

MAXIMIZAÇÃO NA UTILIZAÇÃO DE CILINDROS TRABALHO DE ALTA PERFORMANCE NO LAMINADOR DESBASTADOR DA LTQ ¹

Edson Moura Oliveira ²
Arisio de Abreu Barbosa ³
Marcelo José Almeida ⁴
Paulo Henrique Chaves Gama ⁵

Resumo

Até o ano de 1996 eram utilizados somente cilindros de Ferro Fundido (ICDP – Indefinite Chill Double Pouring) estáticos e centrifugados. Neste momento, foram introduzidos os cilindros HiCrS, cujas performances obtidas não eram muito superiores aos de Ferro Fundido Ligados. Em 2003 introduziu-se cilindros de HSS e iniciou-se o Projeto buscando as performances máximas para cada material laminado na LTQ (3XX,4XX ,Carbono ,GO e GNO) com os cilindros dos dois tipos, utilizando toda capacidade dos mesmos . Nos testes realizados foram acompanhadas as unidades metálicas nas laminações a frio onde não se constatou nenhum efeito colateral na qualidade do produto. Os cilindros tiveram sua rugosidade, dureza e perfil de desgaste avaliados. Nos cilindros de HiCrS o Projeto aumentou a performance de 834 t/mm para 1385t/mm e o HSS atingiu 4308 t/mm . Com isto, as toneladas médias laminadas entre trocas de cilindros no laminador passou de 1600 t para 3521 t, reduzindo o nº de trocas de 528 para 261 por ano, contribuindo com o Índice de Funcionamento com 36,4 hrs ano e com a segurança da Equipe, por ficar menos exposta á atividade. A nova composição das Famílias de Cilindros reduziu de 24 para 16 cilindros, sendo 12 de HiCrS e 4de HSS.

Palavras-chave: Cilindros de laminação; Alta performance.

MAXIMIZING AT UTILIZATION OF HIGH PERFORMANCE ROUGHER WORK ROLL'S IN THE ACESITA'S HOT STRIP MILL

Abstract

Until 1996 were used only Casting Iron Rolls (ICDP – Indefinite Chill Double Pouring) static and centrifugal. At this moment, the High Chrome Rolls were introduced on the HSM process, and the performances obtained were not so higher than the Casting Iron Alloyed. In 2003 Acesita introduced the High Speed Steel Rolls and started this project searching the best performances for each kind of material processed in the Hot Strip Mill (3XX, 4XX, Carbon, GO e NGO) with both types of rolls, using all capability of them. During the tests were checking the metallic units in the Cold Strip Mill and it didn't consist any quality collateral effects of products. The roughness, hardness and wear profile were measured. At the High Chrome rolls the performance increased from 834t/mm to 1385t/mm and High Speed Steel reached 4308 t/mm. The average roll changes increased from 1600 to 3521 t, reducing from 528 set ups to 261 per year, incrementing 36, 4 hrs per year on the Hot Strip Mill's available time and with team's safety, through less exposition by activity. The new Family Rolls composition decreased from 24 to16 rolls, with 8 rolls High Chrome steel and 8 High Speed Steel.

Key words: Rolling mill roll; High performance.

¹ *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.*

² *Técnico Mecânico, Laminação de Tiras a Quente ,Oficina de Cilindros, Acesita, Timóteo, MG*

³ *Eng° Mecânico, M.Sc., Laminação de Tiras a Quente, Controle de Processo, Acesita, Timóteo, MG*

⁴ *Administrador de Empresas, Compras Estratégicas, Acesita, Timóteo, MG*

⁵ *Eng° Mecânico, Laminação de Tiras a Quente Oficina de Cilindros, Acesita, Timóteo, MG*

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos os fabricantes de cilindros vêm desenvolvendo materiais mais resistentes ao processo de laminação a quente. Este trabalho tem se concentrado na metalurgia da mesa de laminação dos cilindros, porém é um desenvolvimento lento e de consolidação em médio prazo. Até o ano de 1996, a Acesita utilizava no Laminador Desbastado (Rougher) da LTQ somente cilindros de Ferro Fundidos (ICDP – Indefinite Chill Double Pouring) estáticos e centrifugados.

A tecnologia de cilindros de Alto Cromo em aço (HiCrS) surgiu em meados da década de 60, sendo introduzidos na Acesita em 1996, cujas performances obtidas não eram muito superiores aos de Ferro Fundido (ICDP).

Já os cilindros de Aço Rápido (HSS), tiveram seu desenvolvimento iniciado na década de 90 e foram aplicados pela 1ª vez na Acesita em 2003.

2 OBJETIVO

O presente trabalho objetivou buscar as performances máximas dos cilindros fabricados em Alto Cromo (HiCrS) e Aço Rápido (HSS) utilizados no laminador Desbastador (Rougher), em todos os materiais laminados pela Laminação de Tiras a Quente da Acesita (3XX, 4XX, Carbono, GO e GNO). Para cada um destes materiais os cilindros são padronizados um limite de tonelagem a ser laminada, que ao ser atingido os mesmos são trocados, para serem retificados voltando ao Laminador posteriormente até completar seu ciclo de vida útil. Através da máxima utilização buscou-se ampliar os limites até então adotados.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Cilindros de Trabalho do Desbastador (Rougher)

Os cilindros de trabalho são responsáveis pelas primeiras reduções na espessura de laminação das placas lingotadas na aciaria, que transformadas em tiras são enviadas ao Laminador Acabador Steckel, onde são feitas as reduções finais para bobina mento. Os cilindros são montados em pares no laminador e substituídos devido ao desgaste após certa tonelagem laminada, o que varia de acordo com o material que está sendo processado, sendo então retificados.

