

# REDUÇÃO DA OCORRÊNCIA DE TRINCAS NAS BORDAS DE TIRAS DURANTE LAMINAÇÃO A FRIO ATRAVÉS DA PADRONIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CORTE<sup>1</sup>

*Thiago Focos<sup>2</sup>  
Fernando Suzumura Kawata<sup>3</sup>  
Eduardo Franco Monlevade<sup>4</sup>  
Luis Fernando Maffeis Martins<sup>5</sup>*

O presente trabalho mostra o estudo da influência do corte longitudinal de bobinas de aço em tesouras slitter no processo posterior de laminação. Foram levantadas as características das bordas resultantes do processo de corte longitudinal e analisada a influência no processo de laminação com o objetivo de reduzir a borda trincada na laminação. O trabalho mostra que um controle adequado no processo de corte longitudinal, principalmente em materiais alto carbono, pode proporcionar maiores reduções na laminação e uma melhor qualidade, reduzindo a necessidade de retrabalho no material para continuidade no processo.

**Palavras-chave:** Laminação a frio de chapas, Corte slitter, Borda trincada.

## REDUCING THE OCCURRENCE OF EDGE CRACKS ON STEELS STRIPS THROUGH STANDARDIZATION OF PARAMETERS FOR LONGITUDINAL CUTTING

This work shows the study of the influence of longitudinal slitting of steel coils by scissors slitter in the process of rolling back. The features were raised edges resulting from the slitting process and analyzed the influence on the rolling process with the goal of reducing the edge cracked in the rolling mill. The work shows that an adequate control in the process of slitting, especially in high-carbon materials, can provide major reductions in the rolling mill and a better quality reducing the need to rework the material to continue the process.

**Keywords:** Cold rolling, cut slitter, Edge cracked.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica apresentada no 47º Seminário de Laminação Processos e Produtos Laminados e Revestidos ABM, 26 a 29 de Outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Metalurgista, Engenheiro de Processos da Mangels Divisão Aços.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Metalurgista, Engenheiro de Processos da Mangels Divisão Aços.*

<sup>4</sup> *Engenheiro de Materiais, Especialista de Pesquisa e Desenvolvimento.*

<sup>5</sup> *Engenheiro Metalurgista, Mestre em Eng. Materiais, Gerente de Engenharia, Qualidade e Tecnologia da Mangels Divisão Aços.*

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Motivação

O aumento crescente da exigência de qualidade e redução de custos do mercado consumidor torna necessários processos com um número menor de retrabalho e reprovações. Foram levantadas e estudadas as possíveis causas do defeito de borda trincada que vinha sendo uns dos motivos da necessidade de retrabalho e reprovação de materiais na empresa Mangels.

### 1.2 Encruamento

Segundo Callister Jr.<sup>1</sup>, o encruamento do metal ocorre pelo endurecimento por deformação plástica devido à movimentação de discordâncias que interagem entre si ou com outros defeitos como, por exemplo, intersticiais. Essa interação dificulta a mobilidade das discordâncias, causando uma dificuldade maior na sua movimentação, e provocando o encruamento do material.

Quando a deformação plástica<sup>2</sup> acontece numa faixa de temperatura onde não ocorre a recuperação do material, ou seja, o encruamento não é aliviado, é chamado de trabalho a frio (como ocorre na laminação a frio). Ou seja, devido ao processo de redução da espessura ocorre o encruamento do material e aumento da dureza.

