

EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE PROCESSO DO LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE DA CST

Hermínio de Oliveira Fernandes ⁽¹⁾

Jadir Dadalto ⁽²⁾

Francisco Coutinho Dornelas ⁽³⁾

Júlio Cezar Bellon ⁽⁴⁾

Caetano Nunes da Silva ⁽⁵⁾

Resumo

Com a entrada em operação do Laminador de Tiras a Quente da CST no final de Agosto de 2002, a empresa mudou seu perfil de produto, passando a produzir também Bobinas Laminadas a Quente. As premissas empresariais de oferecimento ao mercado de um produto de alta competitividade, levaram a CST a investir em equipamentos de tecnologia avançada e comprovada, que garantissem elevada qualidade ao produto, baixo custo de produção e alta produtividade. É apresentada nesse trabalho a evolução dos índices operacionais e de qualidade de processo do laminador, obtidos durante o período de comissionamento. Os resultados mostraram uma rápida e consistente evolução da produção, produtividade, rendimentos e acertos de dimensões, forma e temperaturas.

Palavras-chave: laminação, tiras a quente, LTQ

Development of Production and Process Quality during CST's Hot Strip Mill Rating Up

Abstract

After CST's Hot Strip Mill start-up in August 2002, the company changes the product mix starting to offer hot coils for the market. CST's premises to attend the market with a competitive product, drives the company to invest in proved and advanced technologies that affords high quality products, low production costs and high productivity rates. This paper presents the evolution of operational and process quality performance during the Hot Strip Mill commissioning period. The results show a fast and consistent evolution of production, yield and process quality performances of thickness, width, profile and temperatures.

Key-words: rolling, hot coils, hot strip mill

I. INTRODUÇÃO

O Laminador de Tiras a Quente da CST é de uma concepção compacta, com 321m de comprimento e capacidade nominal de 2.000.000 t/ano de BQ's nas espessuras de 1,2 a 16 mm e larguras de 700 a 1.880 mm.

A linha é composta de um forno de reaquecimento de 400 t/h, um laminador desbastador quádruplo universal reversível de 4.200t, um "Coil Box" sem mandril, um trem acabador de seis cadeiras de 4.200t cada, uma mesa de resfriamento tipo "laminar flow" com compri-

mento da zona úmida de 74m e duas bobinadeiras hidráulicas sendo uma retrátil. O laminador é dotado das mais recentes e comprovadas tecnologias para controle de temperatura, dimensão, forma e qualidade superficial das tiras, tais como: "skids" defasados no forno, controle automático de largura e espessura no laminador desbastador, resfriamento entre cadeiras, controle automático de espessura, força de "bending", "shifting" e cilindros CVC no trem acabador.

Com respeito ao controle de qualidade de superfície, foi instalado um sistema de inspeção on-line para face superior na saída da F6 e face inferior no final da mesa de resfriamento, que garante a inspeção de 100 % das tiras laminadas.

A Figura 1 apresenta mais detalhadamente as características da linha de laminação de tiras a quente da CST.

⁽¹⁾ Engenheiro, Gerente do Departamento de Produção de Tiras a Quente da CST, Vitória, ES

⁽²⁾ Engenheiro, Gerente de Divisão de Produção de Laminação de Tiras a Quente da CST, Vitória, ES

⁽³⁾ Engenheiro, Gerente de Divisão Técnica de Laminação de Tiras a Quente da CST, Vitória, ES

⁽⁴⁾ Engenheiro, Especialista em Laminação de Tiras a Quente da CST, Vitória, ES

⁽⁵⁾ Engenheiro, Especialista em Laminação de Tiras a Quente da CST, Vitória, ES

O laminador produziu a primeira bobina em 31/08/02 e a partir desta data o atingimento da estabilidade operacional e de qualidade de processo e produto foi planejado em termos de aumento gradativo da produção, resistência mecânica dos aços combinada com dimensões e requisitos de qualidade do produto.

No presente trabalho é apresentada a evolução, desde a partida do laminador, dos resultados de produção, rendimentos, espessuras dos produtos e qualidade do processo de laminação avaliada pelos acertos de temperaturas de acabamento e bobinamento, acertos de largura, espessura, cunha e perfil do laminado.

