

MELHORIA DA QUALIDADE DE SUPERFÍCIE DAS BOBINAS PRODUZIDAS NO LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE DA CST⁽¹⁾

Francisco Coutinho Dornelas⁽²⁾
Jadir Dadalto⁽³⁾
Júlio Cezar Bellon⁽⁴⁾
José Fagundes Junior⁽⁵⁾
João Augusto G. Barros⁽⁶⁾
Sérgio Ricardo M. dos Santos⁽⁷⁾

Resumo

Os requisitos de qualidade de superfície cada vez mais rigorosos demandados pelas aplicações de maior valor agregado, impulsionaram a CST a desenvolver um programa de produção de bobinas de qualidade de superfície superior. Dentro deste contexto, a CST implementou ações de controle de processo e programação de laminação e instalação de novos equipamentos, visando a redução da ocorrência do defeito carepa. Os resultados obtidos, após consolidado o programa de produção de bobinas de qualidade de superfície superior, mostraram um aumento significativo no índice de bobinas de primeira qualidade, atualmente superior a 95%, permitindo a CST atender aplicações de maior valor agregado, tais como, indústria automobilística partes expostas, corpo de compressores, rodas automotivas, chapas estanhadas e aplicações de laminados a quente finos decapados. Neste trabalho apresentam-se as ações implementadas pela companhia, a partir da estabilização da produção do seu laminador, no sentido de minimizar a ocorrência de carepa nas bobinas laminadas a quente.

Palavras-chave: Laminação; Tiras a quente; LTQ; Carepa.

- ⁽¹⁾ *Contribuição Técnica ao 60º Congresso Anual da ABM, BH, MG, 25 a 28 de Julho de 2005.*
⁽²⁾ *Engenheiro Metalurgista, Gerente de Divisão Técnica de Laminação de Tiras a Quente da CST.*
⁽³⁾ *Engenheiro Metalurgista, Gerente de Divisão de Produção de Laminação de Tiras a Quente da CST.*
⁽⁴⁾ *Engenheiro Metalurgista, Especialista em Laminação de Tiras a Quente da CST.*
⁽⁵⁾ *Engenheiro Metalurgista, Especialista em Laminação de Tiras a Quente da CST.*
⁽⁶⁾ *Engenheiro Eletricista, Especialista de Controle de Proc. de Laminação de Tiras a Quente da CST.*
⁽⁷⁾ *Engenheiro Eletricista, Especialista de Automação de Laminação de Tiras a Quente da CST.*

1 INTRODUÇÃO

Os resultados de qualidade de superfície das BQ's, produzidas durante o período de aprendizagem do LTQ da CST, indicaram que os defeitos de superfície de maior ocorrência, que restringiam o atendimento de seu produto nas aplicações com requisitos superiores de qualidade de superfície, tratavam-se de carepa de temperatura e carepa de desgaste de cilindros (carepa em faixa). Assim sendo, a CST implementou ações visando principalmente a redução das temperaturas de laminação no trem acabador e a redução do desgastes dos cilindros de trabalho. No que se refere às temperaturas de laminação, a estratégia básica foi reduzir as temperaturas de superfície de esboço na entrada do trem acabador e entre as cadeiras F1-F2 e F2-F3 de modo a dificultar a formação de hematita e magnetita, atentando naturalmente, para a estabilidade do atravessamento da tira especialmente nos materiais mais críticos tais como, tiras finas e aços IF de elevada resistência mecânica. Quanto a redução do desgaste de cilindros do trem acabador foram implementadas principalmente a prática de utilização de óleo de laminação e restrições nas regras de programação dentre outras. Como resultado da consolidação do plano de ações para redução da ocorrência de carepa, o índice de bobinas de primeira qualidade aumentou de menos de 89% em novembro de 2003 para valores médios próximos a 95% a partir de 2004. Apesar dos bons resultados obtidos, o desafio da CST para 2005 é aumentar o tamanho médio das instruções de laminação preservando a qualidade de superfície e forma das bobinas produzidas e também desenvolver o uso de cilindros de trabalho em aço rápido.

2 DESENVOLVIMENTO

Existem inúmeras causas relacionadas com a ocorrência de carepa em BQ's, já bem conhecidas pelos profissionais do setor, conforme pode ser visto na Figura 1 abaixo.

