

MELHORANDO LIMPIDEZ DE AÇOS ATRAVÉS DA PRÁTICA DE DESOXIDAÇÃO NO VAZAMENTO DO FORNO ELÉTRICO A ARCO¹

Rafael Coura Giacomin²

Takeshi Fujii³

Antônio Francisco Martins Barreto⁴

Taciana Fernandes Braz⁵

Resumo

A aciaria da Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil (VSB) entrou em operação em agosto de 2011 para produzir barras redondas com 270 mm, 310 mm e 406 mm de diâmetro, que são usadas para laminação de tubos petrolíferos sem costura OCTG (*Oil Country Tubular Goods*) e *Line Pipe*. Estes são usados para proteção e condução de óleo e gás, de acordo com as normas API 5L e 5CT. A limpidez do aço tem importância para garantia de propriedades dos tubos. Para melhorar a limpidez, com ênfase em série fina de alumina (de acordo com ASTM E45), um estudo sobre melhor relação de desoxidantes (CaC_2 e Al) e ordem de adição de desoxidantes, fundentes, carburantes e ferroligas foi realizado no Forno Elétrico a Arco da VSB. Os resultados mostram melhorias na oxidação da escória, rendimento de Al e, por consequência, limpidez do aço.

Palavras-chave: Limpidez; Desoxidação; Vazamento; FEA; VSB.

IMPROVING STEEL CLEANLINESS THROUGH DEOXIDATION PRACTICE ON EAF TAPPING

Abstract

Vallourec & Sumitomo Tubos do Brasil's (VSB) steelmaking plant started operating on August 2011 to produce 270 mm, 310 mm and 406 mm diameter round bars that are used to roll seamless petroleum tubular OCTG (*Oil Country Tubular Goods*) and *Line Pipe* products. Those are used on casing and conducting oil and gas, attending API 5L and 5CT standards. Steel cleanliness plays an important role on properties of tubes. To improve steel cleanliness with emphasis on alumina thin series (according to ASTM E45), a study on better deoxidants (CaC_2 and Al) ratio and addition moments of deoxidants themselves, fluxing agents, carburizers and ferroalloys was held on VSB's Electric Arc Furnace. Results show improvements on slag oxidation, Al yield and, as a consequence, steel cleanliness.

Key words: Cleanliness; Deoxidation; Tapping; EAF; VSB.

¹ Contribuição técnica ao 44º Seminário de Aciaria – Internacional, 26 a 29 de maio de 2013, Araxá, MG, Brasil.

² Engenheiro Químico, Engenheiro de Controle de Qualidade Siderurgia, VSB, Jeceaba, Brasil.

³ Mestre em Eng. Metalúrgica, Gerente de Controle de Qualidade Siderurgia, VSB, Jeceaba, Brasil.

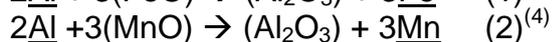
⁴ Mestre em Engenharia Metalúrgica, Consultor Siderurgia VSB, AB Consultoria, Jeceaba, Brasil.

⁵ Técnica em Metalurgia, Técnica de Controle de Qualidade Siderurgia, VSB, Jeceaba, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Durante a desoxidação dos aços acalmados ao alumínio, a reação entre alumínio e oxigênio produz inclusões de alumina (Al_2O_3). A maioria dessas inclusões é capaz de flotar até a escória por diferença de densidade, mas quanto menores as inclusões, mais difícil é para as mesmas flatarem.⁽¹⁾

Quando se trata de limpidez de aços, outro importante tópico é manter a proporção $\text{FeO}+\text{MnO}$ baixa na escória (<2,0%)^(2,3) para mantê-la desoxidada. Altos teores de $\text{FeO}+\text{MnO}$ podem fazer com que elementos de liga do aço – por exemplo, Al – reajam (conforme mostrado abaixo nas Reações 1 e 2) e formem inclusões principalmente durante tratamento de refino secundário.



