

NOVO SISTEMA DE RESFRIAMENTO DO LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE DA COSIPA: CONCEITOS E RESULTADOS ¹

Marcos Roberto Soares da Silva²
Antonio Augusto Gorni³
José Herbert Dolabela da Silveira⁴
Willy Ank de Moraes⁵
Vanessa Pala Vieira Branco⁶
Ricardo Augusto C. Silva⁷

Herbert Christian Borges⁸
Francisco Acácio Perez⁹
Roberto Gomes Colella¹⁰
Pedro Segundo S. Vallim¹¹
Heli Lacerda Gomes¹²

RESUMO

Após a modernização do Laminador de Tiras a Quente da COSIPA as bobinas produzidas por esse equipamento atingiram níveis de qualidade que permitem o atendimento dos mercados mais exigentes com relação aos requisitos dimensionais e de homogeneidade de propriedades mecânicas. A implantação do novo sistema de resfriamento de tiras permitiu maior flexibilidade na obtenção da temperatura de bobinamento, faixas de tolerâncias mais restritas e aumento na homogeneidade microestrutural do laminado a quente. Como conseqüência obteve-se a redução no retrabalho interno e percepção da qualidade pelos usuários da bobina a quente da COSIPA. Este trabalho tem como objetivo mostrar os conceitos básicos do novo equipamento e a evolução dos resultados em termos do acerto da temperatura de bobinamento e propriedades mecânicas das bobinas produzidas no Laminador de Tiras a Quente da COSIPA.

Palavras-chave: Laminação de Tiras a Quente, Qualidade, Automação.

¹ Trabalho a ser apresentado ao 41º Seminário de Laminação - Processos e Produtos Laminados e Revestidos, Joinville (SC), 26 a 28 de Outubro de 2004.

² Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP. E-Mail: marcosilva@cosipa.com.br

³ Membro da ABM. Engenheiro de Materiais, M. Eng., Dr. Eng., Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP. E-Mail: gorni@cosipa.com.br

⁴ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, M. Eng., Gerente de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP. E-Mail: herbert@cosipa.com.br

⁵ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, M. Eng., Analista de produto da Gerência de Assistência Técnica, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP. E-Mail: willymoraes@cosipa.com.br

⁶ Membro da ABM. Engenheira de Materiais., Analista de produto da Gerência de Controle Integrado de Produto, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP. E-Mail: vanessapala@cosipa.com.br

⁷ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, Analista de produto da Gerência de Controle Integrado de Produto, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP. E-Mail: ricardoaugusto@cosipa.com.br

⁸ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, Analista de produto da Gerência de Controle Integrado de Produto, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP. E-Mail: herbertborges@cosipa.com.br

⁹ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, M. Eng., Analista de produto da Gerência de Assistência Técnica, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP. E-Mail: franciscoperez@cosipa.com.br

¹⁰ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP. E-Mail: colella@cosipa.com.br

¹¹ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP. E-Mail: pedrovallin@cosipa.com.br

¹² Membro da ABM. Técnico Metalurgista, Assitente de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP. Email: heligomes@cosipa.com.br

INTRODUÇÃO

A competitividade entre os produtores de bens e serviços dentro de um mercado globalizado tem exigido dos diversos segmentos industriais a escolha de fornecedores que permitam a otimização de seus processos e a redução de custos.

A modernização do Laminador de Tiras a Quente (LTQ) da COSIPA teve como objetivo capacitar a empresa a fornecer produtos com tolerâncias dimensionais mais restritas, propriedades mecânicas com estreitos intervalos de variação e prazos de entrega confiáveis, que permitam minimizar os custos de estocagem sem riscos à produção.

Após o período de adaptação necessária para a definição da chamada curva de aprendizado dos novos equipamentos, incluindo ajustes nos parâmetros dos modelos matemáticos e otimização das novas funções para obtenção da temperatura de bobinamento, os resultados esperados dos investimentos surgiram, estabelecendo um novo patamar em termos de homogeneidade de propriedades mecânicas das bobinas a quente.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma comparação entre os resultados de qualidade obtidos antes e após a implantação do novo sistema de resfriamento do Laminador de Tiras a Quente, os quais permitem que os laminados a quente da COSIPA sejam competitivos nos mercados mais exigentes.

