

OTIMIZAÇÃO DA PLANICIDADE DAS CHAPAS CORTADAS NA LINHA DE TESOURA À QUENTE¹

Valter Luiz Ribeiro Morgado²

Paulo de Oliveira Ceolin³

Américo Ferreira Neto⁴

Jonieliston Pereira do Vale⁵

Adilson Ricardo Gonçalves⁶

Fabiano Nogueira Luiz⁷

Apresenta quadros para avaliação do desempenho das Desempenadeiras de 3½” e 5¼”, da linha de Tesoura à Quente da COSIPA.

Discute, os princípios de desempenho, comparações entre Desempenadeira, Desempenadeira Aplainadora e Desempenadeira Retificadora.

Inclui uma descrição geral dos cuidados de manutenção e operação.

Palavras-chave: desempenadeira, aplainamento

¹ Trabalho a ser apresentado ao 41º Seminário de Laminação – Processos e Produtos laminados e Revestidos, Joinville (SC), 26 a 28 de Outubro de 2004.

² Membro da ABM, Engenheiro Mecânico, PG., Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Frio, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP. E –Mail: valtermorgado@cosipa.com.br

³ Membro da ABM, Engenheiro Mecânico, PG, Analista de Manutenção da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Frio, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP. E –Mail: ceolin@cosipa.com.br

⁴ Membro da ABM, Engenheiro Eletricista, PG, Analista de Manutenção da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Frio, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP. E –Mail: americo neto@cosipa.com.br

^{5,6} Técnico Metalúrgico, Assistente Técnico da Gerência de Decapagem e Acabamento a Quente da Laminação a Frio, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

⁷ Técnico Mecânico, Assistente Técnico da Gerência de Decapagem e Acabamento a Quente da Laminação a Frio, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

INTRODUÇÃO

A COSIPA dentro do seu complexo siderúrgico tem, uma linha dedicada à produção de chapas de aço provenientes do Laminador de Tiras à Quente.

Esta linha vem sendo usada, ininterruptamente, desde julho de 1964, tendo uma produção acumulada de 4.500 milhões de toneladas.

Dentro das solicitações atuais de qualidade o item mais importante é o aplainamento. De maneira simples, podemos definir o aplainamento como a forma do material se apresentar plano. Este item é obtido através de equipamentos chamados Desempenadeiras. Dentro desta linha temos dois equipamentos .

Um de 3 ½" x 66" com 17 rolos e 75 HP fabricado, pela MCKAY MACHINE CO. (1957) e outro de 5 ¼" x 66" com 11 rolos e 150 HP, fabricado pela WEAN-DAMIRON (1960).

Gradativamente, esta linha (Tesoura à Quente) vem se tornando obsoleta, por conseqüência está sendo reduzida sua produção.

Optou-se por recuperar parte da instalação e continuar atendendo os clientes que tenham necessidades possíveis de serem atendidas pela mesma.

O propósito deste trabalho foi prover a empresa de instrumentos de avaliação do desempenho destes equipamentos; fornecer subsídios para as áreas de produção de maneira a manter o mesmo dentro da melhor performance; fornecer dados para os responsáveis pela área de vendas, assistência técnica e desenvolvimento que permitam avaliar corretamente sua capacidade.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 TEORIA DE DESEMPENHO

As desempenadeiras são equipamentos que alongam as partes de uma tira que não está ondulada. Este processo é efetuado até que estas alcancem o comprimento da parte da tira que está ondulada. Podemos observar, na figura 1.1.1, que para eliminar o ondulado na parte lateral $L + K_o$ de uma chapa hipotética, teremos que alongar o centro da mesma até que este tenha o mesmo comprimento. Como a parte ondulada também sofrerá alongamento, durante o processo, as duas partes deverão ter um comprimento $L + K_y$.

A desempenadeira de rolos é formada, basicamente, por duas fileiras de rolos. Uma com um número par e outra com um número ímpar de rolos, entre os quais o material deve passar. Os rolos são posicionados em forma de cunha, de tal maneira que o material durante a passagem é fletido fortemente no início, e na parte posterior da desempenadeira o mesmo é apenas alisado.

Durante o dobramento, o material sofre um processo similar ao ensaio de tração. O alongamento ocorre quando o material é solicitado com esforços acima do Limite de Escoamento.

Na figura 1.1.2 podemos simular a situação dos pontos A e B, apresentados na figura 1.1.1, para um ciclo de desempenho. O ponto A começa a ser carregado primeiro. Logo após, o ponto B também é carregado, ambos ultrapassam o Limite de Escoamento (LE) e chegam a um valor de tensão inferior ao Limite de Ruptura. Verificamos pelo gráfico (figura 1.1.2) que ao interromper o esforço a diferença de comprimentos entre o ponto A e B cai de K_0 para K .

