

DESENVOLVIMENTO DE CILINDROS PARA AS ÚLTIMAS CADEIRAS DO LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE DA CST¹

Renato Rufino Xavier²
Mauro de Jesus Oliveira³
Bruno Murad⁴
José Geraldo de Carvalho⁵

RESUMO

Os laminadores de tiras a quente – LTQ's - têm evoluído continuamente nos últimos anos, objetivando, principalmente, melhoria da qualidade das tiras e produtividade. A qualidade das tiras é determinada principalmente pela sua forma e condição superficial que dependem fortemente da forma e condição superficial dos cilindros de laminação. O material utilizado, a preparação da superfície do cilindro para entrada em serviço e a evolução do estado da superfície durante a laminação, têm influência significativa na qualidade do material laminado.

Como consequência, os cilindros de laminação têm acompanhado essa evolução, através de melhorias continuadas ou do desenvolvimento de novos materiais. O entendimento de como a superfície do cilindro se deteriora fornece subsídios importantes para melhorias no processo de laminação e para o desenvolvimento de materiais para cilindros mais resistentes ao desgaste.

A evolução dos métodos de preparação e comparação de desempenho dos cilindros utilizados nas últimas cadeiras do LTQ da CST, assim com a aplicação de novos materiais de cilindros mais resistentes ao desgaste são apresentadas.

Palavras-chave: laminação a quente; cilindros, desgaste.

¹ Trabalho a ser apresentado no 41º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados Revestidos.

² Membro da ABM, Eng. Metalurgista, Supervisor de Desenvolvimento e Aplicação de Cilindros Fundidos, Aços Villares – Grupo Sidenor, Pindamonhangaba SP.

³ MsC Engenharia de Materiais, Engenheiro de Vendas, Aços Villares – Grupo Sidenor, SP

⁴ MsC Engenharia de Materiais, Especialista, Oficina de Cilindros – CST

⁵ Administrador de Empresas, Tecnólogo Mecânico, Gerente da Oficina de Cilindros – CST

1. 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 bobinas a quente com espessuras que variam de 1,2mm a 16mm e largura de 700 a 1880mm. A linha é composta de um forno de reaquecimento de 400t/h, um laminador desbastador quadro universal reversível, um “Coil Box”, um trem acabador de seis cadeiras, uma mesa de resfriamento e duas bobinadeiras hidráulicas¹.

O laminador possui as mais recentes tecnologias para controles de temperatura, dimensão, forma e qualidade superficial das tiras. No trem acabador, dispõe-se de recursos como resfriamento entre cadeiras, controle automático de espessura, força de “bending”, “shifiting” e cilindros com perfil em curva para um sistema conhecido como CVC, “Continuously Variable Crown Control”. Esse pacote tecnológico permite a CST laminar produtos com espessuras inferiores a 2mm, materiais usualmente fornecidos pelos laminadores de tiras a frio.

A produção crescente de materiais com menor espessura no LTQ tem efeito direto nas solicitações impostas aos cilindros. Conseqüentemente, deve-se ter um maior cuidado com os cilindros durante a laminação e um trabalho eficaz na oficina de cilindros para inspeção e preparação da superfície dos mesmos. Por outro lado, os fabricantes de cilindros devem desenvolver materiais mais resistentes ao desgaste e que, ao mesmo tempo, sejam tenazes para suportar os esforços de laminação sem a ocorrência de acidentes.

A oficina de cilindros de CST dispõe de instalações e equipamentos compatíveis com o que existe de referência para realização de inspeções e preparações de cilindros. Possui retíficas equipadas com “Eddy Current” para detecção de trincas e marcas nos cilindros de trabalho e equipamento de ultra-som para detecção de defeitos sub-superficiais e defeitos internos nos cilindros. Todas as informações de inspeção e preparação são adquiridas através de sistema integrado, que identifica e registra todo histórico de cada cilindro. Esses dados são utilizados para avaliar performance dos cilindros, qualidade superficial, produtividade da oficina, além de fornecer subsídios para melhorias de processos de inspeção e remoção para cada material utilizado.

2. CILINDROS DE FERRO INDEFINIDO

Ferro fundido de coquilhamento indefinido tem sido o material convencional para os cilindros utilizados nas últimas cadeiras dos LTQ's devido ao bom compromisso entre resistência ao desgaste, condutividade térmica e tenacidade. Ainda hoje, é o material mais adaptado para utilização sem restrições nas últimas cadeiras dos LTQ's. Nos últimos anos, esse material tem sofrido modificações microestruturais através de pequenas mudanças na composição química e no processo de fabricação. Essas mudanças têm buscado o melhor balanço entre fração volumétrica, forma e distribuição de grafita e carbonetos.