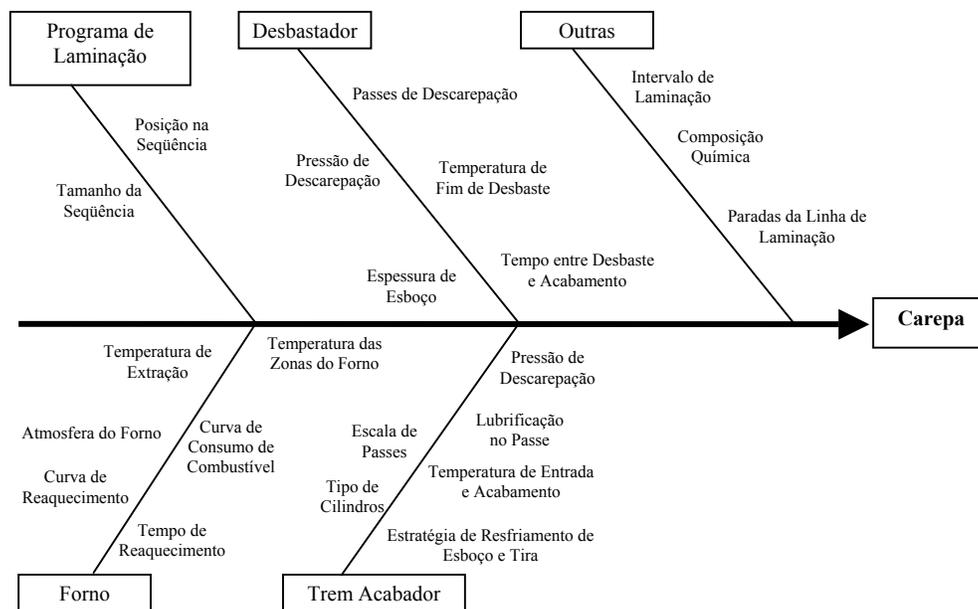


Figura 1. Principais Causas Relacionadas com a Ocorrência de Carepa em BQ's.

Com base nestas principais causas mostradas na Figura 1, a CST definiu concentrar esforços, a partir do fim de 2003, nas seguintes ações, etapa por etapa.

- Redução da espessura de esboço
- Utilização de tiras para reoxidação de cilindros
- Desenvolvimento do uso de óleo de laminação
- Redução das temperaturas de entrada no trem acabador
- Modificação da estratégia de utilização do sistema de resfriamento entre cadeiras
- Instalação de um sistema para resfriamento de superfície de esboço
- Instalação de um dispositivo para resfriamento da tira na entrada das cadeiras F2 e F3
- Utilização de cilindros com características de maior resistência ao bandejamento

2.1 Redução da Espessura de Esboço

Objetivando reduzir as cargas de laminação bem como favorecer a obtenção de temperaturas do material mais baixas na entrada e entre as primeiras cadeira do trem acabador, foram reduzidas as espessuras dos esboços em até 10mm dependendo da espessura objetivada da tira. Principalmente nas tiras com espessura $\leq 2,00\text{mm}$ esta modificação reduziu significativamente o bandejamento dos cilindros de trabalho das cadeiras F2 e F3 com impacto direto na redução da ocorrência de carepa em faixa.

2.2 Utilização de Tiras para Reoxidação de Cilindros

A Figura 2 mostra esquematicamente a estratégia utilizada para garantir a qualidade superficial das bobinas em seqüências de materiais finos. Após 17 a 20Km(dependendo do carbono equivalente) laminados no corpo da seqüência, são programadas tiras de aços baixo carbono com espessuras mais elevadas objetivando o regeneração da camada de óxido dos cilindros de trabalho. Esta prática tem sido importante para permitir um bom balanço entre comprimento de seqüência e qualidade de superfície das bobinas.

2.3 Desenvolvimento do Uso de Óleo de Laminação

O início do desenvolvimento do uso de óleo de laminação foi em março de 2003, em novembro do mesmo ano já se aplicava óleo em todas as cadeiras, em 2004 foram feitos ajustes finos de vazão, principalmente nas dimensões mais críticas e modificações nos bicos para melhor distribuição do óleo sobre os cilindros. As vazões de óleo variam de 50 a 180 ml/minuto dependendo da dimensão da tira e da cadeira de

laminação. O instante em que o óleo é aplicado é função também da cadeira de laminação, por exemplo, na F6 são 5s após a mordida.