Quantidades elevadas de inclusões no aço podem causar perda de propriedades⁽⁵⁾ em produtos de alta qualidade, como tubos de aço sem costura para óleo e gás, portanto é importante desenvolver uma prática de desoxidação que previna oxidação da escória, diminua formação de inclusões e aumente a capacidade de absorção de inclusões pela escória.

A absorção de inclusões tem relação com a viscosidade e a reação do carbetto de cálcio (CaC_2) com FeO e MnO de uma escória oxidada produz CO , que faz com que a escória espume e, dessa forma, haja um aumento da viscosidade aparente.⁽⁶⁾

Com objetivo de melhorar a limpidez do aço e a oxidação da escória, uma série de testes para atingir a melhor relação de desoxidantes (CaC_2 e Al) foram feitos durante o vazamento do FEA.

2 MÉTODO

O experimento consiste em mudar a relação dos desoxidantes e ordem de adição durante vazamento, seguido de monitoramento da limpidez do aço através do parâmetro B série fina (Al_2O_3), de acordo com a norma ASTM E45.⁽⁷⁾

Para se chegar à relação de desoxidantes a serem testadas levou-se em consideração a desoxidação do oxigênio medido no aço logo antes do vazamento e desoxidação da escória carregada para a panela (estimativa), objetivando-se um alumínio residual após vazamento de 0,010%.

A relação de desoxidantes pode variar de acordo com o oxigênio medido logo antes do vazamento, porém os modelos padrões testados são mostrados na Tabela 1 (valores mostrados em %peso de desoxidantes).

Tabela 1. Modelos de relação de desoxidantes (%peso)

Modelo	Relação de Desoxidantes	
	Al	CaC_2
Modelo 1	100%	0%
Modelo 2	20%	80%
Modelo 3	30%	70%

Os modelos de ordem de adição testados são mostrados na Tabela 2 com os tipos de materiais a serem adicionados em cada momento na panela durante vazamento do Forno Elétrico a Arco (FEA). Esses modelos foram propostos de forma a obter uma desoxidação primária com formação de CaO (usando o CaC_2) e diminuição da formação de Al_2O_3 .

Foram feitos quatro grupos de testes com Modelo 1 (Testes 1 a 4), um com Modelo 2 (Teste 5) e três com Modelo 3 (Testes 6 a 8).

Tabela 2. Modelos de ordem de adição

Ordem de Adição	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
1	Ferroligas	Desoxidantes 1	Desoxidantes 1
2	Fundentes	Ferroligas	Ferroligas
3	Desoxidantes	Carbono	Carbono
4	-	Fundentes	Fundentes
5	-	Desoxidantes 2	Desoxidantes 2

3 RESULTADOS

O critério escolhido para um tipo de tubo sem costura requer Série Fina de Al_2O_3 abaixo de 2,5 segundo ASTM E45,⁽⁷⁾ porém o objetivado é 2,0 para aços padrão e 1,0 para aços com exigências mais restritas.

Os resultados de micropureza são mostrados na Figura 1. O Modelo 1 foi usado nos grupos de testes 1 a 4, Modelo 2 usado no grupo de teste 5 e o Modelo 3 foi usado nos grupos de testes 6 a 8. Para essa análise, somente aços não desgaseificados foram considerados.

