

CONTROLE DE RUGOSIDADE EM LAMINADORES A FRIO⁽¹⁾

Eduardo Côrtes Sarmento⁽²⁾

Marcos de Castro Pinto⁽²⁾

Sérgio Luiz Fassheber⁽³⁾

R E S U M O

A rugosidade dos produtos laminados a frio é imprimida durante a laminação a frio e durante a laminação de encruamento. São analisados os parâmetros que influenciam a impressão da rugosidade durante a laminação a frio, e é apresentado um modelo que permite a determinação da rugosidade intermediária em função dos parâmetros operacionais. Tal modelo pode ser utilizado de maneira a se formar seqüências de laminação e se determinar a rugosidade necessária dos cilindros de trabalho em função da rugosidade desejada na tira.

(1) - Trabalho a ser apresentado no seminário sobre "Laminação de Produtos Planos e Não Planos" - 28 a 30 de setembro de 1983, Volta Redonda - RJ.

(2) - Membro da ABM - Engenheiro Metalúrgico da Unidade de Pesquisa de Processos de Conformação - Centro de Pesquisas - USIMINAS; Ipatinga - MG.

(3) - Membro da ABM - Técnico Metalúrgico da Unidade de Pesquisa de Produtos - Centro de Pesquisas - USIMINAS - Ipatinga - MG.

1. INTRODUÇÃO

A rugosidade das chapas de aço laminadas a frio é um parâmetro de fundamental importância no desempenho do material nas suas aplicações, tais como, estampagem, esmaltação, pintura, cromagem, etc. Cada vez mais aumentam as exigências dos consumidores de aço, quanto ao aspecto de rugosidade e portanto, torna-se necessária a determinação da influência das variáveis operacionais na rugosidade final obtida no produto.

Além disso, em função do elevado custo dos cilindros de trabalho de laminação a frio, devem ser bem conhecidas as condições de desgaste e seus efeitos na rugosidade imprimida na chapa, para que seja otimizada a utilização dos cilindros, minimizando o consumo, assim como os gastos relacionados com a retífica e o foscamento, e maximizando a produtividade dos laminadores.

A rugosidade das chapas finas a frio é imprimida durante a laminação a frio (rugosidade intermediária) e durante a laminação de encruamento. Após a laminação a frio, a fim de se evitar o colamento entre as espiras ("colamento") e, para que seja possível a obtenção da rugosidade do produto requerida, é desejável a obtenção de valores de rugosidade intermediária dentro de uma faixa restrita. Abordou-se, como uma primeira etapa, os aspectos relativos à impressão de rugosidade durante a laminação a frio, cujos resultados são apresentados neste trabalho.

2. DISCUSSÃO

A rugosidade intermediária em laminadores "tandem" é obtida pela utilização de cilindros foscos na última cadeira. Um grande número de trabalhos publicados^(1,2,3) têm exposto a influência das diversas variáveis do processo.

A impressão da rugosidade efetuada pelos cilindros de trabalho da última cadeira, não difere fundamentalmente da execução de milhares de ensaios de microdureza simultâneos, e por isso é influenciada de maneira significativa pela dureza da tira ao sair da penúltima cadeira. Essa dureza, além de depender da composição química do material e das condições de processamento na laminação a quen

te, está intimamente correlacionada com as reduções utilizadas desde a primeira até a penúltima cadeira.

Com base nessa premissa, utilizando-se amostras de material laminado a quente com a composição química mostrada no quadro I, efetuaram-se em escala piloto diversas reduções a frio englobando a faixa de reduções utilizadas em escala industrial, até a quarta cadeira do laminador contínuo a frio (TCM).

QUADRO I - Composição química do material amostrado como laminado a quente (% em peso)

C	Mn	P	S	Al	Si
0,04	0,18	0,008	0,025	0,021	0,02

Nessas amostras realizaram-se ensaios de microdureza Vickers com carga de 100g, para que a profundidade da impressão do penetrador correspondesse em ordem de grandeza aos vales das chapas. Foram então correlacionados os valores de profundidade da impressão nesses ensaios com o inverso dos alongamentos referentes a laminação em escala piloto. A figura 1 mostra os resultados obtidos, ficando evidente a influência significativa do inverso do alongamento na profundidade da impressão.

Com base nesses resultados, definiu-se um parâmetro, relação de redução (K), que envolve o alongamento até a penúltima cadeira e, também, o alongamento na última cadeira que, sem dúvida alguma, exerce uma influência marcante na rugosidade imprimida.