3.2 Cilindros de Alto Cromo (HiCrS)

Os cilindros e trabalho de laminadores desbastadores a quente possuem vários materiais desenvolvidos que compõem a mesa do mesmo, sendo que o material que compõe o núcleo e os pescoços sempre é diferente da mesa. A razão disto é que para se laminar necessita-se que a mesa (que tem contato com a placa ser laminada) seja constituída de um material de dureza alta e o núcleo/pescoços devem ser tenazes para resistir aos esforços cíclicos de flexão, tração e compressão a que os cilindros são submetidos, propriedades mecânicas totalmente antagônicas (Figura 1).

Até o ano de 1996 eram utilizados no Laminador Desbastador da Acesita somente cilindros de Ferro Fundido (ICDP - Indefinite Chill Double Pouring) estáticos e centrifugado. Durante todo o período este tipo de cilindro teve composição química trabalhada pelos fornecedores, visando aumentar as respectivas performances (tonelada laminada / mm de cilindro consumido), até que se chegou a um limite

técnico/metalúrgico , onde a alternativa seria a utilização de cilindros produzidos com outra rota tecnológica .

Neste momento, foram introduzidos os cilindros de Alto Cromo de Aço (HiCrS), que trabalharam em conjunto com os de Ferro Fundido Ligado (ICDP). No entanto, as performances obtidas então não eram muito superiores aos de Ferro Fundido, apesar de com o tempo estes números melhorarem, principalmente com o advento do Projeto Bobina Pesada, mas sem explorar a capacidade do HiCrS (Figura 2).

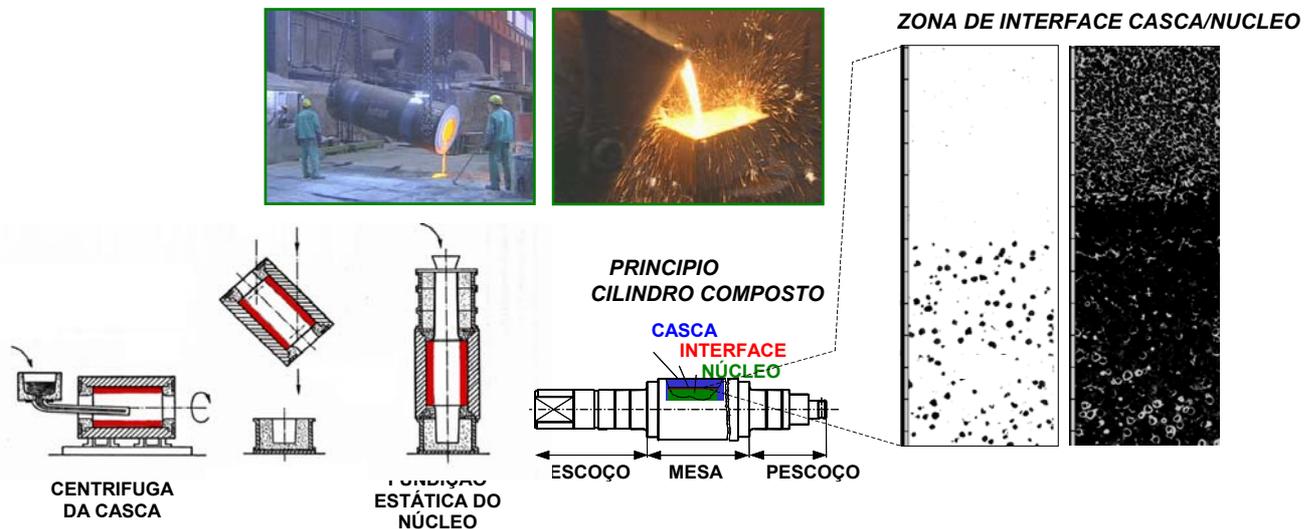


Figura 1 – Processo de fabricação pelo método tipo "Centrifugal Casting Duplex Vertical

