

AVALIAÇÃO TOPOGRÁFICA DO ÚLTIMO CILINDRO DE LAMINADORES A FRIO

José Lucio Gonçalves Junior, Universidade Federal de Uberlândia, jlucio@mecanica.ufu.br

Henara Lillian Costa, Universidade Federal de Uberlândia, ltm-henara@ufu.br

José Daniel Biasoli de Mello, Universidade Federal de Uberlândia, ltm-demello@ufu.br

Resumo. O presente trabalho visa a caracterização topográfica de cilindros responsáveis pelo acabamento do produto laminado, através do uso da técnica de replicação. Replicou-se o ultimo cilindro do trem laminador de 4 diferentes laminadores e caracterizou-se topograficamente com o uso de um interferômetro a laser. Os parâmetros utilizados foram: um parâmetro de amplitude (Sq) um parâmetro híbrido (Sdq) um parâmetro funcional (Spk) um parâmetro funcional (Sbi). A análise qualitativa da topografia das réplicas sugeriu que a rugosidade superficial dos cilindros foi suavizada após a laminação de uma campanha considerada normal. A análise quantitativa mostrou que para os laminadores 1, 2 e 3 o processo de laminação reduziu o valor RMS das alturas das irregularidades em relação ao plano médio da superfície, enquanto que para o laminador 4 ocorreu um aumento no valor do mesmo. Os cilindros dos laminadores 1 e 3 tiveram os valores do parâmetro Sdq reduzidos após a laminação. Já o cilindro do laminador 2 não teve alteração e o cilindro do laminador 4 teve o valor aumentado. A altura dos picos da superfície foi reduzida após a laminação para todos os laminadores. Ocorreu a elevação da capacidade de suporte mecânico para os cilindros dos laminadores 2 e 3 enquanto ocorreu a redução para os cilindros dos laminadores 1 e 4.

Palavras chave: Topografia Superficial, Interferometria a laser, Laminação a Frio

1. INTRODUÇÃO

A laminação consiste de um processo de conformação mecânica no qual o material metálico é deformado plasticamente quando o mesmo passa através de cilindros. Este processo permite a fabricação de diversos tipos de peças tais como, trilhos, lingotes, placas, fios, tiras e perfis de diversas formas (DIETER, 1988)

Na produção de chapas, a qualidade dos laminados (rugosidade, dimensões, propriedades mecânicas) está diretamente relacionada com o desempenho dos cilindros do trem acabador (ultima cadeira).

O acabamento superficial da chapa desempenha um importante papel na fabricação de carrocerias de automóveis. Este acabamento, por sua vez, depende do acabamento superficial do cilindro, o qual em geral é conseguido por um processo conhecido por texturização superficial. Durante o processo de conformação, os sulcos ou bolsos que compõem a superfície texturizada do cilindro, além de serem um bom reservatório para o óleo lubrificante utilizado durante a laminação, conferem uma refletividade uniforme após a pintura.

Existem na atualidade inúmeras técnicas de texturização, sendo que as mais utilizadas nas indústrias que trabalham com laminação a frio são:

- Texturização por jato de granalha (SBT): Esferas de granalha são atiradas por uma roda centrifuga contra a superfície do cilindro de laminação. O impacto destas esferas promove uma deformação local, provocando aparecimento de micro cavidades. Controlando a força, o diâmetro e a quantidade das esferas atiradas, pode-se conseguir a rugosidade final objetivada.

- Texturização por descargas elétricas (EDT): É uma versão da usinagem por descargas elétricas onde os eletrodos são posicionados axialmente a superfície do cilindro, que fica imerso em um meio dielétrico. Descargas elétricas induzidas entre o anodo (eletrodo) e o catodo (cilindro) provocam eletroerosão, formando crateras na superfície e portanto texturizando o mesmo (SIMÃO et al., 1994).

Com a técnica de deposição de cromo duro, além de aumentar-se a dureza superficial, consegue-se manter a topografia superficial do cilindro por mais tempo (SIMÃO ;ASPINWALL, 1999).

Em função da limitação do uso de cromo duro por razões ambientais e de saúde (SILVA et al., 2008), surge a necessidade de investigar-se novos revestimentos para substituí-lo. Porém, antes disso torna-se necessário um estudo e entendimento do processo de desgaste ocorrido durante a laminação a frio. O presente trabalho visa a caracterização topográfica de cilindros laminadores antes do uso e após a laminação de uma campanha considerada normal com o uso da técnica de replicação. O uso de réplicas permite que equipamentos com a dimensão de um cilindro de laminação a frio possam ter seus micro mecanismos de desgaste analisados via interferometria a laser e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As réplicas utilizadas no presente trabalho foram previamente validadas por LEITE et al. (2011). O material usado foi da marca Zhermack, modelo Colorbite D. As réplicas foram feitas sob responsabilidade da empresa fabricante

de cilindros Gerdau S.A. no ultimo cilindro de 5 diferentes laminadores antes e após a laminação de uma campanha considerada normal. Os laminadores estão detalhados na Tab 1.