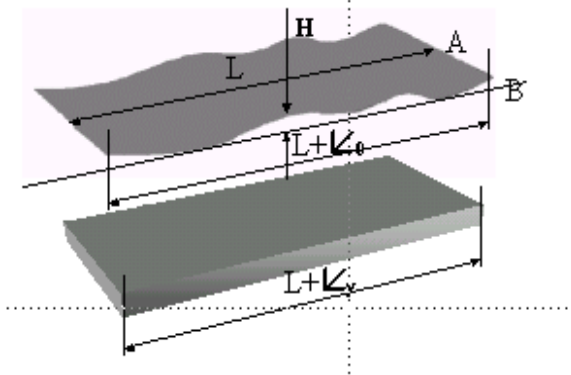


Figura 1.1.1 Esquema do processo de alongamento da tira durante o processo de desempenho.

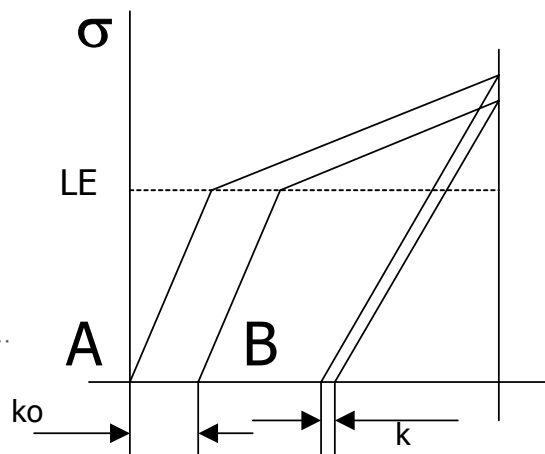


Figura 1.1.2 - Ciclo de carregamento do material.

As curvaturas, devido às tensões residuais das chapas, podem ser eliminadas por dobramento ou desdobramento, isto é o material ao ser dobrado já ultrapassa o Limite de escoamento devido ao acúmulo de tensões interna e mecânica pelo dobramento. Os ondulosos, causados pelos diferentes comprimentos que existem ao longo da tira, só podem ser eliminados se houver um alongamento das partes que estão onduladas. A desempenadeira consegue este objetivo por flexão, estiramento ou combinação dos dois.

Quando uma tira é dobrada em torno do rolo, as camadas junto ao rolo são submetidas a esforços de compressão. Enquanto, as camadas no lado oposto são submetidas a tração. Podemos calcular a relação mínima do diâmetro do rolo "D" com a espessura do material "T", na qual existe deformação plástica.

$$D/T = E/\sigma$$

Onde:

E = Coeficiente de deformação elástica

σ = Tensão de escoamento do material

D = Diâmetro dos rolos

T = Espessura da tira

R = Raio d R = Raio de curvatura;

$d\phi$ = Ângulo de dobramento

E = Módulo de elasticidade;

e_o = Deformação da fibra mais externa

$Y_o = Y_1$ = Distância da linha neutra até a fibra mais tensionada

σ = Tensão induzida

$e_o = Y_1/R$ $S = E * e_o$

$\sigma/E = Y_1/R$ $\sigma = E * Y_1/R$

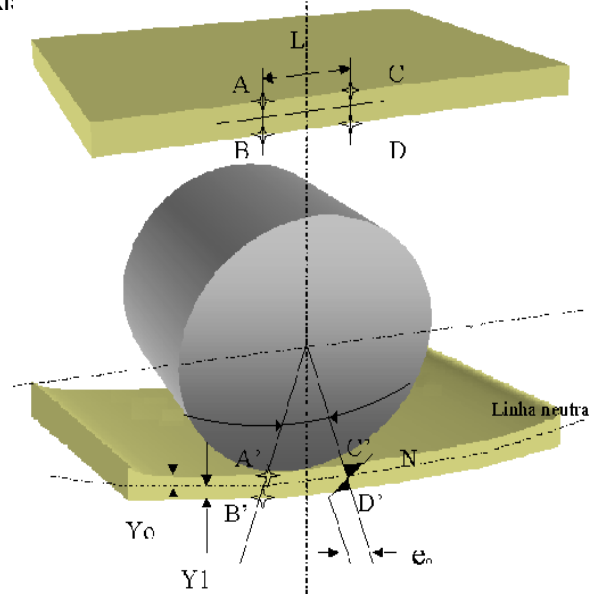


Figura 1.1.3 Distribuição esforços na chapa durante o dobramento

As equações são válidas considerando que o esforço é simétrico em relação à linha neutra do material. Para um estudo mais apurado essa consideração não tem validade. O esforço aplicado é inversamente proporcional ao diâmetro do rolo utilizado na desempenadeira.