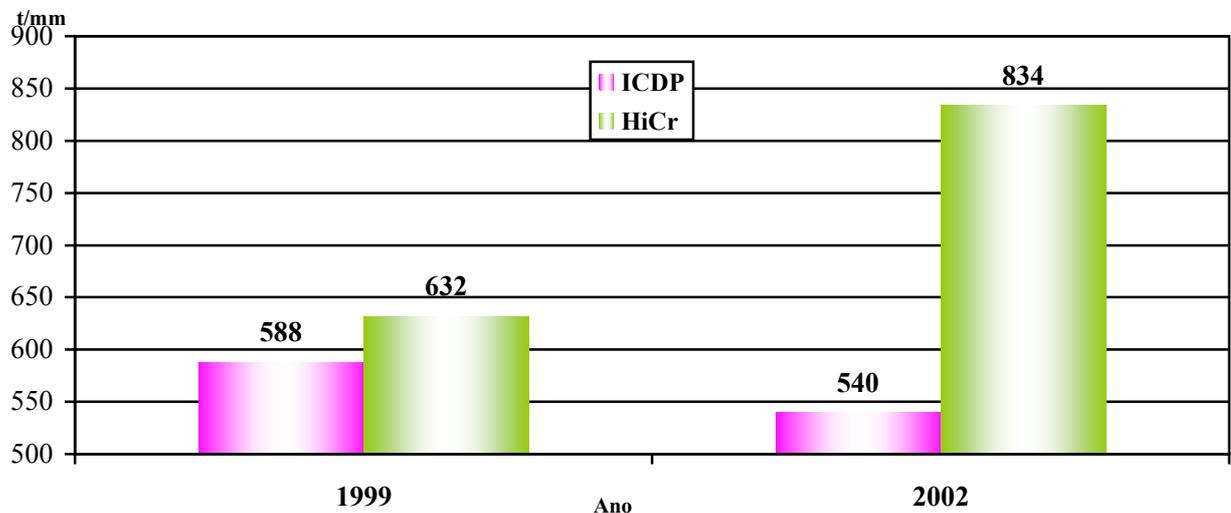


Figura 2 - Performance dos Cilindros de ICDP x HiCrS

O projeto Bobina Pesada diminuiu o intervalo entre placas a serem laminadas, gerando mais insumo de calor no cilindro, que por sua vez permitia uma maior formação de Carbonetos de Cromo, conferindo maior resistência ao desgaste.

No entanto, o insumo de calor não era suficiente para colocar a mesa do cilindro na temperatura ideal de 80°C na qual se teria a precipitação máxima dos Carbonetos de Cromo, não ultrapassando a marca de 50°C.

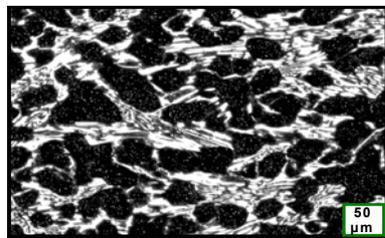
A princípio pensou-se em piorar a refrigeração, para atingir esta temperatura e conseqüentemente aumentar a resistência ao desgaste, mas seria uma manobra de risco e complexa, podendo ter outros desdobramentos no processo de laminação.

3.3 Cilindros de Aço Rápido (HSS)

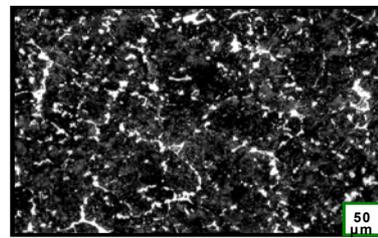
Os cilindros de trabalho de HSS têm a mesa de laminação um alto teor de Cr, Mo, W, V, são centrifugados e submetidos a uma sofisticada sequência de tratamentos térmicos, garantindo uma estrutura homogênea de martensita/bainita revenida com incrustações de carbonetos evitando uma rede fechada destes carbonetos. Este material terá nódulos de grafita finamente distribuída sobre uma matriz bem balanceada.

Os fatores chaves destes cilindros são:

- A quantidade, o formato e a distribuição dos diferentes tipos de carbonetos determinados pela composição química, inoculados por elementos modificadores do formato dos carbonetos (Ti, Al, N, etc.), bem como o processo de fundição.
- A estrutura da matriz determinada por elementos de liga e tratamento térmico (e.g. quenching, refino do grão martensítico, etc.).
- A microestrutura do Cilindro de laminação é muito bem balanceada e possui um alto aumento da quantidade de C, Cr, V, Mo e a comparação com outros materiais competitivos para cilindros de laminação é representada na figura 3.



HiCr

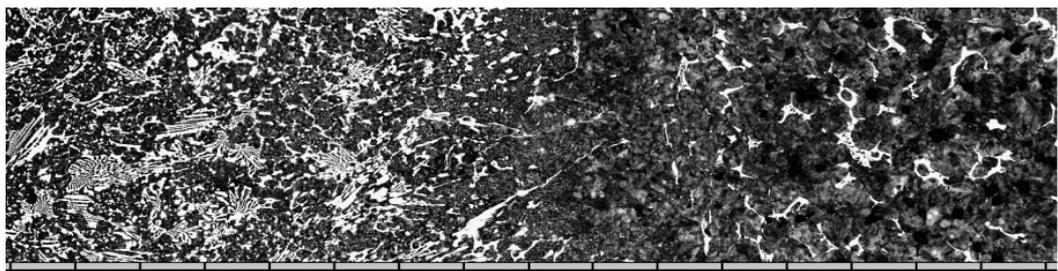


HSS

Figura 3: Micrografia do Alto Cromo x Aço Rápido

A microestrutura deste material consiste de diferentes carbonetos especiais distribuídos uniformemente embutidos em uma matriz bainítica/martensítica. Na verdade é uma matriz triplex de carbonetos MC ou M_7C_3 e materiais da matriz (bulk material). O teor de carbonetos é mais alto do que no caso do HSS ou Aço Alto Cromo, mas menor do que o Ferro Alto Cromo, (Figura 3). Devido ao conteúdo bem balanceado dos diferentes carbonetos formando elementos e um avançado projeto das ligas, o material da camisa é livre dos efeitos das segregações por gravidade e porosidades, que são bem conhecidas pelos fabricantes e usuários dos cilindros deste tipo de aço .

