

TEXTURIZAÇÃO SUPERFICIAL DE CILINDROS AUTOMOTIVOS

Leonardo Rosa Ribeiro da Silva, Laboratório de Tribologia e Materiais, leonardo.rrs@gmail.com
Henara Lillian Costa, Laboratório de Tribologia e Materiais, itm-henara@ufu.br
Tarsis Prado Barbosa, Laboratório de Tribologia e Materiais, tircispb@gmail.com

Resumo. A topografia de uma superfície é um fator determinante em diversas aplicações tribológicas e pode ser uma alternativa para a melhoria de desempenho de componentes mecânicos em movimento relativo. Vários métodos de texturização superficial estão disponíveis, sendo a escolha do mais adequado baseada principalmente no custo e praticidade de implementação do mesmo para a finalidade em questão. Este trabalho visa o desenvolvimento de um aparato capaz de texturizar superfícies cilíndricas através de remoção eletroquímica, com o objetivo de melhorar o desempenho na lubrificação em cilindros automotivos.

Palavras chave: engenharia de superfícies, texturização superficial, lubrificação, tribologia

1. INTRODUÇÃO

O atrito entre os componentes internos de um motor é um fator crucial na performance do mesmo, visto que aproximadamente 50% da perda em desempenho é devido ao atrito do par cilindro/pistão (RYK; ETSION, 2002), sendo a lubrificação adequada e o controle da rugosidade superficial fatores chave para a diminuição do atrito.

Os regimes de lubrificação dividem-se em hidrodinâmico, elasto-hidrodinâmico e lubrificação limítrofe como mostra a curva de Stribeck na figura (1), sendo a variação no coeficiente de atrito regida pela viscosidade η do lubrificante, a velocidade de deslizamento U e pelo carregamento normal W . A lubrificação hidrodinâmica é caracterizada por possuir uma espessura de filme lubrificante relativamente grande em relação à rugosidade da superfície, sendo a pressão entre as duas superfícies suportada pelo fluido. O regime hidrodinâmico é característico de superfícies conformes, ou seja, superfícies com boa convergência que geram maiores áreas de contato que melhor distribuem a carga normal W .

No caso de contatos não conformes, ou seja, contatos onde a não convergência das superfícies é tanta que as pressões de contato se tornam demasiadamente elevadas a ponto de apresentarem deformação elástica, temos uma diminuição no fator $\eta U/W$ devido ao aumento de W , sendo este regime chamado de elasto-hidrodinâmico. A lubrificação neste regime é garantida pelo fato de que a pressão inserida pelo contato é tão grande que gera um aumento na viscosidade do fluido além do previsto no regime hidrodinâmico, garantindo uma fina camada de lubrificante entre as regiões de contato.

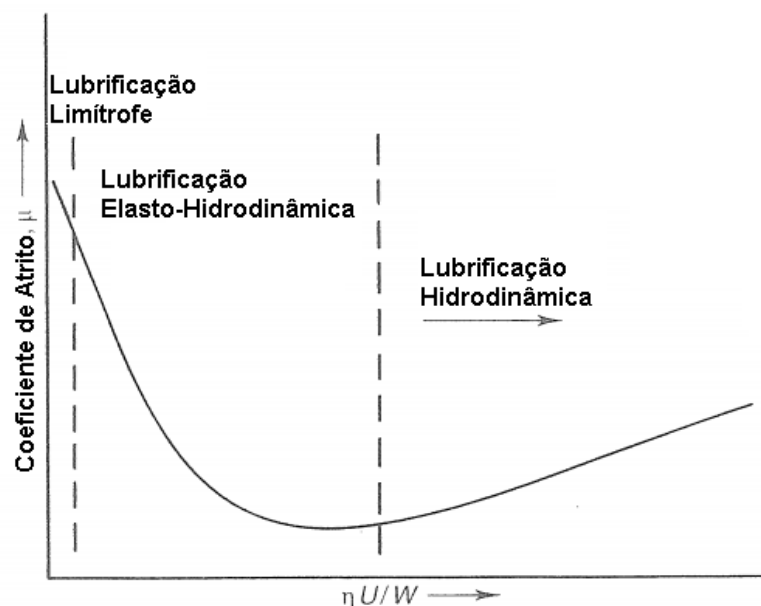


Figura 1 . Curva de Stribeck (adaptado de HUTCHINGS, 1992, p. 65)

Em tribosistemas onde o filme de lubrificante é extremamente fino apesar de o comportamento geral ser hidrodinâmico alguns picos de asperidades podem entrar em contato direto característico do regime elasto-hidrodinâmico sendo este caso chamado de regime de lubrificação misto.

A lubrificação limítrofe ocorre para valores muito baixos de $\eta U/W$ onde contato direto entre as superfícies irá ocorrer a menos que um lubrificante limítrofe adequado seja utilizado, ficando este lubrificante adsorvido as superfícies de contato.

