

# UTILIZAÇÃO DE CILINDROS DE ALTO CROMO NA LAMINAÇÃO DE AÇOS API NO LAMINADOR DE CHAPAS GROSSAS DA COSIPA <sup>1</sup>

Flávio Viana de Freitas <sup>2</sup>  
Júlio Toshio Nakashima <sup>3</sup>  
Maurício Martins Pereira <sup>4</sup>  
Maurício Duberger Lopes <sup>5</sup>  
Marco Antônio Nogueira Alves <sup>6</sup>

## Resumo

A demanda crescente por aços da classe API para fabricação de tubos de grande diâmetro tem elevado cada vez mais as solicitações mecânicas dos cilindros de trabalho dos laminadores a quente. A exigência de aumento de resistência mecânica com a redução de espessura da parede do tubo tem como benefício a redução em peso da estrutura e também na quantidade de solda requerida. A laminação controlada, utilizada para fabricação desse material, impõem altas cargas ao laminador em função das baixas temperaturas de acabamento requeridas para se alcançar as propriedades mecânicas. A resposta para esses desafios foi a adoção de cilindros de trabalho feitos em ferro fundido de alto cromo, que possuem um desgaste menos acentuado durante a laminação. O presente trabalho visa apresentar o desenvolvimento realizado na Laminação de Chapas Grossas visando utilização desses cilindros na fabricação de aços da classe API.

**Palavras-chave:** Laminação de chapas grossas; Cilindros; API.

## USE OF HIGH CHROME ROLLS IN THE PROCESS OF API STEEL AT COSIPA PLATE MILL

### Abstract

The mechanical requests of the work rolls have been each time more severe due to participation each more intense time of materials of *API* class of fine thickness gotten by TMCP, what they impose high loads to the rolling mill in function of the low temperatures of finishing required to reach the mechanical properties. The reply for these challenges it was to the adoption of work rolls made in casting iron high chromium, that less possess an accented consuming during the process. This paper present the development carried in the COSIPA Plate Mill being aimed at use of these rolls in the plate manufacture of *API class*.

**Key words:** Plate mill; High chrome rolls; API steel.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 44º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 16 a 19 de outubro de 2007, Campos do Jordão – SP, Brasil.

<sup>2</sup> Sócio da ABM, MBA, Engenheiro Metalurgista – Analista da Operação da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista.

<sup>3</sup> Sócio da ABM, Engenheiro Metalurgista – Analista da Operação da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista.

<sup>4</sup> Sócio da ABM, Engenheiro Metalurgista – Analista da Operação da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista.

<sup>5</sup> Sócio da ABM, Engenheiro Mecânico – Assistente da Oficina de Cilindros da Gerência de Laminação de Chapas Grossas da Companhia Siderúrgica Paulista.

<sup>6</sup> Sócio da ABM, Técnico Metalurgista – Supervisor da Operação da Gerência de Laminação de Chapas Grossas da Companhia Siderúrgica Paulista.

# 1 INTRODUÇÃO

Com o aquecimento da economia e o conseqüente incremento da produção de chapas grossas da classe API para fabricação de tubos de grande diâmetro responsáveis pela prospecção e transporte do petróleo e seus derivados, os fabricantes desse produto tiveram que desenvolver novas soluções a fim de alcançar o sucesso na qualidade aliado à produtividade do laminador. A Figura 1 mostra a evolução, a partir de 2004, da participação de aços API na carteira de pedidos:

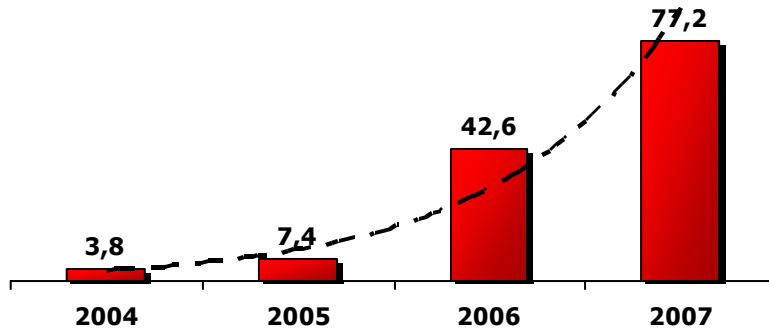


Figura 1. Aumento percentual da participação de aços API em relação a 2003

O processo clássico para obtenção desse produto é o TMPC (Thermomechanical Processing), onde ocorre a laminação conjunta de duas ou mais placas, dentro do esquema conhecido como *laminação em tandem*. Ela se caracteriza pelo aproveitamento do período de espera de um dado esboço para se iniciar e/ou continuar o processamento de outro laminado. A Figura 2 exemplifica o esquema básico de laminação controlada normalmente praticada.

