

TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE SUPERFICIAL DE SUPERFÍCIES RETIFICADAS

Cleudes Guimarães, LEPU, profcleudes@yahoo.com.br

Luciano Antônio Fernandes, LEPU, luciano.fernandes@mecanica.ufu.br

Saimon Vendrame, LEPU, saimon.vend@gmail.com

Rosemar Batista da Silva, LEPU, rsilva@mecanica.ufu.br

Resumo. A avaliação da integridade superficial das superfícies após um processo de retificação tem por finalidade identificar os parâmetros de entrada apropriados para um processo de retificação estejam adequados, e assim garantir uso seguro das peças produzidas durante trabalho segundo especificações de projeto, ou seja, a intercambialidade. Os principais fatores avaliados pela integridade superficial após a retificação são: os parâmetros de rugosidade relevantes, transformação de fase, tensão residual, microtrincas, desvios de forma e queima. Sendo este último item característico do processo de usinagem por abrasão em especial na retificação. Para cada um destes itens existe um ou mais métodos de investigação que serão recomendados em acordo com a necessidade e grau de responsabilidade de uso da peça, sem deixar de lado os fatores econômicos.

Palavras chave: Integridade superficial, retificação, queima.

1. INTRODUÇÃO

No início da década de 1960, a falha prematura de algumas peças foi o motivo de profundas investigações. Como não se constataram erros de projeto, de fabricação ou na matéria-prima utilizada, foi investigada a possibilidade de as falhas terem sido provocadas por alterações nas características do material da peça durante a usinagem. Na época, os pesquisadores verificaram que durante o processo de fabricação ocorrem alterações na superfície ou em uma camada subsuperficial de ordem micrométrica, reduzindo a resistência à fadiga da peça. Assim surgiu a linha de pesquisa conhecida como integridade superficial (MOREIRA, 2012).

A retificação, assim como outros processos de usinagem, corresponde a um processo tribológico onde estão em contato o rebolo e a peça, envolvidos por um meio lubrificante/refrigerante. Existe atrito, desgaste e lubrificação, sendo que o atrito não produz uma expressiva taxa de remoção de material em retificação, pelo contrário, é a maior fonte de efeitos térmicos. O processo de retificação mesmo referido como abrasivo tem sua maior parcela de remoção de material por efeito cisalhante entre dois materiais dissimilares, grãos abrasivos constituindo o rebolo e a peça. A região do contato, o ponto de aplicação da energia decorrente do processo, é precedida por uma onda de tensões seguida de uma onda de calor na zona termicamente afetada. A profundidade e a intensidade da onda de calor também contribuem nos efeitos das tensões residuais e a amplitude do calor é tal que o material pode sofrer alterações metalúrgicas (BELLOWS, 1983), e desta forma afetando negativamente a integridade superficial da peça retificada.

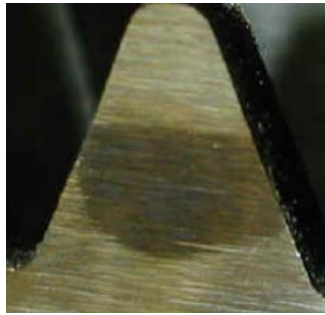
2. INTEGRIDADE SUPERFICIAL

Integridade superficial no sentido de engenharia pode ser entendida, segundo (DAVIM, 2010), como o conjunto de várias propriedades, tanto superficial quanto em profundidade, de uma superfície de engenharia que afetam o desempenho desta superfície em serviço. Dessa forma, o conceito de integridade superficial não pode ser definido em uma dimensão apenas, e não abrange somente a textura da superfície ou a sua forma geométrica. Esse termo engloba também outras características da superfície em serviço e de camadas abaixo desta.

