

CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DE NOVAS ESPESSURAS DE ENTRADA PARA O LAMINADOR DE TIRAS A FRIO DA COSIPA ¹

Mateus Alexandre da Silva²
Carlos Thadeu de Ávila Pires³
Francisco Gomes de Melo⁴

Resumo

Com a crescente demanda do mercado por aços laminados e visando proporcionar maior disponibilidade de bobinas laminadas a quente para a laminação a frio, foi desenvolvido o presente trabalho objetivando aumento de tonelagem-horária do Laminador de Tiras a Quente e das linhas de Decapagem. Determinou-se as condições de contorno para o desenvolvimento do estudo e fazendo-se uso de simulações, foram levadas em conta as curvas de potência do Laminador de Tiras a Frio para traçar os gráficos de velocidade versus espessura de entrada para as várias larguras disponíveis no mix de produtos laminados da COSIPA. Observou-se o impacto do aumento de espessura de entrada do Laminador de Tiras a Frio nos atributos do produto e nos indicadores gerenciais de custo de produção, determinando o aumento de produtividade do Laminador de Tiras a Quente e Decapagens.

Palavras-chave: Laminador de tiras a frio; Curva de potência; Produtividade; Redução.

¹ Trabalho a ser apresentado no 42º SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO - ABM , Produtos e Processos Laminados e Revestidos, 21 a 24 de outubro de 2005 - Santos - SP – Brasil.

² ⁽⁰²⁾ Sócio da A.B.M. Engenheiro Metalurgista, Analista de operação da Laminação a Frio da Companhia Siderúrgica Paulista-Cosipa, Cubatão SP.

³ ⁽⁰³⁾ Sócio da A.B.M. Engenheiro Eletricista, M.Sc., Consultor da Laminação a Frio da Companhia Siderúrgica Paulista-Cosipa, Cubatão SP.

⁴ ⁽⁰⁴⁾ Técnico em Metalurgia, Assistente de operação da Laminação a Frio da Companhia Siderúrgica Paulista-Cosipa, Cubatão SP.

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda do mercado por aços laminados e visando proporcionar maior disponibilidade de bobinas laminadas a quente para a laminação a frio, foi desenvolvido o presente trabalho objetivando aumento de tonelagem-horária do Laminador de Tiras a Quente e das linhas de Decapagem, melhoria da qualidade do material laminado a quente destinado à laminação a frio, assim como melhoria das propriedades mecânicas do produto final.

Os primeiros testes de aumento de espessura de entrada no Laminador de Tiras a Frio surgiram da necessidade de melhoria do processo de materiais IF no Laminador de Tiras a Quente e na laminação a frio. Nessa ocasião, observou-se um ganho significativo de produtividade no LTQ e melhora na forma e nas propriedades mecânicas do material.

Diante dos resultados alcançados nos testes, visualizou-se a possibilidade de otimização de produtividade das laminações adequando o processo dos laminadores em função de novas dimensões de espessura.

2 METODOLOGIA

Para o aumento da produtividade nas laminações, fazendo-se uso de alteração de espessuras no laminadores, foram estabelecidas condições de contorno que não poderiam ser desconsideradas em função do grande impacto na qualidade do produto e no funcionamento dos equipamentos.

As seguintes condições de contorno foram estabelecidas:

2.1 A potência total calculada não pode ser superior a potência máxima do laminador;

Tabela 1. Características eletromecânicas do LTF COSIPA.

Cadeira n°	Diâmetro Cilindro(mm)	Velocidade máxima(mpm)	Carga máxima(t)	Potência nominal(KW)
1	550	609	1500	3060
2	550	718	1500	4500
3	575	1009	1500	4500
4	575	1079	1500	3730

A potência máxima do laminador foi determinada considerando-se 125% da potência nominal dos motores das cadeiras.

2.2 A velocidade de laminação não pode ser inferior à velocidade básica dos motores das cadeiras.

2.3 . A carga calculada para cada cadeira não pode ser superior a respectiva carga máxima admissível pelos mancais dos cilindros de encosto.

Como trata-se de um laminador bobina a bobina, foi considerado o esforço máximo suportado pelos mancais dos cilindros de encosto em operações de laminação, encaixe e desencaixe. A curva de operação foi fornecida pelo fabricante dos mancais e considera a força como função da velocidade angular.