Após os cilindros serem replicados, o material foi enviado ao Laboratorio de Tribologia e Materiais para análise por um a interferômetro a laser, marca UBM MESSTECHNIK MicroFocus. Usou-se uma área de 5 x 5 mm, densidade de pontos de 1000 x 50 pontos por mm, taxa de medição de 300 pontos./s e o modo de medição utilizado foi o contínuo.

Tabela 1 – Características dos laminadores

Laminador	Características
Laminador 1	5 cadeiras sendo a ultima texturizada por EDT e cromada
Laminador 2	5 cadeiras sendo a ultima texturizada por EDT
Laminador 3	4 cadeiras sendo a ultima texturizada por jateamento
Laminador 4	4 cadeiras sendo a ultima texturizada por EDT e cromada

Para análise topográfica, selecionou-se um parâmetro de amplitude (S_q), um parâmetro híbrido (S_{dq}), um parâmetro funcional (S_{pk}) e um parâmetro funcional (S_{bi}), cuja definição pode ser encontrada na literatura (DONG; SULLIVAN; STOUT, 1993; 1994a; b).

3. RESULTADOS

A análise qualitativa da topografia das réplicas sugere que a topografia superficial tenha sido suavizada após a laminação de uma campanha considerada normal (Fig 3).

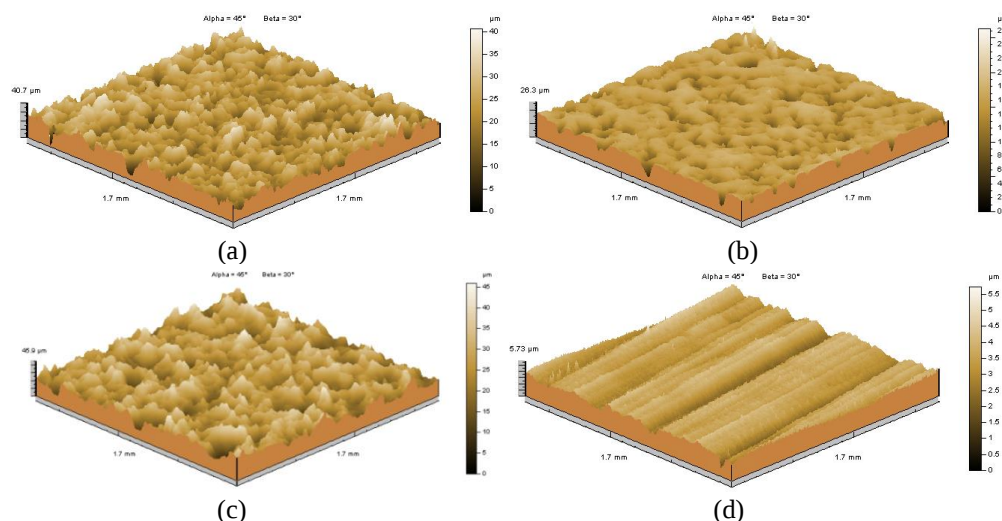


Figura 3 – Mapa topográfico 3D típico de 2 diferentes cilindros (a) e (c) antes do uso (b) e (d) depois do uso.

A análise quantitativa da variação da topografia superficial em função da laminação foi feita em função dos parâmetros S_q , S_{dq} , S_{pk} e S_{bi} . Antes da laminação, não houve uma variação significativa dos parâmetros analisados entre os diferentes laminadores, com exceção da inclinação média das irregularidades (S_{dq}) do laminador 4, que foi muito inferior aos demais laminadores e também de uma capacidade de apoio (S_{bi}) ligeiramente menor para o laminador 3 (texturizado por jateamento). A análise do parâmetro S_q (Fig. 4 (a)) revelou que para os Laminadores 1, 2 e 3 o processo de laminação reduziu o valor RMS das alturas das irregularidades em relação ao plano médio da superfície, enquanto que para o laminador 4 ocorreu um grande aumento no valor do mesmo. A Figura 4 (b) representa os valores do parâmetro S_{dq} . Nota-se que para os cilindros dos laminadores 1 e 3, a inclinação média das irregularidades foi reduzida após a laminação, ao passo que o cilindro do laminador 2 não sofreu alteração e o cilindro do laminador 4 teve o valor aumentado. É possível observar na Fig. 4 (c) que a região da curva Abbott-Firestone associada com os picos mais proeminentes foi reduzida após a laminação para todos os laminadores. A Figura 4 (d) representa os valores da capacidade de suporte mecânico da superfície. Nota-se que ocorreu a elevação dos valores para os cilindros dos laminadores 2 e 3 enquanto ocorreu a redução dos valores para os cilindros dos laminadores 1 e 4.

