

# MÉTODO PRÁTICO PARA AVALIAÇÃO DO TEOR DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM AÇOS MÉDIO MANGANÊS PRODUZIDOS EM FORNOS DE INDUÇÃO

## PRACTICAL METHOD FOR EVALUATING THE OXYGEN CONTENT DISSOLVED IN MEDIUM MANGANESE STEEL PRODUCED IN INDUCTION FURNACE

K. V. S. DAMIN<sup>1</sup>, A. P. GONSALEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Brasil

<sup>2</sup> Spilrod, Brasil

E-mail: kelivsd@gmail.com

### *article info*

Article history:

Received 2017-09-04

Accepted 2017-11-20

Available online 2017-12-20

**PALAVRAS-CHAVE:** Oxigênio dissolvido; Fundição; Defeitos de fundição.

**KEYWORDS:** Dissolved oxygen; Foundry; Foundry defects.

**RESUMO:** *O forno a indução nas últimas décadas ganhou espaço na produção de aços fundidos, pela sua versatilidade e capacidade de derreter os mais variados tipos de liga. Este trabalho procura estabelecer padrões internos para a elaboração de aços médio manganês, produzidos em forno a indução, aliando métodos práticos de análise com os resultados obtidos através de análise química quantitativa, garantindo assim, a produção de um metal com padrão constante. Para tanto análises do teor de oxigênio foram feitas em várias etapas (fusão, correção, bloqueio e vazamento) e seus resultados comparados com cálculos teóricos e práticos para verificar suas correlações.*

**ABSTRACT:** *With The induction furnace in recent decades there was increase in the cast steel production, for your versatility and capacity of melting more varied types alloy. This paper aim to establish internal standards for drafting medium manganese steel produced in induction furnace, combining methods analysis of practical with the results obtained by quantitative chemical analysis, ensuring so, the production metal of with constant pattern. Therefore analyzes of oxygen were made in several stages (fusion, rectification, blocking and leakage) and the results are compared with theoretical calculations and practical to verify their correlations.*

## 1. INTRODUÇÃO

A literatura técnica de elaboração de aços está voltada ao refino e a desoxidação do metal nos processos de forno a arco e convertedores. Finardi (1993) em seu estudo mostrou o efeito dos diferentes processos de fabricação no teor final de gases.

No forno a indução as etapas de refino deixaram de existir e desta forma a hereditariedade das cargas, bem como, variações no processo de fusão que podem acarretar o acúmulo de elementos nocivos ao aço que irão prejudicar a qualidade do metal e sendo até mesmo responsáveis por refugos na produção. Entre esses elementos nocivos, que antes eram removidos pelo refino e agora não o são, está o oxigênio.

Na prática é complicado, demorado e de alto custo o monitoramento dos teores de oxigênio. Com o intuito de resolver esse problema foi testada uma nova técnica para fazer essas avaliações de forma a comparar com os controles práticos disponíveis. Desta forma este trabalho procura estabelecer padrões internos para a elaboração de aços médio manganês, produzidos em forno a indução, aliando métodos práticos de análise com os resultados obtidos através de análise química quantitativa, garantindo assim, a produção de um metal com padrão constante.

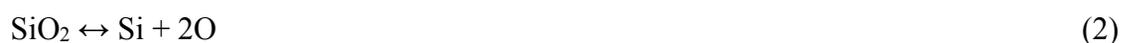
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Em um forno a indução foi efetuado a fusão de quatro cargas (corridas) de aço médio manganês (~ C 0,30% Si 0,50% Mn 1,60%). Amostras foram retiradas nas etapas de fusão, correção, bloqueio e vazamento. A análise da composição química das amostras foi realizada por meio de um espectrômetro de emissão óptica e a análise do teor de oxigênio foi realizada em um analisador de gases. Com o resultado das análises químicas de cada etapa foi calculado o teor de oxigênio teórico dissolvido no banho, utilizando para isso o teor de silício e considerando as reações metalúrgicas que ocorrem no forno de acordo com as Reações 1 e 2 e Equações 1, 2, 3 e 4, onde T é a temperatura do metal.



$$\text{Log } K \left( \frac{\text{Si}}{\text{Fe}} \right) = \left( \frac{14775}{T} \right) - 6,34 \quad (1)$$

$$K = \frac{[\% \text{SiO}_2]}{[\% \text{Si}] \cdot [\text{FeO}]^2} \quad (2)$$



$$\text{Log } K (\text{Si}) = \left( -\frac{31100}{T} \right) + 12,00 \quad (3)$$

$$K = \frac{([\% \text{Si}] * [\% \text{O}_2])}{[\% \text{SiO}_2]} \quad (4)$$

Junto com cada amostra para a composição química e análise de gases também foi produzido um corpo de prova coletando o metal líquido diretamente do forno e vazado num molde de areia (Figura 1). Estes corpos de prova foram produzidos com o intuito de avaliar as condições do metal do forno, após o resfriamento completo do metal, observando-se se ocorreu rechupe ou inchamento do mesmo.