2.4 A redução não pode ser maior do que a máxima redução permitida nas cadeiras. Duas condições devem ser verificadas para se estabelecer a redução máxima permitida na cadeira:

- O ângulo neutro deve ser sempre maior que zero, e inferior ao ângulo de contato.⁽²⁾ Caso ocorra ângulo neutro menor que zero, haverá a possibilidade de deslizamento (skidding) entre a chapa e o cilindro. Para se evitar tal efeito, o coeficiente de atrito não deve ser inferior a um valor tal que corresponda à redução a ser utilizada na cadeira.⁽⁴⁾
- A temperatura da tira não deve ser maior que a temperatura máxima admissível. Temperaturas altas podem afetar a planicidade da tira e alterar a estabilidade da emulsão,^(2,3) provocando efeitos indesejáveis no processo.

Determinadas as condições de contorno para o desenvolvimento do estudo e, fazendo-se uso de simulações, foram levadas em conta as curvas de potência do Laminador de Tiras a Frio para traçar as curvas velocidade versus espessura de entrada, para as várias larguras disponíveis no mix de produtos laminados da COSIPA. Para estabelecimento do mix de produção, foram levantados dados históricos dimensionais dos produtos laminados durante o ano de 2004. A Figura 1 mostra a contribuição de cada faixa de largura e espessura para o mix de produção considerado.

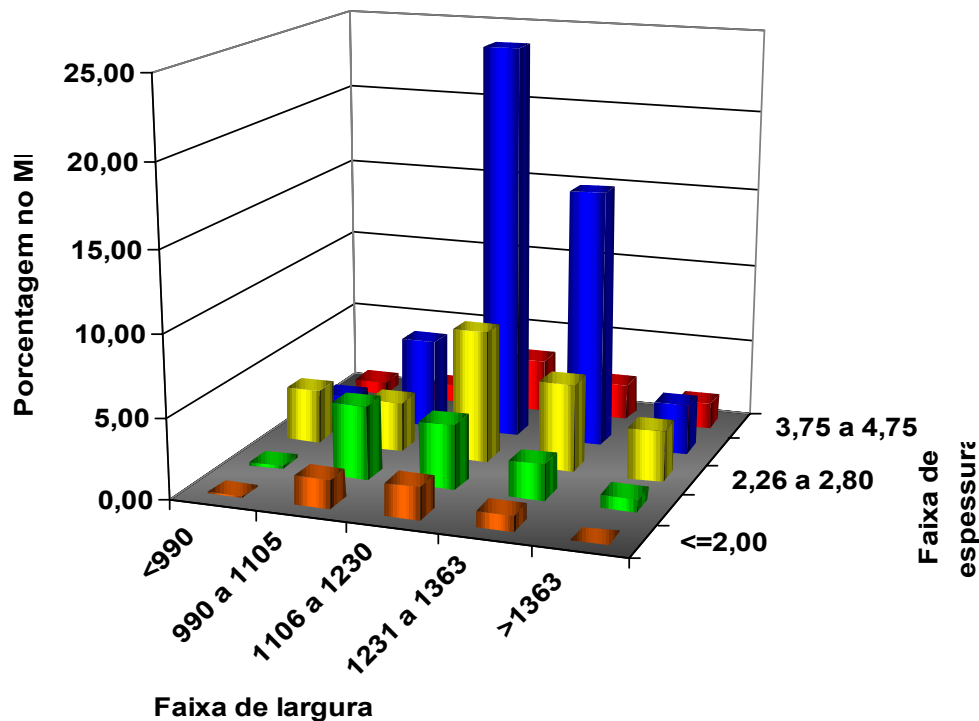


Figura 1. Mix de produção de materiais laminados a frio.

3 SIMULAÇÕES

O objetivo das simulações foi a constatação do cumprimento das condições de contorno citadas anteriormente e a verificação do impacto do aumento de espessura na produtividade dos equipamentos.

“O termo produtividade é sinônimo de quantidade de chapa produzida por unidade de tempo. Em laminadores a frio, a maior produtividade é atingida quando a velocidade máxima em cada cadeia é obtida no instante em que a potência desta cadeia atinge seu valor máximo”.⁽¹⁾

O modelo de cálculo de set-up utiliza a máxima potência disponível, e distribui esta potência entre as cadeiras de tal modo a obter a máxima produtividade e a maior qualidade.⁽⁵⁾

Com base nos dois princípios citados, foram feitas simulações considerando-se como variáveis independentes a largura e a espessura da tira. Como resultado, foram observadas elevações de velocidade para os casos em que o fator limitante anterior havia sido a velocidade, e reduções, nesta variável, para os casos em que a potência já estava sendo utilizada em sua totalidade.