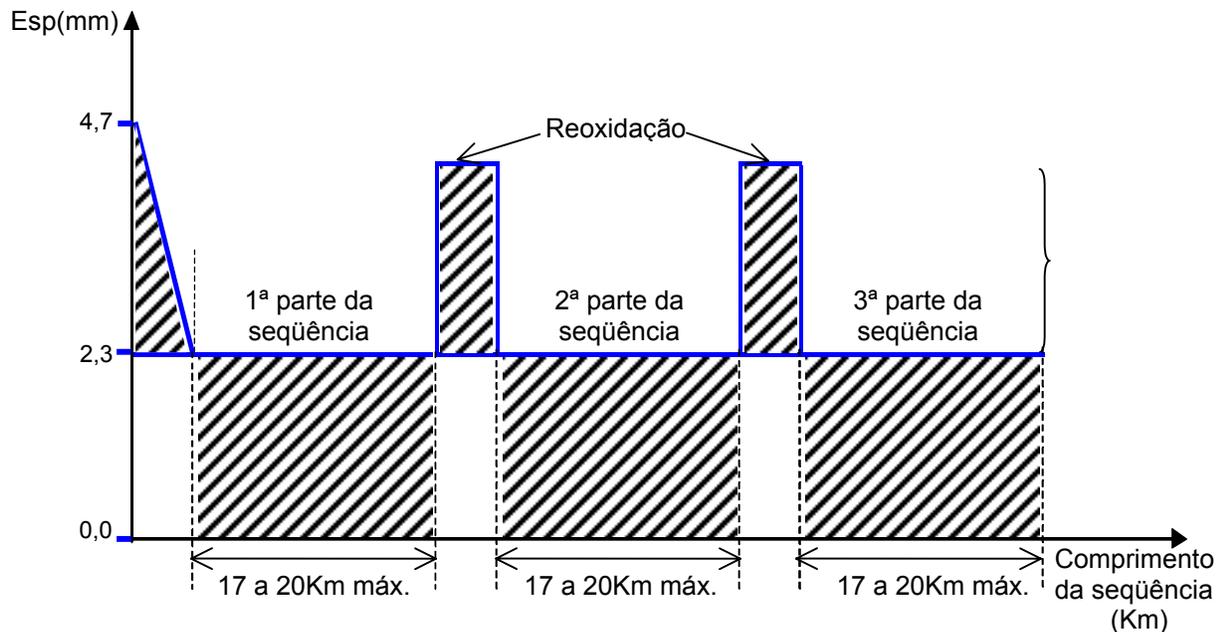


Figura 2. Estratégia de Utilização de tiras de Reoxidação.

2.4 Redução das Temperaturas de Entrada no Trem Acabador

Objetivando reduzir a ocorrência principalmente de carepa de temperatura, estabeleceu-se um padrão para temperatura visada de esboço na entrada do trem acabador. Este padrão leva em consideração o tipo de aço, as dimensões da tira, a aplicação do produto e outras condições. No caso dos materiais finos e largos, o padrão prioriza a estabilidade do atravessamento da tira no trem acabador, visando minimizar o risco de sucata, estiramento e repuxado. Nos aços IF a temperatura de entrada é aquela mínima que ainda garanta um processamento estável no trem acabador e dentro do campo de estabilidade da austenita.

2.5 Modificação da Estratégia de Utilização do Sistema de Resfriamento Entre Cadeiras

O trem acabador da CST é dotado de um sistema de resfriamento de tira entre todas as cadeiras (ISC1 a ISC5), cuja filosofia original para sua aplicação era apenas para controle da temperatura de acabamento. Neste caso, o modelo de set up e o controlador dinâmico (FDTC) calculava a quantidade de água necessária considerando uma seqüência de abertura dos bicos no sentido na última cadeira para a primeira cadeira. A estratégia modificada, para minimizar a ocorrência de carepa nos materiais

com maior propensão, fixa uma quantidade mínima de água nos ISC1 e 2, para garantir uma temperatura da superfície da tira entre as cadeira F1-F2 e F2-F3 abaixo daquela favorável à formação de hematita e magnetita. A Figura 3 mostra esquematicamente a modificação implementada.

