

MELHORIAS MECÂNICAS VISANDO PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PROCESSO DE LAMINAÇÃO DE TIRAS A QUENTE DA ARCELORMITTAL TUBARÃO ¹

*Sérgio Ricardo Martins dos Santos*²
*Arnaldo Carneiro Salles*²
*Marcelo Luiz Afonso da Cunha*²
*Magno Paulo da Silva*³
*Paulo Roberto Caldeira*³

Resumo

Este trabalho tem por objetivo apresentar as melhorias mecânicas implementadas no Laminador de Tiras a Quente da ArcelorMittal Tubarão que colaboraram para atingimento dos parâmetros de qualidade da tira laminada, sobretudo as modificações realizadas no Coilbox, Descarepação Secundária, Trem Acabador e Laminar Flow.

Palavras-chave: Manutenção, Qualidade, LTQ.

MECHANICAL IMPROVEMENTS FOR QUALITY PARAMETERS IN ARCELORMITTAL TUBARÃO HOT STRIP MILL

Abstract

The present work has by target present the mechanical improvements implemented at Hot Strip Mill from ArcelorMittal Tubarão in order to improve the quality parameters of the flat carbon strip, over all the modifications carried through Coil Box, Finishing Scale Breaker, Finishing Mill and Laminar Flow.

Key words: Maintenance, Quality, HSM.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Engenheiro Especialista de Manutenção Mecânica, ArcelorMittal Tubarão.*

³ *Supervisor de Manutenção Mecânica, empresa ArcelorMittal Tubarão.*

1 INTRODUÇÃO

Com o início de operação do LTQ - Laminador de Tiras a Quente - em Agosto de 2002, a ArcelorMittal Tubarão começou sua nova estratégia de atuação na siderurgia brasileira e mundial, pois com a entrada no mercado de bobinas a quente a empresa pôde diversificar não só quanto aos produtos vendidos, com a oferta de um produto de maior valor agregado, como também direcionar parte de suas vendas para o mercado nacional.

A ArcelorMittal Tubarão considera a manutenção um processo estratégico em seu negócio e, desta forma, as equipes de manutenção têm como foco principal a disponibilidade e estabilidade operacional dos seus equipamentos, maximizando a utilização dos ativos da empresa, além da preocupação com os parâmetros de qualidade do material produzido.

Dada a importância estratégica do LTQ para a empresa diversas possibilidades de aperfeiçoamento e melhoria contínua nos planos de manutenção foram e estão sendo implantadas, além do desenvolvimento de projetos focados nos índices de aprovação de qualidade da tira laminada, sempre em conjunto com a unidade técnica da laminação a quente.

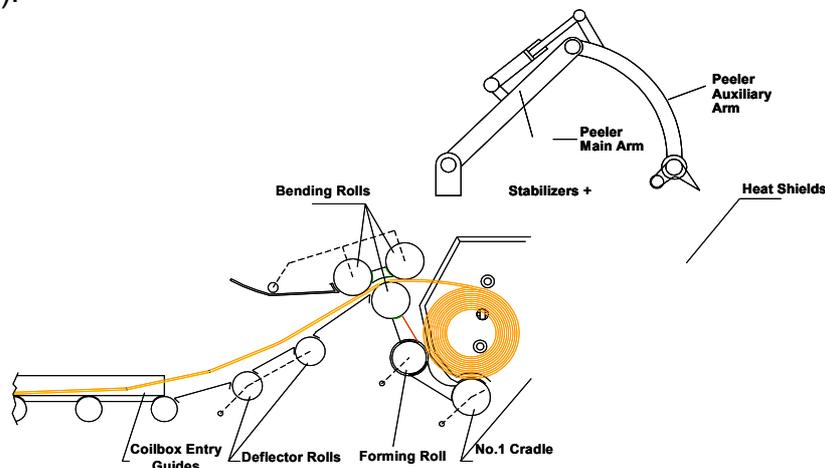
2 MÉTODO

Para desenvolvimento das ações e soluções apresentadas ao longo dos trabalhos foram utilizadas ferramentas de análise de falhas (causalidade de perdas, árvore de falhas, Ishikawa etc.), além de várias outras ferramentas do método DMAIC, dentro da metodologia “Seis Sigma” utilizada na empresa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Coilbox: Redução da Incidência de Carepa

Equipamento único na siderurgia brasileira, o Coilbox propicia uma redução substancial do comprimento total da mesa de saída do desbastador e, conseqüentemente, do comprimento total do LTQ (cerca de 200 m) e também permite melhor homogeneidade de temperatura entre a cauda e o topo do esboço a ser laminado no Trem Acabador (cerca de 15°C contra 70°C no sistema convencional).



Fonte: Descrição funcional dos equipamentos do LTQ – ArcelorMittal Tubarão e TMAIC.

Figura 1. Coilbox.

3.1.1 Ocorrência de carepa no Coilbox

O defeito carepa é considerado entre os de maior complexidade no processo de laminação de tiras a quente, seja pela variedade de tipos como se apresenta ou pela diversificação de variáveis com as quais se correlaciona.

Devido a essa complexidade, é comum observarmos correlações inversas de uma variável com tipos diferentes de carepa, como é o caso da temperatura* de entrada no Trem Acabador que, se elevada em relação ao desejado (acima de 1.020°C) pode provocar carepa de temperatura e, se baixa em relação ao desejado (menor do que 960°C), leva ao aparecimento da carepa de mancha.