A microestrutura homogênea dos cilindros centrifugados em aço micro ligado assegura um uma zona da interface e do núcleo esvaziada de carbonetos, assegurando alta tenacidade e resistência em relação às trincas (Figura 4).



68 69 70 71 72

Figura 4 – Micrografia da interface Núcleo casca (Mesa do cilindro) Profundidade [mm]

Os cilindros de trabalho Desbastadoras do Laminador de tiras à quente são geralmente sujeitos a operar sob alta pressão de laminação e efeitos térmicos intensivos. Desta forma torna-se essencial para estes cilindros assegurar alta resistência contra trincas térmicas, boa rugosidade superficial e alta resistência ao desgaste. A quantidade de carbonetos requerida é determinada de acordo com as condições atuais de utilização. Eles são aumentados para alta resistência ao desgaste e diminuídos para resistência à propagação de trincas térmicas .

Comparando os cilindros de HSS com os HiCrS as vantagens mais destacadas são:

- Excelente resistência ao desgaste devido à existência de carbonetos especiais de grande dureza, ancorados numa matriz de martensita com grande resistência a temperatura.
- Boa resistência a trincas térmicas devido a carbonetos finos secundários precipitados.
- Tendência à baixa aderência de material laminado.
- Resistência à abrasão.
- Qualidade superficial
- Excelente Custo-Benefício.

3.4 Maximização da Utilização de Cilindros de Trabalho

Em 2003, iniciaram-se testes com uma nova geração de material: os cilindros de Aço Rápido (HSS – High Speed Steel), sendo seu medido seu desgaste rugosidade, dureza antes e após a laminação e comparados com os de HiCrS.

Os cilindros foram testados em todos os materiais laminados pela LTQ.

O critério utilizado foi a laminação da mesma tonelagem prevista em prática para os outros tipos de cilindro dos vários fabricantes (Akers, ESW e Villares), sendo seu medido seu desgaste. rugosidade e dureza antes e após a laminação e comparados com os de HiCrS. Verificou-se que o atributo rugosidade apresentava variações que não comprometiam o processo (Tabela 1), sendo que o HSS terminava a campanha mais próxima do padrão inicial que o HiCrS e a dureza não se alteravam.

Tabela 1 – Comparativo das Rugosidades

Material do Cilindro	Rugosidade antes da laminação (Ra)	Rugosidade após a laminação (Ra)
HSS (Aço Rápido)	1,65	1,02
HiCrS(Alto Cromo)	2,38	0,45
Faixa de Rugosidade Padrão	1,2 a 3,0	

No entanto, o que mais ressaltou foi a diferença de desgaste (Figura 5), onde se percebeu que em ambos os materiais havia espaço para aumentar as tonelagens limites padronizadas laminadas em todos os aços laminados da LTQ.

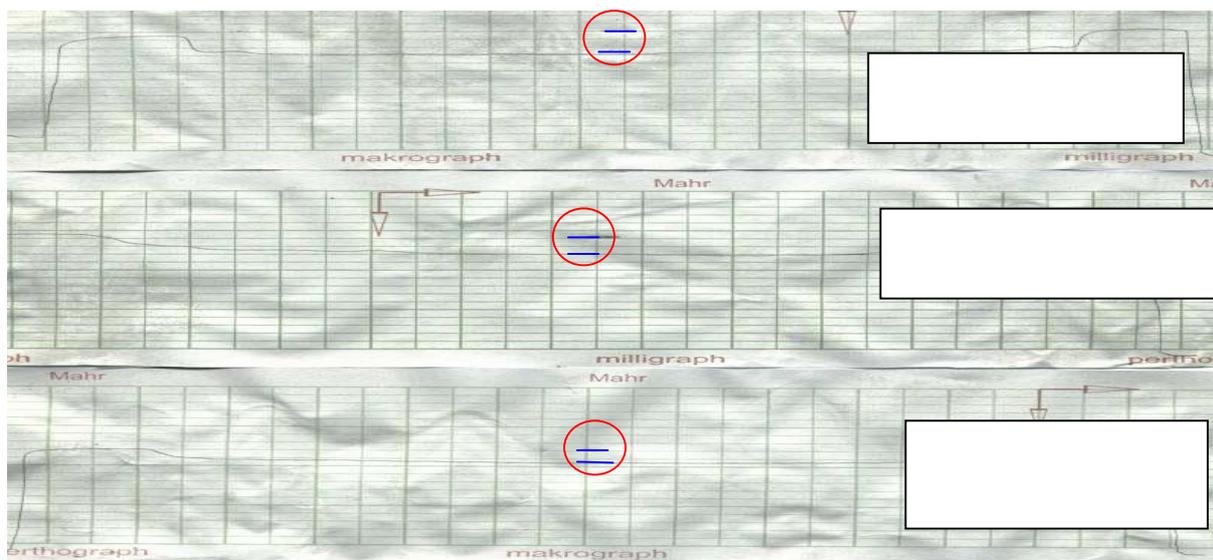


Figura 5 - Perfil de desgaste dos cilindros ICDP x HiCrS x HSS após laminares Aços da série 4XX

Depois de constado a melhor performance, partiu-se para etapa seguinte, que consistiu no conceito de permanência máxima dos cilindros no laminador, durante uma mesma campanha de material laminado. Onde se obteve as melhores performances, tanto nos cilindros de HSS como os de HiCrS. Aumentaram-se as capacidades primeiro com os cilindros HSS e depois igualávamos o HiCrS, até adequarmos as capacidades ao tamanho das campanhas programadas mensalmente para LT. Padronizou-se então, este novo patamar de limite de tonelagem máxima laminada para cada tipo de aço produzido conforme Figura 6.

