

ADEQUAÇÃO DO TEOR DE MANGANÊS NOS AÇOS PRODUZIDOS PELA COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL¹

Carlaine Fonseca de Souza²
 Tomé Moreira de Alvarenga Neto³
 Marcelo Porto Silva⁴
 Leiner Novaes Aredes⁵

Resumo

O projeto de uma liga de aço envolve uma série de aspectos, desde o atendimento às normas e requisitos específicos de clientes, até questões associadas ao processo de fabricação e especialmente o custo de produção. Foi analisada a influência da variação do teor de manganês para os diferentes produtos e processos envolvidos. Em seguida, foram realizados diversos testes em escala industrial para validação e padronização das alterações propostas. As alterações envolveram aproximadamente 40% da produção de aço da CSN, englobando todas as diferentes linhas de produtos. O resultado deste trabalho foi a minimização do uso de um recurso natural não renovável, com os conseqüentes ganhos ambientais associados e uma importante redução de custo, gerando ganho de competitividade para a empresa.

Palavras-chave: Manganês; Aços planos.

MANGANESE PERCENTAGE ADJUSTMENT IN STEEL PRODUCED BY COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL

Abstract

The alloy steel project involves a series of issues, from compliance with standards and requirements of customers, to issues associated with the manufacturing process and especially the production cost. The manganese variation influence for different products and processes involved was analyzed. Then, several tests were performed on an industrial scale for validation and standardization of the proposed amendments. The changes involved approximately 40% of the CSN production, encompassing all the different product lines. The result of this project was the reduction in consumption of a non-renewable natural resource, with the consequent environmental gain associated with an important cost reduction, generating competitiveness gain for the company.

Key words: Manganese; Flat steel.

¹ Contribuição técnica ao 49º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 22 a 25 de outubro de 2012, Vila Velha, ES, Brasil.

² Membro da ABM, Gerente de Processos de Laminação da Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, Engenheiro Metalurgista.

³ Membro da ABM, Coordenador de Produtos Folhas Metálicas da Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, Engenheiro Metalurgista.

⁴ Membro da ABM, Coordenador de Produtos Laminados a Quente da Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, Mestre em Metalurgia.

⁵ Membro da ABM, Coordenador de Produtos Laminados a Frio e Galvanizados da Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, Mestre em Metalurgia.

1 INTRODUÇÃO

A desaceleração da economia mundial a partir da crise de 2008, somado aos efeitos da mais recente crise europeia tem afetado o crescimento econômico de vários países. No Brasil o setor industrial tem sido o mais afetado e com a siderurgia não está sendo diferente.

Existe um grande empenho por parte dos empresários e governo no sentido de aumentar a competitividade da indústria nacional e reverter o processo de desindustrialização precoce que o país está sofrendo.

Cabe salientar que a busca pela competitividade é fator de sobrevivência para qualquer negócio e que esta tarefa não é apenas dos governos e dos empresários.

Este trabalho que visa basicamente reduzir os custos de produção através do conhecimento técnico em siderurgia é um exemplo de como os técnicos do setor podem atuar para aumentar a competitividade da nossa siderurgia.

O objetivo deste trabalho é a redução do custo de produção através do uso racional do Manganês como elemento de liga no aço. Os recursos utilizados para se atingir este objetivo foram apenas o conhecimento técnico e o empenho da equipe envolvida. A abrangência do trabalho envolveu cerca de 40% de todo aço produzido na Usina Presidente Vargas da CSN em Volta Redonda, RJ.

O Manganês é um dos principais elementos de liga adicionados ao aço, presente desde os aços com qualidade comercial de baixa complexidade, até os aços com maior aporte tecnológico e com requisitos especificados mais rigorosos. O manganês é um elemento substitucional com tamanho atômico próximo ao do Ferro, não gerando assim grandes distorções na rede cristalina quando em solução sólida, porém é fundamental na produção de aço em função da sua influência em diversos mecanismos.

Nesta revisão temos o propósito de avaliar a influência do manganês apenas para os aços que foram objeto deste estudo.

1.1 Fragilização a Quente

O enxofre (S) é um elemento presente no aço e geralmente prejudicial tanto às propriedades mecânicas, quanto ao processamento. As usinas siderúrgicas utilizam o processo de dessulfuração para reduzir este teor, mas sempre há a presença de uma quantidade residual.