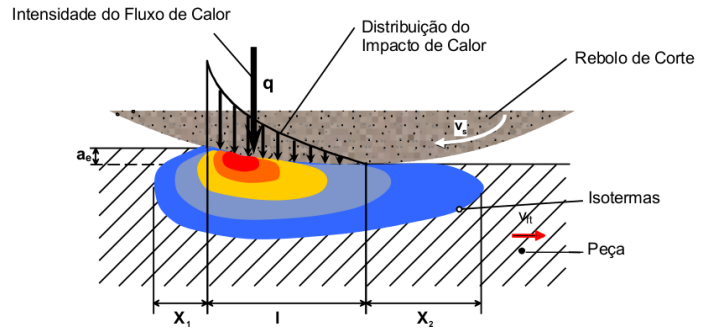
2.1. Danos Térmicos (deformação térmica)

Na retificação os danos térmicos mais comuns são: mudanças microestruturais, variação da dureza, áreas oxidadas e manchadas, empenamentos, deformações, trincas e perdas de tolerâncias (WEINGAERTNER et al., 2001). A Figura 1(a) apresenta um dano térmico em um dente de engrenagem após a usinagem, o dano é bem visível, o que compromete a peça e representa um prejuízo (DAVIM 2010), (b) representa o fluxo de calor no contato. Segundo MALKIN (1989), a queima superficial da peça influencia na alteração da microestrutura do material retificado.

Outra forma de exame visual de queima pode ser feito através do contraste de cores, após o ataque químico com Nital (HNO_3 e álcool), sobre a peça a ser avaliada, como se observa na Figura 2 (a), cujo material é o aço 16MnCrS5, de dureza 60HRC, que foi usinado por retificação de mergulho com óleo integral (ECOCUT HSG 915) (SEVERIANO, 2002). Na Figura 2(b) é mostrado mais uma vista de dano térmico após retificação (SAMULEWSKI, 2006).

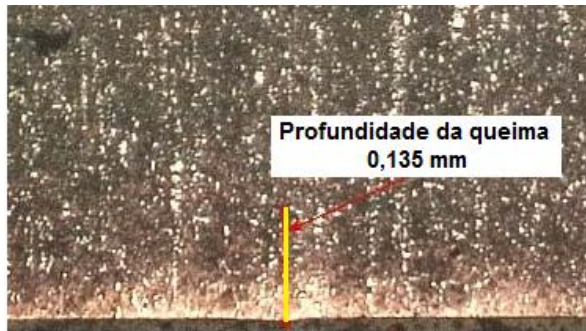


(a)

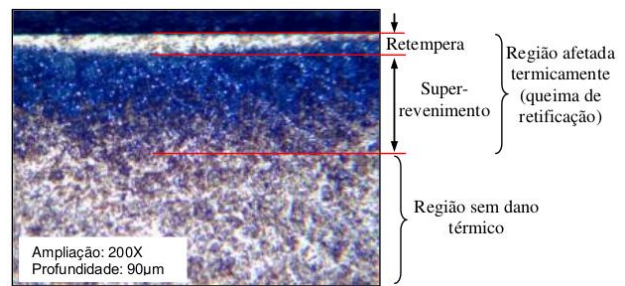


(b)

Figura 1. (a) Uma mancha após uma usinagem comprometendo a integridade superficial da peça (DAVIM 2010), (b) isotermas na peça, região de contato (BADGER, 2003 apud SAMULEWSKI 2006).



(a)

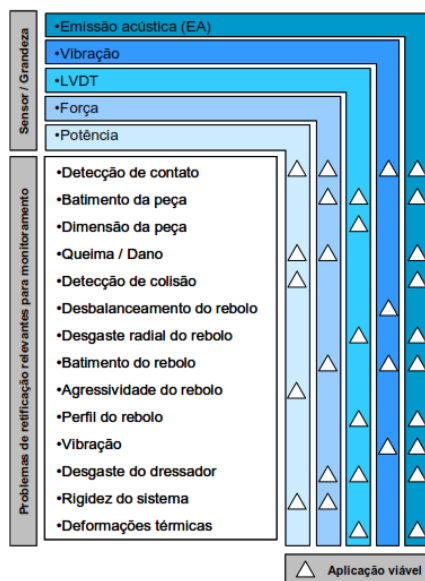


(b)