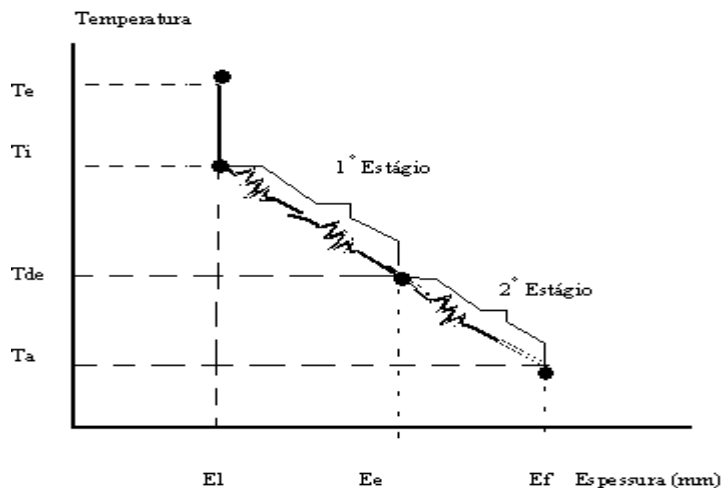


Figura 2. Processo de laminação controlada de aços API

Na última etapa, o grau de deformação aplicado na faixa de temperaturas do campo ferrítico se reflete, obviamente, num maior nível de encruamento do material, promovendo altas cargas ao final da laminação.

Visando aperfeiçoar a produção desse produto são realizados seqüenciamentos de várias placas por programa de laminação. Ou seja, os cilindros de trabalho são

solicitados severamente por várias horas ininterruptas, levando a um desgaste excessivo sendo necessária a sua troca.

Como os pedidos são em grande quantidade há a necessidade de vários programas para o atendimento dos prazos de entrega, sendo um fator agravante a concorrência desse material com outras qualidades de espessura fina no programa de laminação. Sendo assim o impacto na produção seria a diminuição do índice de funcionamento do laminador, devido a um maior número de trocas de cilindro de trabalho, e o rendimento específico de cilindros que também seria reduzido.

## 2 MATERIAL E MÉTODO

No intuito de simultaneamente reduzir os custos operacionais do laminador de chapas grossas, a COSIPA resolveu utilizar cilindros de ferro fundido com alto teor de cromo na laminação de aços API.

Foram realizadas então, experiências no sentido de desenvolver a utilização desses cilindros na laminação. A princípio foram utilizados dois pares com as seguintes características mostradas nas Tabelas 1 e 2 a seguir:

**Tabela 1.** Diâmetros dos cilindros de trabalho utilizados na laminação experimental. Dados em milímetros.

Posição	Par 01	Par 02
Superior	1018	1029
Inferior	1044	1047

Estes cilindros foram produzidos por dupla fusão, com uma região de trabalho de ferro fundido de alto cromo e núcleo de ferro fundido nodular. O limite de resistência da camada coquilhada dos ferros fundidos de alto cromo é da ordem de 750 MPa, contra os 400 MPa dos ferros fundidos com camada coquilhada indefinida.

A camada coquilhada, também, apresenta microestrutura composta de uma matriz martensítica contendo 25 a 30% de carbonetos eutéticos de cromo ( $M_7C_3$ ). Estes carbonetos são os responsáveis diretos pela sua alta resistência ao desgaste, tendo a vantagem de não ocorrer queda de dureza ao longo da camada coquilhada, fato típico dos cilindros de ferro fundido com camada coquilhada indefinida.

Esta maior resistência mecânica se traduz na prática a uma menor flexão dos cilindros durante os passes de laminação, proporcionando um perfil transversal mais homogêneo. A Tabela 2 mostra a composição química típica desse cilindro.