HISTÓRICO

Há alguns anos atrás, os resultados de desempenho em termos de precisão de acerto da temperatura de bobinamento e, conseqüentemente, da homogeneidade de propriedades mecânicas que os laminados a quente produzidos na COSIPA vinham apresentando começavam a não mais atender as expectativas de nossos clientes internos (laminação a frio) e externos. Este último caso mostrava-se particularmente mais crítico, ocorrendo aumento da insatisfação devido aos defeitos relacionados com a heterogeneidade de propriedades mecânicas, ocasionando retrabalho, acidentes com matrizes e aumento de custo de fabricação do produto final por necessidade de sucessivos acertos de *set-up* nos equipamentos e conseqüente redução da disponibilidade do equipamento.

Outra conseqüência da variação da qualidade do produto apresentava-se no retrabalho interno ocasionado pelo desvio de bobinas cujas propriedades mecânicas não atendiam os valores requeridos pelo cliente.

Além disso, o sistema existente era pouco flexível, apresentava alto custo de manutenção e era totalmente manual. Ou seja, ele não apresentava reprodutibilidade nos resultados em termos de temperatura de bobinamento, nem o

controle de importantes variáveis responsáveis pela uniformidade da temperatura de bobinamento, tais como a variação da velocidade da tira, variação da temperatura de acabamento, classificação dos aços conforme suas características de transferência de calor, estratégias de resfriamento, etc. O sistema ainda apresentava baixo grau de automação, não dispondo de um modelamento matemático abrangente.

Um fator adicional que influenciava negativamente o controle da temperatura de bobinamento era a qualidade da água disponível para o resfriamento. O baixo volume de água disponível para utilização, o uso de tanques de tamanho limitado para seu resfriamento e a ausência de um sistema de limpeza impediam que se mantivesse a água para refrigeração sob condições ideais para uso. Isso também ocasionava vários problemas nas colméias responsáveis pela formação da lâmina de água do sistema de resfriamento, elevando substancialmente o custo de manutenção do equipamento.

Todo este baixo nível de controle do equipamento acarretava uma grande dispersão dos resultados de propriedade mecânica do material produzido, provocando a insatisfação dos clientes.

Concluiu-se então que havia uma premente necessidade da implantação de um novo sistema de resfriamento de tiras, incluindo uma nova torre para a refrigeração de água, com o objetivo de eliminar todas estas carências de qualidade que o produto laminado a quente apresentava.

DESENVOLVIMENTO

A implantação do novo sistema de resfriamento na laminação de tiras a quente, com todas as facilidades para o controle do equipamento através de lógica programável (PLC), modelos matemáticos (CTC), torre de refrigeração e coleta automática de dados, trouxe uma nova filosofia de trabalho para o equipamento.

O novo sistema de resfriamento foi especificado de forma a se garantir uma variação máxima na temperatura de bobinamento de $\pm 15^{\circ}\text{C}$ ao longo de 95% do comprimento da bobina.

Inicialmente, como todo projeto deste porte exige, ocorreu uma fase de aprendizado do sistema observando-se uma curva de recuperação da produção pré-definida. Passada esta fase, estando já ajustados os parâmetros do modelo matemático (CTC), tomou-se partido da possibilidade de otimização das novas funções existentes (estratégias de resfriamento) para a obtenção de tolerâncias de temperatura restritas e maior homogeneidade nas propriedades mecânicas para produtos específicos, além da melhoria nas características superficiais e de formação de carepa na tira.

Através de vários experimentos foi possível:

- Aumentar a diferença existente entre as temperaturas de acabamento e bobinamento, favorecendo um maior refino no tamanho de grão;
- Implantar um perfil de resfriamento da bobina com formato de “U”, o qual garante maior nível de homogeneidade nas propriedades mecânicas ao longo da tira;
- Usar esquema com maior taxa inicial de resfriamento de forma a se reduzir a espessura da carepa.