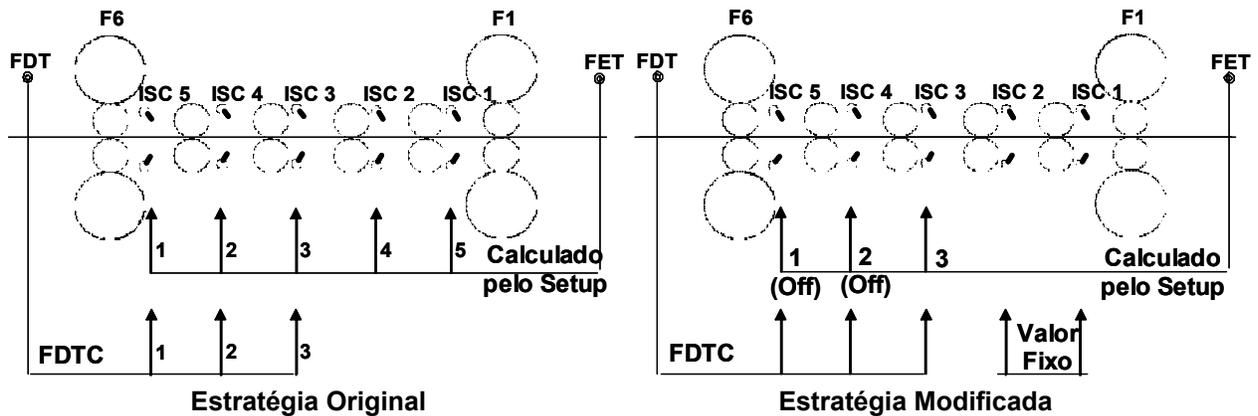


Figura 3. Estratégia de Utilização do Sistema de Resfriamento Entre Cadeiras.

2.6 Instalação de um Sistema para Resfriamento de Superfície de Esboço

O laminador da CST entrou em operação com três sistemas de resfriamento da tira no trem acabador. O sistema de resfriamento entre cadeiras mencionado no item anterior, um sistema de resfriamento da face inferior entre as cadeiras F1-F2, F2-F3 e F3-F4 e um sistema denominado “anti-Peeling” nas cadeiras F1, F2 e F3, este último com objetivo de minimizar a ocorrência de bandejamento dos cilindros de trabalho. Posteriormente, como parte do plano de ação para melhoria da qualidade de superfície de BQ's, foram instalados dois novos sistemas, o primeiro na entrada do trem acabador para abaixamento da temperatura superficial do esboço e o segundo na entrada das cadeiras F2 e F3.

O sistema de resfriamento de superfície de esboço (figura 4) consiste de um par de chuveiros montados entre o descarepador secundário e a cadeira F1. Este sistema foi dimensionado de modo não só a promover o resfriamento superficial do esboço, mas também o resfriamento total dos materiais que requerem temperaturas de laminação mais baixas. Com isso, tem sido possível um controle da temperatura de laminação na entrada do Trem Acabador, flexibilizando a programação de bobinas com diferentes necessidades de temperatura em um mesmo ciclo de laminação, além de permitir um aumento de produtividade. O controle de temperatura do esboço através desses novos chuveiros é realizado por uma malha fechada, que calcula a vazão com base na temperatura medida antes da descarepação, conforme esquematizado na figura 5. Os chuveiros são acionados sempre que a temperatura medida é superior a uma temperatura de referência que é função do tipo de aço, dimensões da tira, requisito de qualidade de superfície e outros.