Este exemplo é típico de linhas onde existe queda de temperatura entre topo e base do esboço, exigindo muito controle na busca do ponto ótimo, para atendimento à produção de materiais restritivos quanto à qualidade superficial.

Observando-se o comportamento do material em processamento no Coilbox e o mapeamento dos defeitos surgidos na linha buscou-se a identificação e eliminação de pontos potenciais que poderiam comprometer a qualidade pela incidência de carepa no Coilbox.

Os principais pontos problemáticos identificados foram o calandramento e bobinamento do esboço (bending roll, forming roll e berço de bobinamento), bem como o desbobinamento do material e região do pinch roll.

3.1.2 Chuveiros no calandramento do esboço no Coilbox

Durante a formação do olho da bobina de esboço no Coilbox, os rolos calandrades atuam de forma a garantir o formato da bobina através do posicionamento preciso do *gap* destes rolos. Neste momento se observa a possibilidade da carepa vir a aderir à superfície do material, o que se buscou evitar posicionando-se chuveiros para remoção desta carepa.

Estes chuveiros foram montados de forma a atingir a face inferior do esboço e também um spray transversal para limpeza da carepa removida (Figuras 3 a 6).

3.1.3 Chuveiros do pinch roll

Buscando evitar a incrustação de carepa no material e não comprometer a qualidade do esboço ao sair do Coilbox, modificamos a alimentação do chuveiro superior de entrada do pinch roll, passando de 4 para 13 bar de pressão de jato de água, além de modificada a construção do chuveiro passando a quantidade de bicos de 10 para 19. Além disso foi adaptado um chuveiro inferior também no pinch roll, alimentado com 13 bar e com 20 bicos (Figura 2).



Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.

Figura 2. Chuveiros do Pinch Roll.

* Temperaturas são referências, dependendo do projeto de cada linha, ponto de medição, etc.



Teste com o rolo formador baixo com a água aberta



Com a água fechada mostrando os bicos

Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.
Figura 3. Modificação do avental inferior dos rolos calandrades e rolo formador.

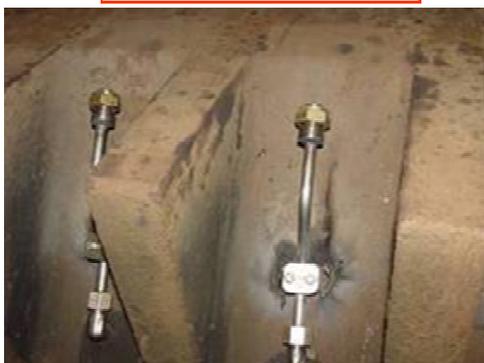


Montadas mangueiras com engate rápido para troca rápida

Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.
Figura 4. Alimentação do avental inferior dos rolos calandrades.

Jato direcionado para face inferior do material no bobinamento

Sem o rolo guia montado



Com o rolo guia montado



Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.

Figura 5. Modificação do avental inferior dos rolos calandrades.

VALVULA BORBOLETA ; WAFER MONTAGEM
ENTRE FLANGES ; ACO INOXIDAVEL ; ASTM A351
GRAU CF8M ; DIAMETRO NOMINAL 4 pol. ;
DISTANCIA FACE A FACE 52 mm ; CLASSE PRESSAO/
PRESSAO TRABALHO 300 psi ; DISCO ACO
INOXIDAVEL ; ASTM A351 GRAU CF8M ; EIXO ACO
CARBONO ; ASTM A564-630 ; CARRETEL VEDACAO
(SEDE) TEFLON ; ACIONAMENTO ATUADOR
PNEUMÁTICO S92-127 DUPLA AÇÃO ;
REFERENCIA : BRAY S42-066+S92-127



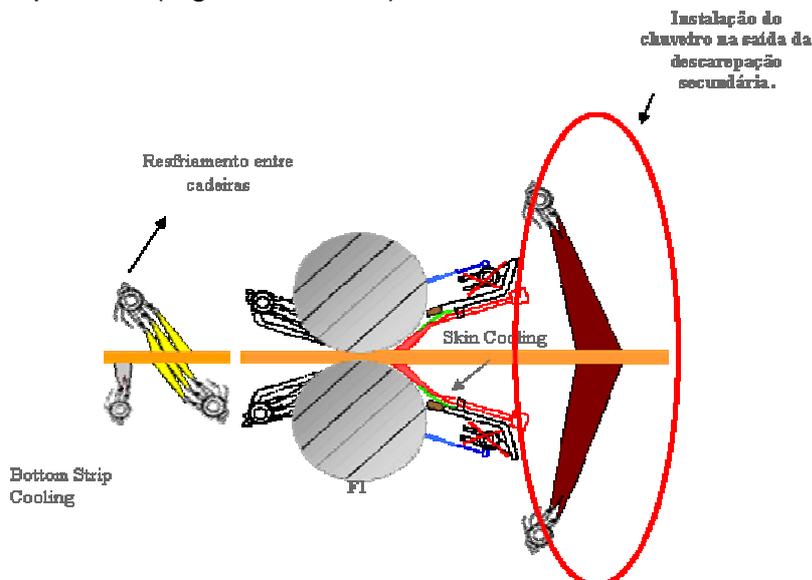
Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.