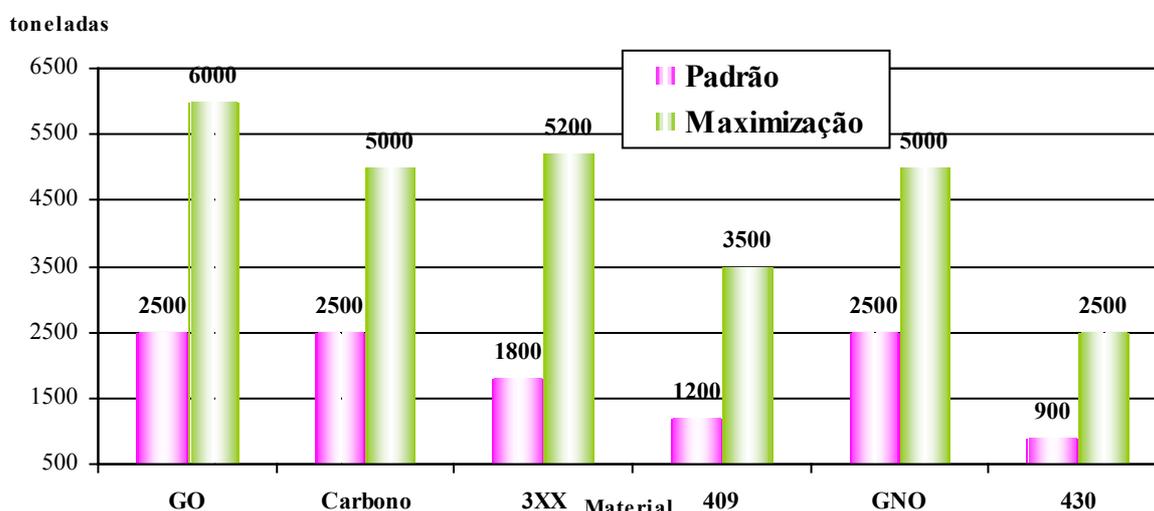


Figura 6 – Toneladas laminadas Padrão x Maximização

Como consequência, além de diminuir o consumo de cilindros por tonelada laminada, diminuiu o número de trocas de cilindros/ano de 528 para **216 trocas de cilindro/ano**, em 2006, aumentando a tonelagem média laminada entre trocas de **1600 t para 3521 t** (Figura 7).

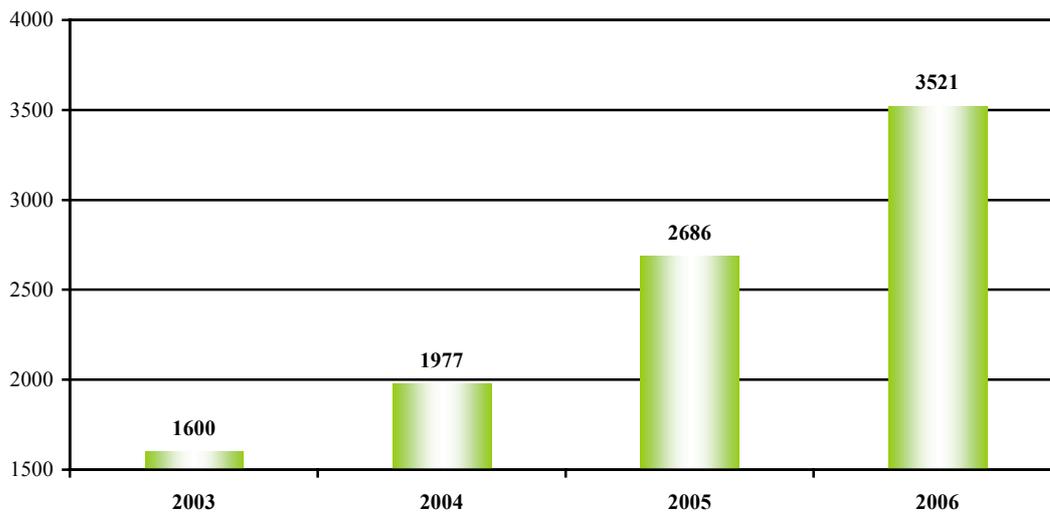


Figura 7 – Tonelagem média laminada entre trocas de cilindros

Este fato em particular, reduziu em 59 % o número de trocas cilindros e contribuiu com o Índice de Funcionamento (IF) do Laminador, uma vez que cada troca dura 7 minutos (em 2003 era 16 minutos), vem colaborar com a segurança dos operadores uma vez que fica exposto menos tempo na execução da atividade (Figura 8).

Todos os testes tiveram as respectivas unidades metálicas (bobinas) registradas e sua qualidade acompanhada até as laminações a frio, não sendo verificada nenhum efeito colateral e determinando os novos patamares de performance dos cilindros (Figura 9).

