

AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DO LAMINADOR DE CHAPAS GROSSAS ATRAVÉS DA OTIMIZAÇÃO DO COMPRIMENTO DO ESBOÇO ¹

Aloísio Teixeira ²
Júlio Toshio Nakashima ³
Maurício Martins Pereira ³
Marco Antônio Nogueira Alves ⁴
Adriana Tavares Soares ⁵
Marcos Calvo de Jesus ⁶

Resumo

Em decorrência do aumento da demanda por Chapas Grossas no mercado nacional e mundial as usinas produtoras de desse produto tiveram que optar em seguir por duas vertentes: ou investir em novos equipamentos ou aperfeiçoar o processo já existente a fim de alavancar a produtividade dos laminadores. Na COSIPA isso não foi diferente, vários trabalhos visando o aumento da produtividade foram desenvolvidos sem a necessidade de grandes investimentos. O presente trabalho visa apresentar o desenvolvimento realizado na Laminação de Chapas Grossas visando o aumento da produtividade do laminador através da otimização do comprimento dos esboços.

Palavras-chave: Laminação de chapas grossas; Produtividade.

INCREASE OF THE PRODUCTIVITY OF THE PLATE MILL ROLLING THROUGH THE INCREASE OF THE LENGTH OF THE SKETCH

Abstract

In result of the increase of the demand for Heavy Plates in the national and world-wide market the plants producing Plates had that to opt in following for two ways. Or to invest in new equipment or to perfect the existing process already in orders to increase the productivity of the rolling mills. In the COSIPA this was not different, some works aiming at the increase of the productivity had been developed without the necessity of great investments. The present work aims at to present the development carried through in the Plate Mill Rolling being aimed at the increase of the productivity of the rolling mill through the increase of the length of the sketches.

Key words: Plate mill rolling; Productivity.

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 *Sócio da ABM, MBA, Técnico Metalurgista – Assistente da Operação da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista;*

³ *Sócio da ABM, Engenheiro Metalurgista – Analista da Operação da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista;*

⁴ *Sócio da ABM, Técnico Metalurgista – Supervisor da Operação da Gerência de Laminação de Chapas Grossas da Companhia Siderúrgica Paulista;*

⁵ *Sócio da ABM, Engenheira Metalurgista – Analista de Planejamento da Gerência de Planejamento e Programação da Produção da Companhia Siderúrgica Paulista;*

⁶ *Sócio da ABM, Assistente de Planejamento da Gerência de Planejamento e Programação da Produção da Companhia Siderúrgica Paulista.*

1 INTRODUÇÃO

A laminação de chapas grossas da Cosipa (Figura 1) é constituída por dois fornos de reaquecimento tipo *walking-beam* de chama direta e de apenas uma cadeira de laminação que é responsável pelas funções de desbaste e acabamento do laminado, além de uma desempenadeira a quente.