A grafita é indicada como elemento principal no sucesso desse material para a aplicação nas últimas cadeiras. A presença de grafita na superfície melhora a resistência do material aos choques térmicos, devido a sua maior condutividade térmica. A grafita reduz o módulo de elasticidade do material, diminuindo as tensões durante a laminação. Essa capacidade de absorver as tensões, promovendo um efeito de alívio, aumenta a resistência às trincas térmicas. O efeito da grafita como

lubrificante sólido tem sido verificado em alguns experimentos para estudar o fenômeno de “sticking”². Recentemente, alguns ensaios têm mostrado que a taxa de propagação das trincas sob fadiga mecânica é menor nos ferros indefinidos que nos ferros com alto-cromo ou nos aços rápidos³. Essa menor taxa é atribuída à restrição da propagação da trinca pela grafita.

A introdução de carbonetos finos de vanádio, tungstênio e nióbio, formando carbonetos dispersos na matriz, tem melhorado a resistência ao desgaste sem considerável diminuição da fração volumétrica de grafita e, conseqüentemente, sem perda em tenacidade e resistência aos choques térmicos. A hipótese que um aumento na fração volumétrica de partículas mais duras é desejável para aumentar a resistência à abrasão não é incondicionalmente verdadeira⁴. A matriz do material deve possuir adequada resistência mecânica e tenacidade. Em alguns materiais onde a matriz é frágil, essas partículas podem atuar como concentradores de tensão, as trincas podem iniciar na interface partícula / matriz e se propagar pela matriz. Portanto, para melhorar a resistência ao desgaste, além dos carbonetos mais duros dispersos na matriz, refinar as células eutéticas e aumentar a dureza da matriz através de composição e tratamento térmico apropriados, são soluções possíveis.

3. CARACTERIZAÇÃO EM CAMPO

Dificuldades experimentais para estudar o mecanismo de desgaste surgem do tamanho dos cilindros e da necessidade de destruí-los para conduzir exames detalhados. Entretanto, técnicas de réplica de superfície com diferentes preparações têm sido utilizadas com sucesso em caracterizações em campo.

A figura 1 mostra réplicas tiradas de um cilindro de ferro indefinido que trabalhou na 5ª cadeira, após sua utilização, com diferentes preparações de superfície. As amostras revelam arrancamentos e riscos que ocorrem preferencialmente através da matriz do material, caracterizando o fenômeno como desgaste abrasivo moderado.

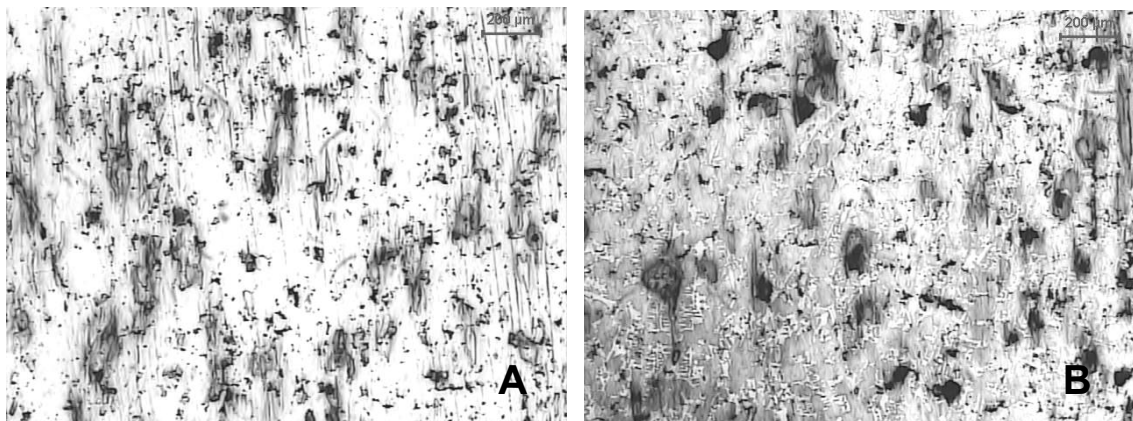


Figura 1: Duas réplicas tiradas de um cilindro de ferro indefinido após campanha. A: superfície polida / B: superfície polida e atacada (nital 2%). Presença de pequenos arrancamentos e riscamentos. Na réplica B observa-se que a matriz é preferencialmente arrancada.

