

## **AUMENTO DA VELOCIDADE DA CALHA DE FRENAGEM DO LEITO DE RESFRIAMENTO DO LAMINADOR DE BARRAS NA UNIDADE BARRA MANSA DA VOTORANTIM SIDERURGIA <sup>1</sup>**

*Aline Cardoso Gomes Duarte* <sup>2</sup>

*Bruno Ayres Serra* <sup>2</sup>

*Jeferson Luis da Costa* <sup>3</sup>

*José Hugo de Carvalho Souza* <sup>4</sup>

*Manoel Messias Garcia* <sup>5</sup>

*Wesley Alves Quintão* <sup>6</sup>

### **Resumo**

O Leito de Resfriamento do Laminador de Barras e Bobinas da VS Unidade Barra Mansa possui um sistema para frenagem das barras constituído de calha de frenagem e placa de freio magnética. A calha de frenagem por sua vez é acionada por um motor que é ligado aos braços de acionamento da calha através de uma redutora. Com a demanda do mercado por produtos acabados e com a produção da Unidade Resende, o Laminador de Barras e Bobinas precisou aumentar a produção dos materiais acabados a fim de atender os clientes. Uma das ações implementadas para atender tal desafio foi aumentar a velocidade de laminação para os produtos acabados. Esse acréscimo na velocidade de laminação gerou quebras inesperadas em alguns equipamentos que segundo condições de projeto suportariam tal incremento. Um destes equipamentos foi a calha de frenagem, que teve a redutora quebrada por três vezes, devido sobrecarga mecânica. Para solucionar o problema da quebra e aumentarmos a velocidade de laminação, ajustamos a velocidade de acionamento da calha de frenagem para que a mesma esteja na posição de repouso antes do comando para um novo ciclo. Com o desenvolvimento deste trabalho conseguimos eliminar a quebra da redutora por este tipo de falha e aumentar a velocidade de laminação.

**Palavras-chave:** Calha de frenagem; Leito de resfriamento; Sobrecarga mecânica; Tempo de acionamento.

### **TILT APRONS SPEED UP IN THE COOLING BED OF VOTORANTIM SIDERURGIA, BARRA MANSA**

#### **Abstract**

The rolling Mill cooling bed of VS Barra Mansa has a brake system constituted by tilt apron and magnetic brakes. The tilt apron is constituted by a motor that is engaged in the actuation arms by a gearbox. With the demand of finished products and the start up of the new VS rolling mill in Resende, the rolling mill of VS Barra Mansa needed to increment the finished products production in order to attend the customers. One of the actions adopted to attend this challenge was increment the mill speed for finished products. This speed increment generated unexpected failures in some equipments that, according to the project conditions, should support the new work speed. One of these equipments was the tilt aprons, which the gearbox had fail for three times by a mechanical overload. To solve the fail problem and allow increments in rolling mill speed, the tilt apron actuation speed was adjusted to provide the correct position of the equipment before the beginning of the new cycle. With the development of this work we could eliminate the mechanical overload of gearbox and increment the rolling mill speed.

**Key words:** Tilt aprons; Cooling bed; Mechanical overload; Actuation time.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 48º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 24 a 27 de outubro de 2011, Santos, SP*

<sup>2</sup> *Engenheiro de Automação (GEM). Votorantim Siderurgia, Unidade Barra Mansa.*

<sup>3</sup> *Técnico Especialista de Manutenção (GEM). Votorantim Siderurgia, Unidade Barra Mansa.*

<sup>4</sup> *Engenheiro Trainee (GAF). Votorantim Siderurgia, Unidade Barra Mansa.*

<sup>5</sup> *Técnico de Manutenção Mecânica (GEM). Votorantim Siderurgia, Unidade Barra Mansa.*

<sup>6</sup> *Técnico de Manutenção Elétrica (GEM). Votorantim Siderurgia, Unidade Barra Mansa.*

## 1 INTRODUÇÃO

Tivemos uma sequência de quebras da redutora de acionamento da calha de frenagem do leito de resfriamento. Dentro da análise das quebras verificamos que o tipo de fratura das engrenagens e dos eixos era por esforço mecânico de sobrecarga e não por fadiga.

Desta forma começamos a analisar todos os movimentos realizados pelo conjunto de acionamento de acordo com o projeto, no caso trate-se de um projeto biela redutor.