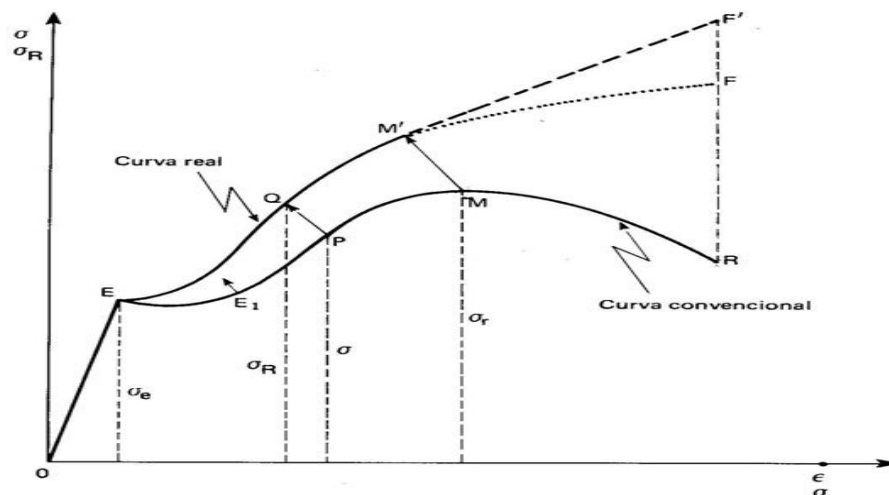


Figura 1 - Curvas tensão de deformação real e convencional (fonte: Ruy, 2009).

Segundo Gomes<sup>3</sup>, na região OQ (figura 1) – região elástica – não ocorre o encruamento do material devido à não existência de movimentação de discordâncias, assim o material se deforma e volta à sua forma original.

Para que ocorra a deformação do material sem o risco de ruptura, o trabalho deve se situar no intervalo QM', onde existe a movimentação de discordâncias provocando o encruamento do material.

Na região M'F' existe o risco de acontecer a ruptura do material devido a diminuição da área do material e conseqüentemente o esforço a tração que ele resiste, ou seja, evita-se trabalhar com o material nesse intervalo.

### 1.3 Laminação a frio

O processo de laminação é usado em larga escala para produtos que precisam de boa qualidade<sup>4, 5</sup>.

Muitos produtos requerem maior redução na espessura ou na seção transversal e qualidade superficial consideravelmente melhor do que pode ser produzida pela laminação a quente, isto é, o lugar onde a laminação a frio é mais bem empregada. Na laminação a frio de produtos lisos, numerosos avanços foram feitos nos equipamentos e nos processos que permitiram a uniformidade do calibre e a melhoria da qualidade superficial ao longo do comprimento de uma bobina.

Segundo Roberts<sup>6</sup>, a laminação a frio aumenta a dureza e o limite de escoamento, reduz a ductilidade e a formabilidade. Alguns produtos são vendidos e usados em uma condição com alta taxa de redução, particularmente quando pouca deformação adicional ou alteração de forma é envolvida. Entretanto, quando operações com consideráveis alterações de forma devem ser realizadas, como na manufatura das latas ou da estampagem profunda das autopeças de carroceria, a laminação a frio deve ser seguida pelo recozimento. O recozimento reduz o endurecimento devido à deformação introduzida durante a laminação e restaura assim a formabilidade do material.

### 1.4 Corte slitter

O corte slitter ou corte longitudinal é um processo onde a bobina é colocada na máquina para desbobinamento e passa por tesouras rotativas (cabeçotes que são montados com facas circulares montadas de acordo com as larguras e quantidade de tiras que serão obtidas). O corte longitudinal é realizado para adequar a largura do material à capacidade dos laminadores ou até mesmo de clientes finais no mercado do Centro de Serviços de Aços (CSA).

As variáveis do processo de corte longitudinal são:

- Numero de tiras;
- Velocidade;
- Folga das facas.

Um corte adequado para o material é aquele que apresenta 1/3 da borda com cisalhamento (aspecto brilhante) e 2/3 com estouro (Aspecto fosco)

#### 1.4.1 Montagem

A montagem tem que ser executada com atenção para não gerar alterações na folga utilizada e devem ser utilizados equipamentos (separadores, afastadores e facas) em bom estado, pois qualquer alteração de forma nesses equipamentos também pode gerar alteração na folga utilizada.

#### 1.4.2 Folga

Existe muita dificuldade em se estimar a folga adequada, porém é um fator muito importante para se obter um bom corte. Folgas muito fechadas ou abertas geram cortes inadequados para o material.