A figura 2 mostra réplicas da superfície de um cilindro de ferro indefinido que trabalhou na 4ª cadeira. Além dos riscos de desgaste, nota-se a presença de malhas de trincas térmicas. Essas malhas, além de indicarem uma maior temperatura de trabalho do cilindro, podem acelerar o processo de deterioração da superfície.

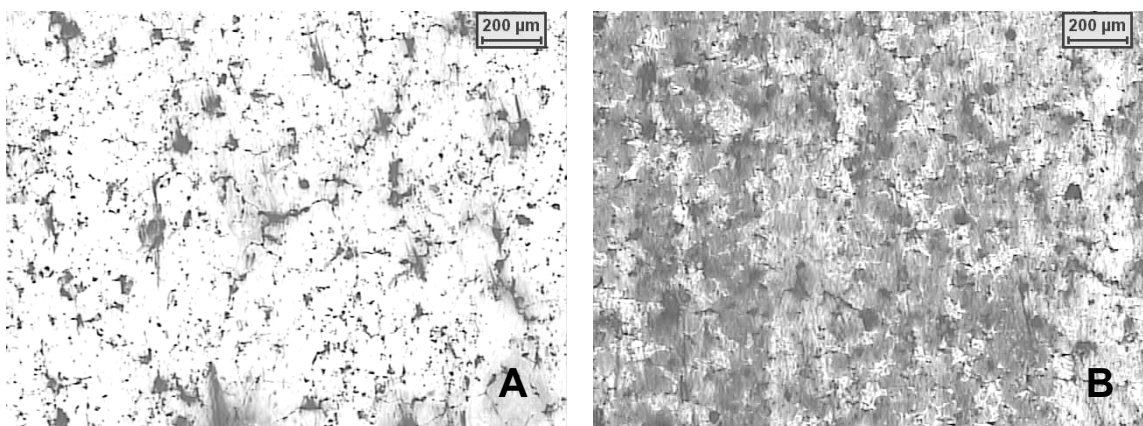


Figura 2: Duas réplicas tiradas de um cilindro de ferro indefinido após campanha. A: superfície polida / B: superfície polida e atacada (nital 2%). Presença de pequenos arrancamentos e riscamentos. Presença de malha de trincas térmicas

4. NOVOS MATERIAIS

Os cilindros de ferro fundido indefinidos caracterizam-se pela formação de carbonetos eutéticos M_3C , matriz martensítica / bainítica e a presença de grafita livre na superfície em frações de 2 a 8%. Uma microestrutura típica é mostrada na figura 3. A presença de uma maior fração de carbonetos M_3C pode levar a uma maior fragilidade do material e a uma maior propagação de trincas. Uma maior fração volumétrica de grafita pode aumentar a resistência às trincas térmicas e acidentes no laminador, mas pode prejudicar a resistência ao desgaste do material.

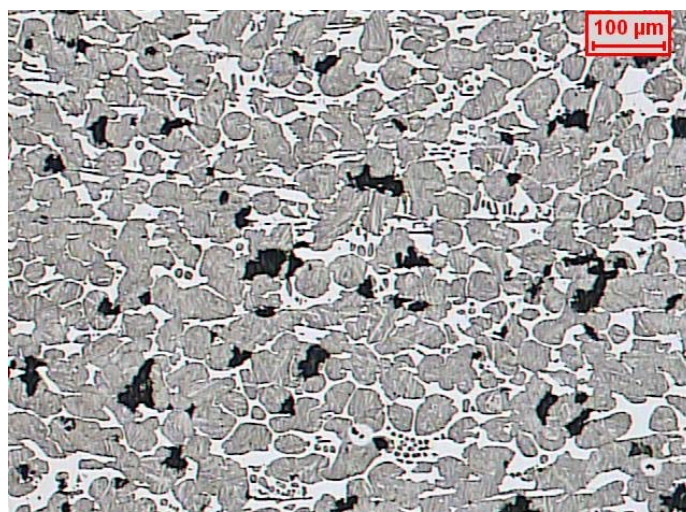


Figura 3: Microestrutura de um cilindro de ferro fundido de coquilhamento indefinido. Presença de carbonetos eutéticos e grafita. Ataque (nital 2%)