Figura 6. Sistema de controle de abertura e fechamento automático dos chuveiros.

3.2 Entrada do Trem Acabador: Eliminação da Formação de Carepa após a Descarepação Secundária

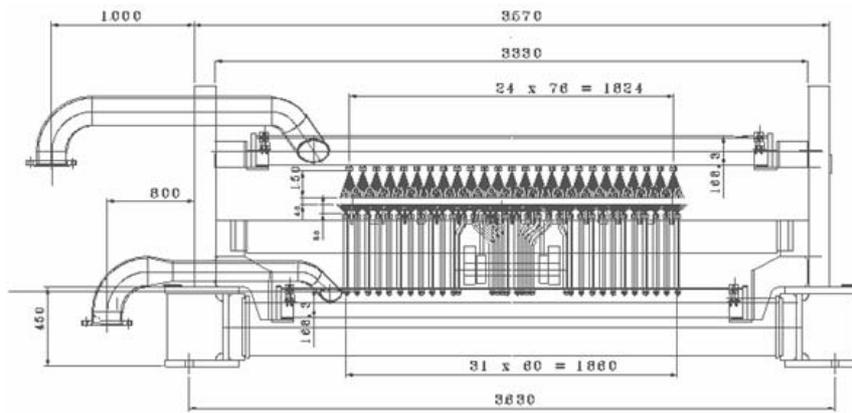
Durante o processo de laminação se observava muita carepa sendo gerada entre a Descarepação Secundária e a primeira cadeira do Trem Acabador (F1), em especial devido à alta temperatura do esboço neste percurso. Como a descarepação secundária é a última chance de remoção de carepa na linha, esta aparição de carepa acarretava perdas para a ArcelorMittal Tubarão por estarem gerando desvios na classificação das bobinas (S2 e S3) devido ao nível de carepa gerada, o que implicava obviamente em preços mais baixos de venda do produto.

Com a instalação de um par de chuveiros (Figuras 7,8 e 9) de baixa pressão (13 bar) e alta vazão (200 m³/h), foi possível ter maior flexibilidade para ajuste ótimo da temperatura de entrada no Trem Acabador, além de formação de película protetora entre a face do esboço e a atmosfera oxidante, resultando em melhor acerto de temperatura e aumento do nível de aprovação das bobinas em termos de qualidade superficial (Figuras 10 e 11).



Fonte: Diagrama esquemático de funcionamento da refrigeração – ArcelorMittal Tubarão.

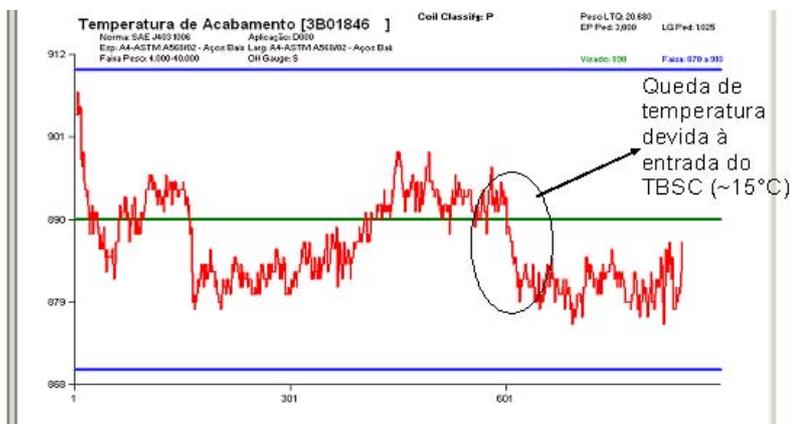
Figura 7. Chuveiro TBSC (Transfer Bar Skin Cooling – Resfriamento superficial).



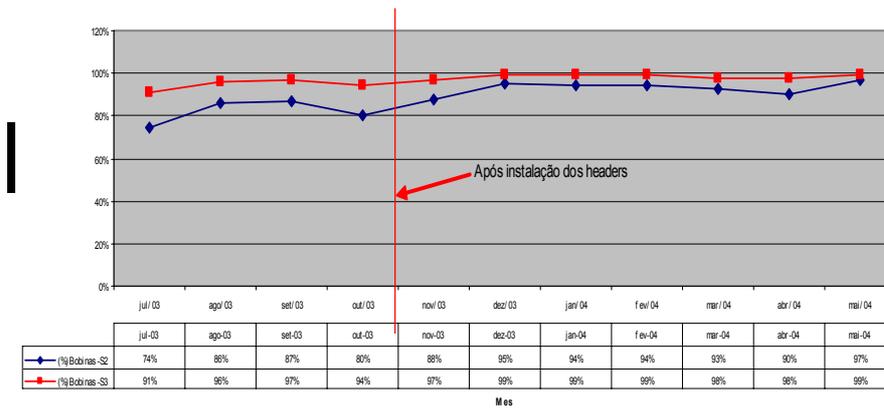
Fonte: GEDOT – Sistema de Gestão de Documentos Técnicos - ArcelorMittal Tubarão.
Figura 8. Chuveiros TBSC (Transfer Bar Skin Cooler – Resfriamento superficial).



Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.
Figura 9. Instalação Chuveiros TBSC (Transfer Bar Skin Cooler – Resfriamento superficial).



Fonte: Relatório do Sistema de Controle do LTQ - ArcelorMittal Tubarão.
Figura 10. Redução da Temperatura Após Instalação dos Chuveiros.