## 2 METODOLOGIA

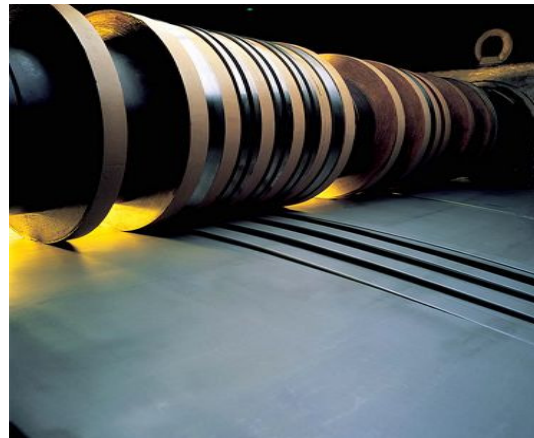
No laminador (Figura 2) da empresa Mangels foram acompanhados diversos materiais para estudo do problema de borda trincada. Foram levantadas varias possibilidades para as causas do problema e por meio de ferramentas da qualidade, como Ishikawa e matriz 9-3-1, chegou-se à conclusão que diferentes tipos de bordas vindo do corte tinham desempenhos diferentes na laminação, resultando na determinação da causa raiz do problema, que estava na qualidade do corte do material.

Foram testados diversos tipos de folgas na maquina de corte longitudinal da empresa Mangels (Figura 3) para analisar a folga utilizada com o tipo de borda resultante. Para cada tipo de borda foram acompanhados os resultados na laminação e realizada microestrutura na região de corte.

Também foram retiradas amostras em cada borda analisada e realizado o ensaio de dobra, para analisar qual material possuiu uma maior ductilidade. O lado do corte feito em laboratório para preparação das amostras foi lixado antes do ensaio de dobramento para evitar a influência do corte feito em laboratório no resultado dos ensaios. Todos os corpos de prova foram comparados com uma amostra que teve lixadas as duas bordas para retirar a influência dos processos de corte.