Mesmo em pequenas quantidades de enxofre, da ordem de 0,01%, há a formação de um composto, o sulfeto de ferro, "FeS", composto este que possui baixo ponto de fusão, solidificando somente a temperaturas inferiores a 998 °C. Durante a fase de reaquecimento de placas, para o processo de laminação a quente, este composto se apresenta na fase líquida junto aos contornos de grão austeníticos, gerando o fenômeno conhecido como fragilização a quente (Figuras 1 a 3).



Figura 1 – Esboço laminado com um aço com relação Manganês/ Enxofre Inadequada.



Figura 2 – Superfície de um aço laminado a quente relação Manganês/ Enxofre Inadequada.



Figura 3 – Borda de uma bobina laminada a quente com relação Manganês/ Enxofre Inadequada.

Para evitar este fenômeno, certa quantidade de Manganês deve ser adicionada ao aço, permitindo a formação do composto MnS de alto ponto de fusão e não prejudicial ao produto final.

A relação Mn/S mínima para garantir que não haverá a formação de FeS varia conforme a literatura pesquisada. Dentre as relações encontradas nas referências utilizadas, as principais são: “%Mn = 1,7 x %S + 0,15”;⁽¹⁾ e %Mn = 8 x %S⁽²⁾ (Figura 4).

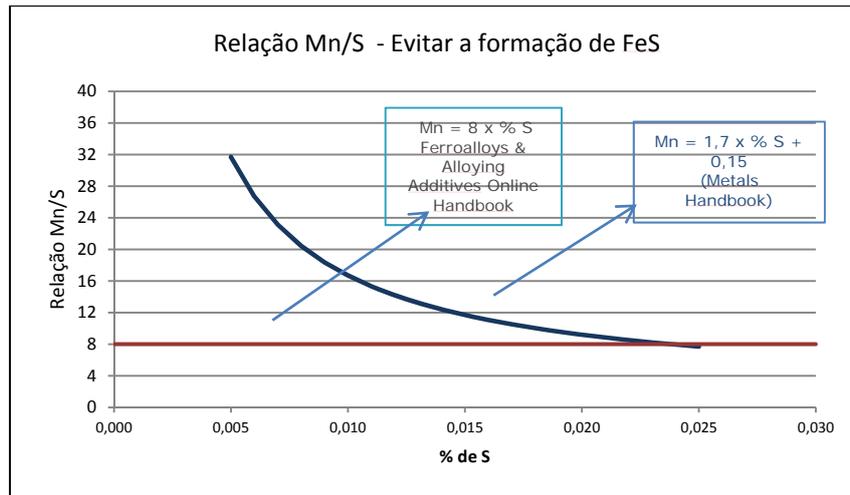


Figura 4: Relação Mn/S mínima para evitar formação de FeS.

1.2 Estabilização da Austenita durante a Laminação a Quente

A adição de manganês ao aço reduz a temperatura de transformação austenita-ferrita (A3). Este fenômeno pode ser utilizado em alguns casos para se obter um certo refinamento de grão e também para minimizar a ocorrência de laminação em região bifásica, em regiões de temperatura mais baixa durante a laminação a quente, especialmente nas bordas.

1.3 Endurecimento por Solução Sólida

A adição de solutos ao aço provoca distorções na rede cristalina, o que dificulta o movimento das deslocamentos, ou seja, gera o endurecimento do material. O manganês por ser um elemento de liga substitucional com tamanho atômico próximo ao do ferro apresenta baixa influência nas propriedades mecânicas quando utilizado em pequenas quantidades. Para se ter um efeito prático na elevação da resistência do aço por solução sólida, são necessários teores mais elevados. A influência do manganês no aumento do limite de escoamento por solução sólida é da ordem de 3,2 MPa a cada 0,1%, para as faixas percentuais comercialmente utilizadas.

O manganês influencia em outros aspectos relevantes em diferentes especificações de aço. Porém para os tipos de aços envolvidos neste trabalho, os aspectos relevantes foram os mencionados nesta breve revisão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As reduções realizadas no teor de manganês envolveram cinco diferentes graus de aço que representam em volume em torno de 40% da produção de aço da CSN.