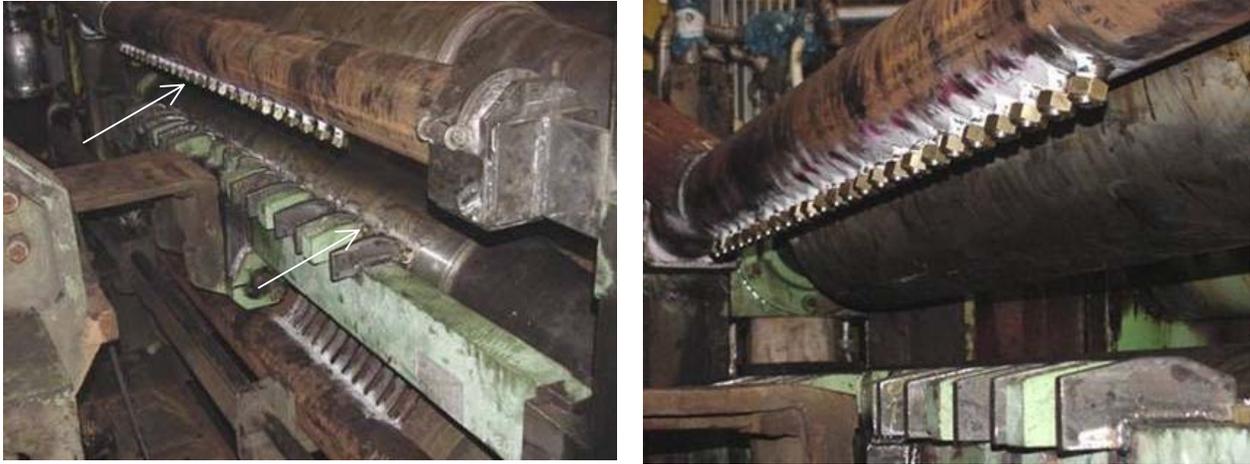


Figura 4. Sistema de Resfriamento de Superfície de Esboço.

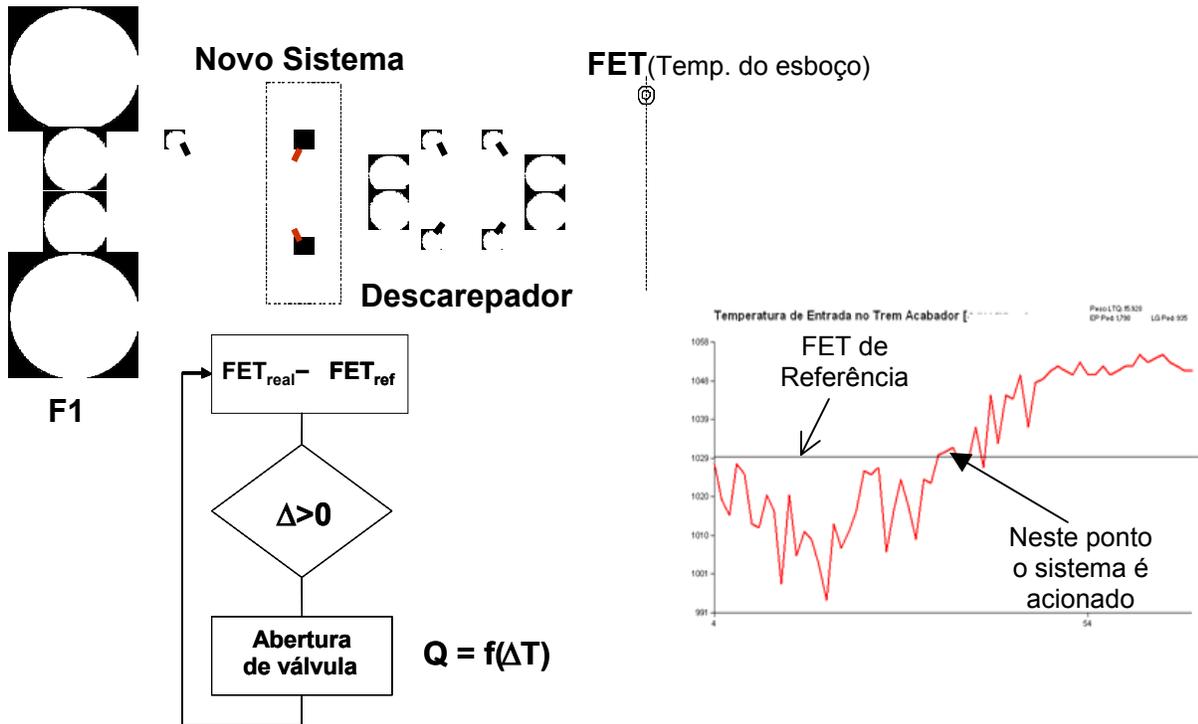


Figura 5. Esquema do controle automático dos chuveiros da entrada da F1.