Foram plotados nos gráficos (Figuras 2.1 à 2.4) as condições de contorno de sobrecarga e velocidade básica, delimitando, desta forma, a faixa permissível para alteração de espessura de entrada.

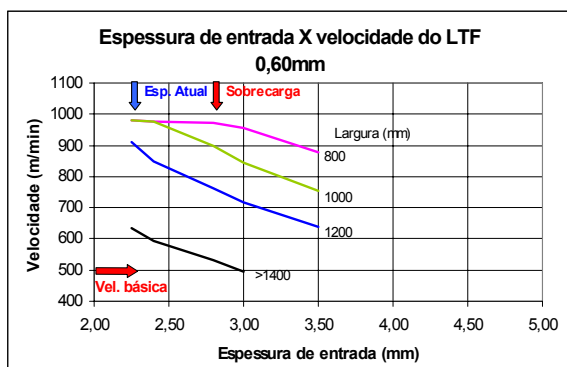


Figura 2.1

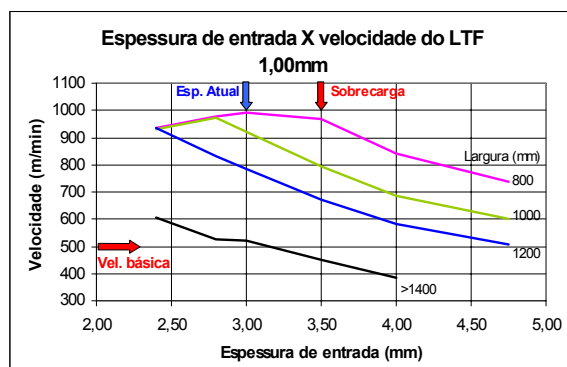


Figura 2.2

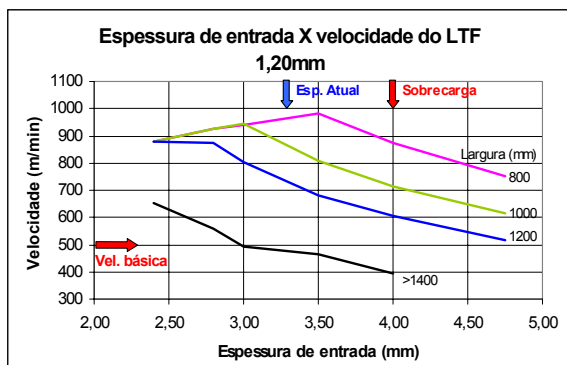


Figura 2.3

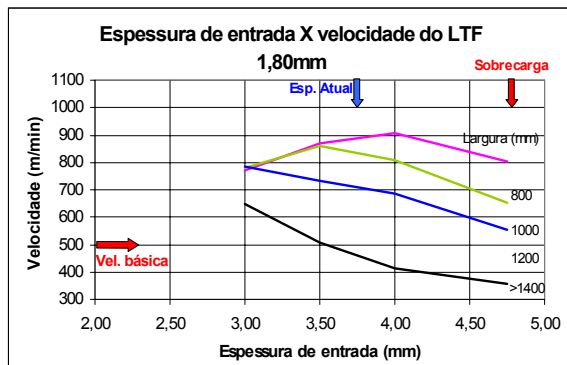


Figura 2.4

Figura 2. Desempenho do LTF x espessura de saída.

Para a validação dos dados obtidos nas simulações, é apresentado na figura 3 o índice de acerto do modelo matemático utilizado para cálculo do esquema de passe do laminador.

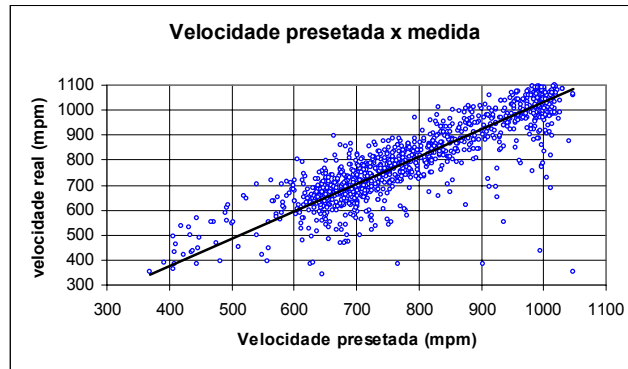


Figura 3. Índice de acerto do modelo de setup do LTF COSIPA.