Com a adequação destas novas funções e definição dos parâmetros de especificação do produto, os quais foram completamente equacionados até meados de 2002, o Laminador de Tiras a Quente da COSIPA começou a apresentar os resultados esperados pela administração da empresa.

RESULTADOS OBTIDOS

Conforme pode ser constatado na figura 1, a porcentagem de bobinas onde se constatou pelo menos um ponto de seu comprimento apresentando temperatura de bobinamento inferior ao valor objetivado menos 20°C vem diminuindo ao longo dos meses, apresentando valor bem inferior ao observado antes da reforma da mesa de resfriamento. Também a porcentagem de bobinas onde se verificou pelo menos um ponto de seu comprimento apresentando temperatura de bobinamento superior ao valor objetivado mais 20°C é bem inferior ao valor observado antes da reforma, apresentando-se mais estável ao longo do tempo.

Já os resultados da figura 3 permitem constatar que o índice de desvio de bobinas a quente por não-atendimento de propriedades mecânicas caiu significativamente a partir de 1999, tendo sido simplesmente zerado em 2003. Isso indica o efeito salutar que a reforma da mesa de resfriamento teve sobre as características mecânicas das bobinas a quente da COSIPA.

A figura 4 mostrou que essa mesma reforma melhorou significativamente a imagem do produto da COSIPA junto a seu cliente, uma vez que em 2003 o número de reclamações procedentes caiu em 86% em relação a 2001, último ano em que o sistema antigo ainda estava operando.

O índice de acerto da temperatura de bobinamento entre $\pm 15^{\circ}\text{C}$ ao longo do comprimento das bobinas, para materiais com espessura entre 2,00 e 2,40 mm, vem oscilando entre 93 e 94%, conforme mostra a figura 5. Esse índice sofre uma ligeira degradação em se tratando de material de classe imediatamente superior em termos de espessura, passando a oscilar entre 91 e 93% para bobinas com espessuras entre 2,40 e 4,59 mm, como mostra a figura 6. Esses resultados são muito melhores que a situação anterior à reforma da mesa de resfriamento, atendendo plenamente aos

clientes da COSIPA, mas indicam que ainda há algum refino a ser feito para se atingir os valores previstos em projeto.

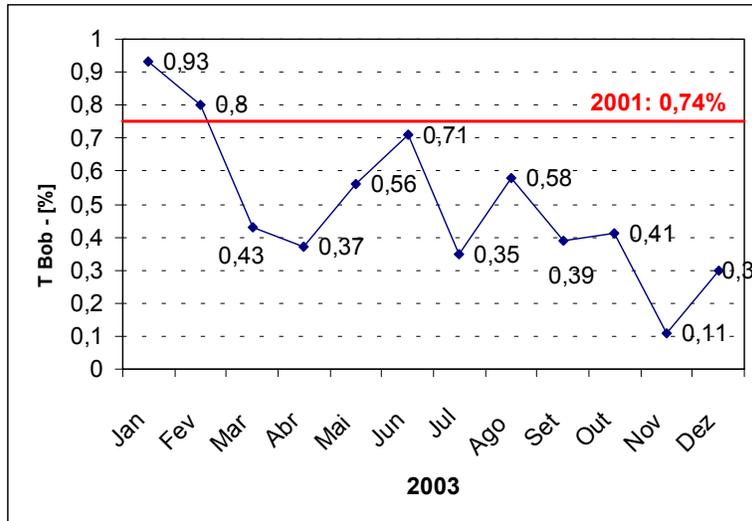


Figura 1: Comparação entre a porcentagem de bobinas que apresentaram em algum ponto temperatura de bobinamento abaixo de 20°C em relação ao valor objetivado antes e depois da reforma da mesa de resfriamento forçado do Laminador de Tiras a Quente da COSIPA.

