

DESENVOLVIMENTO DE AÇOS ULTRA BAIXO CARBONO ESTABILIZADOS AO TI NA CST ARCELOR BRASIL PARA APLICAÇÃO AUTOMOBILÍSTICA ¹

Paulo Sérgio Bringhenti Lascosqui ²
Flávio José Saraiva Rodrigues ³

Resumo

Nos recentes anos a indústria automobilística tem sido marcada pela modernização contínua dos projetos dos automóveis, com exigências crescentes quanto à durabilidade, segurança, estética, consumo de combustível e custo. Dentro deste contexto, vem se aumentando, significativamente, a demanda de novas classes de aços com propriedades restritas quanto à resistência a corrosão, resistência a impactos e indentação, qualidade superficial e estampabilidade. A elevação da estampabilidade do aço depende fortemente da utilização de reduzidos teores de residuais, principalmente carbono e nitrogênio, e da sua limpidez, a qual é influenciada diretamente pelos baixos níveis de inclusões. Visando suprir a demanda deste mercado, a CST vem desenvolvendo em sua aciaria, uma série de práticas especiais para produção de aços Ultra Baixo Carbono (UBC) com baixos teores de Carbono (< 20 ppm). Controles especiais foram adotados na aciaria CST Arcelor Brasil, desde o vazamento até o lingotamento, para o atendimento deste objetivo. Este trabalho apresenta as principais ações para o controle dos teores de Carbono, bem como desenvolvimentos realizados para minimizar o custo de produção dos aços ultra baixo carbono, mantendo os requisitos de qualidade do produto final, principalmente quanto às propriedades mecânicas e qualidade superficial.

Palavras-chave: Aço; Indústria automobilística; Elementos intersticiais; Redução de custo.

DEVELOPMENT OF TI ESTABILIZED ULTRA LOW CARBON GRADES FOR AUTOMOTIVE APPLICATIONS AT CST ARCELOR BRASIL

Abstract

The automotive industry has been marked by a continuous modernization, with an increasing demand for safety and durability, associated with lower fuel consumption and reduced cost. In this context, the demand for new steel grades has increased, restricting properties regarding to corrosion and indentation resistance, as well as of impact resistance, improved drawability and surface quality. The drawability is strongly dependent on low levels of interstitial elements, such as carbon and nitrogen, and also steel cleanliness, which are highly influenced by the level and size of non-metallic inclusions present in the solidified product. In order to fulfill these requirements, CST Arcelor Brasil has been developing special procedures for the production of ultra low carbon steels (ULC), with low contents of carbon (< 20 ppm). Special procedures have also been used to guarantee this target during all the stages of steelmaking, encompassing the tapping from converter until the end of slab casting. This paper presents the main actions taken at CST Arcelor Brasil aiming the carbon control, as well as the procedures for decrease production cost with keeping mechanical properties ULC grades for automotive applications.

Key words: Ultra low carbon steel; Automotive steel; Interstitial elements; Cost reduction.

¹ Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.

² Membro da ABM, Engenheiro Metalúrgico, MSc, Especialista de Controle Técnico do Aço da CST.

³ Membro da ABM, Engenheiro Metalúrgico, MSc, Especialista de Desenvolvimento de Produto da CST.

1 INTRODUÇÃO

Os aços ultra baixo carbono (UBC) têm uma grande importância para a produção de partes complexas para indústria automobilística com excelente balanço entre nível de resistência mecânica e conformabilidade.

Dois grupos diferentes de aços ultra baixo carbono podem ser caracterizados para utilização aplicação na indústria automobilística.

O primeiro grupo é representado pelo Aço IF (interstitial free). Para este material o teor de carbono e nitrogênio deve ser completamente combinado com titânio ou nióbio (estabilização simples), ou com ambos, titânio + nióbio (estabilização dupla). O nível elementos elevadores da resistência mecânica em solução sólida deve ser o menor possível para que as propriedades do produto sejam atingidas com alta conformabilidade e qualidade superficial.

