

DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS DE TEXTURIZAÇÃO POR DESCARGAS ELÉTRICAS PARA REPRODUÇÃO TOPOGRÁFICA DE CILINDROS DE LAMINAÇÃO A FRIO

José Lucio Gonçalves Junior, Laboratório de Tribologia e Materiais, jlucio@mecanica.ufu.br

José Daniel Biasoli de Mello, Laboratório de Tribologia e Materiais, ltm-demello@ufu.br

Henara Lillian Costa Murray, Laboratório de Tribologia e Materiais, ltm-henara@ufu.br

Resumo. O presente trabalho tem como objetivo reproduzir em laboratório a topografia de um cilindro de laminação a frio utilizado na indústria para posterior realização de testes tribológicos. Para isto utilizou-se a técnica de replicação para permitir a caracterização topográfica do cilindro via interferometria a laser 3D e a técnica de texturização por descargas elétricas para reproduzi-la. O material utilizado foi o aço VC10 temperado, com aquecimento a 950°C e resfriado em caixa de areia, com dureza de 611 ± 30 Kgf/mm². Os resultados mostraram que o tratamento térmico gerou amostras com dureza desejável para um cilindro de laminação a frio e os parâmetros utilizados para texturização produziram os picos e vales característicos da textura e os parâmetros topográficos desejáveis foram obtidos no equipamento de eletroerosão.

Palavras chave: Tribologia; Laminação a frio, Interferometria a Laser, EDT

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais processos de produção de aço adotados pelas empresas no mundo é a laminação, por permitir trabalhar um grande volume de material. Os cilindros atuais devem permitir a obtenção de laminados com elevados padrões de qualidade. Os laminados devem apresentar níveis adequados de resistência mecânica, planicidade, topografia superficial, espessura de chapa no atendimento a consumidores cada vez mais exigentes (indústria automobilística, linha branca, dentre outros) (Mendes, 2007).

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

Em consequência do movimento relativo entre chapa e cilindro, as forças de atrito também mudam de sentido no ponto neutro. Entre a entrada e o ponto neutro, a velocidade do cilindro é mais lenta e a força de atrito atua no sentido de empurrar a chapa. Após o ponto neutro, a velocidade da chapa é maior e o sentido da força de atrito é contrário à saída da chapa.

O processo de laminação opera com níveis elevados de carga e temperatura, causando solicitações severas nos cilindros de laminação e, conseqüentemente, levando ao desgaste.

Para otimizar o desgaste entre o cilindro e a chapa, podem-se utilizar técnicas de modificações superficiais tais como o recobrimento com cromo duro e a texturização.

Em função da exigência dos consumidores, com relação à estética do produto laminado final, o qual depende da sua topografia, os produtores necessitam produzir o material laminado com uma textura pré-definida, sendo que esta textura é transmitida à chapa pelos cilindros de acabamento (Elkoca, 2008).

Um dos processos de texturização utilizados pela indústria laminadora é a texturização por descargas elétricas. Neste método, eletrodos são posicionados axialmente a superfície do cilindro, que fica imerso em um meio dielétrico. Descargas elétricas são induzidas entre o eletrodo (anodo) e cilindro (catodo), provocando eletro-erosão em sua superfície. A combinação da corrente, tensão e frequência de oscilação definem a condição final do cilindro texturizado (Legg e Sartwell; Simão *et al.*, 1994).

A literatura mostra que a taxa de transferência de rugosidade é alta, em torno de 80% e a textura é bem homogênea e repetitiva. Simão *et al.* (1994) verificaram que após a laminação de 1750 toneladas de aço, o cilindro apresentou uma suavização da topografia em torno de 18%.

Este trabalho tem como objetivo avaliar réplicas topográficas feitas em cilindros de laminação a frio e determinar os parâmetros topográficos utilizados em cilindros laminadores industriais com a finalidade de reproduzi-los em laboratório. As amostras texturizadas que melhor reproduzirem a topografia de cilindros industriais serão futuramente utilizadas em testes tribológicos.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

2.1. Avaliação de réplicas

Para simular as condições tribológicas em cilindros de laminação primeiramente usou-se a técnica de replicação para permitir a avaliação topográfica dos cilindros de laminação a frio. O tamanho de um cilindro de laminação impossibilita a medição topográfica via interferometria a laser 3D. O cilindro Replicado pertence a uma produtora de aço localizada em Minas Gerais que foi previamente texturizado utilizando a técnica de texturização por descargas elétricas.

As réplicas foram produzidas e enviadas pelo centro de pesquisa de cilindros de laminação a frio da empresa Gerdau. O material utilizado foi o Zhermack Colorbite D, previamente validado por Leite *et al.* (2011).

A topografia superficial das réplicas foi quantificada utilizando um interferômetro a laser marca UBM modelo MESSTECHNIK MICROFOCUS e analisadas utilizando o software Digital Surf MountainsMap Universal®, versão 3.0. Os parâmetros utilizados para caracterização topográfica foram R_a e P_c previamente definidos pela literatura e utilizados pela literatura (Simão *et al.*, 1994; Iso 4287, 1997; Simão e Aspinwall, 1999; Taylor Hobson, 2000; Chiu *et al.*, 2002).