Na busca por uma resposta para aumento na eficiência da lubrificação é cada vez mais comum o emprego de modificações topográficas regulares e em escala micrométrica, conhecidas como texturas, visando tanto aumento da espessura do filme lubrificante como aprisionamento de particulado endógeno que pode vir a agir como abrasivo caso permaneça livre no tribosistema. Os métodos de texturização podem ser subdivididos de acordo com o princípio físico envolvido na formação de suas texturas sendo, portanto enquadrados em quatro grupos: métodos de adição, remoção, movimentação e autoformação (COSTA; HUTCHINGS, 2014). Cada um destes grupos apresenta uma série de tecnologias para formação da textura, sendo o enfoque deste trabalho o método de texturização eletroquímico sem mascaramento, que atua na remoção de material através da ação de um eletrólito que é bombeado através de uma placa com superfície isolante e perfurada no formato desejado a textura a ser inserida.

Dentre os principais parâmetros referentes ao processo de texturização temos o percentual de área coberta, formato e orientação da textura e a relação entre profundidade e largura (ou diâmetro no caso de texturas de padrões circulares). Como observado por Costa; Hutchings (2007), a área de contato hertziano entre as superfícies em movimento relativo deve ser maior que a área das texturas da região, do contrário as texturas terão efeito de diminuir ao invés de aumentar a espessura do filme lubrificante. Neste mesmo trabalho Costa; Hutchings (2007) obtêm resultados experimentais que indicam que uma área com aproximadamente 11% da superfície coberta pela textura é mais eficiente, pois uma cobertura menor não aproveitaria plenamente a capacidade de armazenar lubrificante das texturas e mais que isso se teria uma diminuição da área de contato grande o suficiente para aumentar o atrito. No que se refere ao formato e orientação Costa; Hutchings (2007) descrevem como melhor as texturas em V orientados na direção do deslizamento, visto que com esta geometria e uma relação entre profundidade e largura de 0.06 consegue-se uma maior espessura de filme lubrificante.

Através das equações de Reynolds que descrevem a dinâmica do fluido lubrificante, Rahmani et al (2007) otimizou numericamente alguns parâmetros relativos à texturização de micro bolsões sobre uma superfície, observando a existência de um ponto excelente no que se refere a percentual de área texturizada para qual uma maior área texturizada acarretaria um aumento no coeficiente de atrito de maneira condizente com os resultados de Costa e Hutchings (2007). Outro resultado importante encontrado por Rahmani et al (2007) é o que a distância excelente entre as texturas deve ser igual ao comprimento das mesmas.

Baseando-se nos resultados experimentais de Costa; Hutchings e nas otimizações de Rahmani et al será construído um equipamento capaz de texturizar superfícies cilíndricas utilizando-se método de remoção eletroquímico, visando com isso tornar mais barato este processo de modificação topográfica superficial em camisas e cilindros automotivos.

2. METODOLOGIA

O trabalho será dividido nos seguintes passos:

A – Construção de um aparato que permita texturizar de maneira análoga as superfícies planas da figura (2), superfícies cilíndricas referentes ao cilindro/camisa de um motor a combustão interna.

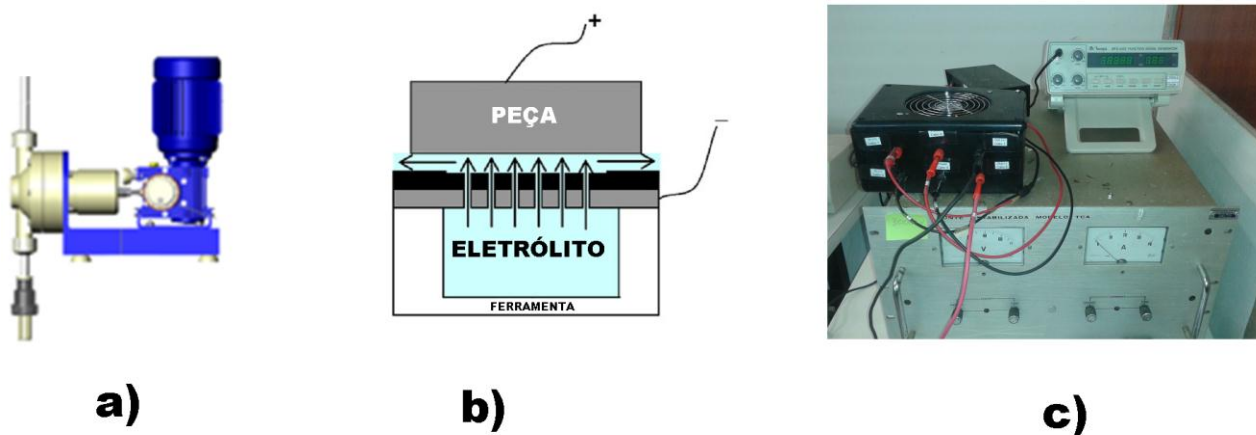


Figura 2. Aparato básico para o método de texturização eletroquímica sem mascaramento. a) Bomba de eletrólito. b) Representação da peça a ser texturizada, eletrólito e ferramenta. c) Fonte de tensão e modulador de onda.