2. DESENVOLVIMENTO

Os limites de fabricação de produtos do laminador da CST são mostrados na Tabela I. A produção de bobinas nas

espessuras menores que 1,2mm estão limitadas pela capacidade do processo às larguras máximas de 1200mm para classe de resistência mecânica Ia e 1170mm para Ib. No outro extremo da tabela, as espessuras máximas de 12 a 16mm estão limitadas à largura máxima de 1880mm na classe IV de resistência mecânica.

O desenvolvimento dos materiais mostrados na Tabela I segue uma curva de aprendizagem cuidadosamente elaborada de modo a se atingir a estabilidade operacional e qualidade de processo de forma consistente no menor prazo possível, obedecendo às características da linha e a demanda do mercado. Esta curva de aprendizagem pode ser vista na Figura 2.

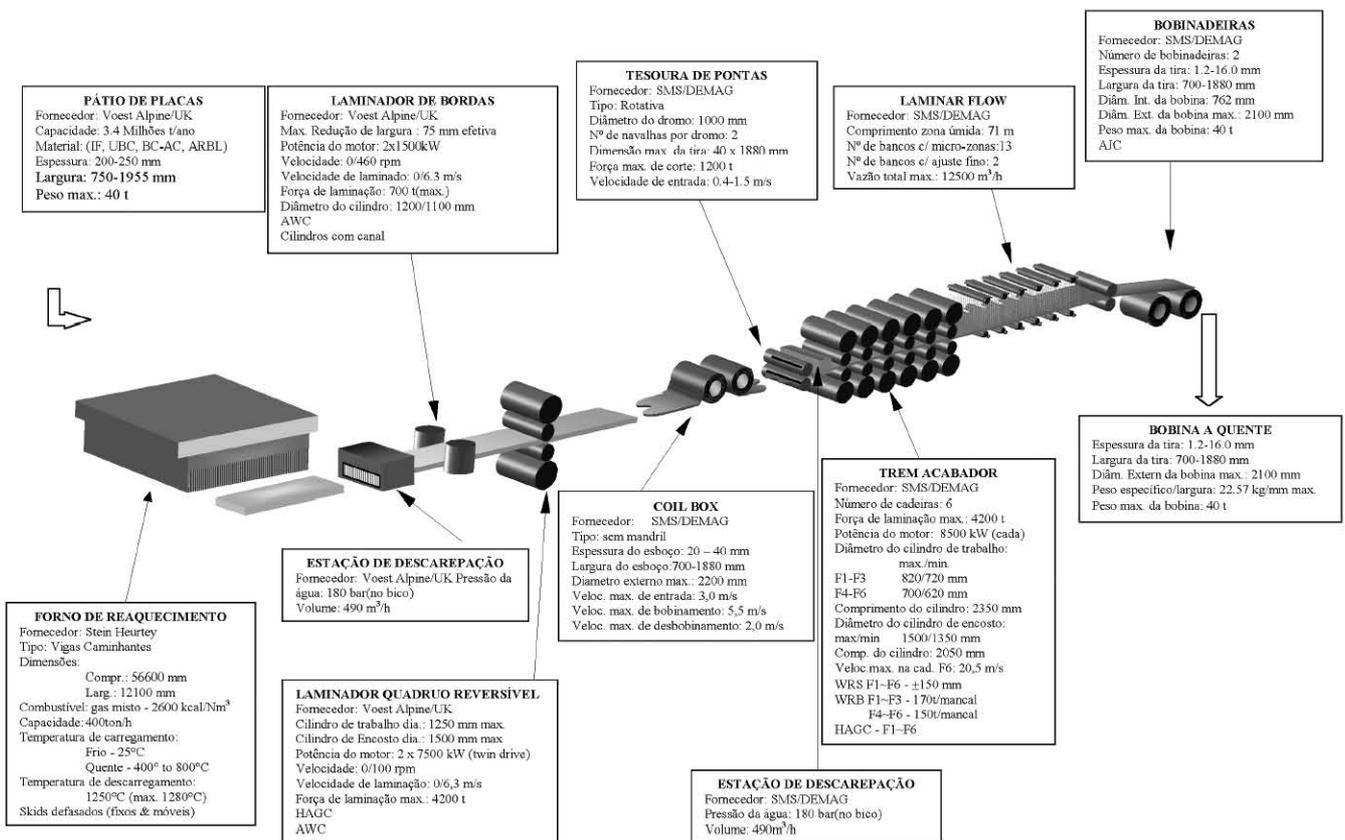
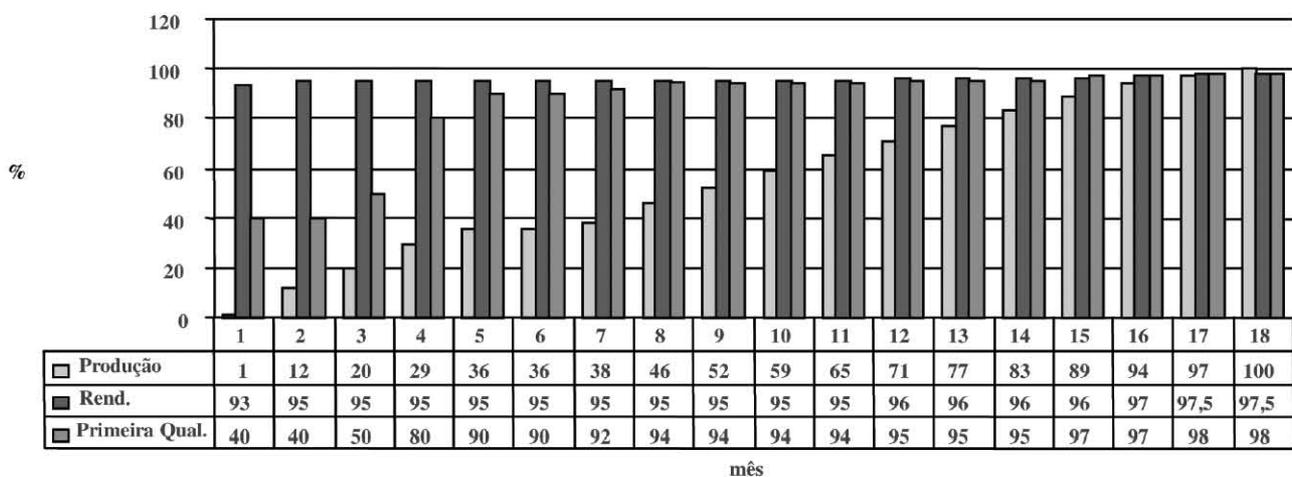