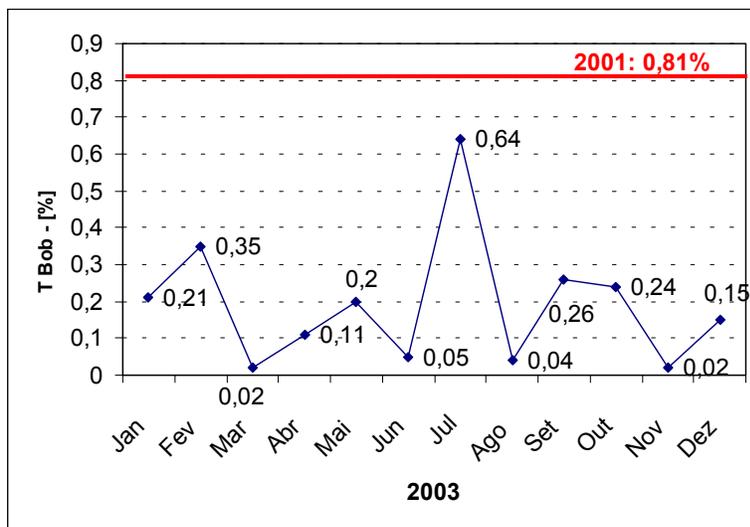


Figura 2: Comparação entre a porcentagem de bobinas que apresentaram em algum ponto temperatura de bobinamento acima de 20°C em relação ao valor objetivado antes e depois da reforma da mesa de resfriamento forçado do Laminador de Tiras a Quente da COSIPA.

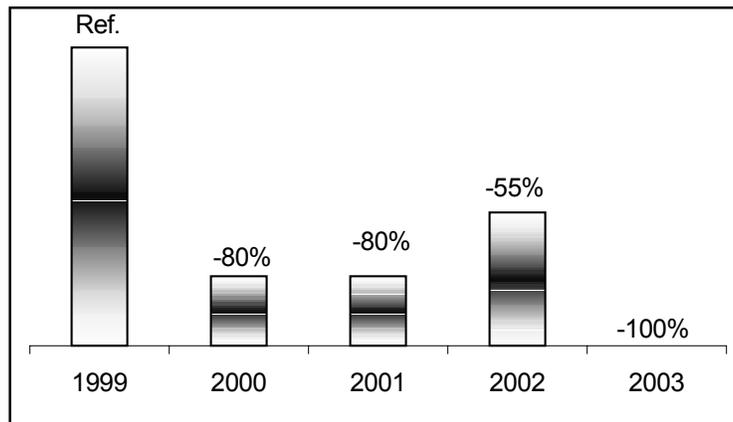


Figura 3: Evolução anual relativa dos desvios por não-atendimento de propriedades mecânicas das bobinas produzidas no Laminador de Tiras a Quente da COSIPA, mostrando o efeito benéfico decorrente da instalação da nova mesa de resfriamento.

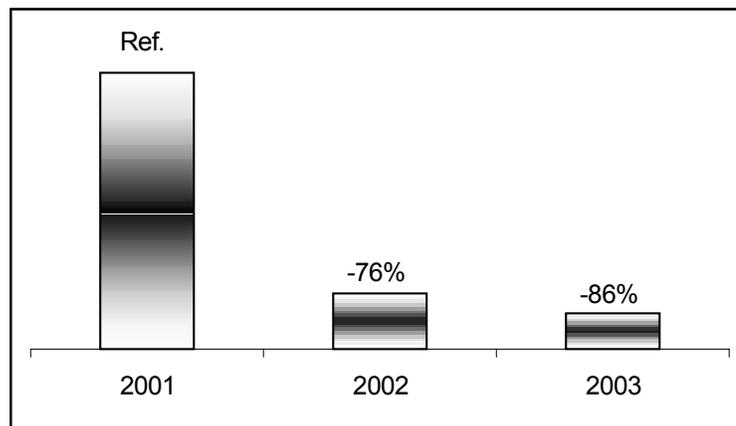


Figura 4: Evolução do índice de reclamações procedentes dos clientes consumidores de bobinas a quente ao longo dos anos, mostrando o efeito benéfico conseguido após a implantação da nova mesa de resfriamento do Laminador de Tiras a Quente da COSIPA.