Como o modelo utiliza otimização de potência para distribuição de carga entre as cadeiras, comparou-se a velocidade programada com a velocidade real, obtendo um índice de acerto satisfatório.

4 RESULTADOS

Observou-se o impacto do aumento de espessura de entrada do Laminador de Tiras a Frio nos atributos do produto e nos indicadores gerenciais de custo de produção, determinando o aumento de produtividade do Laminador de Tiras a Quente e Decapagens.

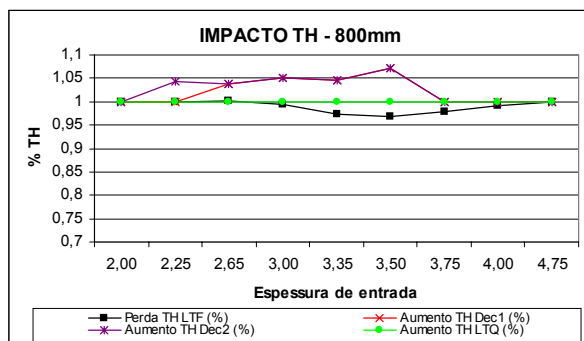


Figura 4.1

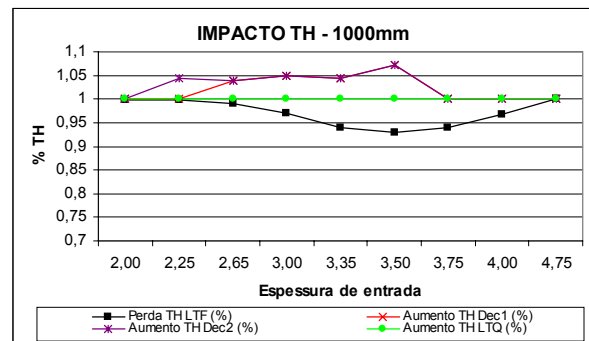


Figura 4.2

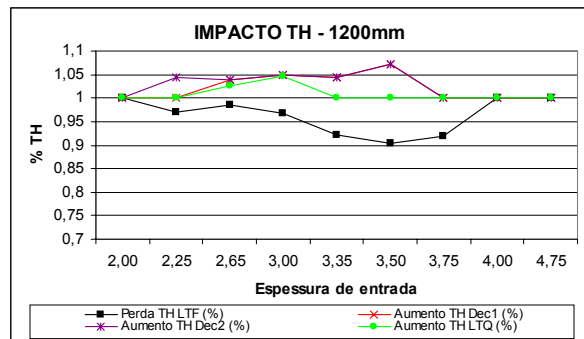


Figura 4.3

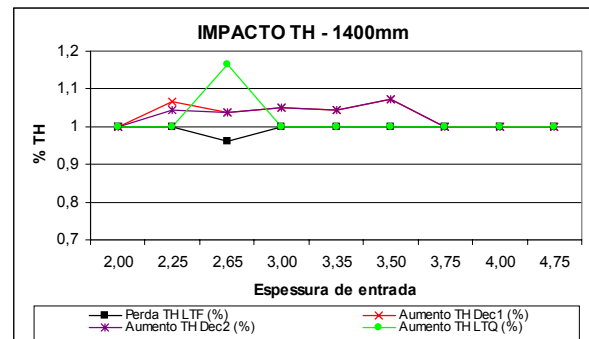


Figura 4.4

Figura 4. Impacto do aumento de espessura na produtividade do LTQ, Decapagens e LTF.

Conforme os dados apresentados na Figura 4, determinou-se a variação total da produtividade dos equipamentos, conforme Tabela 2:

Tabela 2. Impacto do aumento de espessura na produtividade do LTQ, Decapagens e LTF.