Um dos pontos importantes no projeto de uma desempenadeira é a quantidade de rolos. Estes definem a quantidade de ciclos de carregamento do material e, conseqüentemente, o alongamento obtido. Os primeiros rolos que recebem o material são os responsáveis pelo alongamento. Os rolos finais são responsáveis por endireitar o material, não tendo função de desempenho.

Outro ponto, importante no projeto da desempenadeira é a distância entre os centros dos rolos. Ou seja, quanto maior a distância entre os rolos, menor será a tensão induzida no material.

a. TIPOS DE DEFEITOS

Existem muitos tipos de defeitos em chapas de aço. Mas, normalmente, eles são classificados em três tipos básicos: (1) Defeitos ocasionados por comprimentos diferentes entre a superfície externa e interna da chapa (figura 1.2.1); (2) Defeitos ocasionados por comprimentos diferentes de uma lateral à outra da chapa (figura 1.2.2) e (3) Defeitos causados por diferentes espessuras ao longo da largura do material (figura 1.2.3).

Os dois primeiros defeitos, como podemos verificar na parte de fundamento teórico são, normalmente, eliminados pelas desempenadeiras e o terceiro defeito não pode ser corrigido por esse tipo de equipamento.

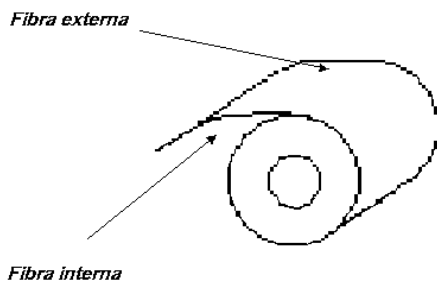


Figura 1.2.1 - Defeito ocasionado por diferentes comprimentos entre a fibra interna e externa.

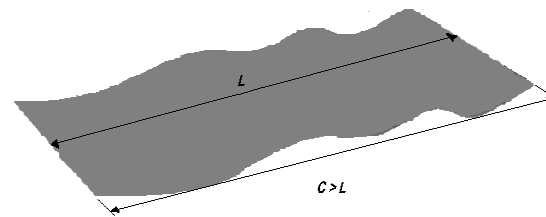


Figura 1.2.2 - Defeito ocasionado por diferentes comprimentos na largura da tira

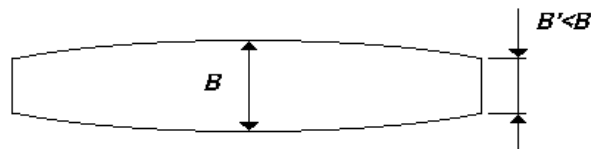


Figura 1.2.3 - Defeito ocasionado por diferentes espessuras na largura da tira.

b. TIPOS DE EQUIPAMENTOS PARA DESEMPENO

Quando desenrolamos uma bobina, o defeito que aparece é chamado de “Memória de Bobinamento”. Este defeito é ocasionado pelos diferentes comprimentos entre a fibra interna e externa do material no sentido longitudinal. Normalmente, este defeito é corrigido por um equipamento chamado “Desempenadeira” ou “Straightener” constituído por duas fileiras de rolos de pequenos diâmetros. Este equipamento corrige o defeito apenas pelo dobramento.

Ainda no desbobinamento pode surgir o defeito chamado Acanoamento que é resultante dos diferentes comprimentos entre a fibra interna e externa, porém no sentido transversal. Para este tipo de defeito necessitamos de um equipamento chamado de Desempenadeira Aplainadora. Este equipamento é igual ao anterior, mas reforçado no centro por cilindros de encosto que impedem que os mesmos possam fletir quando há a passagem da chapa de aço.

Na chapa, após o desbobinamento, podem surgir os defeitos de ondulado central, lateral simétricos ou não. Estes defeitos para que sejam corrigidos, necessitam de um terceiro tipo de equipamento chamado de Desempenadeira Retificadora. Este tem como característica a presença de diversos conjuntos de cilindros de encosto, garantindo rigidez ao conjunto.

