

UTILIZAÇÃO DE CILINDROS DE TRABALHO DE AÇO SEMI-RÁPIDO NO LAMINADOR REVERSÍVEL R2 ¹

Marcelo Souza de Oliveira²
Nivaldo Araújo Rosa³
João Dias do Rosário Júnior⁴
Mauro Rodrigues⁵

Resumo

A utilização correta da qualidade do cilindro nos laminadores é fator que influencia na característica de qualidade do produto, como também significativamente o custo de uma usina siderúrgica. No caso específico do laminador reversível R2 da Cosipa e outros laminadores esboçadores de diversas siderúrgicas, o cilindro em material de aço semi-rápido, veio em substituição ao de aço médio cromo, obtendo resultados satisfatórios. O resultado de menor consumo na Cosipa foi suficiente para obtermos uma redução no custo do cilindro na ordem de 20%, além de redução na frequência de troca dos cilindros de trabalho possibilitando uma maior flexibilidade de programação da linha.

Palavras-chave: Laminadores reversíveis; Cilindro de laminação; Semi-rápido.

¹ Trabalho a ser apresentado no XXXXII Seminário de Laminação - Processos e Produtos Laminados e Revestidos - Santos - SP - Brasil.

² (2) Sócio da A.B.M. Engenheiro Mecânico, Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista-Cosipa, Cubatão SP.

³ (3) Técnico de Inspeção de Cilindros, Gerência de Oficina de Cilindros da Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista-Cosipa, Cubatão SP.

⁴ (4) Técnico em Siderurgia, Gerência de Laminação de Tiras a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista-Cosipa, Cubatão SP.

⁵ (5) Engenheiro Mecânico, Gerência de Oficina de Cilindros da Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista-Cosipa, Cubatão SP

INTRODUÇÃO

O laminador esboçador quadrúo reversível R2 da Cosipa, conforme sua localização identificada no lay out da Figura 1, tem como características principais: Roll Force de 2000t, velocidade máxima dos cilindros de 220mpm e Potência RMS de 2x3500 HP. No processo de laminação o R2 efetua entre 5 a 7 passes, recebe o esboço do laminador R1 com espessura aproximada de 90mm e reduz para aproximadamente 30mm.

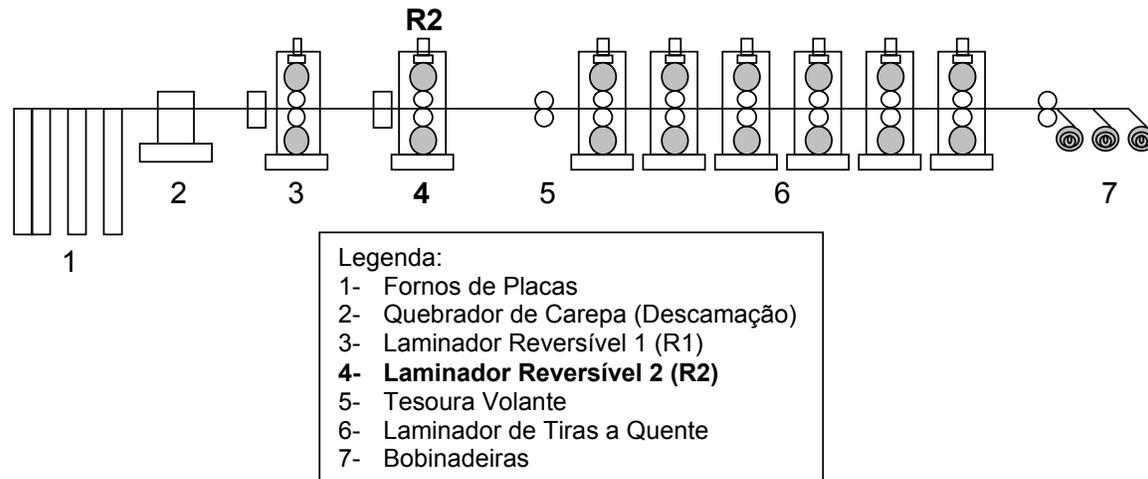
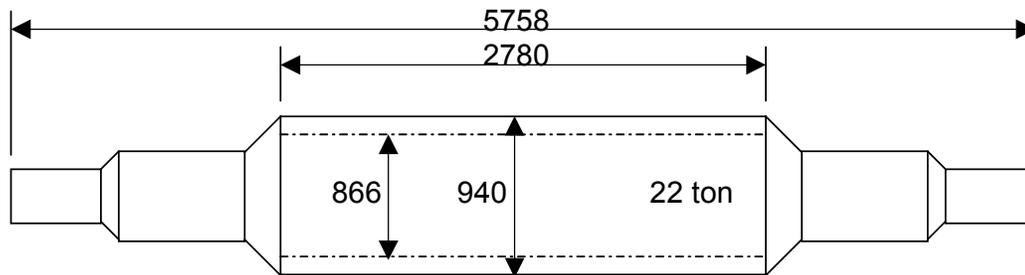


Figura 1.