O equilíbrio entre a formação de grafita ou carbonetos ocorre durante a solidificação do material sendo que diversos fatores podem influenciar a maior presença de um ou outro elemento. A preparação da carga, ciclo de elaboração do metal líquido, composição química, temperatura de fundição e velocidade de solidificação são alguns desses fatores. Uma solução encontrada por muitos fabricantes foi a adição de elementos de liga que formem pequenos carbonetos dispersos na matriz como Nb, W, Ti, V, entre outros. Esses elementos alteram o equilíbrio entre a formação de grafita e carbonetos M_3C , devendo ocorrer uma compensação através de ajustes nos fatores mencionados acima. O correto ajuste desses fatores, permitiu à Villares que a fração de carbonetos dispersos na matriz fosse aumentada sem uma menor formação de grafita. Isso pode ser evidenciado na figura 4.

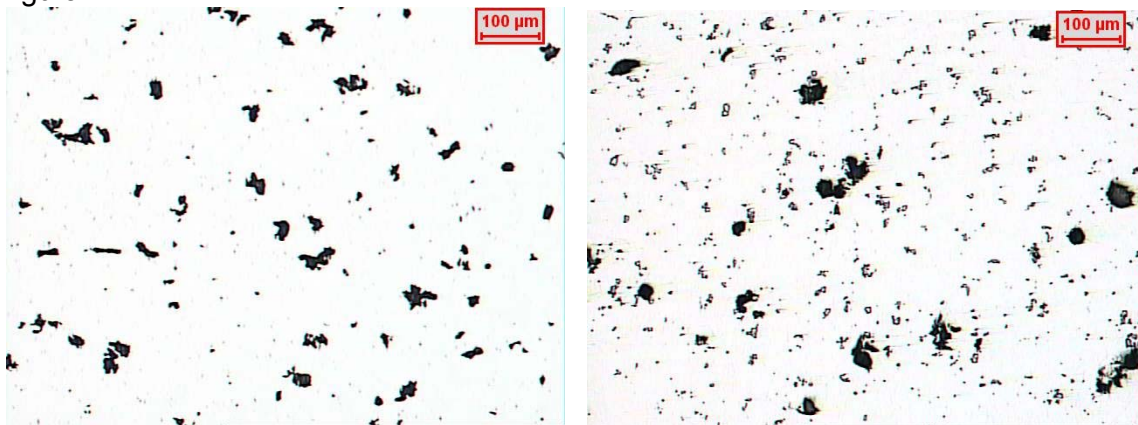


Figura 4: Comparação entre dois cilindros microligados com diferentes frações de carbonetos dispersos na matriz, mantendo a fração volumétrica de grafita. A micrografia A apresenta menor fração de carbonetos MC que a figura B.

5. DESEMPENHO EM SERVIÇO

O cilindros iniciaram suas utilizações na cadeira F4, dando preferência à laminação de instruções onde houvesse material com espessura menor ou igual a 2,00mm. Passaram, posteriormente, para utilização na cadeira F6. Considerando qualidade superficial, medida através do índice de aspereza do cilindro, os resultados foram ligeiramente superiores aos demais cilindros, principalmente na posição inferior, conforme mostrado na figura 5.