Figura I. Características do LTQ da CST

Tabela I. Limites de Fabricação do Laminador da CST

Espessura (mm)	Limite de resistência máx. (Mpa) x Largura máx. (mm)					
	classe Ia < 320	classe Ib 321-380	classe II 381-450	classe III 451-520	classe IV 521-600	classe V 601-700
1,00 - 1,19	1200	1170				
1,20 - 1,39	1250	1200	1170			
1,40 - 1,59	1380	1330	1250	1150		
1,60 - 1,89	1500	1400	1300	1250		
1,90 - 2,19	1600	1500	1400	1300	1150	
2,20 - 2,49	1780	1600	1500	1400	1250	1150
2,50 - 2,99	1830	1700	1600	1550	1350	1280
3,00 - 3,49	1880	1800	1750	1700	1430	1330
3,50 - 4,24	1880	1880	1830	1780	1550	1500
4,25 - 4,99	1880	1880	1880	1830	1650	1580
5,00 - 5,99	1880	1880	1880	1880	1800	1680
6,00 - 6,99	1880	1880	1880	1880	1850	1780
7,00 - 7,99	1880	1880	1880	1880	1880	1880
8,00 - 8,99	1880	1880	1880	1880	1880	1880
9,00 - 9,99	1880	1880	1880	1880	1880	1880
10,00 - 11,99	1880	1880	1880	1880	1880	1880
12,00 - 16,00	1880	1880	1880	1880	1880	



Espessura	2.0 a 8.0	1.2 a 12.5	1.2 a 16.00	1.0 a 16.0
Largura	1000 a 1200	700 a 1600	700 a 1880	
Classe de Aço	I & II	I a III	I a V	

Figura 2. Curva de Aprendizagem do Laminador da CST

A capacidade nominal de 170.000 t/mês foi planejada para ser atingida após 18 meses da partida do laminador enquanto o desenvolvimento das tiras finas (< 2,00mm) e tiras grossas (> 12,5mm) a partir do 4º mês e 6º mês de produção respectivamente. Os resultados efetivamente obtidos são apresentados a seguir.