3. EXPERIÊNCIAS E RESULTADOS

Para que fossem determinadas as variáveis que mais influenciam na rugosidade (Ra e densidade de picos - DP) obtida após laminação a frio foram acompanhadas no TCM várias sequências de laminação, incluindo amostragem das bobinas na ponta final após sucatamento de 40 metros, para que as amostras representassem a condição de laminação das bobinas, exceto no que diz respeito à velocidade. As medições de rugosidade foram realizadas em um rugosímetro Talysurf

4, nas duas faces da tira tanto na borda quanto no meio, sendo quatro medidas em cada ponto, e a média desses dezesseis valores foi considerada na análise. As variáveis operacionais inicialmente consideradas foram: relação de redução, comprimento laminado, pressão de laminação na cadeira nº 5 (força dividida pela área de contacto), rugosidade inicial e dureza dos cilindros de trabalho.

Após várias análises estatísticas onde todas as variáveis anteriormente citadas foram consideradas, concluiu-se ser a relação de redução a variável que controla a impressão de rugosidade quando pequenas variações da composição química das bobinas e da dureza e rugosidade inicial dos cilindros de trabalho estão envolvidos.

A figura 2 mostra os resultados obtidos nos levantamentos realizados em escala industrial, onde pode-se notar que as equações em contradas permitem uma avaliação precisa do valor R_a obtido numa bobina, sendo conhecida a escala de redução. Nesse gráfico estão também plotados pontos referentes a materiais com alta resistência e pode-se notar a influência da composição química na impressão da rugosidade.

As figuras 3, 4 e 5 mostram os valores de densidade de picos (DP) obtidos nos diversos níveis (curvas "High spot"), tanto acima como abaixo da linha média. Nota-se a influência do desgaste dos cilindros (figura 3) na densidade de picos abaixo da linha média, porém acima desta praticamente não ocorrem alterações. As figuras 6 e 7 mostram o gráfico de perfil das bobinas em questão e pode-se notar as consequências do desgaste dos cilindros de trabalho, de acordo com o concluído a partir das curvas "High-spot". Isto porque, os vales dos cilindros, que correspondem aos picos da chapa permanecem inalterados ao longo da sequência de laminação. É importante ressaltar, que sob o ponto de vista de ocorrência de "colamento" no recozimento, os valores de densidade de picos acima da linha média são determinantes.

A figura 4 mostra a influência da relação de redução na distribuição de picos, ficando claro que, quanto maior o valor K maior a interação entre chapas e cilindros. Nos gráficos de perfil das figuras 8 e 9 verifica-se nitidamente tal efeito. Tem-se ainda na figura 5 uma situação na qual pode-se avaliar o efeito combinado do desgaste dos cilindros e da relação de redução.

4. CONCLUSÕES

A rugosidade intermediária das tiras laminadas a frio depende principalmente da rugosidade inicial dos cilindros de trabalho, e da escala de redução, mantida constante a composição química do material. Por isso os valores requeridos podem ser obtidos pela utilização da escala de redução e da rugosidade dos cilindros de trabalho adequados⁽⁶⁾.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos supervisores, líderes de grupo e operadores do Laminador Contínuo a Frio pela participação que tiveram na coleta de dados e amostragens.

BIBLIOGRAFIA

1. BACKMAN, A. - The Influence of Cold Rolling Parameters on the Surface Roughness of Cold Rolled Steel Sheets; Annals of the C.I.R.P., vol. XVII, pg. 427-434, 1969, England.
2. RENO, R.T., SANNAZZARO, D., RUFFO, R.S. - Evolução da Qualidade da Rugosidade Superficial de Chapas Finas a Frio na COSIPA, XXXIII Congresso Anual da ABM, Julho 1978, Rio de Janeiro.
3. STANCHENKO, D.I., et ali. - The Effect of Cold Rolling Conditions on Strip Roughness, Izv. Vuz Chern Met., 1972, 15 (2), 93-95, Russian.
4. Relatório Interno - Estudo sobre Rugosidade de CFF (OS8106), Setembro 1982, Centro de Pesquisas, USIMINAS, Ipatinga, MG.
5. Relatório Interno - Controle de Rugosidade e sua Influência nas CFF (RS7425), Abril 1981, Centro de Pesquisas, USIMINAS, Ipatinga, MG.
6. Patente Requerida.