O segundo grupo é representado pelos aços Bake Hardening (BH), no qual as adições de titânio, nióbio ou a combinação de ambos são utilizados para a estabilização parcial do carbono. Os aços BH são caracterizados por excelentes propriedades mecânicas, principalmente em relação ao alto nível de resistência à tração, a qual é obtida após a pintura da peça final. Para isto, é necessário a otimização da composição química e dos parâmetros de processo durante a produção dos aços BH.⁽¹⁾

2 AÇOS IF (INTERSTITIAL FREE) ESTABILIZADO AO TITÂNIO

Devido a excelente conformabilidade, os aços IF são amplamente utilizados em inúmeras aplicações, especialmente para peças automobilísticas. A maioria dos aços são estabilizados ao titânio e diferentes autores vêm estudando a influência dos teores de carbono, nitrogênio, enxofre e titânio no comportamento do aço IF.

O controle da precipitação do TiN, $Ti_4C_2S_2$ e TiC ocorrem a altas temperaturas durante vários estágios da operação da laminação a quente tais como reaquecimento, desbastamento e acabamento, e este controle é extremamente importante para se atingir baixos níveis de resistência e alta conformabilidade (valores r e n).⁽²⁻⁵⁾

Os solutos intersticiais no aço deterioram a estampabilidade profunda e causam problema de envelhecimento. Por esta razão, a eliminação dos solutos de carbono e nitrogênio é essencial produção de aços com conformabilidade superior e excelente qualidade superficial.

Para atingir os requisitos do cliente para incrementar a conformabilidade é importante o fornecimento de material como os aços IF com reduzido teor de titânio.

Os aços para estampagem profunda e estampagem extra profunda são aços IF estabilizados ao titânio onde os parâmetros de processo e composição química são rigidamente controlados.

O nível de conformabilidade está diretamente correlacionado a quantidade de titânio adicionada ao aço, o qual deve ser suficiente para remover todo carbono e nitrogênio da matriz ferrítica. Em adição a este fenômeno o percentual dos elementos residuais, tais como carbono, nitrogênio, enxofre e fósforo devem ser rigidamente controlados em valores restritos, utilizando práticas controladas na dessulfuração do gusa e no tratamento no refino secundário.

Nos aços IF estabilizados ao titânio, o percentual estequiométrico para ser combinado com o carbono é determinado como segue:

$$[\text{Ti}]_{\text{eff}} = [\text{Ti}] - (48/14) [\text{N}] - (48/32) [\text{S}]$$

A influência do Ti_{eff} na conformabilidade (valor r), do produto final é ilustrada na Figura 1.

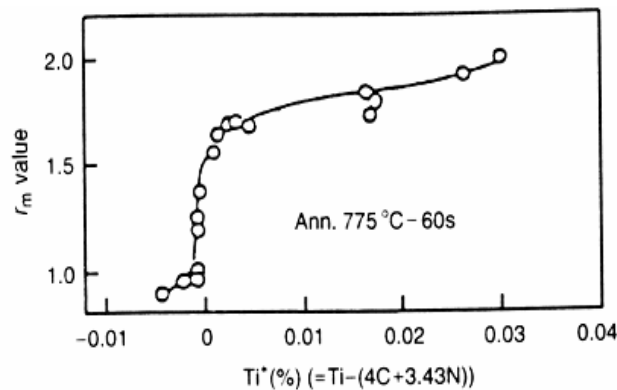


Figura 1 - Influência do Ti_{eff} (Ti^*) no valor r .

3 DESENVOLVIMENTO DE AÇOS UITRA BAIXO CARBONO (C < 20 PPM)

Com o objetivo de se atender à demanda da indústria automobilística por aços de elevada conformabilidade e visando redução do custo de produção, várias práticas operacionais foram estudadas e desenvolvidas pela CST Arcelor Brasil.

A distribuição de carbono que era obtida na CST Arcelor Brasil até o ano de 2004 está ilustrada na Figura 2. A análise do percentual de carbono é realizada através de um analisador tipo LECO, para amostras retiradas no distribuidor.

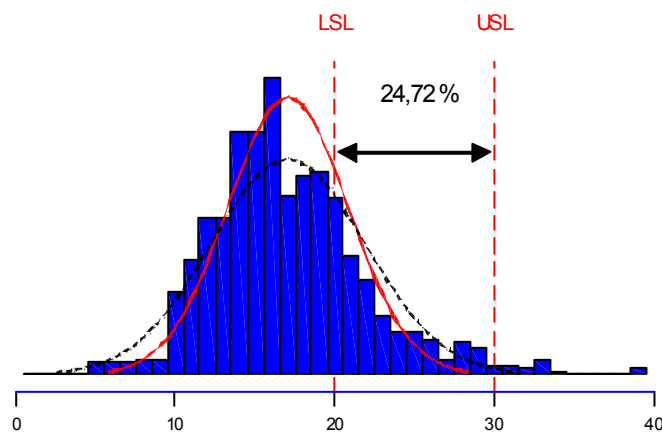


Figura 2 – Distribuição do carbono (ppm)