Fonte: Relatório Técnico de Qualidade - ArcelorMittal Tubarão.

Figura 11. Aumento da aprovação da qualidade superficial das bobinas.

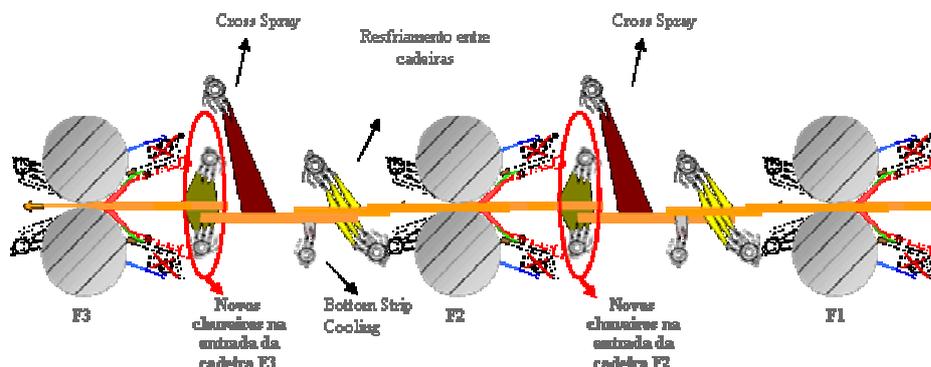
3.3 Trem Acabador: Chuveiros para Melhoria do Controle de Temperatura de Laminação

Visando um melhor controle de temperatura de laminação, com ênfase na conciliação de diferentes necessidades do processo para produção de bobinas com qualidades micro estruturais homogêneas, de dimensões críticas e com superfície isenta de defeitos, foram necessárias várias adaptações no trem acabador em relação ao projeto original.

É difícil conciliar as necessidades de temperatura das diversas etapas da laminação de tiras a quente, sejam devidas a requisitos de processo ou de produto. Os materiais de alta resistência requerem altas temperaturas de laminação para evitar a ocorrência de sobrecargas nas cadeiras de laminação. Por outro lado, os materiais com maior exigência de qualidade superficial requerem temperaturas superficiais mais baixas para de evitar a ocorrência do defeito carepa.

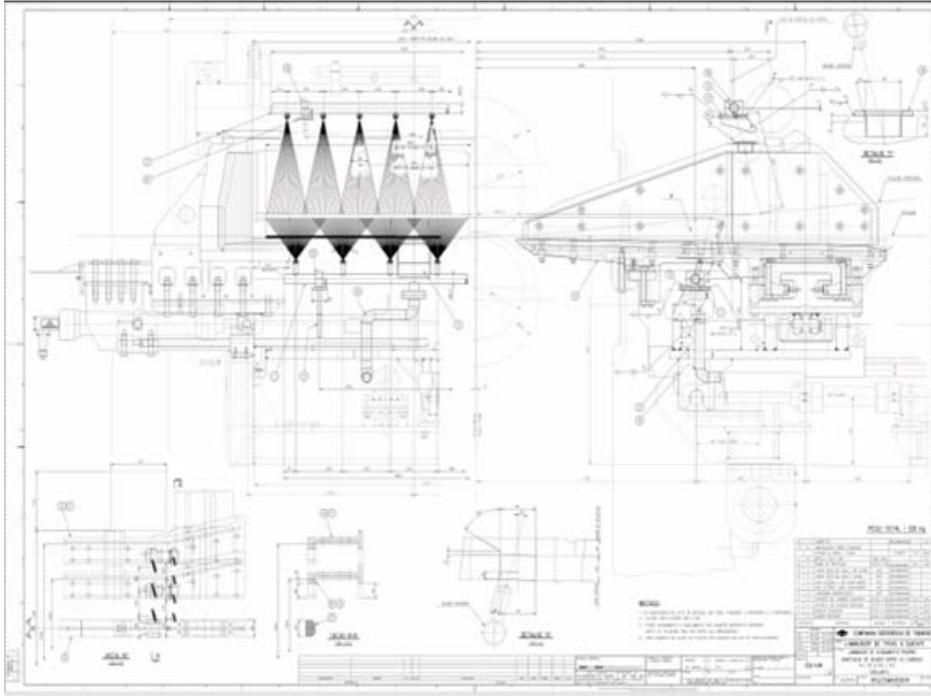
3.3.1 Chuveiros ASC (Automatic Skin Cooling)

Com a instalação de chuveiros de baixa pressão e baixa vazão na entrada das cadeiras F2 e F3 (Figuras 12 a 14), objetivou-se estender os benefícios da maior flexibilidade conseguida com os chuveiros do TBSC, buscando sobretudo proteção da superfície da tira entre as cadeiras iniciais.



Fonte: Diagrama esquemático de funcionamento da refrigeração – ArcelorMittal Tubarão.

Figura 12. Esquemática dos novos chuveiros do trem acabador.