**Tabela 2.** Composições químicas típica do cilindro de ferro fundido de dupla fusão com alto cromo. Teores expressos em percentagens em peso.

	Composição Química						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V
Coquilha	2,6 ~ 3,0	0,5 ~ 0,8	0,8 ~ 1,2	16 ~ 18	1,0 ~ 1,5	1,0 ~ 1,5	0,2 ~ 0,6
Núcleo	2,8 ~ 3,2	1,8 ~ 2,8	0,4 ~ 0,7	< 0,2	~ 1,0	-	-

As placas de aços API laminadas possuíam as seguintes especificações conforme, conforme Tabela 3.

**Tabela 3.** Dimensões utilizadas e propriedades mecânicas especificadas pela norma API

Qualidade	Dimensão (mm)	LE tubo (MPa)	LR tubo (MPa)
API X70_PSL02	11,91 x 2150	~ 480	~ 530
	8,14 x 2375		

O início de utilização dos cilindros de ferro fundido com alto cromo requereu acompanhamento especial com alguns itens, tais como:

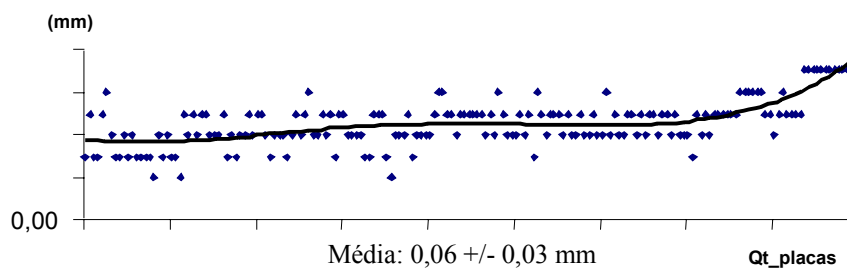
- Monitoramento dos parâmetros de processo da laminação de aços API;
- Medição das coroas dos esboços laminados pelo medidor de espessura;
- Medição do índice de retrabalho na desempenadeira a frio;
- Medição da produtividade da linha;
- Medição do consumo de cilindros para cada seqüência laminada.

### 3 DISCUSSÃO

O início de operação dos cilindros de trabalho com alto cromo transcorreu de forma normal. Não foram notadas irregularidades nos parâmetros de processo, nem tão pouco nos cilindros após laminação.

Por outro lado foi nítida a mudança do comportamento do material nos passes finais de laminação, o perfil da ponta do esboço alterou substancialmente e a foi alcançado boa planicidade na fase de acabamento, independente da redução aplicada.

Os resultados obtidos em termos do perfil de transversal de espessura dos esboços após as primeiras campanhas dos cilindros de trabalho de alto cromo, mostrados na Figura 3, apontaram que a coroa se manteve levemente positiva ao longo do comprimento dos esboços e com uma tendência de aumento com o transcorrer do programa de laminação.



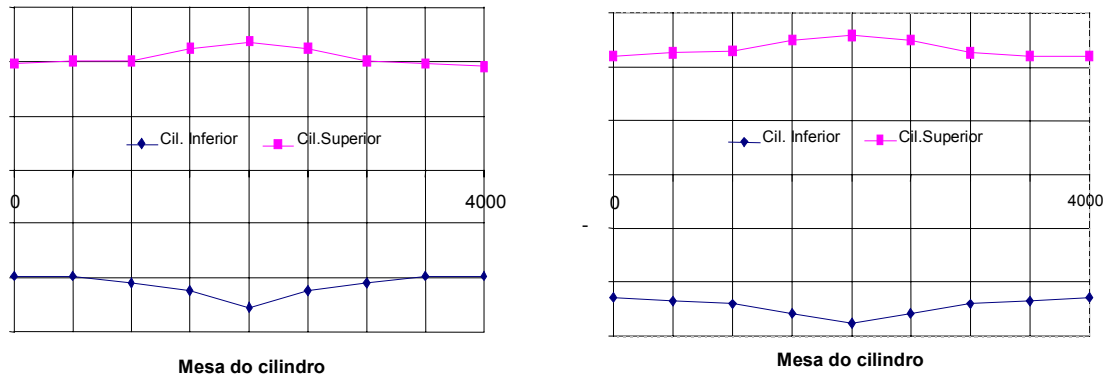
**Figura 3.** Perfil da coroa ao longo do programa de laminação

A partir de certa quantidade laminada notava-se uma degradação da forma do esboço com o surgimento de flechas acima das tolerâncias internas de aprovação, sendo necessário recondicionamento das chapas na Desempenadeira a Frio.