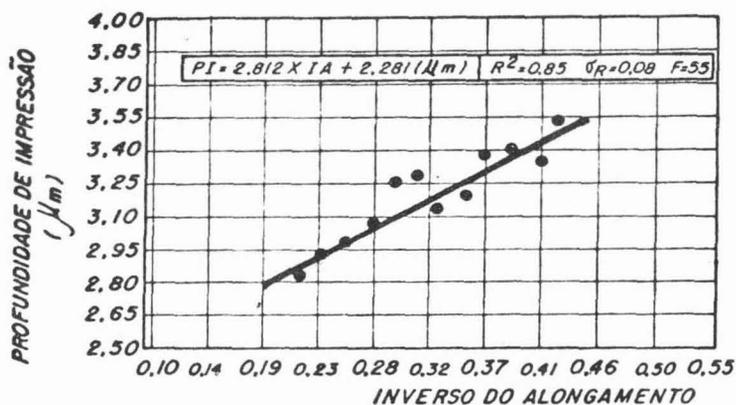


Figura 1 - Profundidade de impressão como função do inverso do alongamento

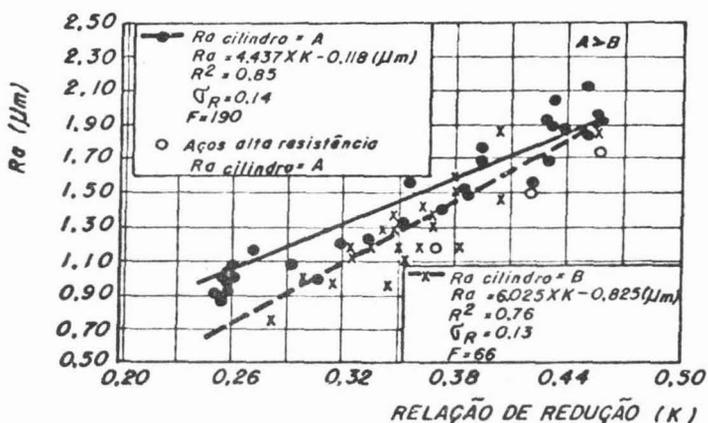


Figura 2 - Rugosidade intermediária em função da relação de redução

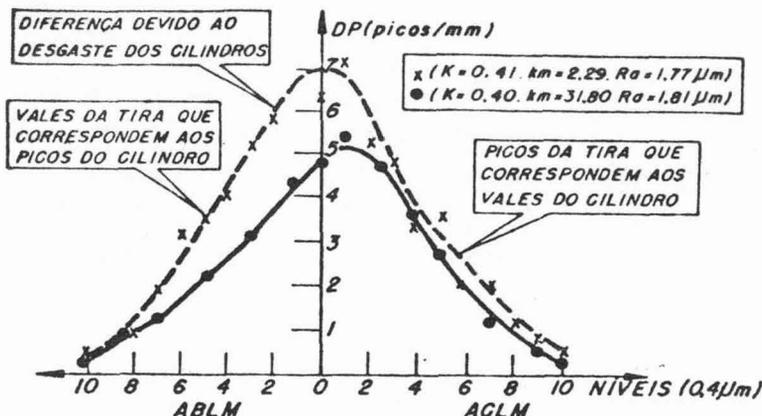


Figura 3 - Curvas "High-Spot" - Efeito da quilometragem laminada

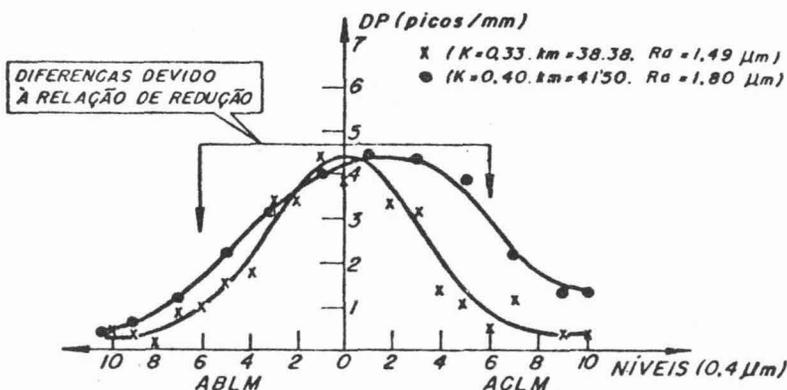


Figura 4 - Curvas "High-Spot" - Efeito da relação de redução

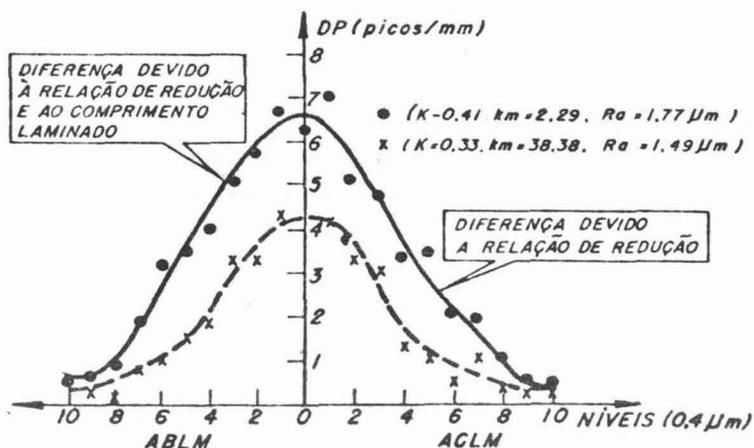


Figura 5 - Curvas "High-Spot" - Efeito combinado da relação de redução e da quilometragem laminada