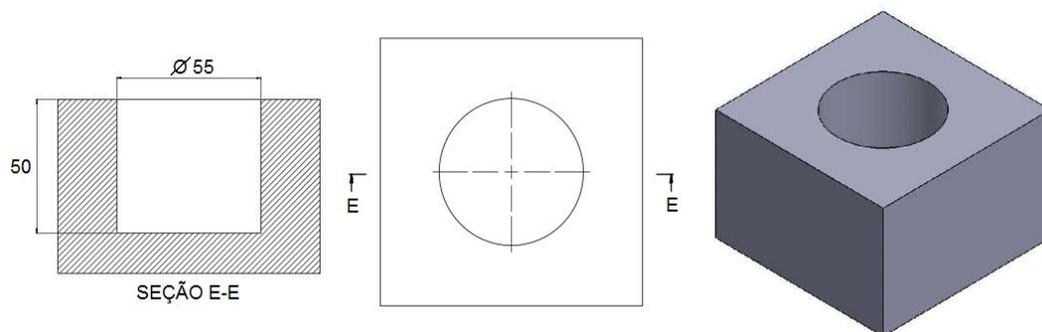


Figura 1 – Molde do corpo de prova (unidades em mm).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de oxigênio real e teórico são mostrados na Figura 2. Os valores reais correspondem a aqueles obtidos pelo analisador de gases e o teórico é proveniente de cálculos (acima mostrados) a partir do teor de silício presente na amostra. Os valores teóricos calculados encontraram-se, na maioria dos casos, acima dos valores reais, entretanto apresentaram a mesma tendência no grau de oxidação.

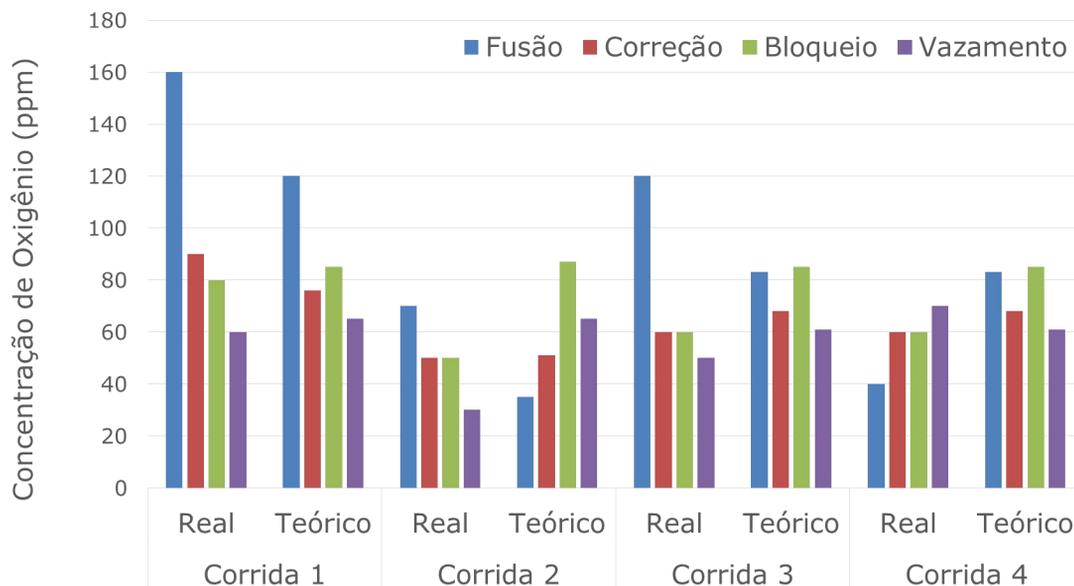


Figura 2 - Comparativo entre os valores de oxigênio: real x teórico para todas as corridas estudadas.

A Figura 3 correlaciona os corpos de prova obtidos nas diversas etapas com os percentuais de oxigênio real encontrado. Pode-se observar que há tendência de inchamento da amostra com teores de oxigênio acima de 100 ppm, e o início de rechupe com valores

abaixo de 80 ppm. Desta forma com este processo de visualização do inchamento ou do início de rechupe do corpo de prova é possível definir de maneira simples a condição do aço líquido processado, antes de seu vazamento.

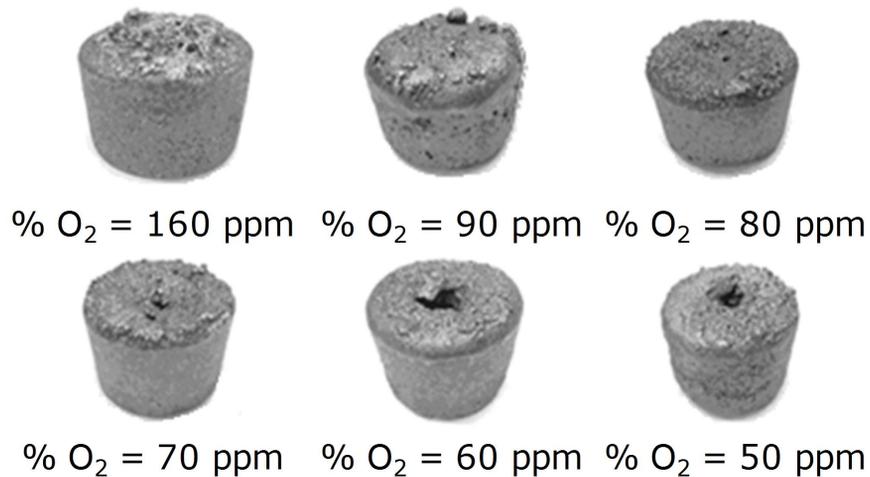


Figura 3 - Corpos de prova obtidos na etapa de bloqueio do metal.

## 5. CONCLUSÕES

A análise visual dos corpos de prova retirados do forno mostrou-se uma forma rápida e confiável para avaliar a condição do metal líquido sem haver a necessidade de análises mais sofisticadas.

## REFERÊNCIAS

FINARDI, J. Refino e Desoxidação de Aço Destinado a Peças fundidas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FUNDIÇÃO, 2., 1993, São Paulo. **Anais ABIFA - Conaf 93**, São Paulo: ABIFA, 1993. p. 249-259.