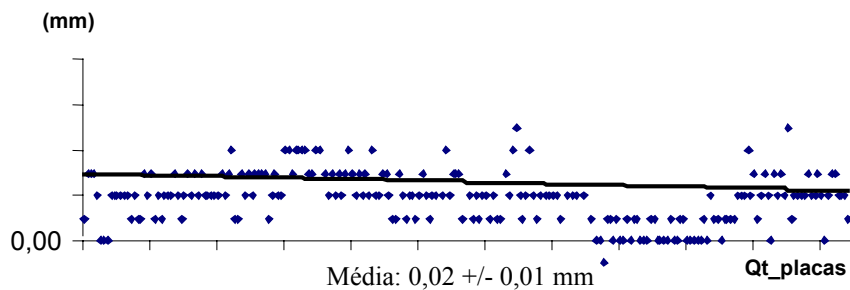
Isso indicou a necessidade de se aumentar o valor da coroa mecânica e também a redução das vazões da refrigeração dos cilindros de trabalho a fim de se aumentar o coroamento térmico.

### 4 RESULTADOS

Os resultados mostrados na Figura 4 e 5 indicam que após essas modificações a magnitude média da coroa do laminado diminuiu, com uma tendência decrescente ao longo do programa de laminação.

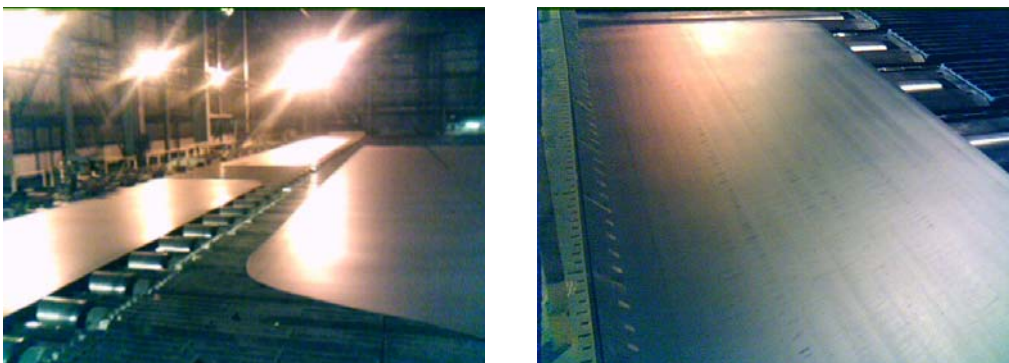


**Figura 4.** Perfil térmico ao longo da mesa dos cilindros de alto cromo antes (à esquerda) e após a redução (à direita) das vazões da refrigeração de cilindros.



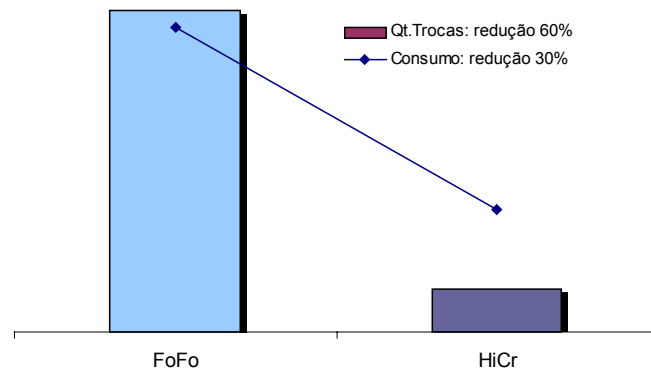
**Figura 5.** Perfil da coroa ao longo do programa de laminação - cilindros de trabalho de alto cromo (HiCr) com coroas mecânicas alteradas.