2.2. Preparação das amostras

O material estudado no trabalho foi enviado pela empresa Gerdau S.A em forma de discos (Figura 1a) cortados a partir de cilindros de laminação reais. Após a sua chegada, cada fragmento de cilindro foi cortado originando amostras de 40 x 40 mm (Figura 1b).

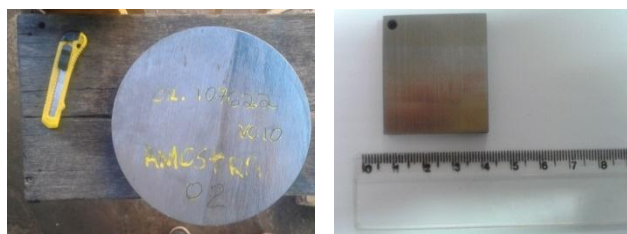


Figura 1 – (a) fragmentos de cilindros enviados pela Gerdau (b) amostras com dimensões finais.

Após o corte das amostras e suas durezas Vickers foram medidas utilizando um durômetro universal da marca Wolpert.

Após o teste de dureza foram realizados tratamentos térmicos com o objetivo de atingir-se a dureza recomendado para os cilindros durante uma operação. Inicialmente, utilizou-se a sequência de tratamento recomendada pelo fabricante, mas severo trincamento foi observado nas amostras. Este trincamento foi associado às pequenas dimensões das amostras, que devem resultar em condições de resfriamento diferentes daquelas que ocorrem em um cilindro de laminação. A sequência de tratamento térmico que resultou em valores de dureza dentro da faixa esperada e em amostras isenta de trincas consistiu de aquecimento a 950°C por duas horas e resfriamento em caixa de areia.

2.3. Texturização por descargas elétricas (EDT)

A texturização por EDT está sendo feita utilizando-se um equipamento Engmaq 440 MC utilizando eletrodo de cobre eletrolítico e fluido dielétrico ArcleanEletron à base de hidrocarbonetos. Este método tem como objetivo reproduzir a textura utilizada pela indústria laminadora.

O regime de trabalho na máquina de eletroerosão para texturização é de acabamento, regime este que provoca pouco desgaste do eletrodo ferramenta. A tensão para ionização é mantida constante, de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo manual do fabricante da máquina. A corrente de descarga consumida no processo tem influência direta na qualidade e no rendimento da operação. Uma qualidade melhor implica em corrente baixa e pouca quantidade de material removido com um tempo maior de usinagem.

O parâmetro de usinagem T_{on} se refere ao tempo total de duração do pulso, o parâmetro DT está relacionado com o tempo de pausa.

A ferramenta de texturização foi obtida a partir de um cilindro de cobre eletrolítico inicialmente com 50,8 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento. Este material foi usinado de modo a obter em uma de suas bases um quadrado de 20 x 20 mm.

Antes de iniciar a etapa de eletroerosão é necessário fixar o eletrodo na máquina e verificar o paralelismo com auxílio de um relógio comparador. Com a face quadrada do eletrodo paralelo a base da máquina posiciona-se a amostra em uma base magnética e verifica-se o paralelismo em relação à base do equipamento garantindo assim o paralelismo entre a amostra e o eletrodo.

Os parâmetros utilizados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros dos testes de EDT

	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4
Ton	100	20	20	5
TS	4	3	6	3
DT	20	40	57	29

Com o término das texturizações as amostras foram submetidas a avaliação topográfica via interferometria a laser.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliação de réplicas

A análise das réplicas foi feita de modo qualitativo e quantitativo. A Figura 2 mostra o mapa topográfico 3D de um cilindro de laminação a frio texturizado por EDT. É possível observar que a superfície apresenta picos e vales característicos do processo de texturização (Simão *et al.*, 1994; Simão e Aspinwall, 1999; De Mello; Gonçalves Jr; Costa, 2013).

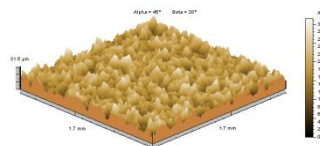


Figura 2 – Mapa topográfico 3D típico de um cilindro de laminação a frio texturizado por EDT.

A análise quantitativa mostrou que a indústria laminadora utiliza os cilindros texturizados com $R_a = 2,93 \mu m$ e $P_c = 6,34$ picos/mm.

3.2. Medições de dureza

Os ensaios de dureza antes e após o tratamento térmico mostraram que antes do tratamento térmico as amostras apresentaram homogeneidade da propriedade, mas o valor estava abaixo dos valores utilizados pela indústria. O valor obtido antes do tratamento térmico foi de $305 \pm 12 \text{ Kg/mm}^2$ e após o tratamento térmico o resultado foi de $611 \pm 30 \text{ Kg/mm}^2$ (De Mello; Gonçalves Jr; Costa, 2013).

3.3. Texturização por EDT

A análise qualitativa das amostras após a texturização por EDT mostrada na Figura 3 revela que todos os testes apresentaram os picos e vales característicos do processo de texturização. Os vales presentes na superfície podem reter lubrificantes e acumular debris reduzindo o desgaste e aumentando a vida útil do cilindro de laminação a frio (Zum Gahr; Mathieu; Brylka, 2007).