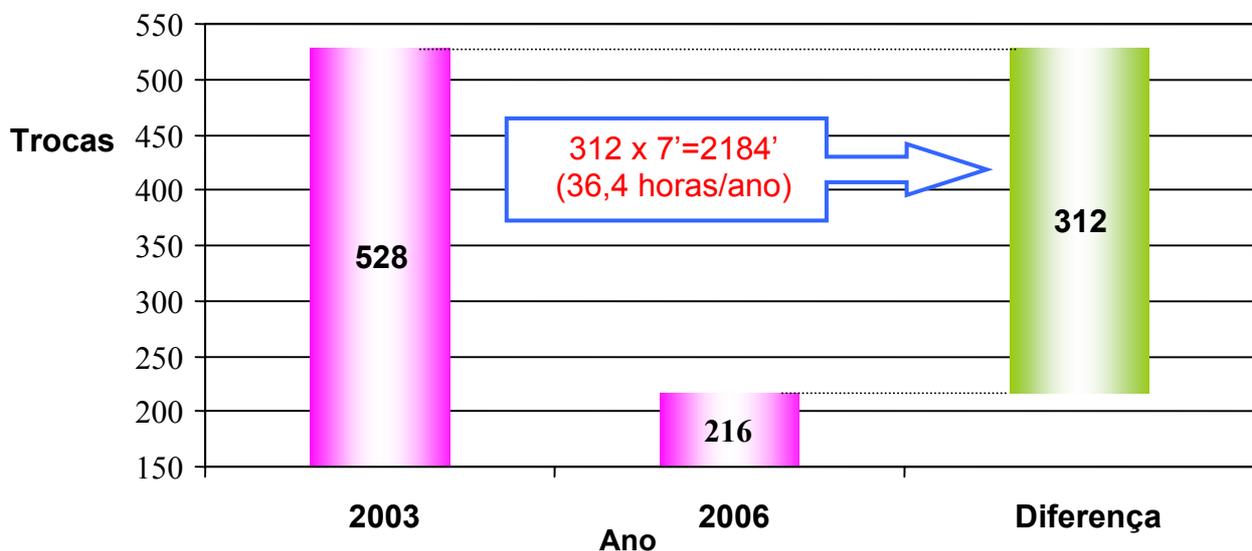


Figura 8 - Número de trocas de cilindros ano

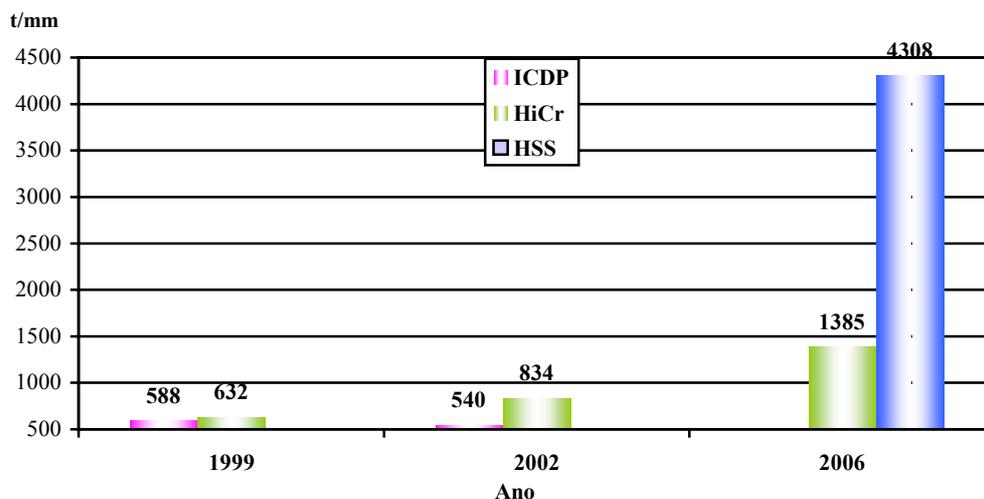


Figura 9 – Performance dos Cilindros de ICDP x HiCrS x HSS

4 RESULTADOS

A utilização de cilindros de Alta Performance e a maximização da utilização dos mesmos teve impacto em 3 eixos: no Desempenho Operacional da Linha, no Retorno Econômico e na Segurança, uma vez que diminuiu o tempo dos operadores a exposição da atividade troca de cilindros de trabalho do laminador desbastado da LTQ.

4.1 Resultados Operacionais

A tonelagem laminada entre trocas cresceu **118 %** em relação a 2003 (Figura 7), isto foi possível adequando as tonelagens máximas laminadas por material produzido na LTQ, juntamente com a capacidade dos cilindros de Alta Performance. Além da disponibilidade de 36,4 hrs ano (Nº de trocas em 2003 - Nº de trocas em 2006 X tempo necessário para troca), foi possível reduzir o nº de cilindros no circuito de 24 para 16 cilindros atualmente.

4.2 Resultados Econômicos

Os resultados econômicos do trabalho se desdobraram em 03 níveis: redução do estoque de cilindro em uso, aumento da performance dos cilindros de HiCrS e substituição de parte dos cilindros de HiCrS por HSS.

4.2.1 Redução do estoque de cilindros em uso

Na laminação a quente os cilindros são agrupados no denominamos de Famílias. Os cilindros de uma mesma Família iniciam sua vida útil e terminam juntos, salvo algum acidente de percurso.