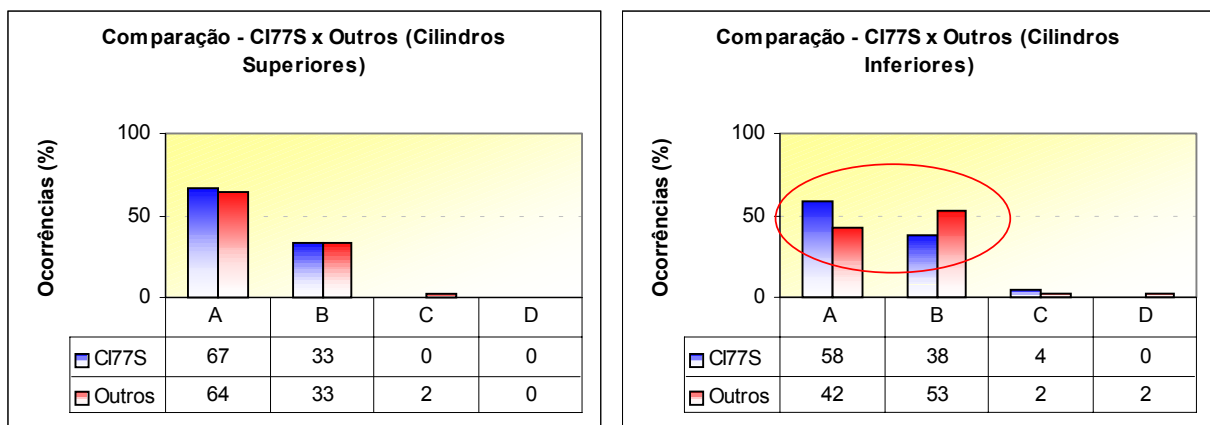
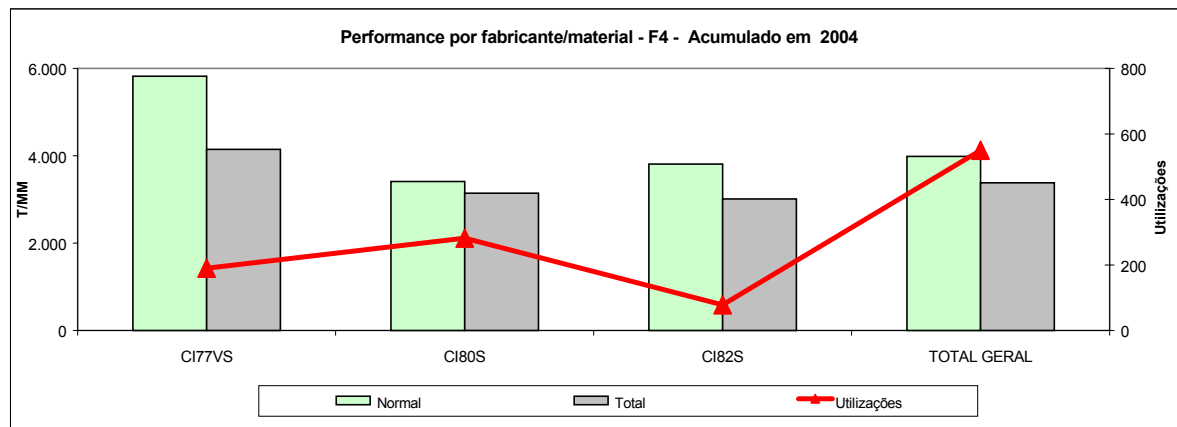


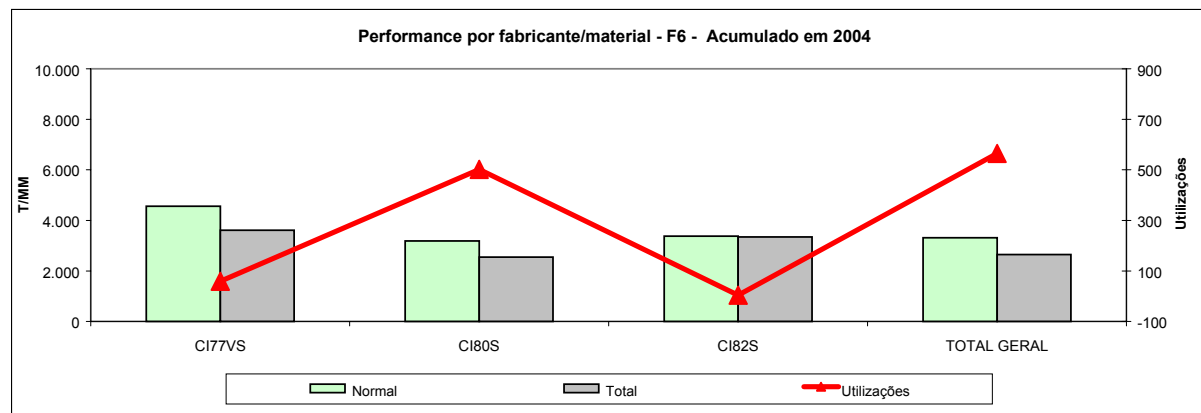
Figura 5: Comparação de ocorrências com diferentes índices de aspereza entre os cilindros CI77VS e demais cilindros na cadeira F4.

Os gráficos das figuras 6 e 7 mostram as performances de três cilindros de ferro de concepções diferentes, fabricados pela Villares e em teste na CST. O CI80S é um cilindro de ferro indefinido convencional, o CI82S é da primeira geração de cilindros microligados fabricados pela Villares e o CI77VS da segunda geração. Nota-se um acréscimo da performance da primeira para a última geração de cilindros de ferro.