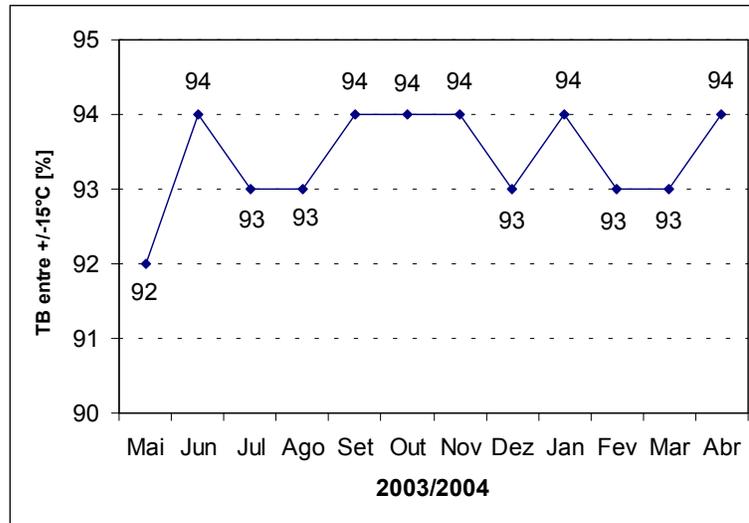


Figura 5: Índice de acerto na temperatura de bobinamento ao longo do comprimento da bobina a quente, dentro da faixa de variação entre $\pm 15^{\circ}\text{C}$, para material com espessura entre 2,00 e 2,40 mm processado no Laminador de Tiras a Quente da COSIPA.

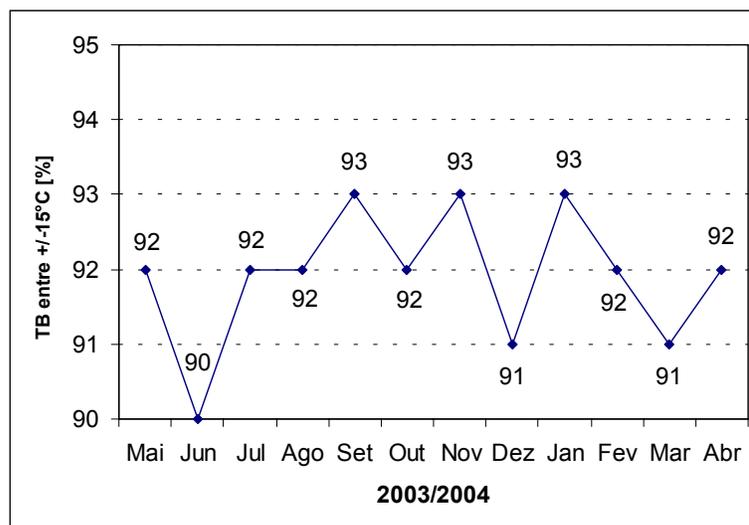


Figura 6: Índice de acerto na temperatura de bobinamento ao longo do comprimento da bobina a quente, dentro da faixa de variação entre $\pm 15^{\circ}\text{C}$, para material com espessura entre 2,41 e 4,50 mm processado no Laminador de Tiras a Quente da COSIPA.

CONCLUSÕES

O desempenho em termos da homogeneidade de propriedades mecânicas das bobinas produzidas no Laminador de Tiras a Quente demonstrou a melhoria proporcionada pela implantação de um novo sistema de resfriamento de tiras

com tecnologia atualizada. A melhor qualidade da bobina laminada a quente foi percebida pelos clientes em função do aumento de produtividade conseguido em suas linhas de fabricação, o qual foi decorrente da eliminação de defeitos provocados pelo resfriamento irregular da tira.

A especialização do corpo técnico da laminação a quente em decorrência desse avanço tecnológico e os novos recursos proporcionados pelas ferramentas disponibilizadas pelo sistema permitem prever também uma melhoria no desempenho do equipamento em relação ao projeto original e melhores condições para o desenvolvimento de novos produtos.