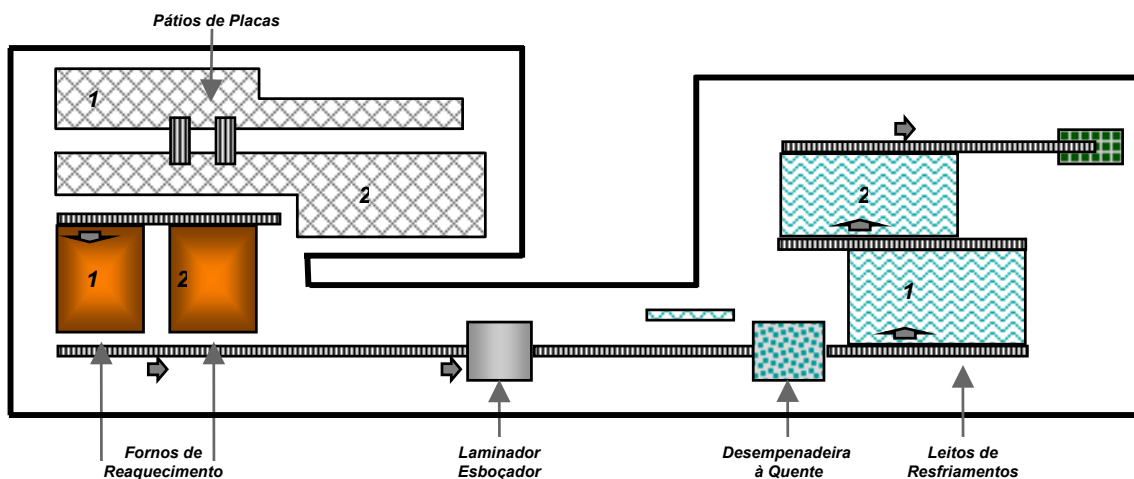


Figura 1. Lay out da linha de laminação da Cosipa

Em regime normal, com dois fornos em operação, o laminador é o “gargalo” de produção da linha. Sendo determinante para isso sua localização em relação aos fornos de reaquecimento que é de aproximadamente 50 metros. As Tabelas 1 e 2 mostram as características dos equipamentos e produtos laminados na Laminação de Chapas Grossas da Cosipa.

Tabela 1. Características dos equipamentos

Fornos de Reaquecimento de Placas			
Fabricante	Tipo	Combustível	Produtividade (t/h)
Stein Surface	Walking Beam com Abóbada Radiante e Recuperador Cerâmico	COG/GN	2 x 130

Laminador de Chapas Grossas					
Fabricante	Tipo	Mesa do cilindro (mm)	Potência (kW)	Força(t)	Produtividade (t/h)
Mitsubishi	Quadro reversível	4100	2 x4500 - CC	8000	150

Tabela 2. Características dos produtos

Grupo de uso	Aplicação Específica	Principais Normas
Estrutural	Construção civil e maquinários	ASTM / BS / DIN / IRAM / JIS
Vasos de Pressão	Caldeiras e reservatórios	ASTM / ASME
Naval	Plataformas e navios	GL / LR / NK / NV
Tubos	Tubos de prospecção e transporte	API

A busca constante de redução de custos de fabricação e do atendimento as exigências dos clientes em termos de prazo de entrega e qualidade são fatores decisivos para se garantir a competitividade das usinas siderúrgicas no mundo globalizado. Tal conjuntura vem propiciando o desenvolvimento de inúmeros trabalhos visando a excelência no dueto qualidade e produtividade.

Sendo a Cosipa um produtor de Chapas Grossas para diversificadas aplicações, um parâmetro importante para medir a eficiência do processo é o rendimento de produto – quociente de quanto foi obtido de chapa, sobre o quanto foi despendido com placa, pois através desse indicador se tem a resposta de quanto o processo está otimizando sua matéria prima.

No momento do planejamento da placa para a obtenção de um determinado produto se leva em consideração não só as dimensões finais requeridas. São levados em consideração outros fatores que entram na composição, tais como:

- Formação de carepa no reaquecimento;
- Formato do laminado;
- Coroamento da chapa;
- Tamanho da apara lateral
- Tolerâncias de corte da tesoura divisora;
- Tamanho da amostra para os ensaios mecânicos;
- Descartes adicionais das extremidades do esboço;
- Precisão do acerto de largura e espessura do operador.

1.1 Formação da Carepa na Fase de Reaquecimento de Placas

A carepa é o resultado da reação de oxidação do ferro do aço ocorrida no processo de reaquecimento. Ou seja, é uma reação inevitável uma vez que o material está exposto ao ar atmosférico sob altas temperaturas no interior dos fornos. Essa camada de óxido é indesejável para o processo de laminação, pois além de provocar perda no rendimento metálico, pode provocar defeitos superficiais na chapa.

1.2 Coroamento da Chapa

A coroa do laminado é determinada pela diferença da espessura no centro da chapa e a média das espessuras encontradas nas bordas da chapa, seu valor poderá ser positivo ou negativo, conforme equação 1.

Equação 1:

$$\text{Coroa} = \text{Espessura Centro} - \frac{\text{Soma das Espessuras das Bordas}}{2}$$

Deseja-se que seu valor seja o mínimo desde que não afete a planicidade do laminado. Algumas das variáveis que predominam sobre este valor são:

- Desgaste dos cilindros durante a laminação,
- Flexão dos cilindros de trabalho causado pelos esforços de laminação;
- Coroamento térmico dos cilindros de trabalho e encosto imposto pelo aquecimento durante laminação.