	Largura				TOTAL
	800	1000	1200	1400	
PERDA TH LTF (%)	5,84	15,79	40,12	35,45	2,8
AUMENTO TH DEC1 (%)	6,08	16,59	43,82	37,37	3,8
AUMENTO TH DEC2 (%)	6,09	16,79	44,00	37,30	4,2
AUMENTO TH LTQ (%)	5,87	16,16	42,75	37,19	2,0

Comparado os resultados dos ensaios de propriedades mecânicas para aços com qualidade EEPCC (estampagem extra profunda - conformação crítica), no ano de 2003 e 2004, foi verificado um acréscimo significativo nos valores do coeficiente de anisotropia r , conforme dados da Tabela 3:

Tabela 3. Resultados de propriedades mecânicas do produto final.

COS EEP CC - TESTE - 2004										
esp	nº de cortes	LE	LR	A	r	Lib For	% Lib For	Desvio	Motivo desvio	Redução
1,2	44	168,48	294,75	44,27	1,96	0	0%	0		70,61%
1,5	28	173,46	295,99	44,43	1,87	0	0%	0		65,02%
1,8	45	173,16	305,44	45,96	1,74	10	22%	2	TA -	61,52%
Total	117	171,7	298,727	44,887	1,857	10	9%	2	% material fora do especific	10,26%

COS EEP CC - 2003										
esp	nº de cortes	LE	LR	A	r	Lib For	% Lib For	Desvio	Motivo desvio	Redução
1,2	227	176,54	300,27	43,82	1,91	33	15%	5	Dif CQ Pan/Prod	64,20%
1,5	208	175,7	300,6	44,5	1,85	40	19%	0		57,18%
1,7	66	177,99	300,76	46,45	1,72	15	23%	6	Reamostragem	54,67%
1,8/1,9	55	191,9	307,04	45,9	1,83	22	40%	2	Reamostragem	53,06%
2,25/3,0	9	174,7	289,7	48	1,42	1	11%	8	Especificação Inadequada	33,33%
Total	130	181,53	299,167	46,783	1,657	38	29%	16	% material fora do especific	41,54%

COS EEP CC - 2004 (NORMAL)										
esp	nº de cortes	LE	LR	A	r	Lib For	% Lib For	Desvio	Motivo desvio	Redução
1,2	163	174,55	298,16	44,71	1,88	21	13%	2	Reamostragem	64,29%
1,5	143	179,51	297,9	46	1,8	22	15%	18	Reamos/TA-/ Dif CQ Pan Prod	57,29%
1,7	47	180,8	299,96	44	1,63	4	9%	15	Reamos/Dif CQ Pan Prod	53,56%
1,8/1,9	36	184,5	302,14	45	1,72	8	22%	2	Reamostragem	52,24%
3	8	193,1	299,3	43	1,71	8	100%	0		36,84%
Total	91	186,133	300,467	44	1,687	20	22%	17	% material fora do especific	40,66%

Diante dos dados de simulação, foi possível estimar o consumo de energia no LTQ necessário para laminação nas novas espessuras propostas, verificando a redução nas respectivas cadeiras do laminador, conforme Figura 5. Na laminação a frio, após a implantação das novas espessuras, foi verificado a evolução do consumo de energia, sendo observado um acréscimo neste índice, conforme Figura 6.