Para que conseguíssemos produzir aços Ultra baixo carbono com $C_{\text{max}} = 20$ ppm, uma série de procedimentos operacionais foram desenvolvidos:

- Determinação do teor de carbono da corrida durante o tratamento no RH através do analisador de gás;
- Desenvolvimento de novo pó fluxante;
- Desenvolvimento de nova areia de selagem;
- Desenvolvimento de pó de cobertura de distribuidor;
- Melhoria das práticas de manuseio e preparação das amostras para aços ultra baixo carbono.

Foram realizados então vários experimentos preliminares, de modo a determinarmos a capacidade da aciaria da CST Arcelor Brasil em produzir aços com C = 20 ppm.

A metodologia utilizada foi, a retirada de amostras no distribuidor e análise das mesmas em analisadores tipo LECO, os resultados preliminares podem ser visualizados na Figura 3.

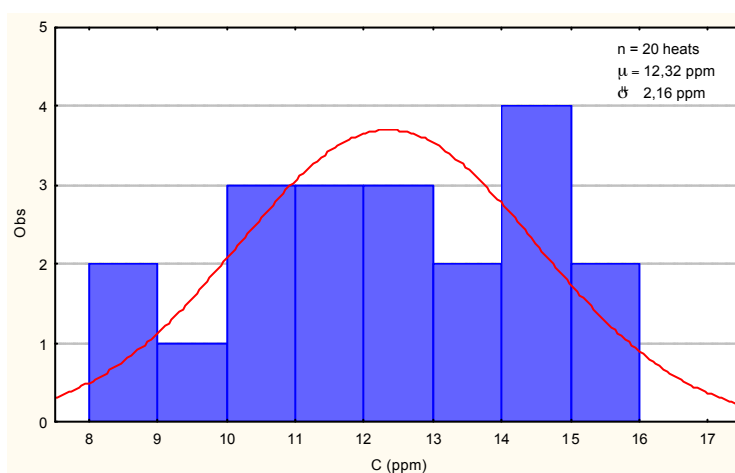


Figura 3 – Distribuição do carbono (ppm)

Os resultados obtidos nos experimentos preliminares mostraram a capacidade da aciaria da CST Arcelor Brasil em produzir com repetibilidade aços ultra baixo carbono com C = 20 ppm.

Os procedimentos utilizados foram avaliados e validados de modo a termos resultados consistentes visando o atendimento ao teor de carbono visado. Os resultados estão ilustrados na Figura 4.

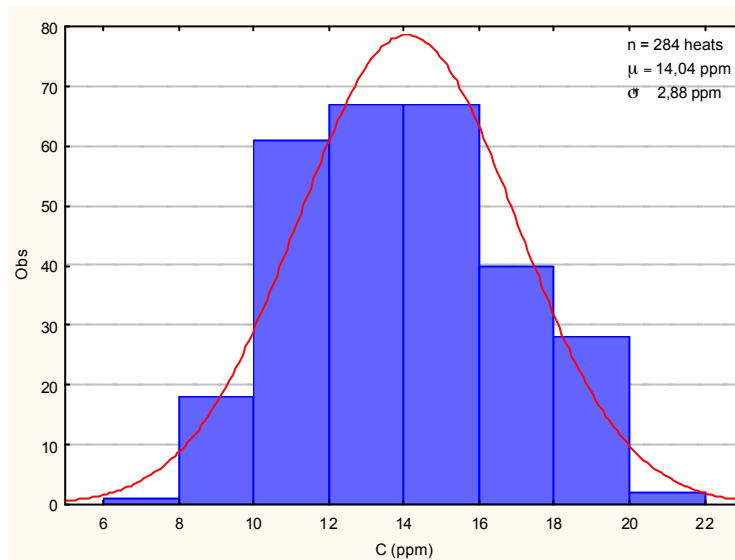


Figura 4 – Distribuição do carbono (ppm)

Os resultados obtidos demonstraram que os procedimentos adotados pela CST Arcelor Brasil garantiram o atendimento do requisito de carbono (= 20 ppm) para os aços ultra baixo carbono fabricado na CST Arcelor Brasil, com índice de acerto superior a 99 % .