Performance para Cadeira F4							
Fabricante	Material	Utilizações	Toneladas	Milímetros		T/MM	
				Normal	Total	Normal	Total
TOTAL VILLARES	CI77VS	190	229.708	39,49	55,41	5817	4146
	CI80S	282	404.282	118,57	128,77	3410	3140
	CI82S	78	94.236	24,74	31,31	3810	3010
TOTAL GERAL		550	728.226	182,80	215,49	3.984	3.379

Figura 6: Performance comparativa dos diferentes cilindros Villares utilizados na cadeira F4.



Performance para Cadeira F6							
Fabricante	Material	Utilizações	Toneladas	Milímetros		T/MM	
				Normal	Total	Normal	Total
TOTAL VILLARES	CI77VS	59	88.003	19,29	24,36	4563	3613
	CI80S	502	626.750	196,34	245,89	3192	2549
	CI82S	4	3.814	1,13	1,14	3379	3346
TOTAL GERAL		565	718.567	216,76	271,39	3.315	2.648

Figura 7: Performance comparativa dos diferentes cilindros Villares utilizados na cadeira F6.

6. CONCLUSÃO

A oficina de cilindros da CST tem melhorado continuamente a inspeção e preparação dos cilindros para o LTQ, buscando um aumento de qualidade e produtividade. Os resultados de performance dos cilindros tem aumentado de forma significativa, diminuindo-se a remoção por tonelagem laminada.

A Unidade de Cilindros da Aços Villares tem atuado em parceria com a oficina de cilindros da CST para entendimento dos mecanismos de desgaste de cilindros durante a laminação. Os resultados obtidos dos cilindros em serviço, alinhados com os resultados de testes em laboratório, formam a base para desenvolvimento de novos produtos com performance melhorada.

A parceria com a CST tem permitido à Villares diminuir do tempo de desenvolvimento de produtos e alcançar melhorias de qualidade e produtividade, criando vantagens competitivas para ambos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FERNANDES, H.O, DADALTO, J., DORNELAS, F.C., BELLON, J.C., SILVA, C.N., “Evolução da Produção e Qualidade de Processo do Laminador de Tiras a Quente da CST”, 40º Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos, ABM, Vitória/ES, 2003, p. 612-621
- [2] CHOI, J.W., KIM, D., “Mechanisms of Surface Deterioration of High-Ni Grain Roll for Hot Strip Rolling”, ISIJ International, Vol. 39 (1999), No. 8, p.823-828
- [3] KUBO, O, HASHIMOTO, M., MATSUBARA, Y., “Influence of Microstructure on Crack Propagation Property and Wear Resistance of White Cast Iron Rolling Mill Rolls” Conference on the Science of Casting and Solidification, Brasov, Romênia, (2002), p.399-406.
- [4] HUTCHINGS, I.M., “Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials”, Edward Arnold pub., U.K., 1992, p. 156-166.

DEVELOPMENT OF ROLLS FOR THE LAST STANDS OF THE HOT STRIP MILL AT CST ⁽¹⁾

Renato Rufino Xavier ⁽²⁾
Mauro de Jesus Oliveira ⁽³⁾
Bruno Murad ⁽⁴⁾
José Geraldo de Carvalho ⁽⁵⁾

ABSTRACT

The rolling mills have continuously evolved in the last few years thanks to the evolution in product quality and productivity. The quality of the strips is evaluated by means of its shape and surface condition, which strongly depend on shape profile and surface quality of the work rolls. The material, roll surface preparation and surface evolution during the rolling process have strong effect on the product quality.

As a consequence, work rolls for hot strip mills have been changing with the introduction of continued materials improvements and the development of new materials. The results obtained from rolls in service aligned with laboratory tests are the basis to develop new alloys with better performance.

The evolution of the roll shop operation, in addition to the utilization of new materials for work rolls in the last stands of the hot strip mill at CST are presented.

Key words: hot rolling, rolls, wear.

¹ Paper to be presented at the 41st Rolling Seminar.

² ABM member, Metallurgical Engineer, Development and Application Supervisor, Aços Villares – Sidenor Group, Pindamonhangaba SP.

³ MsC, Materials Engineering, Sales Engineer, Aços Villares – Sidenor Group, SP

⁴ MsC Materials Engineering, Specialist, Roll Shop – CST

⁵ Business Administrator, Mechanical Technologist, Roll Shop Manager – CST