2.1 Etapa 1

O trabalho foi iniciado realizando uma análise estatística dos teores de manganês e enxofre obtidos no grau de aço de maior volume de produção na CSN, denominado internamente pela numeração 2710 e que sozinho representa em torno de 32% da produção da Usina Presidente Vargas, sendo utilizado para atender

especificações diversas em todas as linhas de produtos, laminados a quente, laminados a frio, galvanizados, folhas metálicas além de aço pré-pintado.

Verificaram-se também os requisitos de norma dos produtos atendidos com o referido grau de aço, para garantir que a alteração não iria afetar o atendimento a nenhum requisito.

Os dados estatísticos reais foram comparados com os valores mínimos calculados de manganês necessário para estabilizar o enxofre presente no aço, através das equações mencionadas na revisão bibliográfica.

No gráfico da Figura 5 verifica-se a evolução da concentração de manganês no referido grau de aço, mostrando a fase anterior a primeira alteração realizada em março de 2011, quando o valor visado de manganês foi reduzido de 0,30% para 0,25% e a segunda redução onde o valor saiu de 0,25% para 0,22% em abril de 2012. Observa-se que os teores de manganês das corridas estavam muito acima do mínimo necessário para garantir que todo o enxofre presente no aço estivesse combinado com o manganês através do composto MnS, evitando assim a formação do composto indesejável (FeS) responsável pela fragilização a quente.

Valores acima do mínimo necessário neste caso representavam um desperdício de recursos naturais e financeiros.

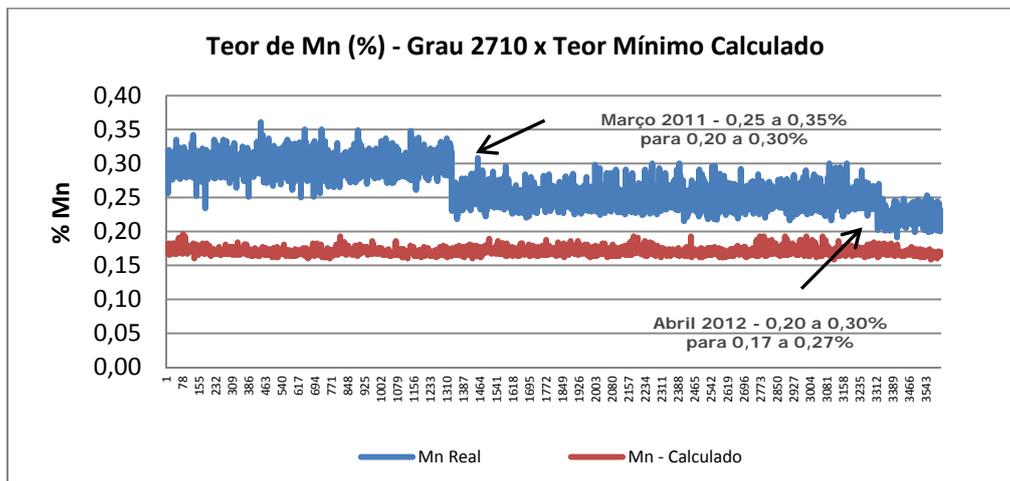


Figura 5 – Teor de manganês do grau denominado 2710 x teor mínimo necessário segundo ASM Handbook ⁽¹⁾ ($Mn = 1,7 \times \%S + 0,15$).

Juntamente com a alteração deste grau de aço, outros dois outros graus com composição química similares também foram alterados na mesma proporção. Aumentando assim o volume alterado para em torno de 34% da produção total.

2.2 Etapa 2

Nesta segunda etapa, o foco foram os aços laminados a quente para uso estrutural na especificação ASTM A36. Para estes aços o teor de Enxofre é bastante reduzido em relação aos aços anteriormente mencionados e o teor de manganês é bem mais elevado. Desta forma, o fenômeno de fragilização deixa de ser o aspecto relevante.

Para este tipo de aço estrutural a importância do Manganês está relacionada com a obtenção de propriedades mecânicas especificadas pela norma de produto, especialmente o limite de escoamento que deve atender um mínimo 250 Mpa.

Foi realizada análise estatística, onde se verificou uma baixa correlação entre o teor de Manganês e o limite de escoamento do produto nas faixas de trabalho especificadas, como pode ser visto no gráfico da Figura 6.