A Figura 2, mostra esquematicamente a flexão dos cilindros de trabalho e o perfil de coroa resultante no laminado.

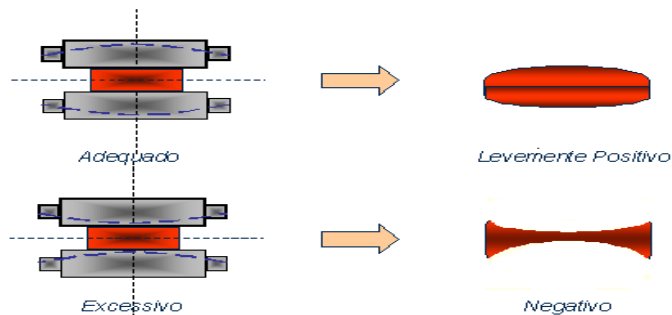


Figura 2. Flexão dos cilindros e os tipos de coroamento em chapas grossas.

1.3 Tolerâncias de Corte e Tamanho da Apará Lateral

Após o processo de laminação, o esboço passa por uma seqüência de tesouras mecânicas onde são efetuados os descartes das pontas do laminado, em seguida, se necessário o aparamento das bordas e por último a subdivisão do esboço em chapas.

Exceto no primeiro corte, os demais necessitam de certa tolerância dimensional a fim de se obter um corte preciso e com qualidade. A Figura 3, mostra esquematicamente a seqüência de cortes na linha de tesouras

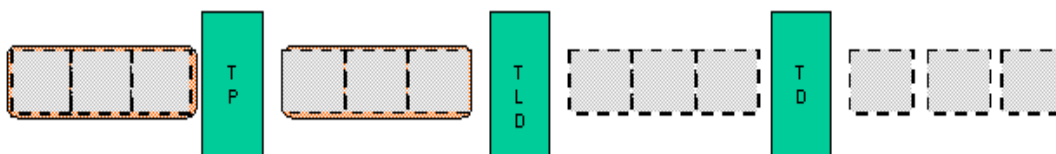


Figura 3. Seqüência de cortes no esboço na Linha de Tesouras: Tesoura de Pontas – Tesoura Lateral Dupla – Tesoura Divisora.

1.4 Formato do Laminado

Durante o processo de laminação a placa é submetida a uma seqüência de passes de redução até atingir as dimensões finais desejadas. Durante esta etapa, o material pode sofrer deformações localizadas afetando a retangularidade do esboço. Um dos fatores predominantes para o surgimento desse fenômeno é a relação entre a largura do esboço e a largura de placa – *índice de alargamento*.

A distorção mais comum na retangularidade do esboço é o chamado *efeito barril*, ou seja, a variação de largura ao longo do comprimento do esboço, o qual faz com que a largura atinja um valor máximo na metade do comprimento do laminado. O outro é a formação de ponta em formato de *língua* nos esboços laminados a partir de placas lingotadas continuamente.

A Figura 4, mostra os formatos mais comuns dos esboços obtidos na Laminação de Chapas Grossas.

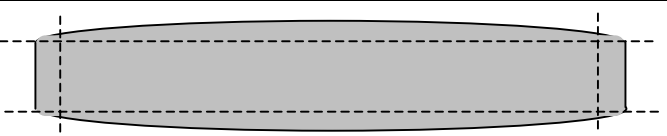
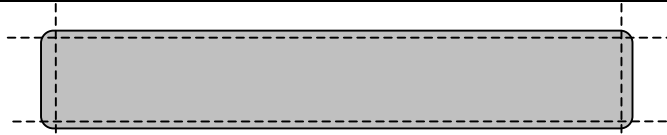
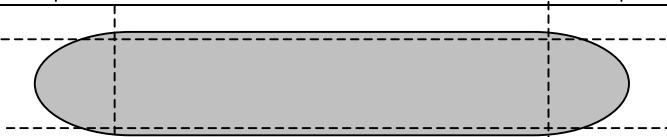
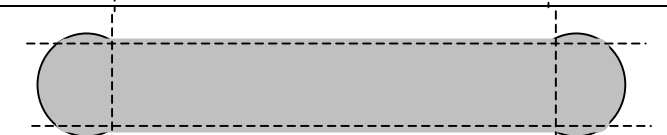
Sentido Longitudinal Alargamento - alto	
Sentido Longitudinal Alargamento - médio	
Sentido Longitudinal Alargamento - baixo	
Sentido Transversal Sem Alargamento	

Figura 4. Formatos mais comuns dos esboços de chapas grossas em função do sentido de laminação e como são afetados pelo índice de alargamento.