Dimensões básicas do cilindro de trabalho, Figura 2:



O início de operação do laminador R2 foi com cilindros de trabalho em material de Ferro Fundido (indefinite chill), sendo substituído pelo de Aço Adamite e posteriormente pela qualidade de Aço Médio Cromo (8 a 12% Cr), as substituições sempre tiveram como objetivo principal reduzir desgaste de laminação e com isto melhorar a produtividade da linha, reduzindo o número de trocas.

A utilização do cilindro em Aço Semi-Rápido, também objetiva um ganho de produtividade, com expectativa de ganho em rendimento da ordem de 45%, comparado ao Aço Médio Cromo. Além do objetivo principal, esperasse um comportamento melhor ao agarre, uma melhor qualidade da superfície e maior resistência a propagação de trincas, em função de tensões residuais mais baixas.⁽¹⁾

Este cilindro é fabricado por centrifugação por dupla fusão com casca de aço semi-rápido e o núcleo em ferro fundido nodular., dureza na faixa de 75 a 90 Shore C.

As tabelas a seguir,⁽²⁾ apresentam características básicas comparativas entre os materiais de casca do cilindro em Aço Semi-Rápido e Aço Médio Cromo.

Tabela 1. Propriedades Mecânicas

Propriedades	Aço Médio Cromo	Aço Semi-Rápido
Limite de Tensão de Ruptura (Rt)	700 / 800 MPa	900 / 1000 MPa
Limite de Compressão de Ruptura (Rc)	2600 / 3200 MPa	3000 / 3200 MPa
Ductilidade (compressão)	10 / 15 %	8 / 10 %

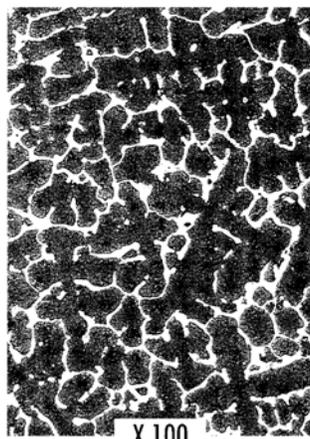
Tabela 2. Propriedades Físicas

Propriedades	Aço Médio Cromo	Aço Semi-Rápido
Expansão Térmica (25-400°C)	11,6 / 11,8 $10^{-6} 1/°C$	11,6 / 11,8 $10^{-6} 1/°C$
Coeficiente de Condutibilidade Térmica (W/mK)	16 / 18	17 / 18
Calor Específico Cp (J/Kg.K)	480 / 500	500 / 540

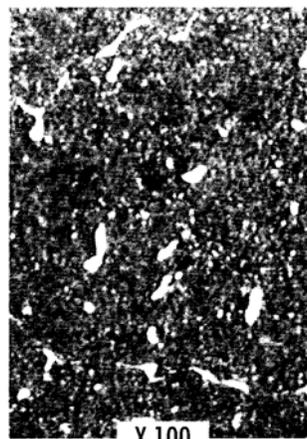
Tabela 3. Composição Química

Materiais	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
Aço Médio Cromo	1,30	0,40	0,50	<	<	0,50	8,00	2,00	-
	1,50	1,50	1,00	0,05	0,015	1,00	12,00	5,00	
Aço Semi-Rápido	0,50	0,20	0,20	Min	Min	0,50	5,00	2,00	0,20
	1,00	1,00	1,00			1,00	10,00	4,00	1,00

As Microestruturas⁽²⁾ das Figuras 3 e 4, mostram as diferenças entre os materiais:



AÇO MÉDIO CROMO
Matriz: Martensítica
Carbonetos: 8%-14% de (M₇C₃)

Figura 3

AÇO SEMI-RÁPIDO
Matriz: Martensítica (Bainítica)
Carbonetos: 2%-5% de (M₇C₃)

Figura 4

DESENVOLVIMENTO

O início do uso do cilindro de aço semi-rápido no Laminador reversível R2 da Cosipa, foi em Julho de 2002, entrando em operação 1 par de cilindro.

Estes cilindros foram fornecidos com dureza de 78 Shore C e com as seguintes composições químicas, mostradas na Tabela 4: ⁽²⁾

Tabela 4. Composição química dos cilindros testados.