2.7 Instalação de um Dispositivo para Resfriamento da Tira na Entrada das Cadeiras F2 e F3

Na entrada das cadeiras F2 e F3 foram instalados dois pares de chuveiros (Figura 6), com o objetivo de proporcionar cobertura da superfície da tira na região localizada entre o spray de limpeza (“Cross Spray”) e o “Anti-peeling”. Dessa forma, a superfície da tira

é mantida protegida da oxidação e com temperatura inferior ao valor crítico para formação de carepa.



Figura 6. Detalhe da montagem dos chuveiros da entrada das cadeiras F2 e F3.

2.8 Utilização de Cilindros com Características de Maior Resistência ao Bandeamento

Foram realizados testes com cilindros de aço semi-rápido principalmente nas cadeiras F2 e F3. Os resultados mostraram uma redução significativa na ocorrência de carepa em faixa quando comparados com os cilindros de ferro fundido alto cromo convencionais, conforme pode ser visto na Figura 7. A utilização de cilindros de aço semi-rápido é importante na garantia de qualidade de superfície de tiras finas. Em 2005 a CST dará início ao desenvolvimento do uso de cilindros de aços rápidos.

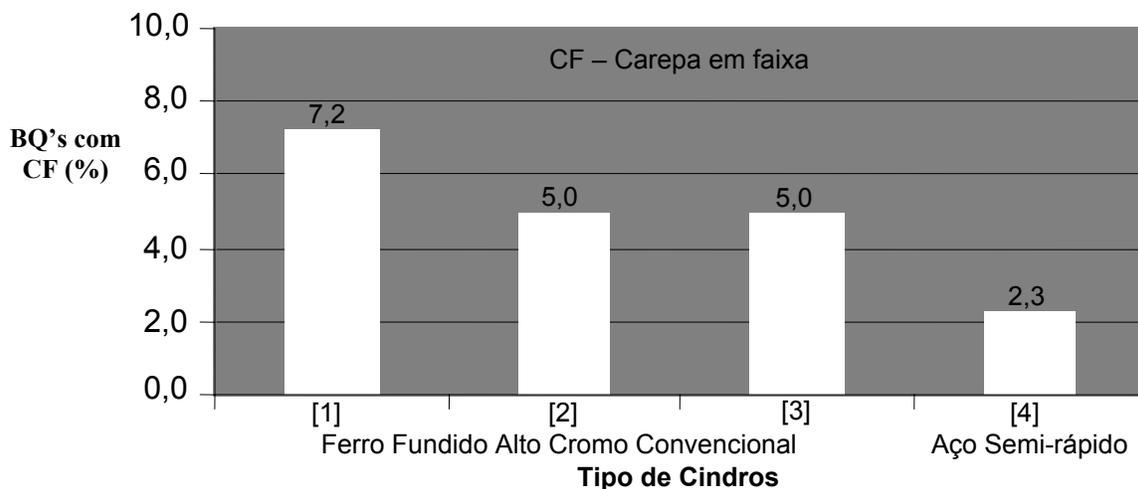


Figura 7. Ocorrência de Carepa em Faixa em Função do Tipo de Cilindro.

3 RESULTADOS OBTIDOS

Como resultado das ações implementadas principalmente a partir do início de 2004, tem sido possível atingir índices médios de bobinas de primeira qualidade próximos a 95 %, dependendo do mix de produção, conforme pode ser visto na Figura 8.