Apesar de a análise visual das topografias ter sugerido uma suavização da rugosidade superficial dos cilindros devido à laminação, a quantificação destas topografias mostrou que na verdade o contrário ocorreu para o laminador 4, que teve a altura e a inclinação das irregularidades aumentada e a capacidade de apoio reduzida, apesar do tipo de acabamento superficial do último cilindro para os laminadores 1 e 4 ser idêntico (texturizado por EDT e cromado). Em

geral, espera-se que o desgaste natural do cilindro durante o processo de laminação resulte em uma suavização da sua topografia superficial.. Esta redução pode estar associada tanto à quebra dos picos mais proeminentes quanto ao preenchimento dos vales pelos debris de desgaste. No caso do laminador 4, o desgaste na verdade aumentou a rugosidade superficial, sugerindo a ocorrência de mecanismos severos de desgaste, incluindo abrasão. Esta hipótese é particularmente plausível considerando a grande dureza superficial conferida pelo acabamento do cilindro, sugerindo que debris duros possam ter permanecendo entre a chapa e o cilindro (DE MELLO; GONÇALVES JR; COSTA, 2013), promovendo desgaste. Para o laminador 1, que possui o mesmo tipo de acabamento, a rugosidade superficial diminuiu, apesar de a capacidade de apoio também ter reduzido. Estes resultados sugerem que eventualmente pequenas diferenças de processamento no acabamento dos dois laminadores possam resultar em grandes diferenças nos mecanismos de desgaste que ocorrem na prática. Outra hipótese pode ser que as condições de laminação sejam bem diferentes, o que pode resultar em diferentes mecanismos de desgaste. Esse fenômeno precisa ser investigado em maiores detalhes no futuro.