Cilindro	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
Superior	0,97	0,85	0,73	0,03	0,01	1,07	7,94	3,09	0,54
Inferior	0,95	0,88	0,62	0,02	0,01	1,07	7,56	2,96	0,53

Foram mantidos alguns parâmetros de uso, semelhantes aos do Aço Médio Cromo, como:

a)Refrigeração, devido as propriedades físicas dos dois tipos de material serem semelhantes, expansão térmica e coeficiente de condutibilidade térmica.

Característica da refrigeração no laminador R2:

Pressão da adutora = 3,5 Kgf/cm²

Vazão de refrigeração dos cilindros de trabalho = 3154 L/min

b)Coroa de -0,20 mm. Também como na refrigeração, as propriedades físicas sendo semelhantes, não houve necessidade da alteração do valor do coroamento mecânico.

c) Usinagem: Levantamento do perfil de desgaste para efeito de comparação e ajustes posteriores de campanha e coroa mecânica. O corte na usinagem (retifica) deve ser o mínimo possível, no caso de trincas térmicas as mesmas podem permanecer, porém aliviadas.

RESULTADOS

Os cilindros utilizados fizeram 22 campanhas. Na terceira campanha ocorreu parada de esboço entre os cilindros. Após usinagem de 1,25mm no diâmetro permaneceu a trinca térmica em faixa com profundidade de 1,40mm no cilindro inferior, o mesmo retornou ao laminador com a trinca térmica.

No aspecto de superfície, o cilindro de Aço Semi-Rápido apresentou uma formação de camada de óxido mais regular, no cilindro de Aço Médio Cromo caracteriza-se por uma formação de óxido não uniforme (Figura 6), apresentando faixas com diferenças de rugosidade, portanto atritos diferentes. A temperatura dos cilindros após laminar apresentou resultados na faixa de 50 a 65 C°.

A seguir são apresentadas as fotos das superfícies dos cilindros para os dois tipos de materiais após laminar. Para o Aço Semi-Rápido de 70.000 ton (Figura 5) e para o Aço Médio Cromo a campanha foi de 45.000 ton (Figura 6).

Os gráficos a seguir mostram os resultados comparativos entre os materiais, na forma de consumo específico, milímetro por 1000 tonelada (mm/Kt) e gráfico de perfil de desgaste.

Fotos: Superfície após laminar



Aço Semi-Rápido
Figura 5



Aço Médio Cromo
Figura 6

O gráfico da Figura 7 mostra o desgaste de laminação. O resultado é de 0,05 mm/Kt para o cilindro de Aço Médio Cromo e 0,038 mm/Kt para o de Aço Semi-Rápido, o que corresponde a um desgaste 24% menor no Semi-Rápido.

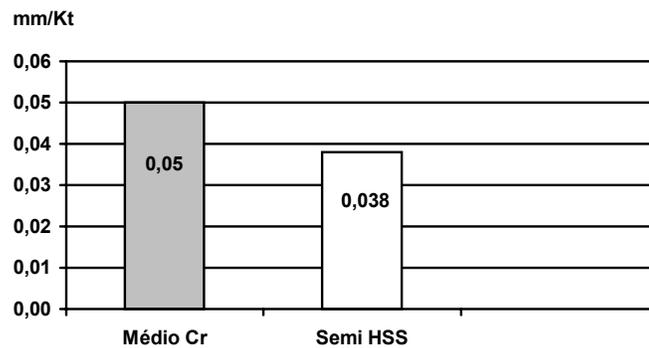
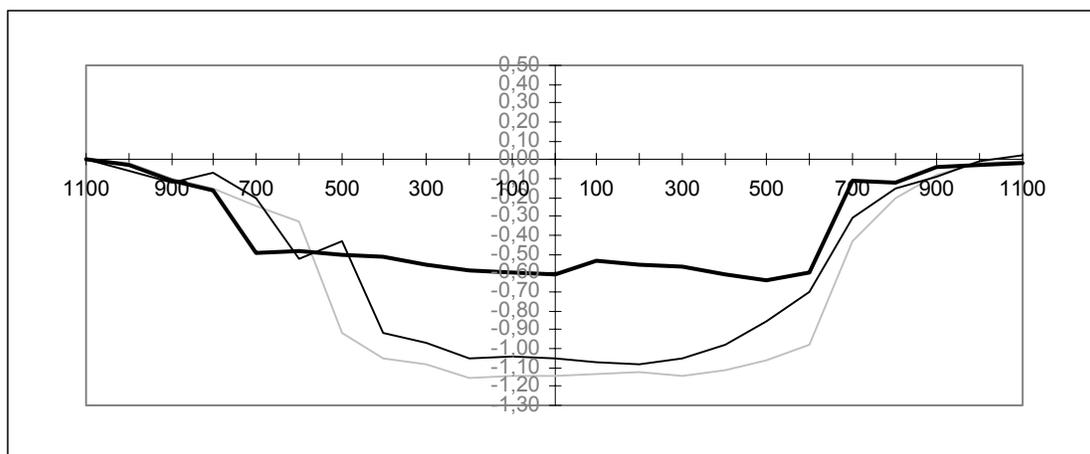