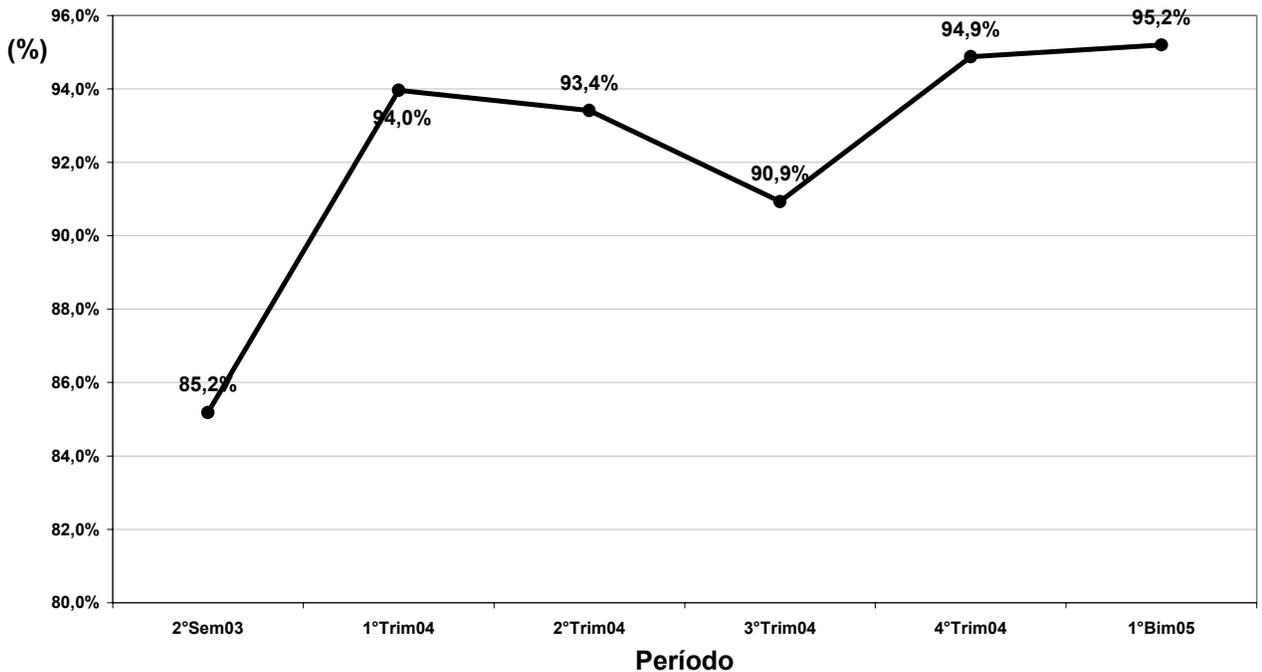


Figura 8. Evolução dos Índices Médios de Bobinas de Primeira Qualidade.

4 CONCLUSÕES

- O desenvolvimento do controle e práticas de laminação e a implementação de novos equipamentos no laminador de tiras a quente da CST, tem permitido que empresa atenda, tanto no mercado interno como no de exportação, aplicações de bobinas com requisitos restritivos de qualidade de superfície, tais como, para a indústria automobilística partes expostas, rodas automotivas, corpo de compressores e produtos decapados para aplicação direta.
- A CST tem como desafios para 2005, o desenvolvimento do uso de cilindros de aço rápidos e o aumento do tamanho médio das seqüências de laminação, mantendo o elevado nível de qualidade de superfície e forma do seu produto.

STRIP SURFACE QUALITY IMPROVEMENT IN CST'S HSM⁽¹⁾

Francisco Coutinho Dornelas⁽²⁾
Jadir Dadalto⁽³⁾
Júlio Cezar Bellon⁽⁴⁾
José Fagundes Junior⁽⁵⁾
João Augusto G. Barros⁽⁶⁾
Sérgio Ricardo M. dos Santos⁽⁷⁾

Abstract

The startup of the CST's hot strip mill was at the end of August 2002. In the beginning of 2003, CST initiated to produce the first trial orders for more severe application requirements, especially in terms of surface. At that time the main surface defect on the hot coils was scale. In order to minimize the scale problem, several parameters were analyzed and several actions were taken. As a result of these actions, it was possible to improve in a very short period of time the strip surface quality in terms of scale, allowing CST produce coils for the most severe applications. The process development and equipment implementation has allowed CST to supply satisfactorily coils for the internal and external markets with severe surface restrictions.

Key- words: Hot strip mill; Strip surface; Scale.

⁽¹⁾ 60th Annual ABM International Congress, July 25 – 28, 2005 – Minas Gerais – BH - Brazil

⁽²⁾ CST – HSM Technical Division Manager

⁽³⁾ CST – HSM Production Division Manager

⁽⁴⁾ CST – HSM Process Engineer

⁽⁵⁾ CST – HSM Process Engineer

⁽⁶⁾ CST – HSM Electrical Maintenance and Process Control Engineer

⁽⁷⁾ CST – HSM Automation Engineer