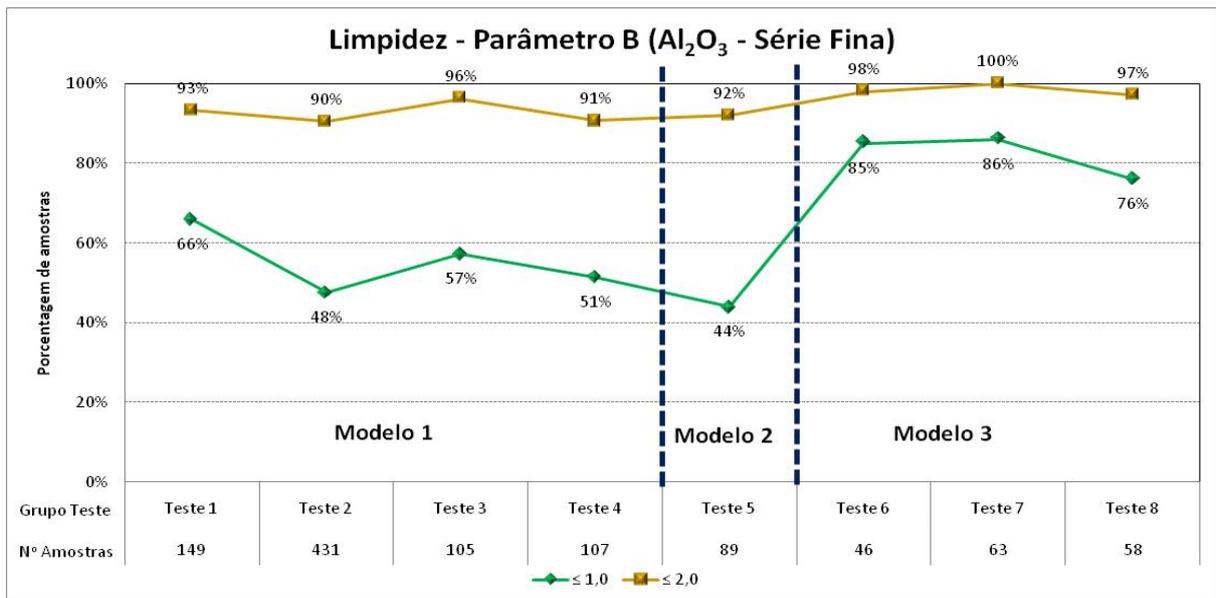


Figura 1. Resultados de limpeza para os três modelos.

Como melhoria real foi observada somente com o uso do Modelo 3, alguns parâmetros foram comparados entre esse modelo e o Modelo 1. Essa comparação é mostrada na Tabela 3.

Tabela 3. Comparação entre Modelos 1 e 3

Parâmetro	Modelo 1	Modelo 3
Consumo total de alumínio (kg/t)	1,50	0,88
Rendimento de alumínio (%)	23	33
Alumínio oxidado no Forno Panela (kg/t)	0,23	0,09
FeO+MnO na primeira amostra do Forno Panela (%)	2,4	0,8
Oxigênio Total em amostra do Lingotamento Contínuo (ppm)	18	16

4 DISCUSSÃO

Pela análise de Figura 1, percebe-se que o uso do Modelo 2 não mostrou nenhuma melhoria em relação ao Modelo 1, pois ambos apresentam apenas cerca de 50% das amostras com valores de Série Fina Al_2O_3 (ASTM E45¹) abaixo de 1,0 e cerca de 92% abaixo de 2,0.

O Modelo 3 mostrou os melhores resultados, com 80% das amostras abaixo de 1,0 e 99% do número de amostras abaixo de 2,0. Também é importante salientar que desde o início do uso do Modelo 3, todos resultados ficaram abaixo de 2,5. Sendo assim, esse modelo começou foi padronizado.

Como se pode observar, o consumo total de Al caiu de 1,50 kg/t para 0,88 kg/t, assim como o rendimento do mesmo aumentou de 23 para 33%. O alumínio oxidado no forno panela (Al adicionado não dissolvido no aço) caiu de 0,23 kg/t para 0,09 kg/t. Esses resultados confirmam a informação da Figura 1, pois quanto menor o consumo de Al (em conjunto com maior rendimento e menor quantidade oxidada no Forno Panela), menor será o número de inclusões de Al_2O_3 no aço.

Houve uma significativa melhoria do FeO+MnO na primeira amostra de escória do Forno Panela. Esse resultado é muito importante para impedir a reoxidação do aço (Reações 1 e 2) e, com isso, diminuir a formação de inclusões.