Figura 7. Desgaste de Laminação do cilindro do R2



- Aço Semi-Rápido 44.000 ton
- Aço Médio Cromo 34.384 ton
- Aço Médio Cromo 52.100 ton

Figura 8. Perfil de desgaste dos cilindros do R2

O gráfico da Figura 9 mostra o resultado do consumo específico dos milímetros usinados para remover trinca térmica por tonelagem laminada. O cilindro de Semi-Rápido apresentou um consumo específico menor em 32%, portanto menor corte de usinagem para remover trinca térmica.

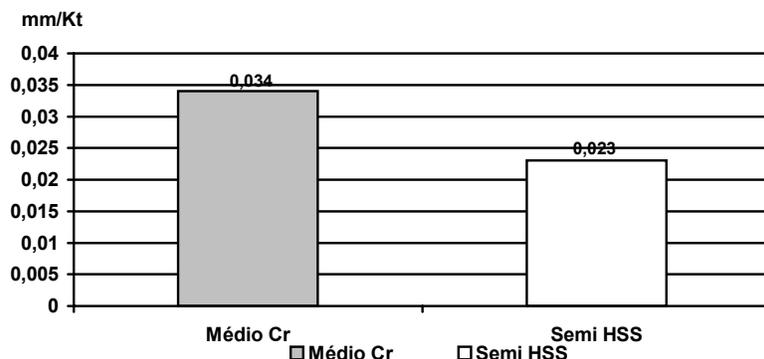


Figura 9. Consumo por Trinca Térmica.

O gráfico da Figura 10 mostra o consumo específico total, que engloba o desgaste de laminação mais as usinagens. O cilindro de Semi-Rápido apresentou uma performance melhor em 29%.

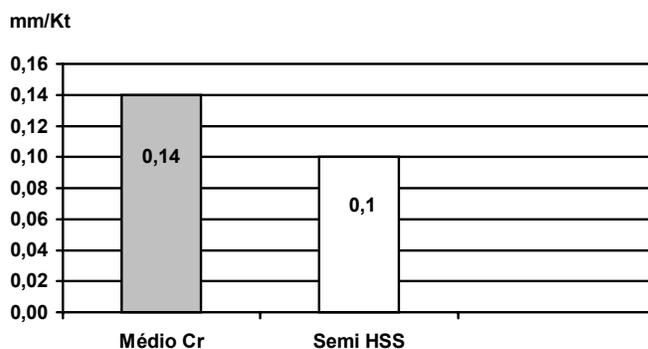


Figura 10. Consumo específico

A Tabela 4 mostra uma comparação do custo da tonelada laminada por tipo de cilindro do R2 levando-se em conta o maior preço do milímetro do cilindro de aço semi-rápido. Podemos observar que o custo relativo ao rendimento dos cilindros passou de 0,10 US\$/t para 0,08 US\$/t, ou seja uma redução no custo de 20%.

Tabela 4. Dados do custo entre os cilindros Médio Cromo x Semi-Rápido

	Aço Médio Cromo	Aço Semi-Rápido
Custo do Cilindro (US\$)	106.000	122.000
Vida Útil (mm)	74	74
Custo do MM (US\$/mm)	1432,43	1648,65
Rendimento (t/mm)	14286	20000
Custo por tonelada laminada (US\$/t)	0,10	0,08

Outro resultado significativo é o ganho de produtividade da linha, devido ao aumento na campanha. Conforme o gráfico da Figura 11 mostra, a evolução na tonelagem por campanha tem acréscimos a medida que o material do cilindro de trabalho

altera. Com a utilização do Aço Semi-Rápido a tonelagem média por campanha passa do patamar de 40.000 ton/campanha, para 52.000 ton/campanha, um incremento de 30%. Este aumento significa passar de uma média de 4,5 trocas/mês para 3,5 trocas/mês, portanto uma redução de 1 troca/mês ou disponibilidade na linha de 20 minutos/mês.