ESTIMATIVA DE REDUÇÃO MÉDIA DE CORRENTE COM O AUMENTO DA ESPESSURA DA TIRA LTQ

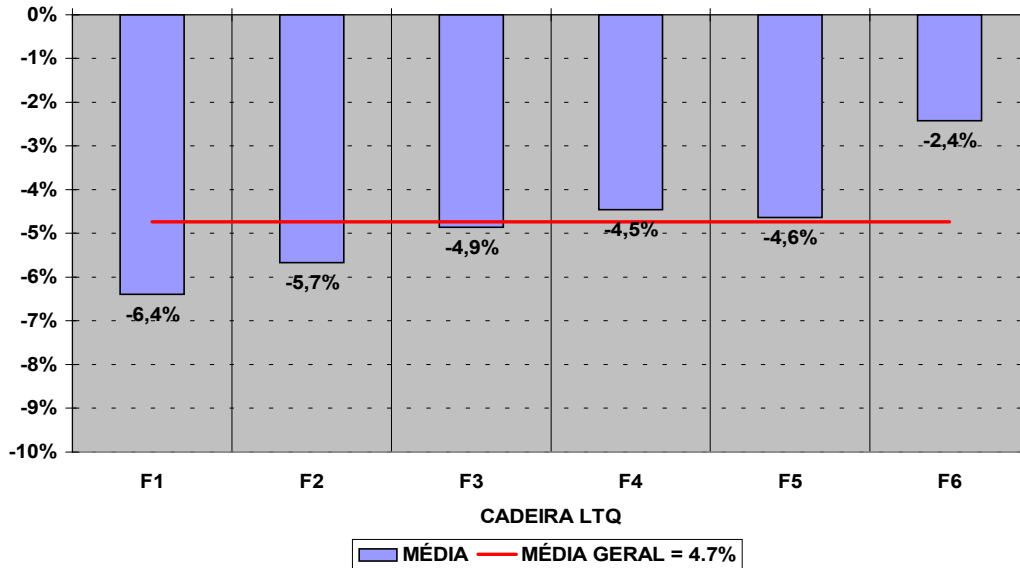


Figura 5. Redução do consumo de energia no LTQ.

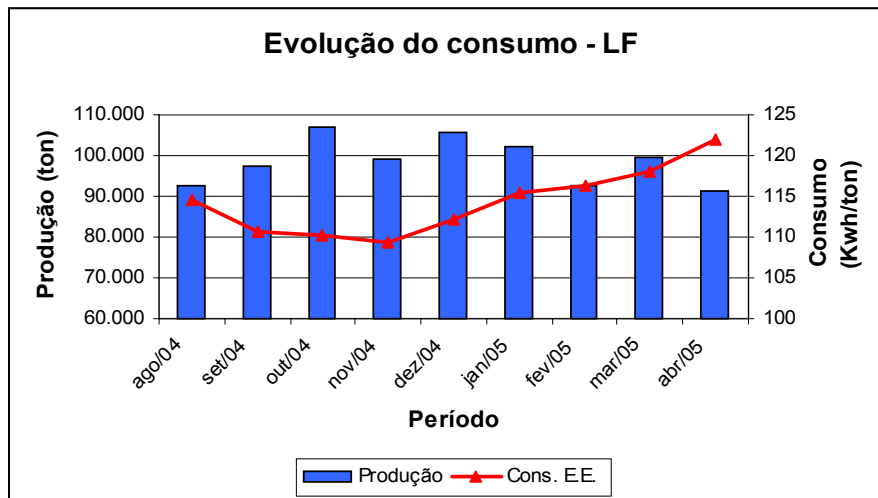


Figura 6. Comportamento do consumo de energia no LTF.

Foram processados lotes de materiais, em caráter de teste, sendo observado o impacto do aumento de espessura de entrada na produtividade do Laminador de Tiras a Frio, de forma a garantir a espessura objetivada, a limpeza de superfície (reflectância), o consumo de óleo de laminação e de cilindros e a qualidade superficial da tira (isenção de marcas de cilindros). Após análise dos resultados, foi possível propor as novas espessuras de entrada para materiais baixa resistência e aços IF, de forma a garantir os atributos de qualidade, produtividade e custo do material. As tabelas 4 e 5 mostram as espessuras propostas :

Tabela 4. Espessuras de entrada x faixa de espessura de saída para aços baixa resistência.

Espessura de entrada (mm)			Esp. Saída LTF (mm)
Largura <=1000mm	Largura 1001 a 1300mm	Largura > 1300mm	
2,00	2,00	-----	0,38 a 0,47
2,25	2,25	-----	0,48 a 0,55
2,35	2,35	2,25	0,56 a 0,65
2,40	2,40	2,40	0,66 a 0,69
2,65	2,65	2,65	0,70 a 0,75
2,75	2,75	2,75	0,76 a 0,85
2,90	2,90	2,90	0,86 a 0,89
3,15	3,15	3,00	0,90 a 1,10
3,50	3,50	3,35	1,11 a 1,30
3,75	3,75	3,50	1,31 a 1,60
4,25	4,00	3,75	1,61 a 1,80
4,25	4,00	4,00	1,81 a 2,15
4,75	4,75	4,75	2,16 a 3,10

Tabela 5. Espessuras de entrada x faixa de espessura de saída para aços IF.