No caso do Laminador Desbastador a última Família (17ª) foi montada com 24 cilindros em 26/12/2003 e saiu de operação em 10/11/2005, portanto 1 ano 10 meses e 15 dias após ter iniciado. Com relação aos materiais dos cilindros ela estava assim distribuída:

- 10 cilindros de ICDP (Ferro Fundido)

- 12 cilindros de HiCrS
- 02 cilindros de HSS

Valorizando o estoque e considerando o custo financeiro teremos o seguinte:

Tabela 2 – Custo Financeiro do Estoque 17ª Família

17ª FAMÍLIA			
Tipo de Cilindro	Qde	Custo	Total
ICDP	10	R\$ 90.004	R\$ 900.040
HiCrS	12	R\$ 144.830	R\$ 1.737.960
HSS	2	R\$ 193.422	R\$ 386.844
Total Estoque	24		R\$ 3.024.844
Custo Financeiro 18%			R\$ 544.472

Tabela 3 - Custo Financeiro do Estoque 18ª Família

18ª FAMÍLIA			
Tipo de Cilindro	Qde	Custo	Total
ICDP	0	R\$ 90.004	0
HiCrS	12	R\$ 144.830	R\$ 1.737.960
HSS	4	R\$ 193.422	R\$ 773.688
Total Estoque	16		R\$ 2.511.648
Custo Financeiro 18%			R\$ 452.097

Portanto, temos um ganho com custo financeiro entre 17ª e 18ª Família

⇒ **R\$ 92.373,00.**

4.2.2 Performance Maximizada dos Cilindros de HiCrS

Com este projeto os cilindros de trabalho do Laminador Desbastador passaram a ser utilizados na plenitude de sua capacidade, passando de uma performance de 834 t/mm (toneladas laminadas por milímetro consumido) para 1380 t/mm que além dos impactos operacionais e de segurança refletiram nos Resultados Econômicos, tendo como limitação apenas o tamanho das campanhas (toneladas por campanha) dos aços laminados na LTQ. A Tabela 4 mostra quantas toneladas a mais passou ser possível laminar com o mesmo número de cilindros.

Tabela 4 – Aumento da performance dos cilindros de HiCrS

AUMENTO DE PERFORMANCE DOS CILINDROS HiCr				
SITUAÇÃO	A	B	C	CAPACIDADE DE LAMINAÇÃO = A x B x C (toneladas)
	NºDE CILINDROS	CONSUMO t/mm	CAMADA ÚTIL DO CILINDRO mm	
Performance Anterior	12	834	66	660.528
Performance Maximizada	12	1385	66	1.096.920
Capacidade de Laminação Adicional (toneladas)				436.392

Conseqüentemente se mantivéssemos a performance anterior, necessitaríamos de mais milímetros de cilindros para atingir a capacidade adicional de 432.432 t obtida com o Projeto conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Cálculo do resultado econômico da performance dos cilindros de HiCrS

RESULTADO ECONOMICO DA PERFORMANCE DOS CILINDROS HiCr				
A	B	C	D	Custo com mm de cilindros evitados CxD
Performance Anterior t/mm	Capacidade de Laminação Adicional (toneladas)	mm de cilindros necessários B/A	Custo do mm em R\$	
834	436.392	523,25	R\$ 2.284,85	R\$ 1.195.552

Portanto, temos um ganho  **R\$ 1.195.5512,00.**

3.2.3 Substituição dos cilindros de HiCrS por HSS

Finalmente, a introdução dos cilindros de HSS demonstrou uma mudança de patamar extraordinária. A substituição de somente 4 cilindros de HiCrS por HSS faz parte da estratégia estabelecida no Projeto, de forma buscar Altas Performances sem expor a linha a algum risco de descontinuidade, haja vista que a entrega de cilindros de trabalho do desbastador pelos fornecedores tem um prazo não inferior a 18 meses e sendo que todos cilindros são importados. No tópico Evolução do Projeto serão detalhados os próximos passos e os ganhos previstos na próxima Família (19ª) de cilindros. A Tabela 6 demonstra que com o mesmo número de cilindros HSS passa-se a laminar **111 %** em relação aos cilindros de HiCrS.

Tabela 6 – Comparativo das Performances dos cilindros de HiCrS e HSS

PERFORMANCE DOS CILINDROS HSS X HiCr				
TIPO DE CILINDRO	A	B	C	CAPACIDADE DE LAMINAÇÃO = A x B x C toneladas
	NºDE CILINDROS	CONSUMO t/mm	CAMADA ÚTIL DO CILINDRO mm	
Cilindro HiCR	4	1385	66	365.640
Cilindro HSS	4	4308	66	1.137.312
Diferença entre HSS e HiCr capacidade tonelada laminada				771.672

Em uma Família de 16 cilindros sendo 12 de HiCrS, a introdução de 04 cilindros de HSS apresenta um resultado Econômico significativo que aliado aos resultados operacionais e de segurança, Projeto fica consolidado e nos habilita para Etapa de Evolução conforme demonstra a Tabela 7.