1.5 Sentidos de Laminação

Para atendimento às dimensões programadas do esboço de espessura fina podem ser utilizados basicamente dois sentidos de laminação:

- *Laminação longitudinal:* a placa passa por passes de alargamento no sentido transversal e em seguida é laminada até as dimensões finais no sentido longitudinal;e
- *Laminação transversal:* o primeiro passe é no sentido longitudinal visando a obtenção da largura, os demais são no sentido transversal.

A Figura 5 exemplifica o sentido de laminação transversal.

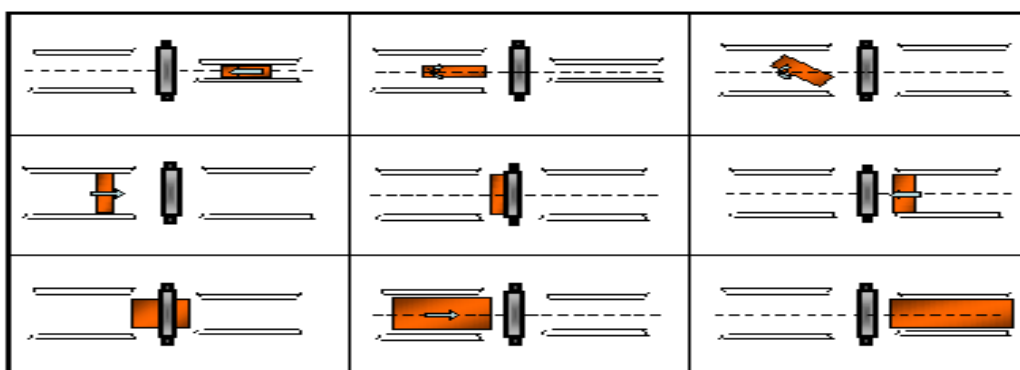


Figura 5. Sentido de laminação transversal (seqüência de passes da esquerda para direita).

Na laminação transversal por ter menor número de passes de redução para obtenção da largura do esboço, a temperatura final de laminação é mais alta. A Tabela 3 mostra uma comparação das temperaturas de acabamento para os sentidos de laminação transversal e longitudinal.

Tabela 3. Comparativo entre os sentidos de laminação longitudinal e transversal versus temperatura de acabamento

Sentido de laminação	Fase de alargamento	N.º de passes de alargamento	Temperatura de Acabamento
Longitudinal	Sim	3 ~ 5	Mais baixa
Transversal	Sim	1	Mais alta

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Na Laminação de Chapas Grossas um dos fatores limitantes para o aumento do comprimento do laminado é o comprimento da mesa de laminação e o comprimento dos Leitos de Resfriamento.

Visando o aumento do comprimento do laminado, foram realizadas alterações no projeto do Quebrador de Carepas Primário (HSB). Após a modificação houve ganho de aproximadamente 4 metros. Outro ponto medido foi o comprimento total dos Leitos de Resfriamento.

A Figura 6 mostra esquematicamente o lay out da linha de laminação.