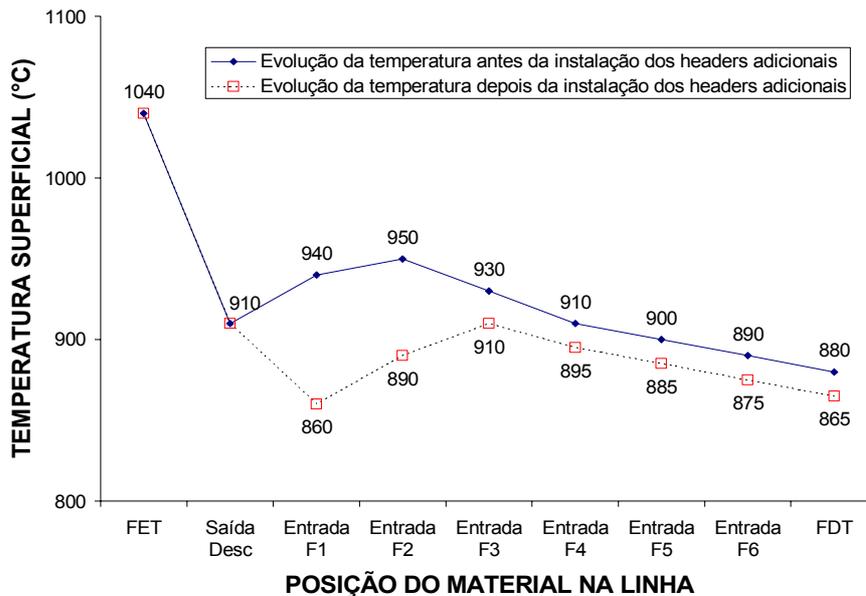
Fonte: GEDOT – Sistema de Gestão de Documentos Técnicos - ArcelorMittal Tubarão.
Figura 13. Chuveiros ASC das guias de entrada das cadeiras.

Chuveiro Inferior

Chuveiro Superior

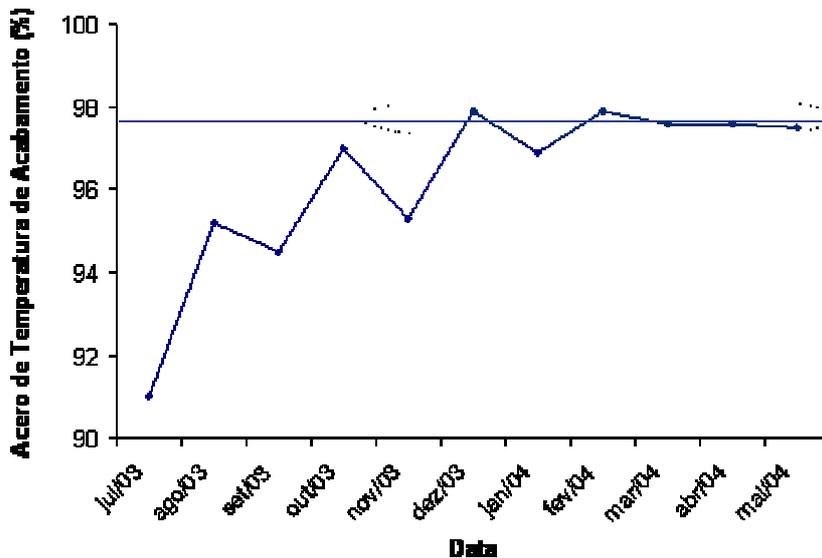


Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.
Figura 14. Instalação dos chuveiros ASC.



Fonte: Relatório Técnico - ArcelorMittal Tubarão.

Figura 15. Comportamento da temperatura após instalação dos chuveiros.



Fonte: Relatório Técnico - ArcelorMittal Tubarão.

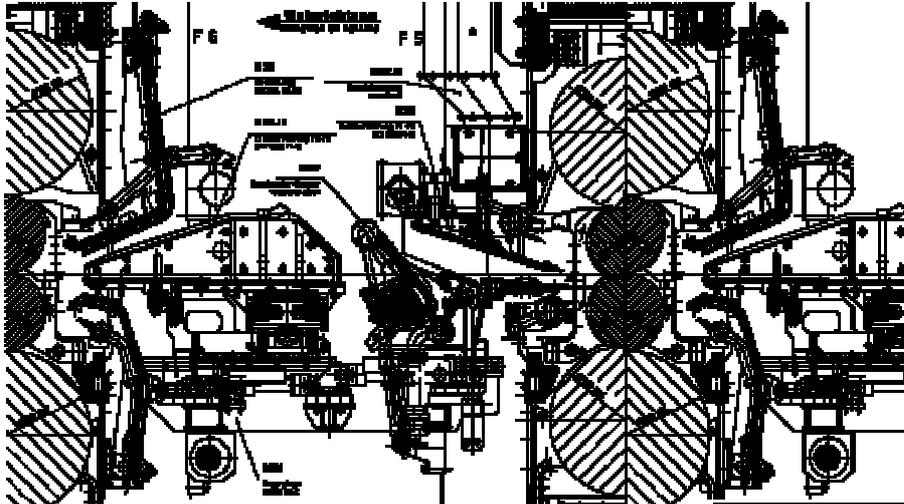
Figura 16. Evolução do acerto da temperatura de acabamento.

3.4 Guias do Trem Acabador: Redução da Incidência de Defeitos Superficiais

As motivações para implementação de modificações nas guias de entrada do Trem Acabador foram originadas, sobretudo, pelos seguintes problemas: contribuição do desgaste das chapas na geração do defeito corpo laminado (KL); alta frequência de troca das chapas de desgaste das guias, em especial da cadeira F1, gerando alto consumo de material sobressalente; elevado consumo de mão-de-obra para substituição das chapas de desgaste, bem como interferência na logística de serviços durante as paradas programadas de manutenção; baixa precisão para operação e calibração das guias em virtude da linha de aplicação; e necessidade constante de serviços de remoção de material agregado em virtude da geração de defeitos de qualidade na tira em processamento (corpo laminado = KL).