2. CUIDADOS OPERACIONAIS E DE MANUTENÇÃO

2.1 CUIDADOS OPERACIONAIS

Os cuidados operacionais estão ligados ao tipo de equipamento que se utiliza. No caso dos equipamentos envolvidos existem algumas características que devem ser observadas. As desempenadeiras, no nosso caso, desempenam chapas.

Outra característica a ser observada é a quantidade de conjuntos de cilindros de encosto.

- a) Não deixar a tira entrar desalinhada na desempenadeira. Se esta entrar desalinhada o alongamento se dará no sentido de entrada, causando uma deformação indesejada na chapa.
- b) Na desempenadeira de 5 ¼” e 3 ¼”, os encostos laterais devem ficar alinhados em relação ao centro dos cilindros de trabalho. Desta maneira, é garantida a integridade da bucha que suporta os cilindros de trabalho. Os encostos suportam o esforço e não deixam o mesmo atuar sobre as buchas evitando a queima.
- c) Na desempenadeira de 5 ¼” e 3 ¼”, a ação para corrigir ondulados unilaterais é limitada. A ação limita-se em abrir a desempenadeira na bitola do material e depois fechar ligeiramente a entrada, alinhando os cilindros de encosto (Ondulado Unilateral).

2.2 CUIDADOS DE MANUTENÇÃO

Os cuidados de manutenção consistem, basicamente na garantia do paralelismo dos rolos de encosto, trabalho é na garantia da rigidez do sistema.

Abaixo relatamos os pontos mais importantes:

- a) Os cilindros de encosto devem ter o mesmo diâmetro. As cunhas devem ter a sua superfície plana. O apoio das cunhas na estrutura da desempenadeira e rolos de encosto devem ser planos para garantir o paralelismo no conjunto. Os cilindros de trabalho têm que ter o mesmo diâmetro.
- b) Os cilindros de encosto devem estar alinhados garantindo a centralização do cilindro de trabalho em relação as buchas.

3. METODOLOGIA DE CONTROLE

3.1 COLETA DE DADOS

Uma vez que, o conjunto de desempenadeiras se encontre em condições para operação é necessário definir quais os parâmetros de controle.

Esta estrutura de coleta de dados tinha que levar em conta à falta de instrumentos de medição. Tivemos que considerar o fato das desempenadeiras trabalharem desempenando chapas e não bobinas. Esta concepção de desempenho de chapas trás o inconveniente das condições de desempenho alterarem a cada chapa.

Em função dos problemas acima, resolvemos adotar a medição da flecha de chapas com comprimentos menores que três metros, em intervalos regulares de 20 amarrados (conjunto de chapas atados e embalados pesando até 5 toneladas). Esta medição é feita antes e após o desempenho (figura 3.1.1).

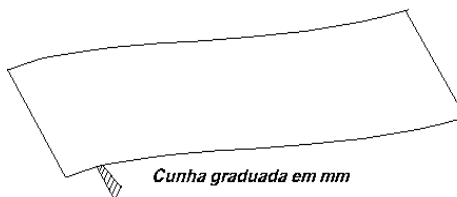


Figura 3.1.1- Esquema de coleta de dados de flecha em chapas.

3.2 CONTROLE

Com os dados de coleta em mãos montamos um banco de dados. Com este banco de dados montamos um sistema de controle de desempenho diário por faixa de espessura e grau de resistência do material baixa, média e alta resistência

4. ANÁLISE

4.1 INFLUÊNCIA DO LIMITE DE ESCOAMENTO E DO DIÂMETRO DO ROLO DE TRABALHO.

Aplicamos a teoria do capítulo 1.1 e desenvolvemos a tabela (figura 4.1.1). Esta tabela possui as tensões induzidas no material (MPascal), em função da espessura (mm) e dos diâmetros dos rolos de trabalho. Destacamos a faixa de

trabalho das desempenadeiras de 3 1/12" e 5 1/4". Usamos 10% de coeficiente segurança.

Bitola	Diâmetro	
	90	130
2	420	291
3	630	436
4	840	582
5	1050	727
6	1260	872
7	1470	1018
8	1680	1163

Tabela 4.1.1- Tensão induzida em função da espessura do material e do diâmetro do rolos.

a. ANÁLISE DO RESULTADO

Com os dados contidos no banco de dados de acompanhamento de flecha, montamos gráficos que nos permitem definir a média e o seu limite de controle.