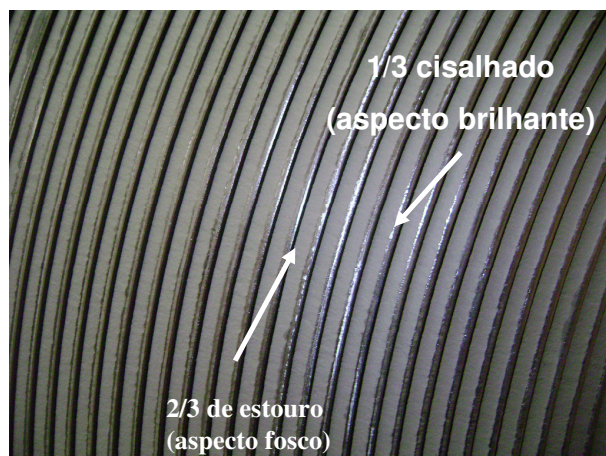


**Figura 2** – Laminador, empresa Mangels

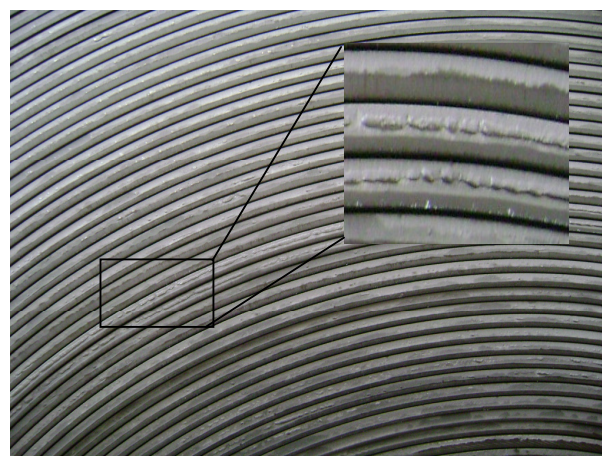


**Figura 3** – Corte slitter, empresa Mangels

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

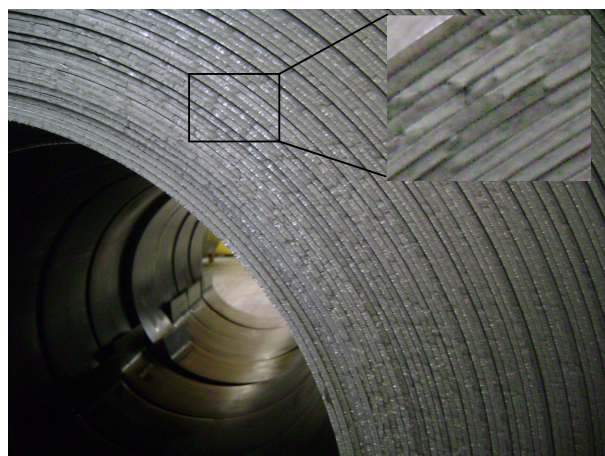


**Figura 4** – Corte adequado.

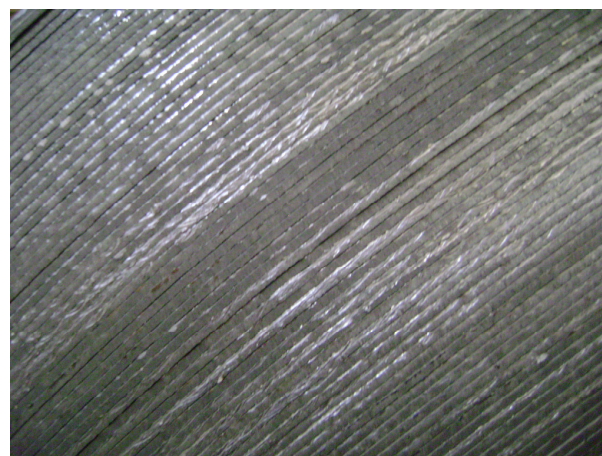


**Figura 5** – Corte encaroçado.

Um corte adequado, ou seja, com aproximadamente 2/3 de estouro (aspecto brilhante) e 1/3 de corte cisalhado (aspecto brilhante) é mostrado na figura 4. Um corte encaroçado, provocado geralmente quando são utilizadas folgas um pouco abertas nas facas para o corte do material, é mostrado na figura 5.



**Figura 6** – Corte cisalhado.



**Figura 7** – Corte brilhante.

Um corte cisalhado, corte provocado por folgas muito abertas ou facas com o fio de corte desgastado, é mostrado na figura 6, e um corte brilhante, geralmente provocado por ser utilizada folga muito fechada é mostrado na figura 7. Apesar de ser o corte com o aspecto visual mais bonito, é um dos piores tipos de corte.

Os resultados obtidos quando são laminados materiais com borda brilhante e cisalhada são apresentados nas figuras 8 e 9. Em ambos os casos, verificamos que se abrem trincas e a laminação teve que ser interrompida precocemente.



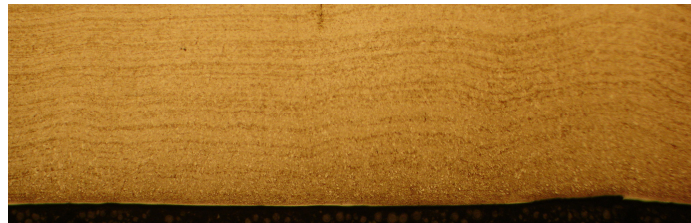
**Figura 8** – Corte brilhante após a laminação.