3.4.1 Instalação típica das guias de entrada do trem acabador do LTQ

As principais funções das guias de entrada são direcionar o material durante o atravessamento do topo do mesmo no Trem Acabador e auxiliar na manutenção do alinhamento do material em processamento em relação à linha de centro do laminador, colaborando para melhor estabilidade do mesmo.



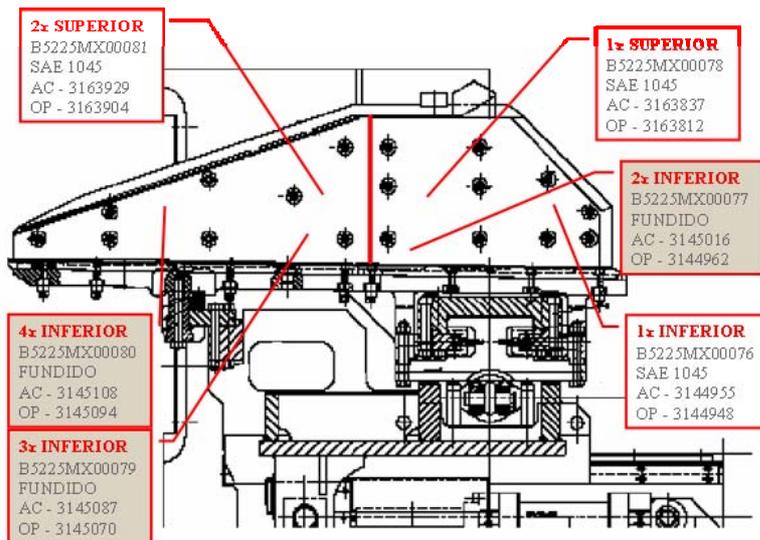
Fonte: GEDOT – Sistema de Gestão de Documentos Técnicos - ArcelorMittal Tubarão.
Figura 17. Posição das guias de entrada.



Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.
Figura 18. Desgaste dos liners e material agregado aos mesmos.

3.4.2 Melhorias implementadas no projeto original visando melhor performance

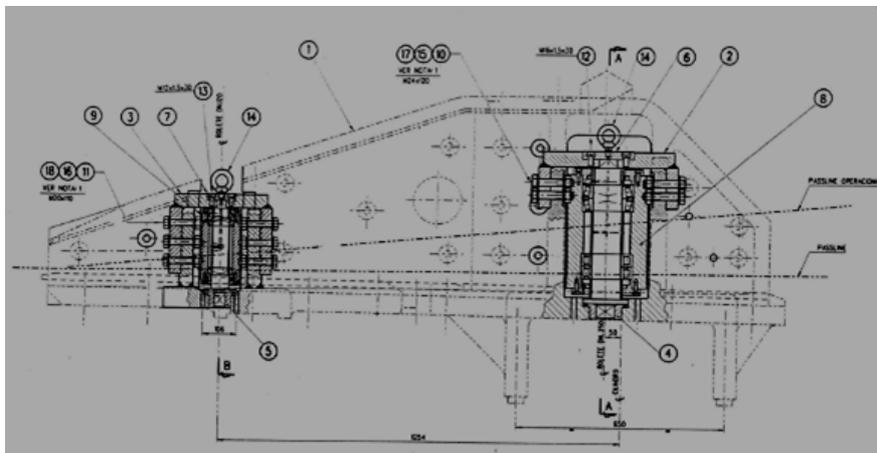
- Segmentação das chapas de desgaste objetivando redução do peso e quantidade das chapas a serem substituídas;
- Alteração do material de fabricação das chapas de desgaste com a finalidade de aumentar a vida útil e reduzir a frequência de troca com conseqüente redução de custo de mão-de-obra e interferências na logística das paradas de manutenção e, ainda, minimização da incidência de KL.



Fonte: GEDOT – Sistema de Gestão de Documentos Técnicos - ArcelorMittal Tubarão.
Figura 19. Projeto de segmentação das chapas de desgaste.

➔NOVO PROJETO DA GUIA COM ROLETES:

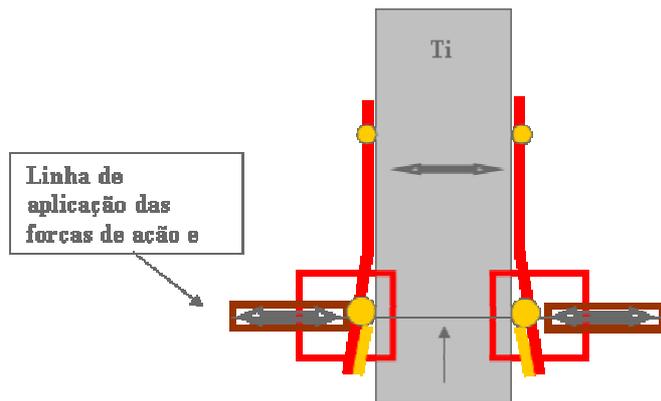
- Alteração de desgaste por atrito de deslizamento para atrito de rolamento;
- Preservação do ângulo de abertura das guias;
- Otimização da calibração das guias em razão do ponto de trabalho;
- Roletes em aço ligado e tratado termicamente;
- Estudo estrutural para determinação da resistência mecânica em função dos pontos ótimos de instalação dos roletes;
- Solução similar à adotada em outros laminadores.