Espessura LTQ (mm)	Espessura LTF (mm)	Largura (mm)	Redução máx	Redução mín
2,65	0,60 a 0,69	690 a 1350	77	74
2,80	0,60 a 0,69	1350 a 1585	79	75
3,20	0,70 a 0,80	691 a 1585	78	75
3,35	0,81 a 0,90	692 a 1585	76	73
3,35	0,91 a 1,00	693 a 1585	73	70
3,35	1,01 a 1,10	694 a 1585	70	67
3,50	1,11 a 1,25	695 a 1585	68	64
3,75	1,26 a 1,39	695 a 1585	66	63
4,00	1,40 a 1,70	695 a 1585	65	58

5 CONCLUSÃO

Apesar da redução na tonelage horária do LTF de 2,8%, foram observados ganhos significativos de produtividade no LTQ e das linhas de Decapagens 1 e 2, da ordem de 2,0%, 3,8% e 4,2% respectivamente. Diante destes resultados, concluímos que a perda de produtividade do LTF foi plenamente compensada pela disponibilidade de material para processamento neste equipamento.

Além dos ganhos no Laminador de Tiras a Quente e nas linhas de Decapagens descritos anteriormente, foi possível observar os seguintes ganhos de produtividade e qualidade que contribuíram para a melhoria da eficiência no laminador de Tiras a Frio:

- Aumento do peso médio do rolo;
 - Melhoria da planicidade do material;
 - Redução de desvios de material por propriedades mecânicas fora de especificação.
- Após a implantação da nova tabela de reduções no LTF, foi observado o grande impacto de uma modificação de espessura nas características do material e do processo de laminação. Este trabalho possibilitou conhecer melhor as variáveis fundamentais de processo e sua interação. Isto motivou a busca contínua de melhorias destas variáveis objetivando a excelência do processo.

REFERÊNCIAS

- 1 Brun,C.; Blanchard,G. – Utilization des modeles pour optimiser la conduite du laminage a froid sur tandem. Revue de métallurgie, Paris, dezembro de 1983, p. 953 – 961.

- 2 Ávila, A. F. – Otimização da produtividade de um Laminador Tandem a Frio. Tese de Mestrado apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Metalúrgica. Belo Horizonte, Novembro de 1988.
- 3 Sarmiento, E. C., Piorko, I., Helman, H. – A temperatura da tira como parâmetro de um modelo de cálculo de escala de passes de um Laminador Tandem a Frio. Metalurgia – ABM, VOL. 44, Nº373, dezembro 1988.
- 4 Avitzur, B. – An Upper-Bound Approach to Cold-Strip Rolling – Transactions of the ASME – Journal of Engineering for Industry, February, 1964, p. 31 – 48.
- 5 Pires, C. T. A.; Sales, R. M.; Silva, M. A.; Ferreira, H. C. – Otimização de presets para laminadores a Frio – Estudo de um caso. Artigo apresentado no VIII Seminário de Automação de Processos da ABM, 6 a 8 de Outubro de 2004, Belo Horizonte – MG – Brasil

CRITERIONS TO DEFINE ENTRY THICKNESSES TO COSIPA TANDEM COLD MILL ¹

Mateus Alexandre da Silva²
Carlos Thadeu de Ávila Pires³
Francisco Gomes de Melo⁴

Abstract

Taking into consideration the increase of the market demand for steel rolling sheet and intending to achieve a greater availability of hot rolling coils to the cold rolling mill plant, the present work was developed aiming to improve the Hot Strip Mill e Pickling Line productivity. It was established the boundary conditions for the development of the study, and, making use of simulations, it was considered the power curves of the Tandem Cold Mill to plot the charts of speeds versus entry thicknesses as a function of the various widths processed in COSIPA mix of rolling products. It was observed the impact of the increased entry thicknesses on the quality characteristics of the Tandem Cold Mill product and also in the production cost management figures, allowing to reach the best Hot Strip Mill and pickling Line productivity.

Key words: Tandem cold mill; Simulation; Productivity.

¹ *Technical Contribution for the 42° Rolling Seminar – Processes, Rolled and Coated Products; 21 to 24, October, 2005 - Santos, SP, Brazil.*

² *ABM Member, Metallurgical Engineer, Department of cold Rolling Process, Companhia Siderúrgica Paulista-Cosipa, Cubatão SP.*

³ *ABM Member, Electrical Engineer, M.Sc., Department of Cold Rolling Process, Companhia Siderúrgica Paulista-Cosipa, Cubatão SP.*

⁴ *Metallurgical Technician, Department of Cold Rolling Process, Companhia Siderúrgica Paulista-Cosipa, Cubatão SP.*