Quando se projeta um sistema mecânico, ou quando se analisa um sistema já existente, o problema pode dividir-se em duas partes distintas, mas intimamente relacionadas:

- em primeiro lugar, as dimensões de cada um dos componentes e a sua ligação devem permitir que cada um tenha o seu próprio e determinado movimento;
- em segundo lugar, cada um dos componentes deve ser capaz de resistir às solicitações que sobre eles atuam:
  - de deslocamento, velocidade, aceleração e impulso;
  - dos diversos membros que constituem os mecanismos e as máquinas;
  - dos esforços; e
  - forças e momentos, que esses mesmos membros transmitam.

O estudo cinemático e dinâmico de mecanismos tem como propósito a análise do movimento, em termos de deslocamento, velocidade, aceleração e impulso, assim como dos fenômenos associados à transmissão de forças e momentos, em sistemas mecânicos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A razão de redução do motor que aciona a calha de frenagem é de 1:16,1.

O funcionamento em modo automático da calha de frenagem se dá da seguinte forma:

Acionando o comando PARTIR a válvula solenoide que libera o freio é acionada e o motor é preparado para a sequência de descarregamento das barras. Acionando o comando PARAR o motor é desligado e a válvula solenoide de bloqueio do freio do motor é desenergizada. Uma vez que as condições para movimentar a calha de frenagem estiverem satisfeitas, o motor é acionado.

Quando a calha de frenagem estiver na posição intermediária (na posição de 270° de rotação do eixo de baixa velocidade), pela posição do encoder detectamos esta posição e podemos desligar o motor para que a calha seja mantida nesta posição por um tempo  $T_{pi}$ , definido como sendo o TEMPO DE PARADA NA POSIÇÃO INTERMEDIÁRIA. Após este tempo o motor é novamente acionado para que o ciclo de movimentação tenha continuidade. Se o  $T_{pi}$  for menor do que 0,5 segundos, o motor não será desligado. Esta parada na posição intermediária pode ocorrer tanto antes de atingir a posição inferior quanto após atingir esta mesma posição. No final da sequência, imediatamente após que a calha de frenagem tenha atingido a posição elevada (o que significa 360° de rotação do eixo de baixa velocidade), pela posição do encoder detectamos esta posição e podemos desligar o motor para aguardar um novo comando para movimentação.

O  $T_{pb}$ , TEMPO DE PARADA NA POSIÇÃO INFERIOR, depende da velocidade do motor, da correção do tempo de parada em baixo e do seletor de tempo de calha na posição inferior, sendo calculado conforme:<sup>(1)</sup>

$$Nm = \frac{2140}{T_{pb}} \quad (1) \quad \text{ou} \quad T_{pb} \cong \frac{140}{Nm}$$

onde  $Nm$  é a rotação do motor.

A velocidade de acionamento da calha de frenagem em RPM é equivalente a 90% da velocidade nominal do motor.

O acionamento da calha de frenagem após o primeiro corte ocorre de forma temporizada, conforme  $T_r$ , denominado TEMPO DE RETARDO, calculado da seguinte forma:<sup>(1)</sup>

$$T_r = \frac{2 \times 9,81 \times K1 \times (D3 + D4) - V_r^2}{2 \times 9,81 \times K1 \times V_r} - T_{d1sp} - T_{pb}$$

onde:

$T_r$  é o tempo de retardo, ou seja, o tempo entre ciclos [s]

$D3$  é a distância entre a tesoura divisora e o início do leito de resfriamento [m]

$D4$  é a distância entre o início do leito de resfriamento e a posição desejada das barras no leito (correção da posição de parada no leito) [m]

$V_r$  é a velocidade da mesa de rolos de entrada do leito de resfriamento [m/s].

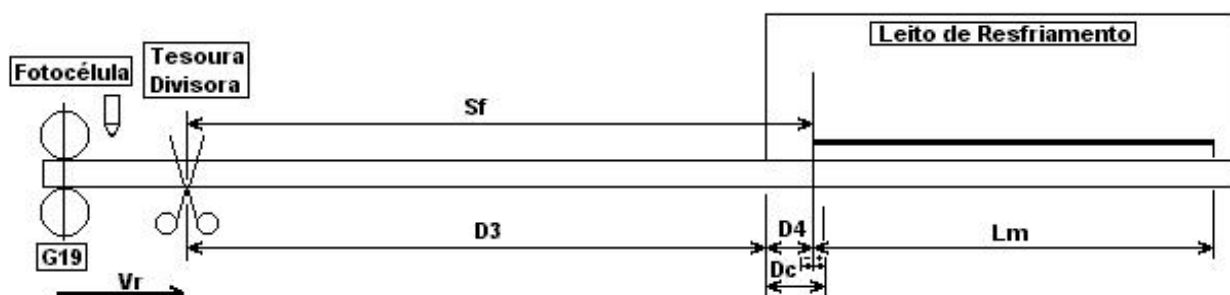


Figura 1. Layout da entrada do leito de resfriamento.