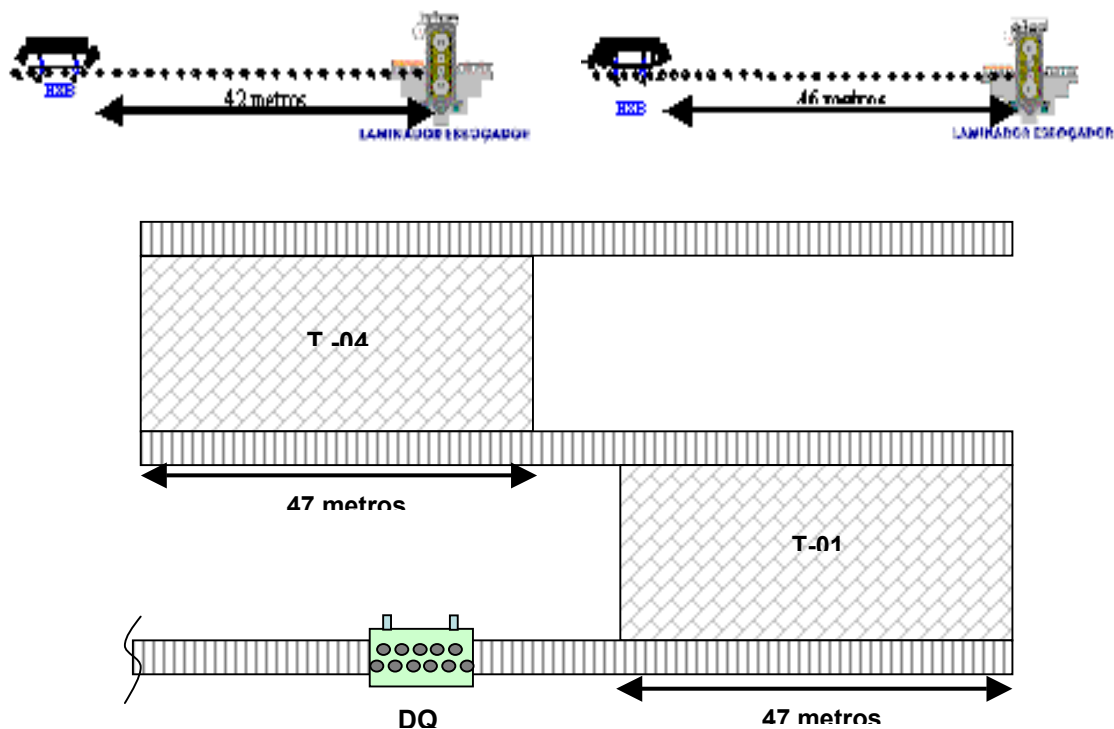


Figura 6. Comprimento máximo da mesa de laminação e Leitos de Resfriamento.

Foram realizados acompanhamentos experimentais em produtos com resistência mecânica até 50 kgf/mm^2 . As dimensões de produto foram as mais críticas do ponto de vista operacional, uma vez que a obtenção de forma e ausência de curvatura do laminado (*camber*) são mais difíceis de serem obtidas quanto menor for a espessura e quanto maior for o comprimento do esboço.

A Tabela 4 mostra os materiais selecionados para os testes iniciais:

Tabela 4. Dimensões e qualidades de produtos selecionados

Espessura	Largura	Comprimento	Qualidade
12,50	3300	38500	ASTM A36
9,50			
8,00			
6,30			

Foram programadas placas mais pesadas que possibilitaram gerar três chapas por esboço, visando aumentar a tonelagem horária do laminador bem como no rendimento de produto.

A Figura 7 mostra esquematicamente o aumento do comprimento do laminado através da programação de mais uma chapa no esboço visando otimizar o descarte das pontas.

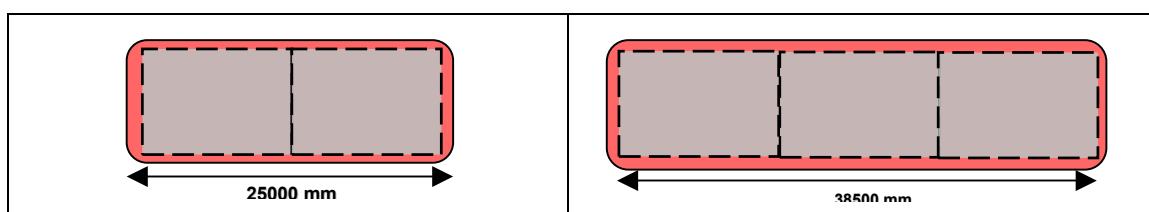


Figura 7. Adição de mais uma chapa ao comprimento do esboço laminado

O sentido de laminação escolhido foi o transversal devido ao benefício da temperatura de acabamento mais alta em relação ao sentido longitudinal, o que de fato contribui para aumentar a temperatura de desempenho melhorando a forma do esboço.