A melhoria no oxigênio total – ainda que pequena (2 ppm) – mostrada no Tabela 3 está em concordância com a Figura 1, pois esse parâmetro (oxigênio total) tem uma correlação direta com o nível inclusional (Figura 2). Portanto quanto menor o oxigênio total, menor a quantidade de inclusões.

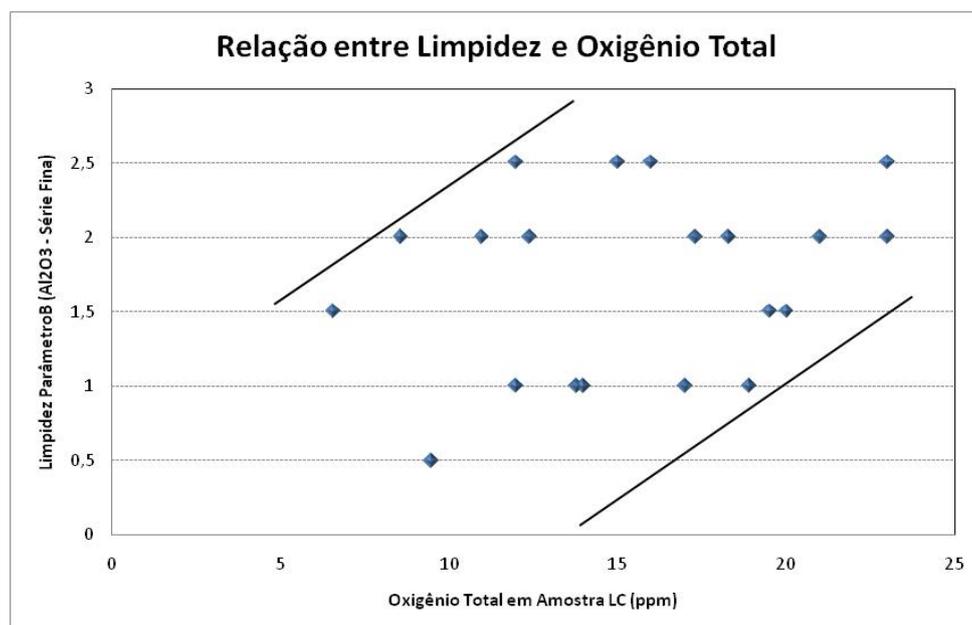


Figura 2. Relação entre oxigênio total e limpeza.

Um monitoramento da distribuição de oxigênio total foi feito em barra para saber o atendimento à especificação <30 ppm. Dez análises foram feitas em pontos ao longo do topo à base e esquerda à direita de uma amostra transversal (Figura 3).

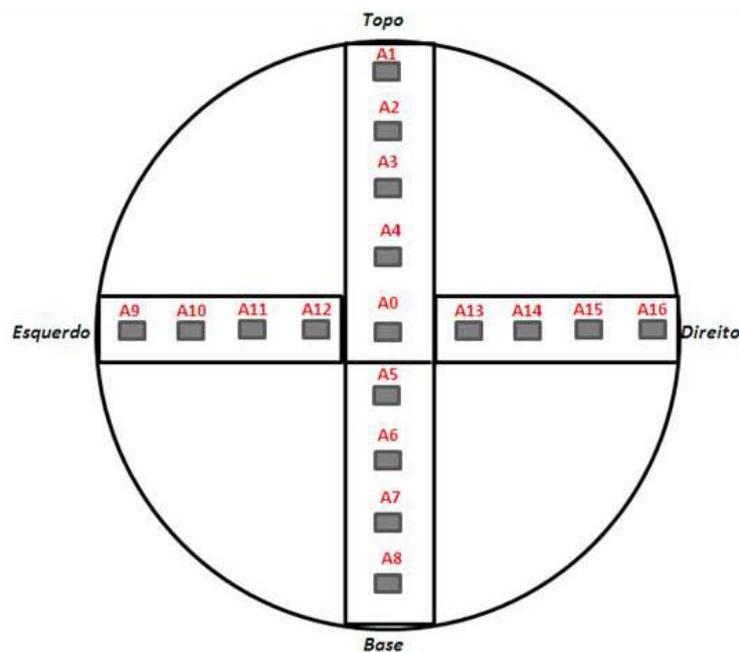


Figura 3. Esquema de amostragem para análise de oxigênio total em barra.