Outro ponto a destacar foi a melhora na qualidade superficial. A aparência “espelhada” da superfície da chapa se destaca, em virtude da menor rugosidade da superfície dos cilindros.



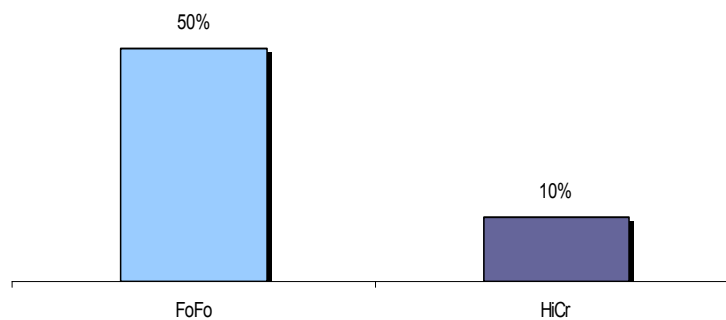
**Figura 6.** Melhora da superfície das chapas laminadas com cilindros de trabalho de alto cromo (HiCr) – aspecto “espelhado” (à esquerda) em relação ao aspecto fosco (à direita) das chapas laminadas com cilindros de trabalho com camada coquilhada indefinida (Fofu).

Os resultados em termos de consumo específico e quantidade de trocas de cilindro podem ser observados na Figura 7. Como se pode ver, o rendimento proporcionado pelo cilindro de alto cromo foi significativamente maior que o de ferro fundido comum para programas de laminação similares.



**Figura 7.** Comparativo do consumo específico médio e quantidade de trocas de cilindros observados para os cilindros de trabalho de alto cromo (HiCr) e para os cilindros de trabalho com camada coquilhada indefinida (FoFo).

Analisando o desempenho de qualidade das chapas laminadas, o resultado foi tão significativo quanto o consumo específico dos cilindros. A Figura 8 mostra o resultado obtido em relação à flecha máxima especificada pelo fabricante de tubos:



**Figura 8.** Comparação entre o percentual de consecução em relação à flecha máxima especificada observada para os cilindros de trabalho de alto cromo (HiCr) e os cilindros de trabalho com camada coquilhada indefinida (FoFo).

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados operacionais obtidos após a substituição dos cilindros de trabalho de ferro fundido com camada coquilhada indefinida por alto cromo na laminação de aços API nos permiti concluir que:

1. O rendimento de cilindros de trabalho aumentou em aproximadamente 80%.
2. Em função do menor desgaste sofrido pelos cilindros de alto cromo, houve o aumento da disponibilidade de operação em aproximadamente 5 horas/mês, decorrentes da menor frequência da troca de cilindros.
3. A melhoria na qualidade superficial e de forma dos esboços laminados é resultante da menor flexão durante os passes finais de laminação e da menor rugosidade superficial dos cilindros.

## **Agradecimentos**

Aos operadores do Laminador de Chapas Grossas da COSIPA, Marcos Rogério Soares Luz e José Augusto Tadeu Corrêa pela inestimável colaboração da parte operacional deste trabalho.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1 GORNI, A.A., REIS, J.S.S., SILVEIRA, J.H.D., FREITAS, F.V., DIAS, J. *Implantação de cilindros de alto cromo no Laminador de Chapas Grossas da COSIPA*. In: 26º XXXVI Seminário de Laminação, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Belo Horizonte/MG. Setembro de 1999.
- 2 ANON. COMET: High Chromium Iron. S.A. des Fonderies J. Marichal Ketin & Cie, Liège, 1999.
- 3 GORNI, A.A.; REIS, J.S.S.; SILVA, C.N.P. & CAVALCANTI, C.G. *Efeito da Alteração da Espessura de Espera durante a laminação Controlada sobre os parâmetros microestruturais de chapas grossas navais*, In: 50 Congresso da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, São Pedro/SP. Agosto de 1995.
- 4 PEREIRA, M.M. MORAES, D.M. & SILVA, M.O. *Relatório de Estágio Técnico no Japão – Usina de Kimitsu. Laminação de aços API*. Abril de 2003.
- 5 MAEDA, H. *Relatório de Transferência de Tecnologia na COSIPA. Causas e contra medidas objetivando a estabilidade do laminador*. Outubro de 2003.