**Figura 9** – Corte cisalhado após a laminação.

### **3.1 Microestruturas**

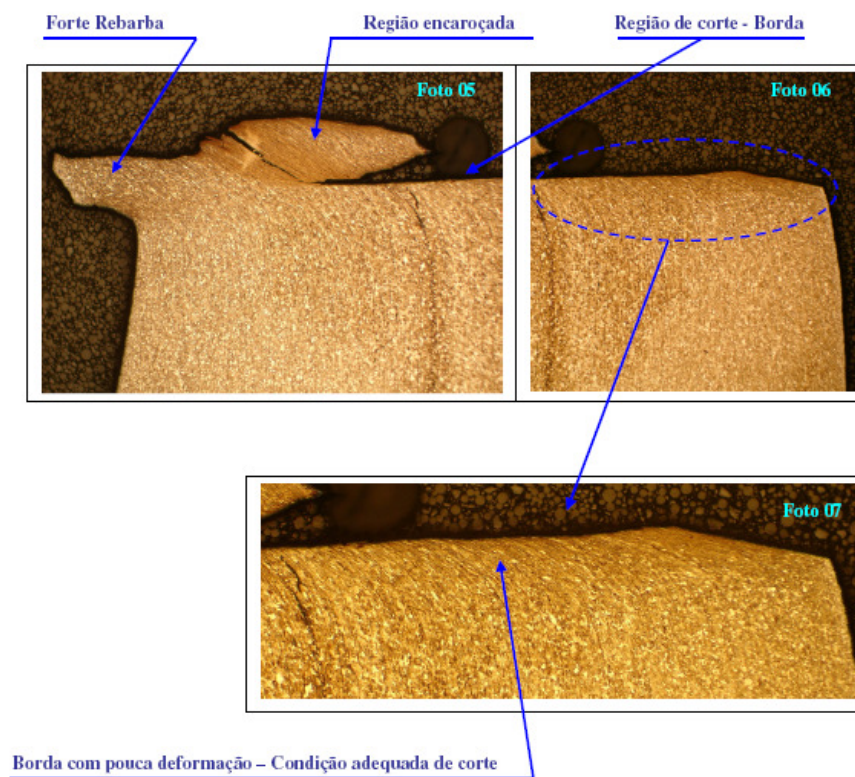
#### **3.1.1 Corte adequado**



**Figura 10** – Microestrutura do corte adequado – 100x.

Conforme mostrado na figura 10, quando se executa um corte adequado, a região do corte não apresenta alterações permitindo assim a seqüência do processamento sem perdas.

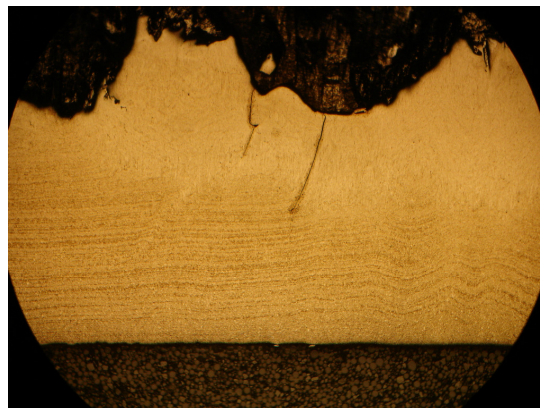
### 3.1.2 Borda Encaroçada



**Figura 11** – Microestrutura do corte encaroçado – 100x.

Podemos perceber na figura 11 que um corte encaroçado provoca uma alteração no material, ainda que uma alteração pequena, tornando o corte não ideal, porém aceitável.

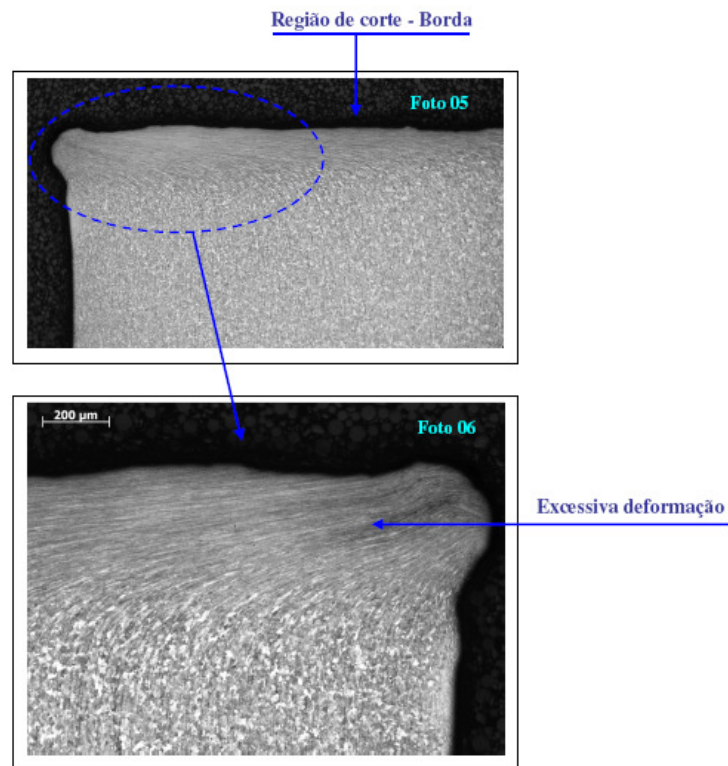
### 3.1.3 Material Cisalhado



**Figura 12** - Microestrutura do corte cisalhado – 100x.

Pode-se notar na figura 12 que o o material qem se executou corte cisalhado apresenta trincas que tendem a se expandir nos próximos processos, mesmo que o material seja recozido.