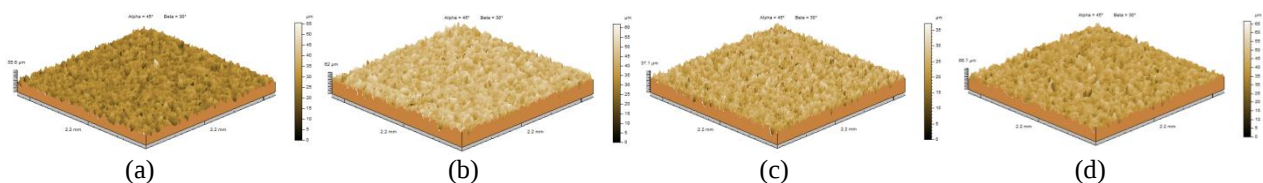


Figura 3 – Mapa topográfico 3D das amostras texturizadas com parâmetros do (a) Teste 1 (b) Teste 2 (c) Teste 3 e (d) Teste 4.

Na Figura 4 são mostrados os resultados quantitativos das amostras texturizadas por EDT. A análise em função dos parâmetros R_a e P_c mostra que o teste 1 foi o que mais se aproximou dos valores encontrados no cilindro de laminação a frio.

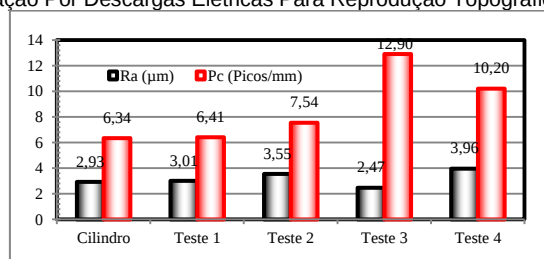


Figura 4 - Análise quantitativa das amostras texturizadas por EDT.

4. CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que o tratamento térmico de aquecimento a 950 °C e resfriamento em caixa de areia produziram amostras com dureza desejável para utilização em laminação a frio e utilizando os parâmetros de usinagem Ton = 100, DT = 20 e TS = 4 obtêm-se parâmetros topográficos adequados para utilização em testes tribológicos de simulação de desgaste em cilindros de laminação a frio.

5. REFERÊNCIAS

- Chiu, L. H.; Yang, C. F.; Hsieh, W. C.; Cheng, A. S. 2002. "Effect of contact pressure on wear resistance of AISI H13 tool steels with chromium nitride and hard chromium coatings". Surface and Coatings Technology, v. 154, n. 2-3, p. 282-288, ISSN 0257-8972.
- De Mello, J. D. B.; Gonçalves Jr, J. L.; Costa, H. L. 2013. "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, ISSN 0043-1648.
- Dieter, G. E. Mechanical Metallurgy. McGraw Hill Book Company, 1988.
- Elkoca, O. 2008. "A study on the characteristics of electrical discharge textured skin pass mill work roll". Surface and Coatings Technology, v. 202, n. 12, p. 2765-2774, ISSN 0257-8972.
- Iso 4287. 1997, "Surface Texture: Profile Method – Terms, Definitions and Surface Texture Parameters". Geometrical Product Specifications (GPS) International Standard ISO 4287
- Legg, K.; Sartwell, B., "Hard Chromium Alternatives Team Update - Improving Performance While Reducing Cost". Group, R. T. e Laboratory, N. R.
- 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. 2011. "Mecanismos De Desgaste De Cilindros De Trabalho Dos Laminadores Tandem De Tiras A Frio Do Brasil" In: 48º Seminário De Laminação - Processos E Produtos Laminados E Revestidos, Santos - SP.
- Mendes, J. L. T. 2007. "Influência de Parâmetros Microestruturais no Comportamento Tribológico de Ligas Ferrosas Multicomponentes". 160 f. Doutorado em Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Simão, J.; Aspinwall, D. K. 1999. "Hard chromium plating of EDT mill work rolls". Journal of Materials Processing Technology, v. 92-93, n. 0, p. 281-287, ISSN 0924-0136.
- Simão, J.; Aspinwall, D. K.; Wise, M. L. H.; El-Menshawly, M. F. 1994. "Mill roll texturing using EDT". Journal of Materials Processing Technology, v. 45, n. 1-4, p. 207-214, ISSN 0924-0136.
- Taylor Hobson, P. 2000. "Guide to surface texture parameters".
- Zum Gahr, K. H.; Mathieu, M.; Brylka, B. 2007. "Friction control by surface engineering of ceramic sliding pairs in water". Wear, v. 263, n. 7-12, p. 920-929, ISSN 0043-1648.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

Mecanismos De Desgaste De Cilindros De Trabalho Dos Laminadores Tandem De Tiras A Frio Do Brasil
 Mecanismos De Desgaste De Cilindros De Trabalho Dos Laminadores Tandem De Tiras A Frio Do Brasil" In: 48º Seminário De Laminação - Processos E Produtos Laminados E Revestidos.