca” do distribuidor é atingido. Iniciado o re-enchimento do distribuidor, a velocidade reduzida é mantida até o nível de aço do distribuidor subir ao “nível de trabalho”, neste momento é elevada até a velocidade normal.

Materiais e Métodos

Um modelo de um distribuidor com capacidade de 16 toneladas no formato Delta, em escala 1:1, construído em acrílico (Figura 1) foi utilizado nos testes. Água a temperatura ambiente foi o fluido utilizado para simular o aço líquido a 1600 °C, de forma a obedecer às similaridades geométricas, cinéticas e dinâmicas de acordo com os números adimensionais de Froude e Reynolds (HEASLIP, 1983).



Figura 1 – Modelo do distribuidor

Um sistema hidráulico foi utilizado para reproduzir as condições de operações usuais da indústria, que envolvem diferentes vazões de aço de entrada pela panela e de saída para os veios de acordo com o decorrer da operação de troca de panela. Sensores de condutividade foram instalados no veio central e em um veio lateral (por motivos de simetria) para medir as variações decorrentes da diferença de condutividade de cada qualidade de aço simulada.

O procedimento para a realização do ensaio, de acordo com SCHADE (1996, p. 99), consiste em preencher o modelo do distribuidor com água até o "nível de trabalho" e regular as vazões de entrada e saída de acordo com as típicas condições de lingotamento no trabalho a regime constante (ver tabela 1). A entrada é então fechada, permitindo a drenagem do distribuidor até o "nível de troca". Neste momento, as válvulas dos veios de saída são fechadas e é adicionado no volume de água do modelo 80 ml de HCl 40 %. É realizada a homogeneização da solução e o valor da condutividade neste instante em cada veio é considerado o valor base. A entrada é re-aberta e ajustada ao valor de re-enchimento juntamente com a saída ao valor de velocidade reduzida de lingotamento, permitindo que a nova corrida (água potável) seja introduzida na antiga corrida (solução ácida). Ao mesmo tempo, o sistema de aquisição de dados via PC é ativado, gravando as variações nos sensores dos veios e gerando um gráfico da condutividade pelo tempo que é convertido em concentração por meio de uma curva de calibração. As velocidades voltam aos valores normais no momento em que o "nível de trabalho" é restabelecido.

A mistura nos veios, abaixo da posição do menisco, não está sendo considerada neste trabalho no momento de abertura na nova panela (HUANG, 1993, p. 389). Essa pode ocorrer quando parte do escoamento, em fluxo turbulento, penetra profundamente na parte líquida central do tarugo gerando mistura de qualidades de aço.

A condição de lingotamento simulada foi a produção de tarugos com seção quadrada de 150 mm e produção em três veios. A velocidade de lingotamento nominal por veio é de 2,20 m/min no ritmo normal e no re-enchimento é de 1,6 m/min.

Tabela 1 – Listagem dos parâmetros experimentais

Parâmetros experimentais do modelo físico	
Vazão normal de entrada	9 m ³ /h
Vazão normal de saída por veio	3 m ³ /h
Nível normal de trabalho do distribuidor	0,76 m
Nível de troca do distribuidor	0,21 m
Vazão de re-enchimento do distribuidor	25 m ³ /h
Vazão reduzida de saída por veio	2,2 m ³ /h

Os valores de condutividade, convertidos em concentração, são tornados adimensionais mediante a expressão (1) apresentada por THOMAS, 1997, p. 90:

$$C = \frac{F(t) - F(a)}{F(n) - F(a)} K K \quad (1)$$

Onde:

$F(t)$ é a fração do dado elemento ao longo do tempo t

$F(a)$ e $F(n)$ são as frações deste elemento medido na antiga e na nova qualidade respectivamente.

O uso da equação 1, faz com que todas as concentrações variem entre a concentração da velha qualidade de 0 e a concentração da nova qualidade de 1 e isso permite que todos os elementos sejam avaliados da mesma maneira. Foi selecionada uma variação de composição similar ao que seria encontrado em uma transição de um aço ABNT 1070 para um ABNT 1018. Nesta transição o elemento que apresenta a maior variação relativa é o carbono conforme apresentado na Tabela 2.

Este modelo, representado pela equação 1, encontra a variação de concentração ao longo do tempo. Em função da velocidade de lingotamento e da forma do tarugo o tempo é convertido em metros de tarugo lingotado e o resultado pode ser apresentado em uma curva concentração em função da metragem de tarugo.

A definição da posição crítica, isto é, da fração de mistura que está fora da composição é dada pelos limites de composição das qualidades escolhidas (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição das corridas consideradas

Faixa de composição do carbono (%)	
Antiga Corrida (ABNT 1070) 0,65-0,75	Nova Corrida (ABNT 1018) 0,15-0,20

Resultados e discussões

A Figura 2 apresenta a variação de concentração adimensional em função do comprimento lingotado, calculada pela equação 1, para tarugos quadrados de 150mm*150mm e velocidade de lingotamento variando entre 1,6 e 2,2m/min. Ela mostra que a composição química comprometida por mistura para os veios laterais e central, corresponde a 5,36 m para os veios laterais e 5,33m para o veio central. Os dados mostraram reprodutibilidade nos vários testes que foram realizados sob as condições anteriormente listadas.