Tabela 7 – Cálculo do resultado econômico dos cilindros cilindros de HiCrS x HSS

RETORNO ECONOMICO CILINDROS HSS X HiCr					
TIPO DE CILINDRO	A	B	C	D	Economia Gerada CxD
	CONSUMO t/mm	Tonelagem laminada com 4 cilindros HSS	mm de cilindros necessários B/A	Custo do mm em R\$	
Cilindro HiCr	1385	1.137.312	821	2284,85	R\$ 1.876.236,33
Cilindro HSS	4308		264	2720,7	R\$ 718.265
Economia com 4 cilindros de HSS					R\$ 1.157.972

Portanto, temos um ganho  **R\$ 1.157.972,00.**

3.2.4 Economia Global

As economias globais do Projeto suportadas por 03 que são reduções de estoque, maximização de utilização e introdução de cilindros com novos materiais foi de **R\$ 2.445.899,00** (Tabela 8) e nos orientou para os passos seguintes.

Tabela 8 –Cálculo do resultado econômico global

RESULTADO ECONOMICO	
Redução do estoque de cilindros em uso	R\$ 92.375
Performance Maximizada dos Cilindros de HiCr	R\$ 1.195.552
Substituição dos cilindros de HiCr por HSS	R\$ 1.157.972
TOTAL	R\$ 2.445.899

Nos benefícios calculados não foram contabilizadas as economias provenientes da diminuição de trocas de cilindros no ano, conseqüentemente aumentando o índice de funcionamento e a redução da quantidade de retíficas por cilindro durante sua vida útil.

3.4 Evolução do Projeto

Baseado nos resultados obtidos o Projeto de Utilização de Cilindros de Alta performance caminhará na seguinte direção:

1. Serão feitos testes com os cilindros retornando a próxima campanha do mesmo material já laminado, sem submetê-los a retífica, visando ampliar a tonelagem laminada por milímetro.
2. Na passagem de campanha de um material laminado para outro (ex: GNO para 3XX), manter o mesmo cilindro no laminador, visando ampliar a tonelagem laminada por milímetro.
3. Estudar a viabilidade de introduzir óleo de lubrificação nos cilindros durante a laminação visando reduzi o desgaste.

A Família 19 a ser montada a de dezembro de 2007 terão os cilindros de HiCrS reduzidos de 12 para e os cilindros de HSS serão aumentados de 4 para 8, ampliando o Resultado Econômico em relação à Família 17 conforme Tabela 9.

Tabela 9 –Cálculo do resultado para 2007

RESULTADO ECONOMICO- EVOLUÇÃO	
Redução do estoque de cilindros em uso	R\$ 57.389
Performance Maximizada dos Cilindros de HiCr	R\$ 797.035
Substituição dos cilindros de HiCr por HSS	R\$ 2.315.943
TOTAL	R\$ 3.170.367

5 CONCLUSÕES

A maximização da utilização dos cilindros de HiCrS mostrou-se tecnicamente possível, com resultados operacionais concretos através do aumento da performance da tonelada laminada, redução do número de trocas e aumento da tonelada laminada entre trocas, além de ser uma operação simples e com resultado econômico. A introdução de cilindros de HSS veio ampliar os ganhos obtidos com os de HiCrS, o que nos levou a decidir por uma substituição gradual iniciada em 2005 e incrementada em 2007, até chegarmos a 100 % de participação deste tipo de cilindros. O mix atual de cilindros, esta nos permitindo trabalhar com menor quantidade de cilindros na Família e com duração superior aos 23 meses anteriormente obtidos, nos colocando dentro dos prazos internacionais de entrega, ora praticados pelos fornecedores de cilindros, sem necessidade de antecipação de estoque. Obteve-se um ganho de performance de 65% na maximização de utilização de cilindros e 111% com a introdução do HSS em substituição ao ponto ótimo do HiCrS. Sobre o ponto de vista operacional, os limites estabelecidos para os cilindros estão coerentes com o tamanho das campanhas laminadas durante o mês.

No entanto, esta previsto ampliar a performance através da reutilização do cilindro em mais de uma campanha do mesmo material laminado, como também a permanência dos mesmos cilindros nas mudanças de campanha. Comparando os cilindros de HSS com os HiCrS as vantagens mais destacadas são:

- Excelente resistência ao desgaste e boa resistência a trincas térmicas .
- Tendência a baixa aderência de material laminado.
- Resistência à abrasão .
- Redução do número de paradas do laminador e excelente Custo-Benefício.
- Aumento dos tempos das campanhas de laminação
- Melhor rendimento e tonelagem laminada Finalmente, a implantação do Projeto obteve-se um ganho de R\$ 2.445.899,00.

BIBLIOGRAFIA

- 1 BIGGI, A . **Stainless Steel Production and Hot Strip Mill** . Brescia – Italy : 2004
- 2 BOQUET, J ; POVEDA, S.; TORRE, M. **Orientación Metalurgica de Nuevos Cilindros de Trabajo y Apoyo en Laminacion en Caliente y Frio de Productos Planos**. Vitória : 40º ABM Rolling Seminar – Processes Rolled and Coated ProductsAtlas, 2002.

- 3 **DEVELOPMENT AND PRODUCTION AT ESW.** Tenneck -Austria : 2005
- 4 GROUNDNES, M; INESTAM KJELL. **New Roll Types with Superior Performance**
. Iron and Steel Engineer : April 1979
- 5 WINDHAGERT, M; ZIEHENBERGER, K.H; ESW. **Carbide Enhanced HiCrS Iron and Steel Rolls for Rolling Flat Products.** Tenneck. Austria: .2005