Materiais de espessura mais elevada (>6,30 mm) tendem a apresentar menor limite de escoamento quando comparado aos materiais com espessura mais baixa em função do menor nível de deformação por laminação, o que gera menor refinamento de grão. Para compensar este menor limite de escoamento, optou-se por trabalhar com faixas de manganês diferentes em função da faixa de espessura do material.

Para os materiais com espessura mais elevada definiu-se por realizar uma redução menor no teor de manganês, que passou de um visado de 0,75% para 0,60%. Para os materiais de espessura mais baixa a redução foi bem maior, passando de 0,75 para 0,45%.

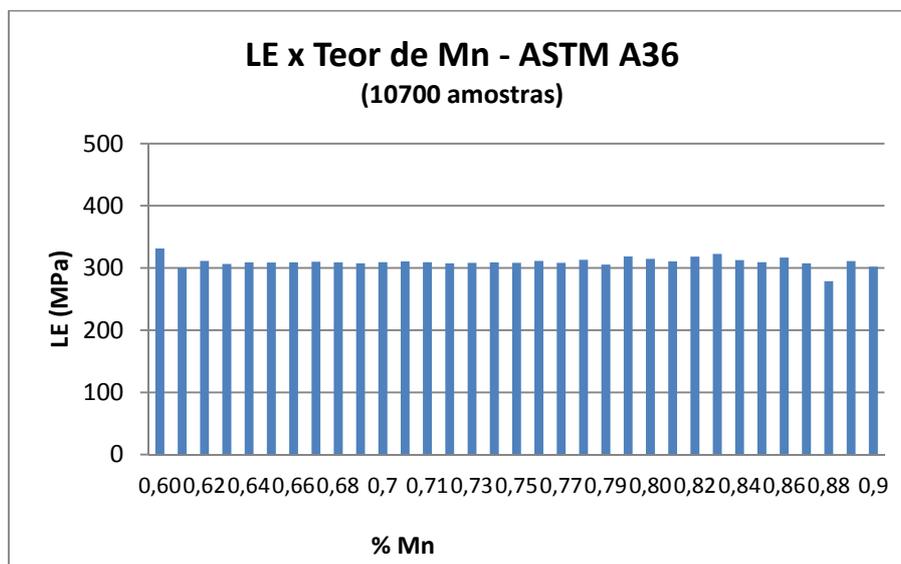


Figura 6 – Limite de escoamento (LE) médio em função do teor de Manganês.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação das reduções nos teores de manganês não gerou nenhum efeito colateral negativo tanto nos processos quanto nos produtos.

Nos materiais envolvidos na etapa 1 o foco foi reduzir o teor de manganês porém garantindo o teor mínimo para evitar a formação de FeS responsável pela fragilização a quente, que poderia gerar perda de qualidade superficial e de borda, o que não foi observado.

Para os materiais laminados a quente do segundo grupo o foco era no atendimento aos requisitos mínimos de propriedades mecânicas, em especial o limite de escoamento. A avaliação estatística dos resultados mostrou que não houve nenhum prejuízo no atendimento aos requisitos de propriedades mecânicas.

Após um ano do início do projeto e de sucessivas intervenções nas faixas de manganês dos graus de aços envolvidos neste projeto, não foi identificado nenhum desvio interno de qualidade ou reclamação de cliente que pudesse estar associado às reduções realizadas



4 CONCLUSÕES

Sem absolutamente nenhum investimento de capital, foi possível obter uma importante redução no teor de manganês em mais de 40% de todo volume de aço produzido pela CSN em Volta Redonda, ou seja, em torno de 2,1 milhões de toneladas por ano, sem que tenha sido gerado nenhum prejuízo à qualidade do produto.

Este trabalho gerou um relevante impacto ambiental, pois deixou-se de consumir neste período em torno de 2.600 toneladas de FeMn, insumo industrializado proveniente de recursos não renováveis.

O principal aspecto buscado neste trabalho foi o aumento de competitividade da empresa, através da redução de custo, que neste projeto chegou a atingir uma economia da cifra de 7 dígitos por mês.

REFERÊNCIAS

- 1 Metals Handbook, vol.14, Forming and Forging, 9a. ed., ASM Int., 1.988.
- 2 Ferroalloys & Alloying Additives Online Handbook – AMG Vanadium, www.metallurgvanadium.com/manganesepage.html, (acessado em 10 de maio de 2011)