Todos esses avanços permitem que o laminado a quente da COSIPA possa atender os mercados mais exigentes em termos de qualidade em condições de igualdade com seus competidores.

BIBLIOGRAFIA

1. COLELLA, R.G. e outros. In: Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Ouro Preto, Outubro de 2002.
2. SILVA, M.R.S. da e outros. In: Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Vitória, Outubro de 2003.
3. MORAIS, W.A.de e outros. In: Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, vitória, Outubro de 2003.

NEW LAMINAR COOLING SYSTEM AT COSIPA'S HOT STRIP MILL: DESIGN AND RESULTS ¹

Marcos Roberto Soares da Silva²

Antonio Augusto Gorni³

José Herbert Dolabela da Silveira ⁴

Willy Ank de Moraes ⁵

Vanessa Pala Vieira Branco ⁶

Ricardo Augusto C. Silva ⁷

Herbert Christian Borges ⁸

Francisco Acácio Perez ⁹

Roberto Gomes Colella ¹⁰

Pedro Segundo S. Vallim ¹¹

Heli Lacerda Gomes ¹²

ABSTRACT

The revamping of COSIPA's Hot Strip Mill enabled this equipment to produce coils with increased quality levels which satisfy the requirements imposed by the most demanding markets regarding dimensional accuracy and mechanical properties. The new cooling system allowed the use of greater differences between finishing and coiling temperature and the achievement of restricted ranges of coiling temperature; these measures contributed to increase the homogeneity of hot coil microstructures. The practical consequences of these achievements were the reduction of internal cost and perception of a better quality level by the customers of COSIPA's hot coils. The aim of this work is to show the basic design of this new equipment, and the evolution of coiling temperature and mechanical properties results at COSIPA Hot Strip Mill that are being achieved after the installation of its new laminar cooling system.

Keywords: Hot Strip Rolling, Quality, Automation

¹ Paper to be presented at the 41th Rolling Seminar – Processes, Rolled and Coated Products, Joinville (SP), Brazil, 26 to 28 October 2004.

² ABM Member. Metallurgical Engineer, Process Analyst of the Hot Rolling Technical Support Group, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil. E-Mail: marcosilva@cosipa.com.br

³ ABM Member. Materials Engineer, M. Eng., Dr. Eng., Process Analyst of the Hot Rolling Technical Support Group, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil. E-Mail: gorni@cosipa.com.br

⁴ ABM Member. Metallurgical Engineer, M. Eng., Chief of the Hot Rolling Technical Support Group, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil. E-Mail: herbert@cosipa.com.br

⁵ ABM Member. Metallurgical Engineer, M. Eng., Product Analyst of the Customer Assistance Group, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil. E-Mail: willymoraes@cosipa.com.br

⁶ ABM Member. Materials Engineer, Product Analyst of the Product Integrated Control, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil. E-Mail: vanessapala@cosipa.com.br

⁷ ABM Member. Metallurgical Engineer, Product Analyst of the Product Integrated Control, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil. E-Mail: ricardoaugusto@cosipa.com.br

⁸ ABM Member. Metallurgical Engineer, Process Analyst of the Product Integrated Control, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil. E-Mail: herbertborges@cosipa.com.br

⁹ ABM Member. Metallurgical Engineer, M. Eng., Product Analyst of the Customer Assistance Group, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil. E-Mail: franciscoperez@cosipa.com.br

¹⁰ ABM Member. Metallurgical Engineer, Process Analyst of the Hot Rolling Technical Support Group, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil. E-Mail: colella@cosipa.com.br

¹¹ ABM Member. Metallurgical Engineer, Process Analyst of the Hot Rolling Technical Support Group, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil. E-Mail: pedrovallin@cosipa.com.br

¹² ABM Member. Metallurgical Technician, Process Assistant of the Hot Rolling Technical Support Group, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil. Email: heligomes@cosipa.com.br