Os resultados dessas análises são mostrados nas Figuras 4 (topo à base) e 5 (esquerda à direita). O oxigênio total, tanto para topo à base como para esquerda à direita, ficou abaixo de 10 ppm, atendendo muito bem a especificação, além de não apresentar segregação significativa. Isso reforça a comprovação da limpidez do aço produzido usando o Modelo 3 de adição de desoxidantes.

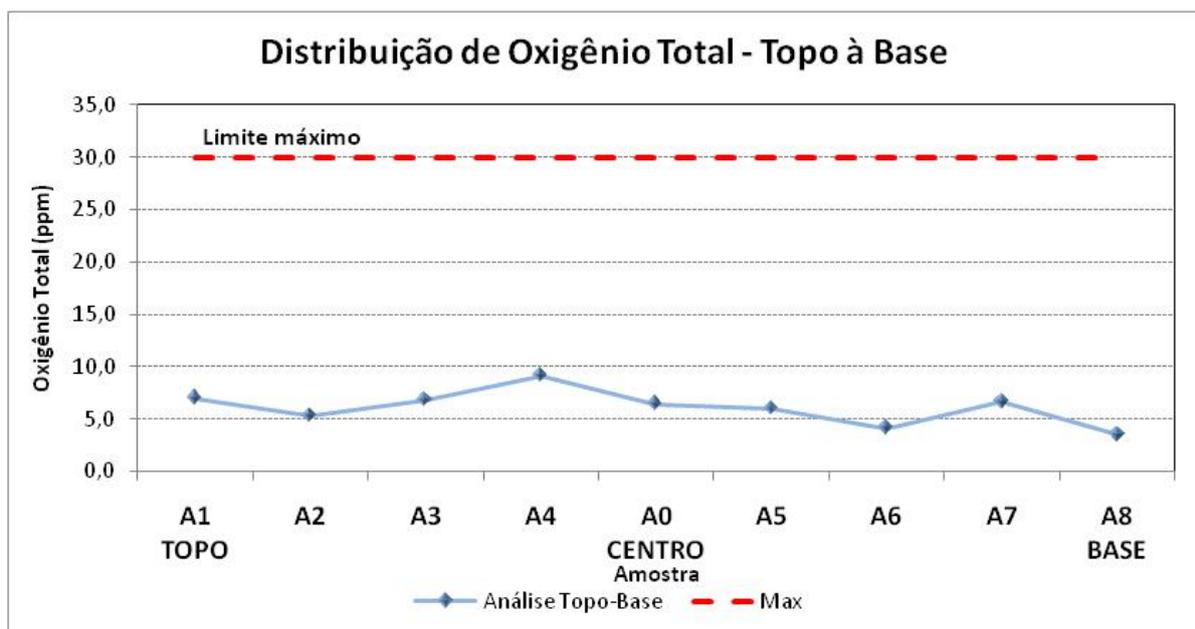


Figura 4. Oxigênio total em barra – topo à base.