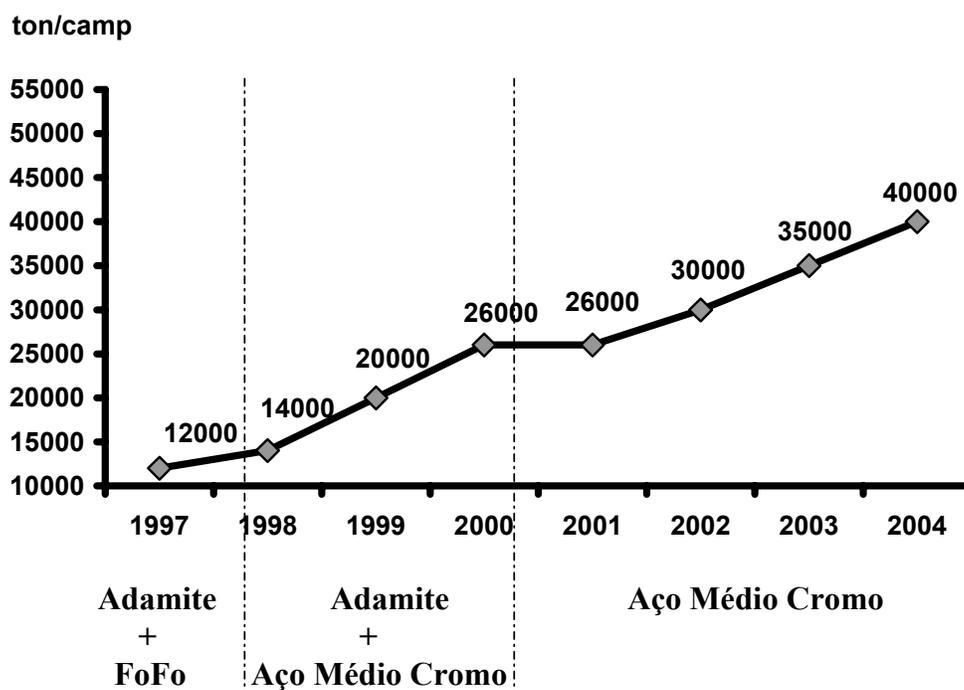


Figura 11. Evolução da tonelagem/campanha.

CONCLUSÕES

A utilização de cilindros de trabalho em material Aço Semi-Rápido, no laminador reversível R2 da Cosipa, apresentou resultados satisfatórios para que seja implantada a estratégia de substituição gradativa da qualidade em Aço Médio Cromo. Os fatores fundamentais para esta conclusão são: o menor custo, na ordem de 20%, a superfície menos heterogênea, menor consumo na usinagem para aliviar trincas térmicas (32%), redução do consumo específico em 29% e possibilidade do aumento da tonelagem por campanha como ganho de produtividade.

O resultado positivo do teste também possibilita a verificação do uso do cilindro em Aço Semi-Rápido no laminador reversível R1 da Cosipa, que apresenta algumas particularidades críticas, como: deficiência no agarre e paradas mais constantes de esboço entre cilindros.

REFERÊNCIAS

- 1 MARTINY, FRANK.: The Roughing Work Roll for Hot Strip Mills. Gontermann-Peipers GmbH, 1999.
- 2 Documentos Técnicos das empresas: Marichal Ketin e Innse Cilindri

UTILIZATION OF SEMI HIGH SPEED STEEL WORK ROLLS IN THE ROUGHING REVERSING STANDS R2¹

Marcelo Souza de Oliveira²
Nivaldo Araújo Rosa³
João Dias do Rosário Júnior⁴
Mauro Rodrigues⁵

Abstract

The use of the correct quality of work rolls in rolling stands is a factor that significantly influences product quality and overall costs in a steelworks. In the specific case of the reversible roughing mills R2 of Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, as well other stands of this same type, working rolls of semi high speed steel are replacing those made of medium chromium steel with satisfactory results. The lower roll consumption levels got at COSIPA were enough to permit a reduction of about 20% in the roll costs, besides a decrease in the work rolls change frequency, allowing greater flexibility for the line production planning.

Key words: Reversing roughing mills; Work rolls; Semi high speed steel.

¹ *Paper to be presented at the XXXXII Rolling Seminar - Processes and Rolled and Coated Products, Brazilian Association for Metals and Materials, Santos SP, Brazil.*

² *A.B.M. Member. Mechanical Engineer, Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil.*

³ *Rolling Mill Rolls Inspector, Hot Strip Mill Roll Shop Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil.*

⁴ *Metallurgical Technician, Hot Strip Mill Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil.*

⁵ *Mechanical Engineer, Manager Hot Strip Mill Roll Shop Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP, Brazil.*