A Tabela 5 mostra as placas selecionadas para os testes iniciais:

Tabela 5. Dimensões em milímetros das placas selecionadas

Espessura de chapa	Placa		
	Espessura	Largura	Comprimento
12,50	260	1900	3200
9,50	210	1590	3600
8,00		1590	3000
6,30		1230	3100

Para melhorar e facilitar o processo, as temperaturas objetivadas das placas para início de laminação foram elevadas através do aumento das temperaturas de *set point* da zona de encharque dos Fornos de Reaquecimento.

3 DISCUSSÃO E RESULTADOS

A laminação transcorreu de forma normal, não houve ocorrências de curvatura ou qualquer tipo de ondulação que afetasse a planicidade do esboço e de forma geral a temperatura de acabamento e desempenho foram maiores o que proporcionou uma melhor forma ao laminado.

Os esquemas de passe para a laminação das chapas grossas finas com largura superior a 3.000 mm foram executados visando boa forma nos passes de acabamento. Em decorrência de limitações de processo (condição de mordida, força de laminação e torque) nem todos os passes puderam atender a

essa condição. Porém, todas as chapas foram aprovadas sem a necessidade de condicionamento na Desempenadeira a Frio.

A Figura 8 mostra os valores de produtividade alcançados para esboços laminados com 3 chapas. Pode-se observar que, em todas as espessuras, houve ganho na tonelagem horária do laminador, atendendo as expectativas da experiência

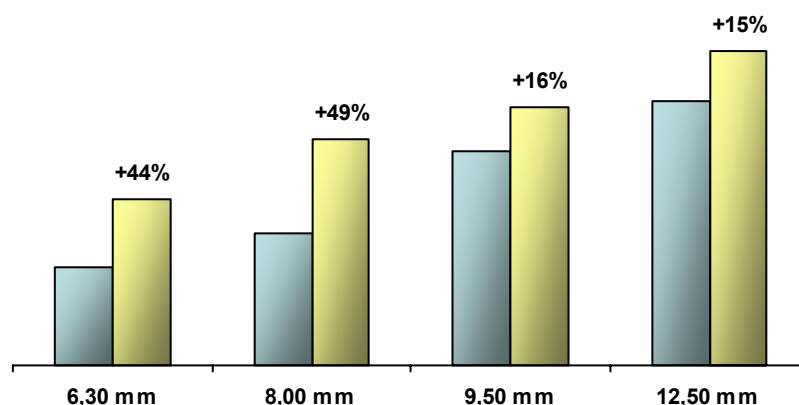


Figura 8. Aumento percentual da produtividade do laminador para esboços de espessura fina e média.

Com relação ao melhor aproveitamento da placa, os resultados de rendimento de produto alcançados para esboços laminados com três chapas foram superiores em 1% em relação aos laminados com duas chapas, atendendo as expectativas da experiência. Isto devido ao maior número de chapas por esboço e pela redução dos descartes de ponta do laminado.

4 CONCLUSÕES

Os resultados operacionais obtidos com as alterações no projeto da linha de laminação e ajustes no processo de reaquecimento e laminação nos permitem concluir que:

1. A utilização do sentido de laminação transversal se mostrou mais interessante que o sentido longitudinal devido temperatura de acabamento/desempeno mais alta.
2. Aumento do rendimento de produto para produtos de espessura fina e média.
3. Aumento da tonelagem horária foi mais significativo para produtos de espessura fina, pois para produtos de espessura média há limitação do peso máximo de placas.
4. Através desse experimento foi possível aumentar de forma geral os comprimentos máximos dos esboços de chapas grossas para espessuras até 40 mm.

BIBLIOGRAFIA

- 1 FREITAS, F.V.; TEIXEIRA, A.; REIS, J.S.S.; BAJTALO, J.V.; FACO, R.J.; PAULO, P.S.R. & GORNI, A.A. *Laminação de Chapas Grossas Leves a Partir de Placas de 210 mm de Espessura* - Seminário de Energia, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, João Monlevade, Junho de 2000