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Produção, Rendimento e Dimensões Laminadas

A evolução da produção do laminador está mostrada na Figura 3 a seguir. Exceto para o segundo mês, em todos os outros meses subsequentes a produção real foi superior a planejada. No mês de março/03, ou seja, 8 meses após a partida do laminador, já

se atingia 65% da capacidade nominal de produção. Nos meses de abril e maio/03 a produção foi menor que março devido à necessidade da CST balancear a disponibilidade de placas entre o LTQ e compromissos com o mercado.

O rendimento de laminação (Figura 4) esteve sempre acima do planejado como resultado direto de um menor índice de sucata no laminador. Nos meses de abril e maio este índice foi de 1,0% e 0,7% respectivamente.

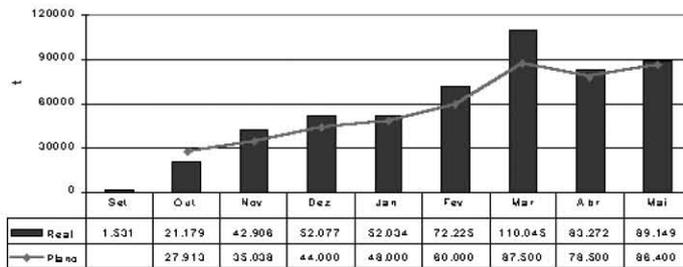


Figura 3. Evolução da Produção do Laminador da CST (2002 e 2003)

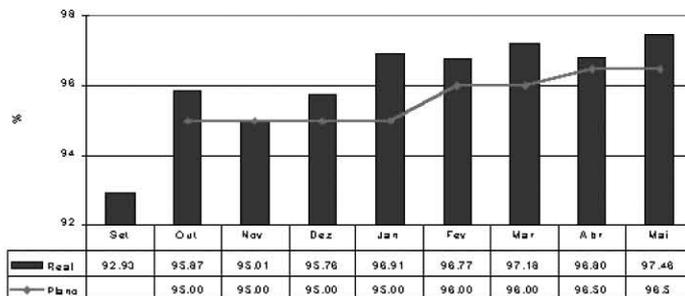


Figura 4. Resultados Obtidos de Rendimento de Laminação (2002 e 2003)

As tiras finas (< 2,00mm) foram produzidas a partir do mês de dezembro/02 com bons resultados de qualidade conforme pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Acertos de Dimensão, Forma e Temperatura no corpo das tiras finas - mai/03

Espessura (+/- 40µm)	Largura (-0/+20µm)	Coroa (+/- 20µm)	Cunha (+/- 30 mm)	T. Acab. (+/- 20°C)	T. Bob. (+/- 25°C)	Bobinas Avaliadas
99,6	99,8	93,7	99,5	95,8	93,7	279

3.2 Acerto de Dimensões

Os acertos de espessura e largura para todo o comprimento das tiras são mostrados na Figura 5. Em janeiro de 2003, apenas quatro meses após a partida do laminador, já se obtinha um índice acima de 97% para o acerto de espessura, mostrando um ajuste rápido e eficiente do modelo de setup do trem acabador e do controle automático hidráulico de espessura instalado nas seis cadeiras (HAGC). Na ponta o índice de acerto médio obtido no mês de maio foi de 90,5%, para a cauda foi de 95,0% e para o corpo foi de 99,2%. A melhora no acerto de ponta depende de ajustes finos no modelo de cálculo de força. Para a faixa de $\pm 100\mu\text{m}$ o acerto de espessura está em 99,5% para todo o comprimento das tiras.

Com respeito ao acerto de largura, o salto de quase 10% observado de janeiro para fevereiro, foi resultado de ajustes feitos no modelo de setup de largura. A sobre-largura média em maio foi de 13,3mm, como resultado de uma estratégia inicial para evitar desclassificação de bobinas por falta de largura. Este valor será reduzido via ajustes finos dos parâmetros do modelo de setup na medida em que a estabilidade operacional do laminador for sendo alcançada.