Fonte: GEDOT – Sistema de Gestão de Documentos Técnicos - ArcelorMittal Tubarão.
Figura 20. Projeto das novas guias com roletes.



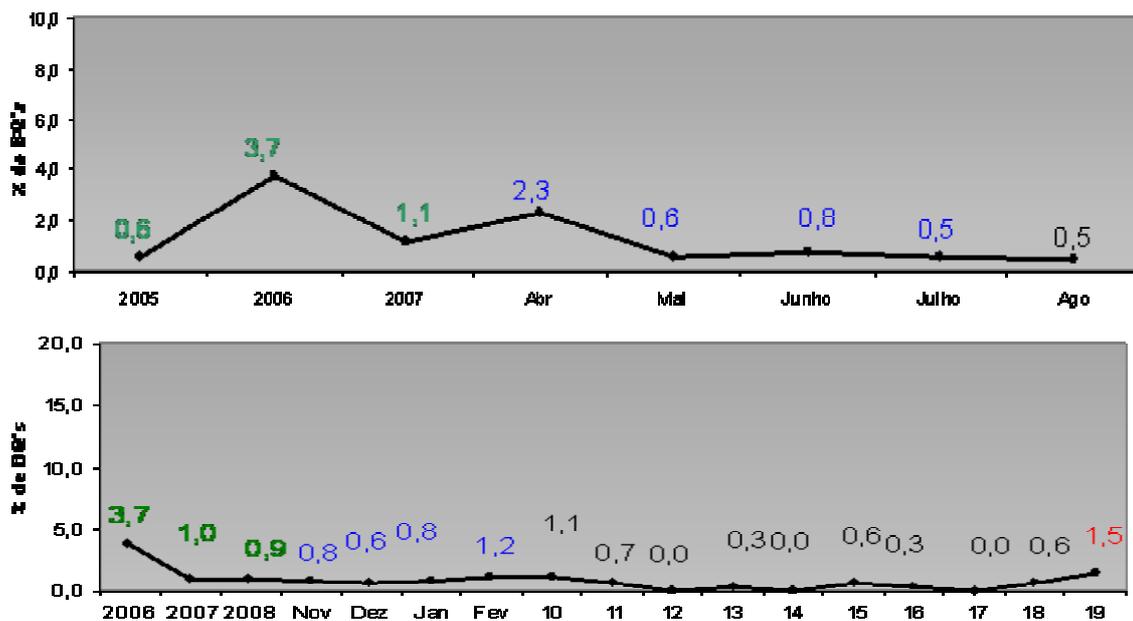
Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.
Figura 21. Instalação dos roletes nas guias.



Fonte: Relatório Técnico – ArcelorMittal Tubarão.
Figura 22. Guarda após instalação dos roletes.

Com a instalação dos roletes atingiu-se: redução drástica do consumo de chapas de desgaste, aumento da confiabilidade de calibração e operação mais estável das guias, melhoria da logística de trabalho durante as paradas programadas de manutenção e colaboração significativa para redução da incidência do defeito Corpo Laminado (KL).

KL- Corpo Laminado



Fonte: Relatório Técnico de Qualidade - ArcelorMittal Tubarão.
Figura 23. Redução da detecção do defeito KL via Parsytec.

3.5 Laminar Flow: Distribuição de Água com Reflexo na Qualidade do Resfriamento da Tira

O sistema de resfriamento laminar da tira é responsável pelo resfriamento controlado da tira, através de estratégias definidas, que podem ser diferentes para o mesmo tipo de aço, a fim de obter a qualidade desejada no produto. Este sistema é capaz de proporcionar a obtenção das propriedades mecânicas diferenciadas, para o mesmo tipo de aço, conforme requerido para cada tipo de aplicação final da tira. O sistema de resfriamento da tira é composto por 15 bancos de chuveiros superiores e inferiores. Sendo que são 13 bancos principais responsáveis pelo resfriamento

propriamente dito, e dois bancos responsáveis pelo ajuste fino do processo de resfriamento. No início do *rating up* não se conseguia ajustar os jatos dos chuveiros inferiores do sistema de resfriamento de forma que todos os chuveiros atingissem a mesma regulagem de vazão entre si.

3.5.1 Instalação de chicanas para equalização das vazões

Durante as verificações do sistema foi observado que havia uma grande variação de vazão de água entre os chuveiros inferiores. Essa variação afetava o controle de velocidade da tira sobre a mesa de saída (*Lead e Lag speed*) e reduzia a eficiência do resfriamento, pois os chuveiros de maior vazão não compensavam a deficiência dos chuveiros de menor vazão, tendo como consequência a má distribuição de vazão entre os chuveiros inferiores do sistema de resfriamento.