2600x
26x

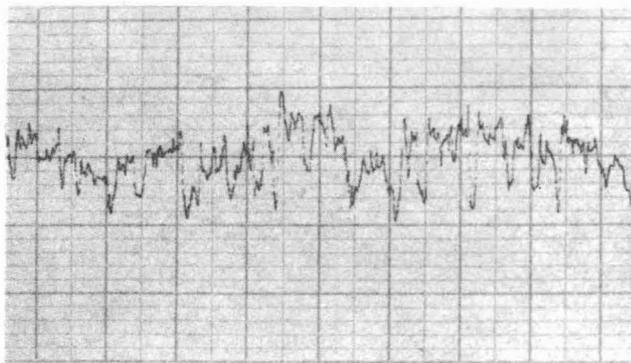


FIGURA 6 - Gráfico de perfil
2.^a bobina da sequência
Ra = 1.55 μ m
K = 0.35
Comprimento laminado = 5.24 km

2600x
26x

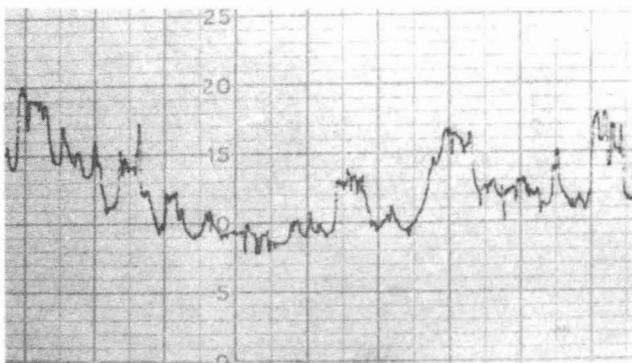


FIGURA 7 - Gráfico de perfil
14.^a bobina da sequência
Ra = 1.50 μ m
K = 0.35
Comprimento laminado = 49.51 km

2600x
26x

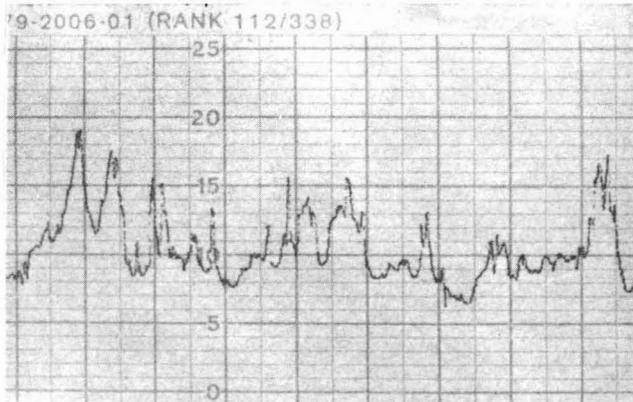


FIGURA 8 - Gráfico de perfil
10.^a bobina da sequência
Ra = 1.55 μ m
K = 0.38
Comprimento laminado = 22.39 km

2600x
26x

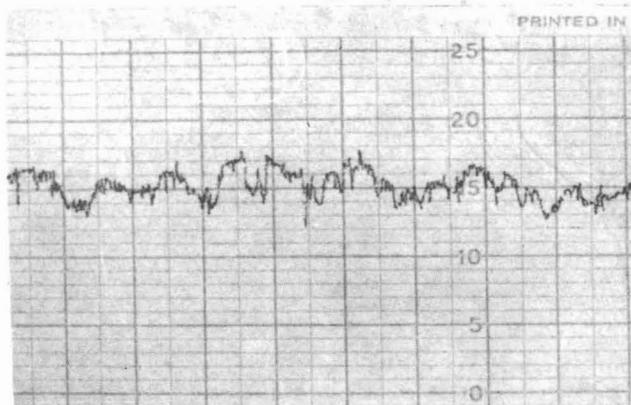


FIGURA 9 - Gráfico de perfil
8.^a bobina da sequência
Ra = 0.84 μ m
K = 0.28
Comprimento laminado = 26.95 km