4 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DOS AÇOS ULTRA BAIXO CARBONO

Com o objetivo de aumentar a produtividade na aciaria e minimizar o custo de produção dos aços ultra baixo carbono , sem afetar a qualidade do produto final, foram realizados uma série de estudos correlacionados à aciaria da CST Arcelor Brasil.

Entre as ações possíveis de serem realizadas a que foi escolhida, pelo seu maior potencial de retorno financeiro, foi a redução do teor de titânio no aço, sem afetar a garantia da estabilização dos elementos intersticiais (C, N e S).

Foi realizada uma avaliação para determinar o percentual de Titânio adequado para estabilizar os elementos intersticiais no aço (carbono, enxofre e nitrogênio).

Para este fim, foi executado um estudo, a partir do levantamento de uma distribuição de Ti, visando a determinação do valor ideal para estabilização destes elementos. O resultado é apresentado na Figura 5.

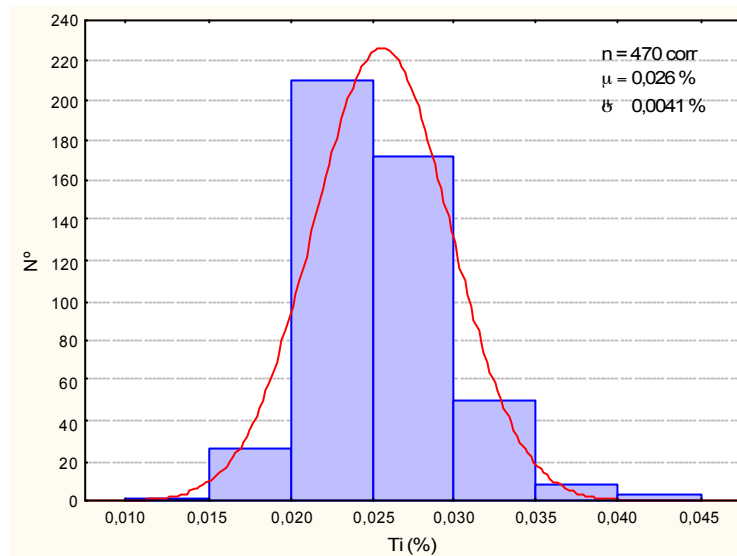


Figura 5 - Titânio para estabilização de um aço ultra baixo carbono da CST Arcelor Brasil.

Os resultados mostraram que o percentual de titânio visado para estabilização dos elementos intersticiais tinha um valor muito superior ao estequiometricamente necessário. Isto é facilmente explicado, pelo fato que uma pequena variação dos elementos intersticiais (C, N e S) influencia fortemente no percentual necessário de titânio para estabilização dos mesmos.

Sendo assim, torna-se necessário um valor de titânio excedente para garantia da estabilização dos elementos intersticiais.

Entretanto ficou explícita a oportunidade de readequação das faixas visadas de titânio, possibilitando a redução do custo de produção e mantendo as características mecânicas desejadas no produto final.

Com o objetivo de racionalização da quantidade de titânio adicionada para estabilização dos intersticiais, foi realizada uma avaliação estatística do processo de produção do aço ultra baixo carbono na CST Arcelor Brasil, levando em conta a distribuição dos elementos intersticiais C,N e S.

O resultado sugerido por esta avaliação foi um titânio visado de 0,040%.

Foi realizada então uma comparação entre a distribuição com o novo valor do titânio visado (Ti vis = 0,040%) e a distribuição do Ti estequiométrica obtida pelo estudo realizado. Os resultados estão apresentados na Figura 6.