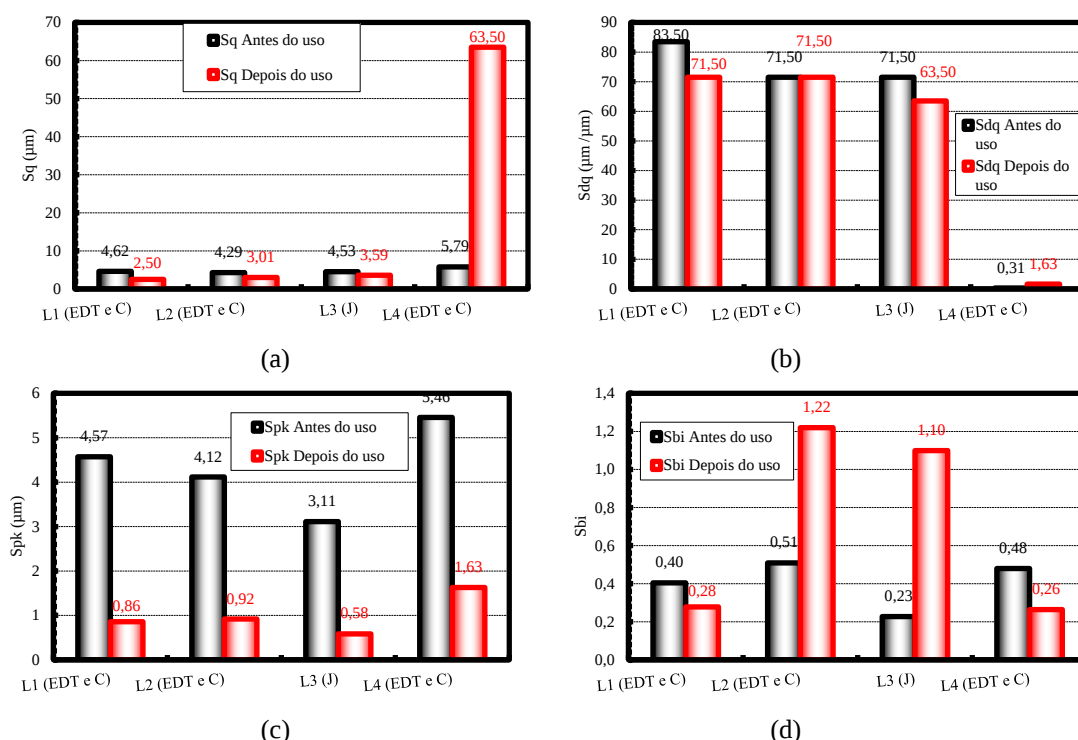


Figura 4 – Valores do parâmetro (a) S_q , (b) S_{dq} (c) S_{pk} e (d) S_{bi}

4. CONCLUSÃO

A análise qualitativa mostrou que a topografia superficial foi suavizada após a laminação de uma campanha considerada normal, mas a análise quantitativa mostrou que o contrário ocorreu para o laminador 4..

Para os Laminadores 1, 2 e 3 o processo de laminação reduziu a altura e a inclinação das irregularidades, mas para o laminador 4 ocorreu um aumento nas mesmas.

Todos os cilindros tiveram a área da curva Abbott-Firestone associada aos picos mais proeminentes reduzida devido ao processo de laminação.

A capacidade de apoio dos cilindros texturizados por EDT e cromados (1 e 4) foi reduzida pela laminação, ao passo que para os cilindros somente texturizados esta foi aumentada.

Laminadores cujos cilindros passaram por tipos de acabamento idênticos sofreram variações na sua topografia pela laminação muito diferentes, sugerindo a ocorrência de diferentes mecanismos de desgaste.

5. AGRADECIMENTOS

A empresa Gerdau S.A. pelo fornecimento das réplicas, à Capes, ao CNPq e à FAPEMIG pelo apoio financeiro.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

DE MELLO, J. D. B.; GONÇALVES JR, J. L.; COSTA, H. L. Influence of surface texturing and hard chromium coating on the wear of steels used in cold rolling mill rolls. **Wear**, v. 302, n. 1–2, p. 1295-1309, 2013. ISSN 0043-1648.

DIETER, G. E. **Mechanical Metallurgy**. McGraw Hill Book Company, 1988. p.

DONG, W. P.; SULLIVAN, P. J.; STOUT, K. J. Comprehensive study of parameters for characterizing three-dimensional surface topography II: Statistical properties of parameter variation. **Wear**, v. 167, n. 1, p. 9-21, 1993. ISSN 0043-1648.

DONG, W. P.; SULLIVAN, P. J.; STOUT, K. J. Comprehensive study of parameters for characterising three-dimensional surface topography: III: Parameters for characterising amplitude and some functional properties. **Wear**, v. 178, n. 1–2, p. 29-43, 1994a. ISSN 0043-1648.

DONG, W. P.; SULLIVAN, P. J.; STOUT, K. J. Comprehensive study of parameters for characterising three-dimensional surface topography: IV: Parameters for characterising spatial and hybrid properties. **Wear**, v. 178, n. 1–2, p. 45-60, 1994b. ISSN 0043-1648.

LEITE, M. V.; SANTOS, M. M. D.; MELLO, J. D. B. D.; LIMA, A. G. D.; RAMOS, G. P.; MACHADO, J. R.; SANTOS, N. L. D.; ROSÁRIO, C. S. D.; OLIVEIRA, A. F. D.; RAMPINELLI, M. E. G.; ROCHA, S. D. S.; FERREIRA, R. L. D. O.; LESSA, R. A. G. Mecanismos De Desgaste De Cilindros De Trabalho Dos Laminadores Tandem De Tiras A Frio Do Brasil. In: ABM, 48º Seminário De Laminação - Processos E Produtos Laminados E Revestidos, 2011. Santos - SP.

SILVA, E. D.; FRANÇA, L. P.; NASCIMENTO, M. M. G. S.; ZOPELARO, R. M.; NETO, O. C.; SOARES, R. A. R.; GENESTRA, M. Propostas à Prevenção de Riscos Ambientais relacionados ao Tratamento de Superfície com Cromatos. **Cadernos UniFOA**, v. Edição Especial, p. 48-58, Maio 2008 2008.

SIMÃO, J.; ASPINWALL, D. K. Hard chromium plating of EDT mill work rolls. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 92–93, n. 0, p. 281-287, 1999. ISSN 0924-0136.

SIMÃO, J.; ASPINWALL, D. K.; WISE, M. L. H.; EL-MENSHAWY, M. F. Mill roll texturing using EDT. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 45, n. 1–4, p. 207-214, 1994. ISSN 0924-0136.