O fator de fricção real,  $K1$ , é calculado da seguinte forma:<sup>(1)</sup>

$$K1 = \frac{V_r^2 \times K}{V_r^2 \pm Dc \times 2 \times 9,81 \times K}$$

onde:

$Dc$  é a distância entre a posição real das barras no leito de resfriamento e a distância  $D4$  (correção da posição de parada no leito) [m]

A distância  $DC$  é zerada depois do cálculo de  $K1$ .

Para o descarregamento da última barra otimizada ( $L_o$ ), o tempo  $T_r$  deve ser considerado o mesmo tempo  $T_r$  das barras de comprimento de corte nominal ( $L_m$ ):<sup>(1)</sup>

$$T_r = \frac{2 \times 9,81 \times K1 \times (D3 + D4 + [L_m - (L_o + K)]) - V_r^2}{2 \times 9,81 \times K1 \times V_r} - T_{d1sp} - T_{pb}$$

onde:

Laminação a quente:  $K = 0,4$

Laminação a frio:  $K = 0,3$

Os parâmetros para o estabelecimento do fator de fricção são a corrente de magnetização dos freios magnéticos da calha de frenagem e o fator de fricção em função do comprimento e diâmetro das barras.

O tempo  $T_{pi}$  é calculado da seguinte forma:<sup>(1)</sup>

$$\text{Se } T_{dts} > T_f \quad T_{pt} = T_f - T_{sal}$$

$$\text{Se } T_{dts} < T_f \quad T_{pt} = T_{dts} - T_{sal}$$

$$T_{disp} = \frac{L_m}{v_b} - T_{dis} - T_{pb} - T_{pa}$$

onde:

$v_b$  é a velocidade da barra

$T_{dis}$  é o tempo de descida

$T_{disp}$  é o tempo que a calha leva para atingir a posição inferior

$T_{pb}$  é o tempo de parada na posição inferior

$T_{pa}$  é o tempo de parada na posição superior

$T_{sal}$  é o tempo que a calha leva para atingir a posição superior

$T_f$  é o tempo de frenagem.

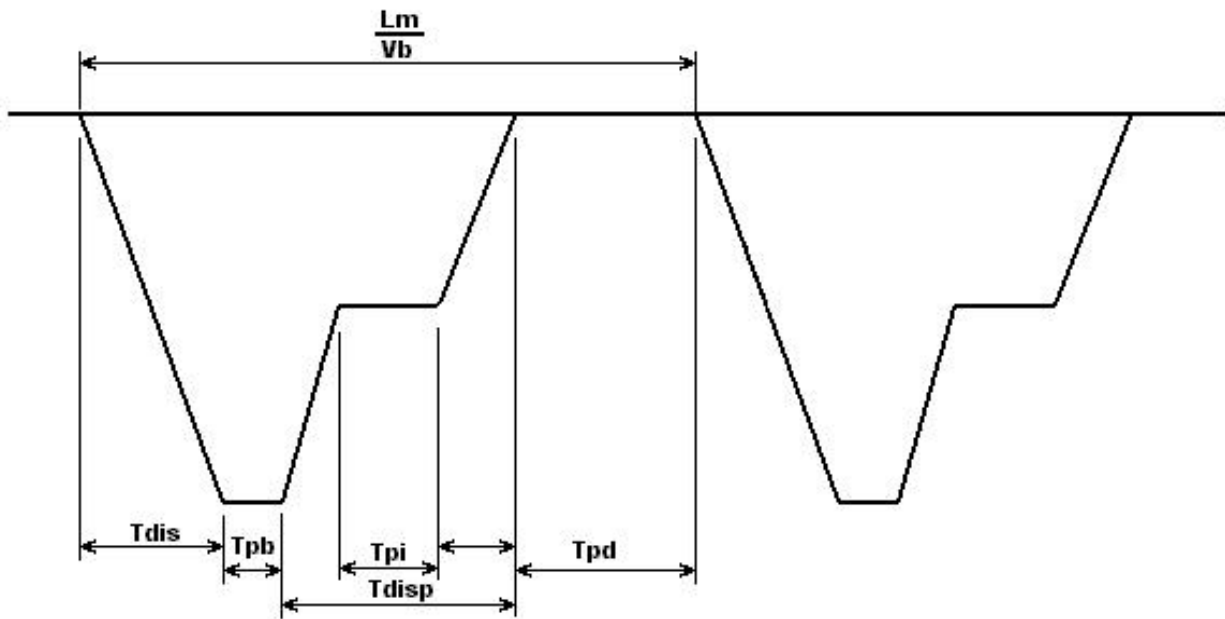


Figura 2. Esquema do ciclo de funcionamento da calha de frenagem.

$$T_f = \frac{V_r}{9,81 \times K_1}$$

A sequência de magnetização é processada toda vez que a calha de frenagem alcança a posição inferior, e tem um tempo de resposta que pode variar de 0 a 0,2 segundos.