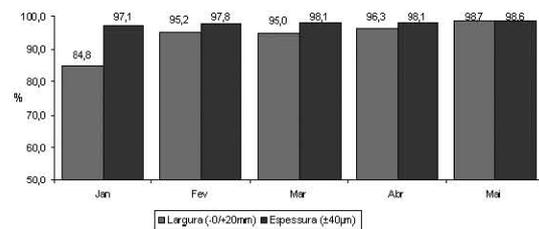


Figura 5. Acerto de Espessura e Largura (2003)

3.3 Acerto de Forma

A Figura 6 mostra os acertos de coroa e cunha avaliados em todo comprimento das tiras, a partir de valores de espessuras a 40mm das bordas. Para controle de coroa o laminador da CST dispõe de cilindros com perfil CVC ("Continuously Variable Crown") e deslocamento axial dos cilindros de trabalho ("shifting") de até 150mm em todas as cadeiras e força de flexão ("bending") de 150t/mancal nas cadeiras F1 a F3 e de 170t/mancal nas F4 a F6. Dispõe também de modelos de controle de coroa térmica e desgaste dos cilindros e do modelo de setup e controle de planicidade, coroa e contorno das tiras ("PCFC-Profile, Contour and Flatness control"). A evolução do acerto de coroa depende de ajustes nos modelos de controle de desgaste e coroa térmica dos cilindros e na aprendizagem do PCFC.

O acerto de cunha é obtido pelo controle manual de nivelamento nos laminadores desbastador e de acabamento e indiretamente pelo sistema automático de controle de alinhamento dos cilindros de trabalho do trem acabador ("RAC - Roll Alignment Control"). As variações no acerto de cunha observadas na Figura 6 são resultantes do mix dimensional e da habilitação e ajustes na função RAC.

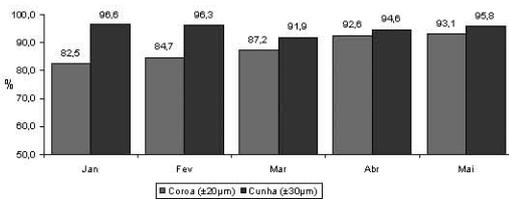


Figura 6. Acerto de Coroa e Cunha (2003)

3.4 Acerto de Temperaturas

Para controle da temperatura de acabamento o LTQ da CST dispõe dos seguintes recursos:

- sistema de resfriamento entre cadeiras (“ISC - Interstand Cooling”);
- modelo de cálculo de setup de temperatura de acabamento que define as velocidades de mordida e de laminação e as vazões do ISC com base nas temperaturas de entrada; e
- controle dinâmico de temperatura de acabamento que ajusta as vazões do ISC e aceleração do trem com base na temperatura de acabamento medida na saída da F6.

A partir de março de 2003 atingiu-se índices de acerto superiores a 96% para a faixa de controle de $\pm 20^{\circ}\text{C}$ (ver Figura 7), como consequência direta de modificações feitas nos parâmetros e aprendizagem dos modelos de setup e de controle dinâmico. Uma oportunidade de melhoria está no acerto de ponta, principalmente para tiras finas, através do ajuste das estratégias para velocidade de atravessamento e vazão de água dos ISC. No mês de maio/03, o acerto global de temperatura de acabamento para ponta foi de 89,2% e para o corpo foi de 97,0%.

No controle da temperatura de bobinamento, o ponto mais crítico é o acerto de ponta em materiais finos, devido fundamentalmente à necessidade atual de utilização de estratégias especiais para permitir o atravessamento do material na mesa de resfriamento sem risco de sucata.

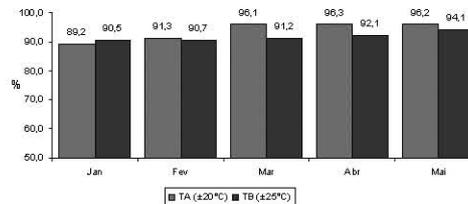


Figura 7. Acerto de Temperaturas de Acabamento e Bobinamento (2003)

3.5 Qualidade de Superfície

A CST iniciou as operações do LTQ oferecendo ao mercado produtos com qualidade S2 (Norma NBR 11888/889). Ao longo do comissionamento dos equipamentos os esforços foram voltados também para o controle da qualidade superficial, sendo que atualmente cerca de 25% da produção já atende requisitos de qualidade S1, com os primeiros fornecimentos para aplicação em “tin plate”, parte exposta para indústria automobilística e rodas automotivas.

4. COMENTÁRIOS FINAIS

Os resultados de qualidade de processo, obtidos após nove meses de produção, notadamente de dimensões e forma, permitem afirmar sem exageros, que em breve a CST estará ofertando ao mercado produtos com requisitos de qualidade restritivos.

A ampliação e domínio do processo na laminação de tiras finas com espessuras menores que 1,5mm e tiras grossas com espessuras entre 12,5 e 16,0mm são os grandes desafios futuros, considerando o diferencial competitivo do projeto do LTQ da CST.