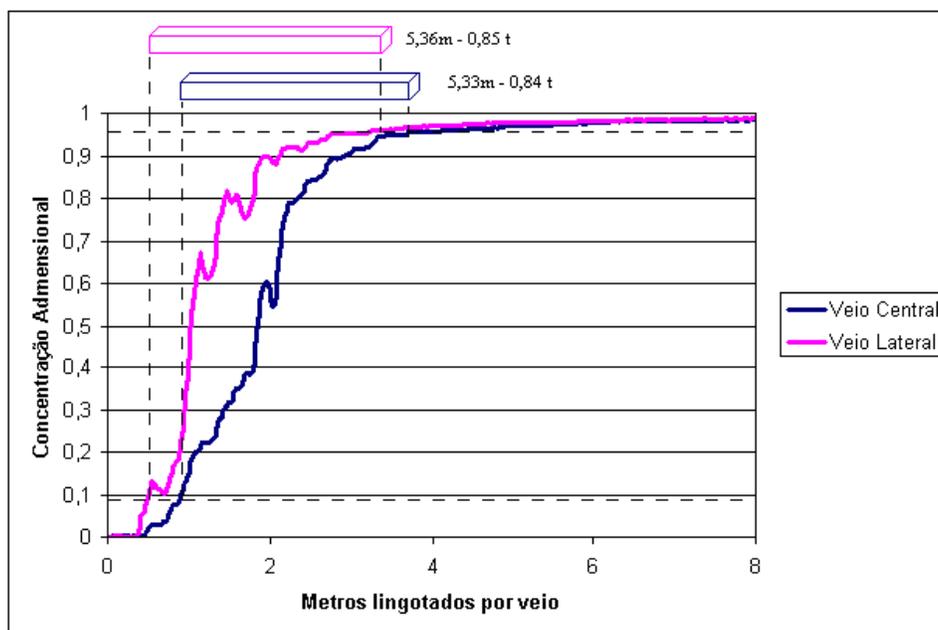


Figura 2 – Composição e faixa de mistura predita pelo modelo físico

Por estar trabalhando com produção nos três veios, a metragem total do descarte por mistura no distribuidor é de 16,02 m (2,53 t).

Os resultados mostraram que os veios laterais tiveram sua concentração alterada em um menor intervalo de comprimento quando comparado com o veio central, apesar da distância da válvula de entrada ser maior. O motivo deste comportamento deve-se ao fato de o controlador de fluxo utilizado no distribuidor ter furos direcionados para os veios laterais (aumentando a mistura naquela região) e não para o veio central.

Conclusões

Neste estudo não foi variado nenhum parâmetro operacional de lingotamento para encontrar a situação ideal, apenas buscou-se uma estimativa da extensão da mistura que compromete a classificação dos aços por composição química nas condições usuais de trabalho na planta e na mais simples estratégia de troca de panela.

O resultado de uma estimativa de descarte de 16,02 m nos mostra o quanto, no mínimo, deve ser sucateado de aço por mistura no distribuidor para os três veios.

Agradecimentos

À Gerdau Aços Finos Piratini pelo contínuo apoio ao LASID no desenvolvimento de conhecimento tecnológico em siderurgia.

Bibliografia

1. MAZUMDAR, D.; GUTHRIE, R. I. L. The physical and mathematical modelling of continuous casting tundish systems. *ISIJ International*, v. 39, n. 6, p. 524-547. 1999.
2. THOMAS, B. G. Modeling study of intermixing in tundish and strand during a continuous-casting grade transition. *ISS Transactions*, v. 24, n. 12, p. 83-96. 1997.
3. HUANG, X.; THOMAS, B. G. Modeling of steel grade transition in continuous slab casting processes. *Metallurgical Transactions B*, v. 24B, n. 2, p. 379-393. 1993.
4. HEASLIP, L. J.; McLEAN; SOMMERVILLE, I. D. Continuous casting, chemical and physical interactions during transfer operations. *ISS*, v. 1, p. 67-84. 1983.
5. SCHADE, J; SMITH, M. P.; PALMER, S. E. Doubling tundish volume at AK Steel's Middletown Works: Structural criteria, design considerations and operating results. *I&SM*, p. 93-103. 1996.

Abstract

In the continuous casting of dissimilar steel grades, during the ladle change operation, a reasonable amount of steel is downgraded or scrapped by mixing in the tundish. The objective of this work is to identify the extent of the mixing, to minimize the yield losses. A tundish water model will simulate that operation. The old steel grade will be simulated by water with a premeasured quantity of HCl 40% and the new grade with plain water. The tundish, with the first steel grade, will be drained at the ladle open level with constant casting velocity. Matched the ladle open level, the velocity will be reduced and started the refilling of the tundish to the work level. In the tundish outlet stream, conductivity cells will be used to measure the concentration change as function of time. The results will indicate the amount of steel that must be downgraded in the tundish configuration tested.

Key- words: Intermixing, grade change, physical modelling