A desmagnetização é realizada toda vez que a calha de frenagem não está na posição inferior.

A corrente de magnetização pode ser controlada através dos seletores no sistema supervisor, entretanto utilizamos sempre o nível alto de magnetização, independentemente da bitola.

### 3 RESULTADOS

No levantamento de dados do problema verificamos que havia uma repetibilidade nas quebras e que as mesmas ocorriam quando estávamos laminando a bitola de 16 mm. Essas quebras ocorriam somente nesta bitola porque nesta época, esta era a bitola que laminávamos com a velocidade mais alta no laminador. As demais bitolas (2x12,50 mm, 20 mm, 25 mm e 32 mm) são bitolas cuja velocidade de laminação era mais lenta. Como estávamos analisando as várias fases do movimento do conjunto de acionamento, o fato de que uma vez obtidas às expressões para a posição, a velocidade, etc. de um determinado mecanismo, é possível estudar a influência dos vários parâmetros no movimento global produzido, tais como, o comprimento e a posição angular dos elementos que compõem o mecanismo.

Chegamos a conclusão de que o fato de aumentarmos a velocidade de laminação na bitola de 16 mm estava gerando um desajuste no ciclo de posicionamento da calha de frenagem.

Este mecanismo apenas admite movimentos planos. A manivela descreve somente o movimento plano de rotação, a corrediça descreve apenas movimento de translação retilínea e a biela tem um movimento plano geral ou misto (translação e rotação), isto é, os pontos desta ligação têm, simultaneamente, as características dos movimentos de translação e de rotação.

Para solucionar o problema da falha e aumentarmos a velocidade de laminação, tínhamos duas opções: reduzir o tempo da calha de frenagem na posição inferior ou reduzir o tempo da calha de frenagem na posição intermediária. Como utilizamos frenagem magnética para posicionar as barras no leito e a frenagem ocorre quando a calha de frenagem está na posição inferior, não podíamos reduzir o tempo da calha na posição inferior, caso contrário a frenagem e o posicionamento das barras no leito de resfriamento seria comprometido. Por este motivo, ajustamos a velocidade de acionamento da calha de frenagem através da redução do tempo de parada na posição intermediária, de 0,2 segundos para 0,1 segundos, aumentando assim a velocidade do ciclo sem comprometer o posicionamento superior e inferior da mesma.

### 4 DISCUSSÃO

Para a descoberta da causa da falha foi necessário instalarmos um sensor indutivo no braço de acionamento da calha de frenagem, a fim de sabermos quantas vezes em determinado espaço de tempo o equipamento parou fora de posição. Após a instalação deste sensor, conseguimos evidenciar que em velocidades acima de 10,0m/s, a calha de frenagem não conseguia atingir a posição de repouso antes de receber o comando para a realização de um novo ciclo.

Com a análise da especificação técnica do equipamento descobrimos duas formas de realizar a melhoria no tempo de ciclo da calha de frenagem. Após a implementação da solução escolhida e após ajustes, com a ajuda do sensor indutivo instalado para a detecção da falha, conseguimos evidenciar que para velocidades de até 12,8 m/s o funcionamento do equipamento era normal, ou seja: antes que a



calha de frenagem recebesse um novo comando para movimentação, o equipamento já se encontrava na posição de repouso.

## 5 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste trabalho conseguimos ajustar o posicionamento do ciclo da calha para receber o comando de partida na posição de 90° sem forçar o sistema e aumentar a velocidade de laminação de 10,0 m/s para 12,8 m/s.

## Agradecimentos

Agradecemos a todos que nos auxiliaram direta e indiretamente para que este trabalho pudesse ser desenvolvido, a Votorantim Siderurgia pelos recursos disponibilizados, e ao nosso colega de trabalho Jefferson Monteiro de Paula Dias que nos incentivou na busca de soluções eficazes e de baixo custo para a solução dos problemas na nossa área.

## REFERÊNCIAS

- 1 AF Steel Siderúrgica Barra Mansa Combined bar / wire rod mill revamping Function Description – revisão D – 29 de Janeiro de 2001.