### 3.1.4 Borda Brilhante

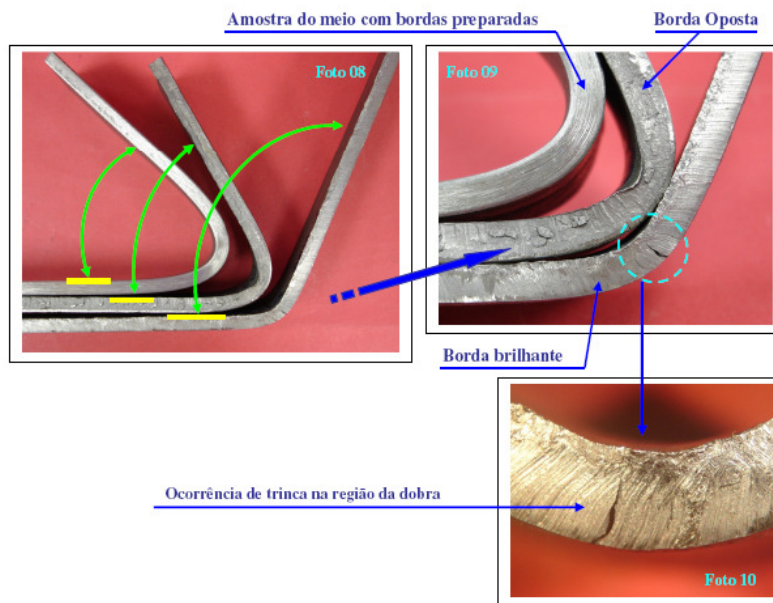


**Figura 13** - Microestrutura do corte brilhante – 100x.

Como se pode observar na figura 13, a borda com aspecto brilhante altera a região do material próxima ao corte. Percebemos que o material está extremamente encruado. Assim sendo, na etapa de laminação, nessa região irão nuclear trincas que irão prejudicar ou impedir a laminação.



### 3.1.5 Teste de dobra



**Figura 14** – Teste de dobra.

Como pode ser observado claramente nas amostras vistas na figura 14, o tipo de borda resultante do corte influencia drasticamente a capacidade do material ser deformado. O material que teve as duas bordas lixadas para retirada da influência do corte e o material com corte encarado não apresentaram trincas, já o corte brilhante no início do teste de dobra já apresentou trincas.

## 4 CONCLUSÃO

Com este trabalho, podemos identificar as seguintes conclusões sobre o corte longitudinal de bobinas de aço:

- ⇒ As condições das facas para corte devem ser analisadas constantemente para que não provoquem cortes deficientes;
- ⇒ Apesar da dificuldade em se determinar as folgas adequadas para cada espessura e materiais, devem ser realizados estudos em capôs para se determinar a folga correta;
- ⇒ Folgas muito abertas ou fechadas vão acarretar dificuldades nos próximos processos.

## REFERÊNCIAS

1. CALLISTER JR., W. D. Ciência de engenharia de materiais: uma introdução. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
2. DIETER, G.E. Metalurgia mecânica. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1981.
3. GOMES, U. R. Otimização do processo de laminação a frio através de planejamentos de experimentos. Obtido título de mestrado. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2007.
4. GUTHRIE, R.I.L; JONAS, J.J. McGill Metals Processing Center, McGill University, 2009.
5. RIZZO, E. M. da S. Processos de laminação dos aços: uma introdução. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2007.
6. ROBERTS, W.L. Cold Rolling of Steel. New York, Marcel Dekker, 1978.
7. RUY, M. C. Ensaio de tração convencional. Disponível em [http://pinga.eep.br/~mcruy/index\\_arquivos/frame.htm](http://pinga.eep.br/~mcruy/index_arquivos/frame.htm). Acesso em jun. 2009.