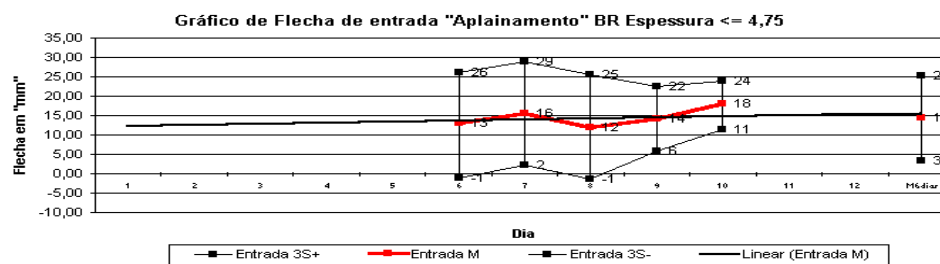


Figura 4.2.1- Gráfico de avaliação de resultados

b. DESEMPENO EM FUNÇÃO DO ALONGAMENTO

Medimos o alongamento obtido pelas desempenadeiras obtendo valores de 0,2 a 0,3 %.

DESEMPENO EM FUNÇÃO DA NORMA ASTM 568. E elaboramos o gráfico a seguir onde destacamos a faixa de liberação para os clientes finais e o seu valor e IU.

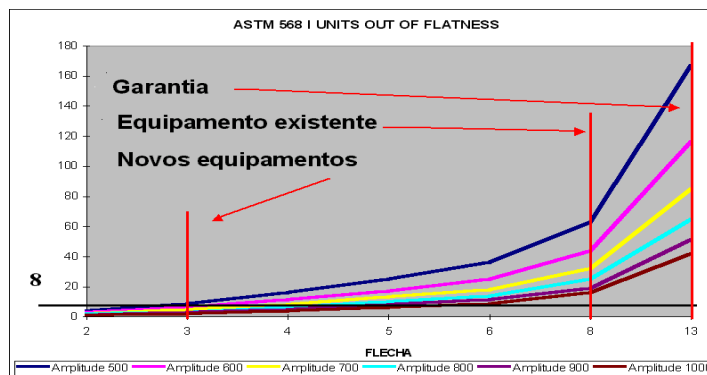


Gráfico 4.4.1- Relacionamento entre UI e flecha em mm por amplitude ou passo.

CONCLUSÕES

Definidos parâmetros adequados de manutenção e processo para as Desempenadeiras.

Ajustada a produção em função da capacidade do equipamento.

Disponibilidade de informações atualizadas e completas sobre o desempenho do equipamento, permitindo manter o nível de serviço e qualidade do nosso produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BEER, Ferdinand Pierre. **Resistência dos Materiais**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.
2. Jaimieson, R, **Maintenance of Levellers for Plate and Sheet**, J. Iron & Steel Institute, 1965 PP. 1129 –1132.
3. Mahtuk, Jorge Orlando. **Laminação de Produtos Planos**, Santos: ABM 1992.
4. Sheppard, T, **Shape Control and Correction in Strip and Sheet**, International Metallurgical Reviews, Vol. 18, 1973, pp.1-18.
5. THEIS, Henry E. **Corrective Sheet Metal Leveling Science, Art, or Black Magic?** Pennsylvania: Herr – Voss Corporation, 1997.

OPTIMIZATION OF FLATTENERS OF PLATES CUT IN THE LINE OF SHEARS TO THE HOT ONE.¹

Valter Luiz Ribeiro Morgado²

Paulo de Oliveira Ceolin³

Américo Ferreira Neto⁴

Jonieliston Pereira do Vale⁵

Adilson Ricardo Gonçalves⁶

Fabiano Nogueira Luiz⁷

This summary presents charts to evaluate the performance of Levelers the 3½” and 5¼” of Hot Cut Shear to COSIPA.

It discusses the principles of the levelers, including comparisons of straighteners , flatteners or roller levelers.

It includes a general description of how to operate them and maintain them.

Palavras-chave: Leveler, flateness.

¹ Technical contribution to the 41th seminary of rolling, process and coated rolled products of Brazilian, 26, 27, and October 28, 2004 in Joinville (SC).

² A.B.M. Member, Engineer Mechanical, Cold Rolling Technical Support Division, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP. E –Mail: valtermorgado@cosipa.com.br

³ A.B.M. Member, Engineer Mechanical, Cold Rolling Technical Support Division, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP. E –Mail: ceolin@cosipa.com.br

⁴ A.B.M. Member, Engineer Eletrical, Cold Rolling Technical Support Division, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP. E –Mail: americo neto@cosipa.com.br

^{5,6} A.B.M. Metallurgical Technician, Cold Rolling Tecnical Assistant, Cold Rolling Hot Shear, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

⁷ A.B.M. Mechanical Technician, Cold Rolling Tecnical Assistant, Cold Rolling Hot Shear, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.