O distanciamento e disposição das texturas em V seguiram de acordo com as figuras (3) e (4).

Tipo do Chevron	Profundidade (μm)	Ângulo (°)	Espessura (μm)	Separação y (μm)	Separação x (μm)	Largura (μm)	Comprimento (μm)
Chevron A	1 or 3	120	30	40	30	370	106

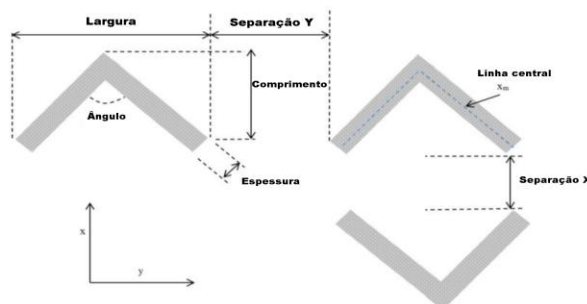


Figura 3. Dimensões e afastamento das texturas em V

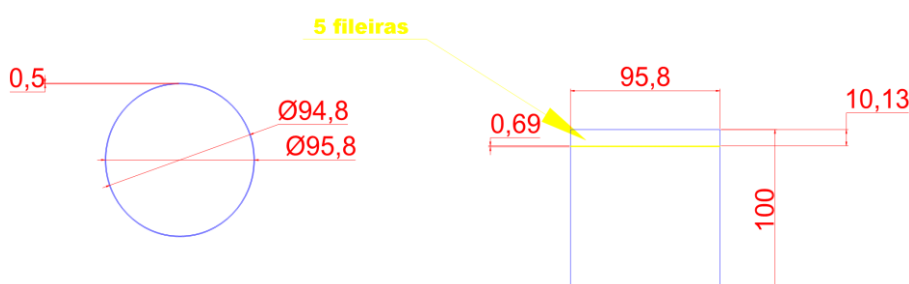


Figura 4. Dimensões da ferramenta de texturização

Apenas uma pequena região do cilindro será texturizada como mostrado na figura (4), uma vez que a região crítica para o desgaste ocorre na região de contato dos anéis com o cilindro, pois os mesmos expandem devido ao aquecimento oriundo da explosão da mistura ar-combustível, aumentando a carga sobre o cilindro, bem como sendo esta a região sujeita ao maior efeito da inversão do sentido do movimento devido a sua proximidade do ponto morto superior, fatores estes que fazem com que o regime passe de hidrodinâmico para misto.

As amostras utilizadas serão camisas de motores da motocicleta Honda CRF 450 de 96mm de diâmetro interno revestidos com NIKASIL™ (composto de níquel e carbetto de silício), fornecidas por uma parceria com a Loughborough University.

Em seguida serão realizados os ensaios de texturização utilizando o aparato desenvolvido juntamente com os parâmetros descritos por Costa e Hutchings e otimizados por Rahmani et al. A avaliação topográfica das amostras produzidas será feita utilizando interferometria a laser.

O tribômetro Plint™ mostrado na figura (5) será utilizado para realização dos ensaios lubrificados, juntamente com testes de capacidade de carga utilizando um sensor capacitivo, sendo analisada a superfície desgastada utilizando o interferômetro para análise topográfica, além de microscopia ótica e MEV. Por fim com base na análise dos resultados será redigida a dissertação de mestrado.



Figura 5. Tribômetro Plint

3. REFERÊNCIAS

- Costa, H. L., Hutchings, I. M., 2007. “Hydrodynamic lubrication of textured steel surfaces under reciprocating sliding conditions”, *Tribology International*, Vol.40, pp. 1227–1238.
- Costa, H. L., Hutchings, I. M., 2014. “Some innovative surface texturing techniques for tribological purposes”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 19 de junho <<http://pij.sagepub.com/content/early/2014/06/18/1350650114539936>>
- Hutchings, I. M., 1992. “Tribology: Friction and Wear of engineering Materials.”, Ed. Arnold, London, UK, 273 p.
- Rahmani, R., Shirvani, A., Shirvani, H. “Optimization of Partially Textured Parallel Thrust Bearings with Square-Shaped Micro-Dimples”, *Tribology Transactions*, Vol.50, pp. 401-406.
- Ryk, G., Kligerman, Y., Etsion, I., 2008. “Experimental Investigation of Laser Surface Texturing for Reciprocating Automotive Components”, *Tribology Transactions*, Vol.45, pp. 444–449.

4. AGRADECIMENTOS

Agradecemos as entidades de fomento à pesquisa CAPES, CNPQ e FAPEMIG, bem como a todos os colegas e professores do LTM.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.