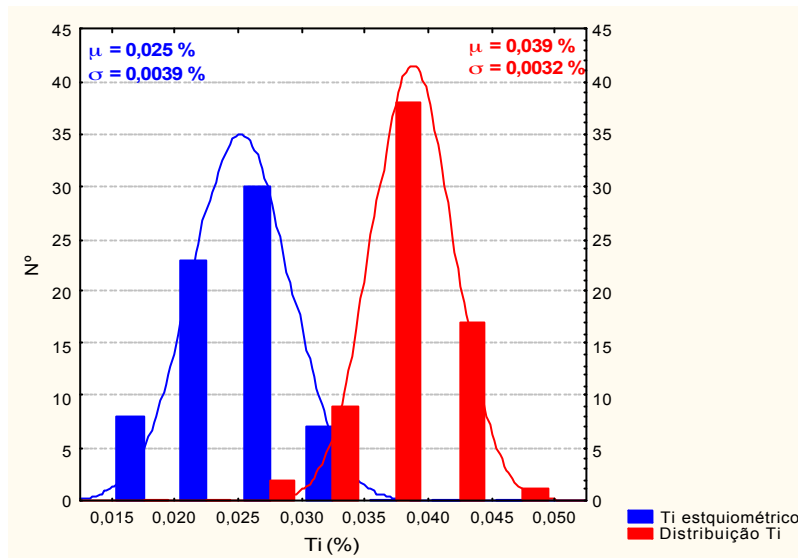


Figura 6 – Comparação entre as distribuições de Titânio.

Os resultados obtidos mostraram a plena viabilidade da alteração da faixa visada de titânio, com vários ganhos estratégicos para CST Arcelor Brasil. Dentre eles destacamos, o pleno atendimento dos requisitos de propriedades mecânicas no produto laminado a frio, conforme a norma NBR-5915 grau EEP-IF e a redução do custo de produção na aciaria, como pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados de Aços Ultra Baixo carbono produzido na CST Arcelor Brasil

Ti médio	LE	LR	Along	r	n
0,033%	159	282	46	2,16	0,24
0,041%	161	288	45	2,18	0,24
0,054%	165	292	48	2,4	0,24
Valor Vis.	140~180	> 270	> 41	> 1,8	> 0,22

5 CONCLUSÕES FINAIS

Vários procedimentos foram desenvolvidos na aciaria da CST Arcelor Brasil, englobando todo processo produtivo da aciaria, principalmente no refino secundário e lingotamento contínuo visando atender as demandas de carbono ultra baixo (= 20 ppm) e diminuição do percentual visado de titânio;

O controle efetivo dos elementos intersticiais (C, N e S) na aciaria da CST Arcelor Brasil foi essencial para a redução do teor de Ti visado para estabilização do aço ultra baixo carbono;

A alteração das faixas visada de titânio trouxe ganhos econômicos a companhia (~ 500.000,00 US\$/ano), sem afetar os resultados de propriedades mecânicas do produto final de um aço ultra baixo carbono produzido na CST Arcelor Brasil;

Os procedimentos utilizados e padronizados na CST Arcelor Brasil, garantiram com segurança o atendimento dos resultados objetivados, C max = 20 ppm e diminuição do percentual visado de titânio para estabilização dos elementos intersticiais;

O desenvolvimento deste trabalho contribui para um aumento significativo da participação da CST/Vega do Sul no mercado automobilístico brasileiro, principalmente com relação a bobinas galvanizadas a quente (market share acima de 50%).

REFERÊNCIAS

- 1 IFSteels 2000, Proceedings, International Conference on the Processing, Microstructure and Properties, June 5-7, 2000, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- 2 N.YOSHINAGA, K.USHIODA, S.AKAMATSU, O. AKISUE, "Precipitation Behavior of Sulfides in Ti Added Ultra Low Carbon Steels in Austenite" ISIJ34(1994)24.
- 3 M.HUA, C.I. GARCIA AND A.J.DEARDO, "Precipitation Behavior in Ultra Low Carbon Steels Containing Titanium and Niobium", Metall.and Mat.Trans.28A (1997) 1769.
- 4 H. TAKECHI, "Metallurgical Aspects of IF Sheet Steel from Industrial Viewpoints", Physical Metallurgy of IF Steels IF-IFS-94, The Iron and Steel Institute of Japan, Tokyo, 1994,p.1.
- 5 J. INAGAKI, M.SAKURAI, AND M. YAMASHITA, "Metallurgical Viewpoints of Producing IF base Gavannealed Steel Sheets with Good Press Formability", Modern LC and ULC Sheet Steels for Cold Forming: Processing and Properties, ed. W. Bleck, Verlag Mainz, Aachen, 1998, p.237.
- 6 BAKER L.J.; DANIEL S.R.; PARKER J.D, "Metallurgy and processing of ultralow carbon bake hardening steels", Materials Science and Technology, Volume 18, Number 4, April 2002, pp. 355-368(14).