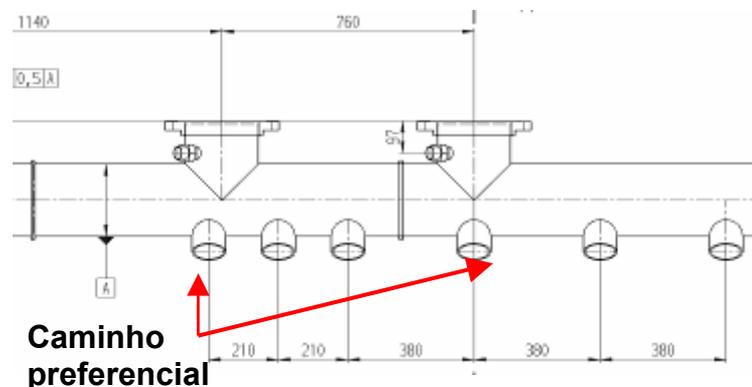
Foi identificado como causa a configuração da tubulação de alimentação do grupo de chuveiros, pois a mesma tinha caminhos preferenciais para o fluxo de água entre os chuveiros e desta forma a vazão de água não era uniforme entre os mesmos (Figura 24).

A solução encontrada foi a instalação de chicanas, para cada manifold, desviando o fluxo do chuveiro mais próximo da alimentação, equalizando assim as vazões entre os chuveiros, esta foi a mais indicada em função do seu baixo custo de instalação e da rapidez com que poderia ser executado o serviço. Desta forma conseguiu-se uma distribuição homogênea das vazões.



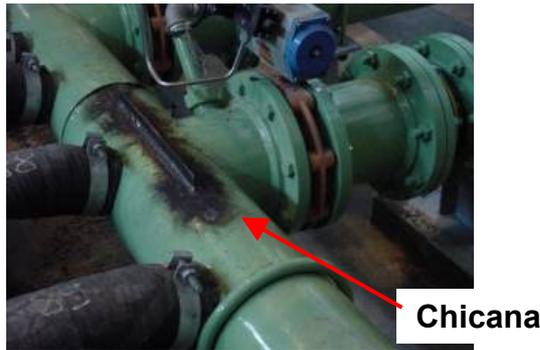
Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.

Figura 24. Condição inicial de funcionamento.

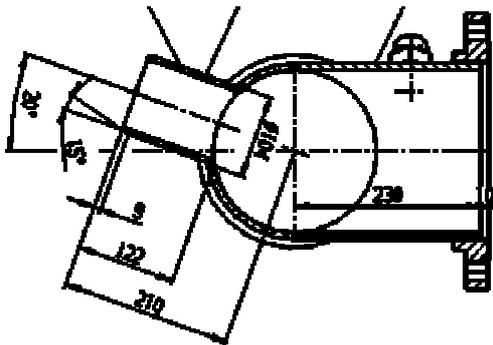


Fonte: GEDOT – Sistema de Gestão de Documentos Técnicos - ArcelorMittal Tubarão.

Figura 25. Projeto da linha de alimentação dos chuveiros inferiores.



Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.
Figura 26. Detalhe da extremidade da chicana que foi instalada.



Fonte: GEDOT – Sistema de Gestão de Documentos Técnicos - ArcelorMittal Tubarão.
Figura 27. Desenho da chicana na linha de alimentação dos chuveiros inferiores.



Fonte: Gerência de Manutenção Mecânica do Laminador – IAMT/ ArcelorMittal Tubarão.
Figura 28 Vista do banco dos chuveiros inferiores regulados.

4 CONCLUSÃO

Com as modificações no Coilbox, contribuimos para que não ocorram problemas de qualidade gerados pela aderência de carepa à superfície do esboço laminado, além de facilitar o trabalho e remoção na descarepação secundária.

O novo projeto das guias de entrada das cadeiras F1 e F2 tem atendido plenamente aos objetivos ao qual foi proposto, apresentando as seguintes vantagens a serem destacadas: baixo custo de desenvolvimento e implantação, redução relevante dos custos de manutenção, principalmente em termos de racionalização de mão-de-obra e redução de custos de estoque, colaboração significativa para a redução da incidência do defeito KL, com impacto na qualidade do produto e na redução de perdas por desvios de rota e redução dos impactos nas atividades das paradas programadas de manutenção, melhorando o gerenciamento de interferências.

A estratégia adotada para controle da temperatura de acabamento (chuveiros TBSC e ASC), bem como a melhoria de distribuição de água de resfriamento no Laminar Flow viabilizaram a produção de aços de temperaturas de laminação elevadas, garantindo a qualidade superficial das bobinas produzidas.

As ações implementadas resultaram em melhoria significativa na qualidade superficial de toda a gama de produtos da linha de tiras a quente da ArcelorMittal Tubarão, possibilitando à mesma atender a mercados com alta exigência de requisitos de superfície.

Agradecimentos

Agradecemos a colaboração de todos os integrantes da gerência de manutenção mecânica do Laminador de Tiras a Quente (IAMT), bem como ao corpo de engenheiros da unidade técnica (IAT) da ArcelorMittal Tubarão.

REFERÊNCIAS

- 1 MANUAIS E DESENHOS TÉCNICOS DOS EQUIPAMENTOS DO LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE (SMS-Demag, Voest Alpine Industries).
- 2 WERKEMA, Maria Cristina Catarina, Criando a Cultura Seis Sigma. Nova Lima, MG: Werkema Ed, 2004.
- 3 CAMPOS, Vicente Falconi. Gerenciamento pelas diretrizes. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996.
- 4 CAMPOS, Vicente Falconi. Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1994.