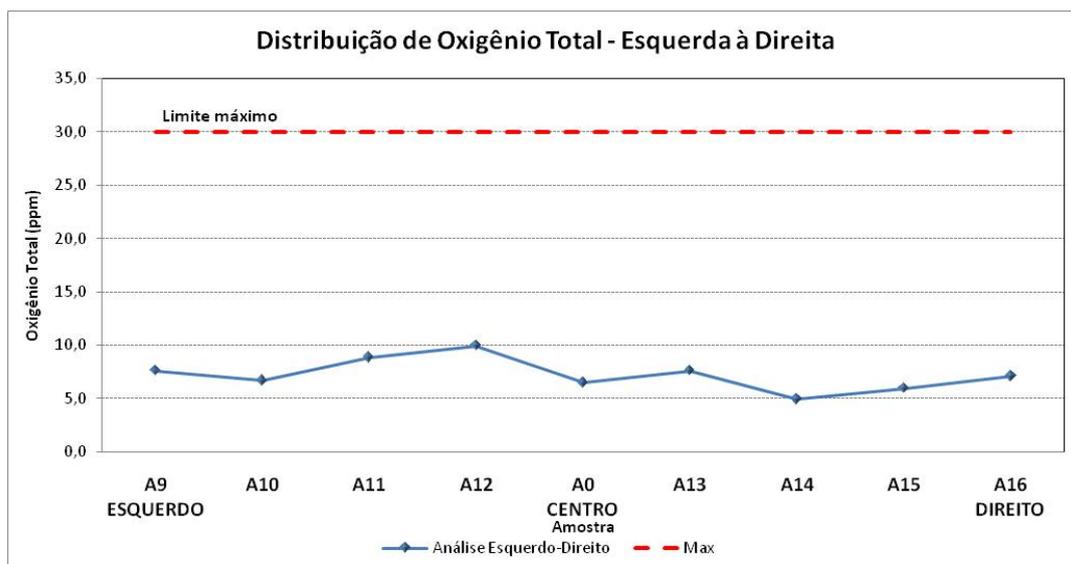


Figura 5. Oxigênio total em barra – esquerda à direita.

5 CONCLUSÃO

O Modelo 3 de adição de desoxidantes provou ser o melhor dos testados. Foi possível melhorar a qualidade do aço trabalhando parâmetros no FEA. A relação de desoxidantes e a ordem de adição na panela durante vazamento (Tabelas 1 e 2) tem papel importante na limpidez do aço, rendimento de alumínio e oxidação do aço e escória.

Agradecimentos

Equipes de Produção e Controle de Qualidade da Aciaria, Laboratórios Químico e Mecânico da VSB.

Hevelton Marcelino de Araújo (Techsteel) pela ajuda na aquisição de dados.

REFERÊNCIAS

- 1 SÖDER, M.; Growth and Removal of Inclusions During Ladle Stirring. Department of Materials Science and Engineering – Division of Metallurgy – Royal Institute of Technology, Stockholm, 2001, p. 16 (1-21).
- 2 LULE, R., LÓPEZ, F., HERNÁNDEZ, D., MORALES, R.D.; Calcium Carbide as a Deoxidant During The EAF Tapping in Mittal Steel Lázaro Cárdenas to Improve the Aluminum Yield. AISTech 2006 Proceeding – Volume 1, p.555-558.
- 3 ZHANG, L., THOMAS, B.G., WANG, X., CAI, K.; Evaluation and Control of Steel Cleanliness – Review. 85th Steelmaking Conference Proceedings, ISS – AIME, Warrendale, PA, 2002 p. 431-452.
- 4 SCHWERTFEGGER, K.; Control of Oxide Content in Continuously Cast Steel. Clean Steel Workshop, Carbox, Rezende, RJ, 2009, p. 41.
- 5 ZHANG, L., THOMAS, B.G.; Inclusions in Continuous Casting of Steel. XXIV National Steelmaking Symposium, Morelia, Mich, Mexico, 2003, p. 138-183.
- 6 CAMPOS, A.A., LANA A.B., CAVALIERI, E.S., ATHAIDE Jr., J.D.G., PINTO, J.E., ANK, J.G., FERREIRA, N.S., TEIXEIRA, O.A.C., MARTINS, R.; Desoxidação e Dessulfuração dos Aços Carbono e Ligados com a Utilização de CaC₂. 39º Seminário de Aciaria – Internacional, 12 a 16 de maio de 2008, Curitiba, PR, p. 616-626.
- 7 ASTM International. Standard Methods for Determining the Inclusion Content of Steel. E45 – 11a. West Conshohocken, PA, 2011, p. 1-19.