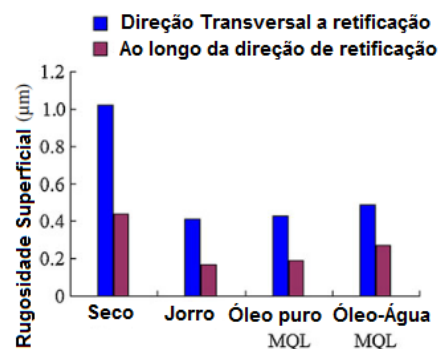
Figura 2. (a) Exemplos de camada afetada pelo calor (SEVERIANO, 2002), (b) (SAMULEWSKI, 2006)

2.2 Rugosidade

A retificação é um processo de usinagem destinado ao acabamento de superfícies e produção de tolerâncias mais estreitas em peças, mas o baixo valor de rugosidade é um dos principais aspectos desejados. Esta rugosidade é influenciada por diversos fatores, como: a granulação do rebolo, seu estado de afiação, o tipo de operação, (mergulho ou passagem), o tempo de centelhamento (*spark-out*), o balanceamento do rebolo, a rigidez da máquina e as vibrações geradas durante a operação (KANE, 2002). Alguns sensores são usados para monitorar parâmetros da operação de retificação, dentre eles os mais usuais são força, potência e sinais emissão acústica. Cada um apresenta vantagens e limitações. A Figura 3 (a) apresenta as características principais de alguns deles, uma vez tendo o controle de certas variáveis podemos melhorar a rugosidade da peça retificada e (b) ilustra como o posicionamento do bocal, a quantidade e tipo de fluido interferem no acabamento superficial, ou seja, a lubri-refrigeração na retificação é importantíssima e deve ser estudada.



(a)



(b)

Figura 3. (a) Problemas de retificação relevantes para monitoramento versus sensor, (b) Rugosidade da superfície versus direção de retificação para diferentes sistemas lubri-refrigerantes

2.3 Tensão residual e consequentes trincas

As tensões residuais são aquelas que permanecem na peça quando todas as forças externas e/ou gradientes de temperatura são removidos (LU, 1996). Uma das principais causas de seu aparecimento é a ocorrência de deformações plásticas não uniformes ao longo de uma seção da peça, causadas por efeito térmico e mecânico. A Figura 4 (a) ilustra esquematicamente essa variação de temperatura em um curto comprimento, a uma pequena profundidade abaixo da superfície de contato peça/rebolo e (b) ilustra uma trinca superficial após uma retificação.

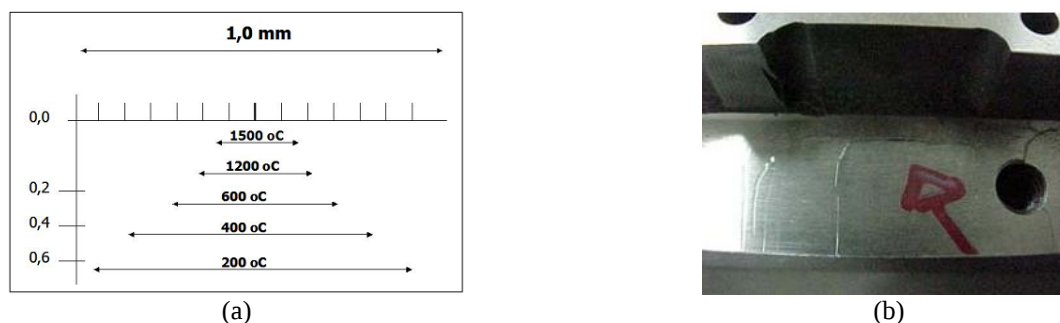


Figura 4. (a) Perfil de temperaturas considerando uma região de contato peça/rebolo de 1,0 mm – valores. (BRASIMET apud Muniz (2009)), (b) Imagem de aço temperado AISI 01 (60 HRC) com trincas causada por retífica (Muniz, 2009)

As tensões residuais têm grande influência sobre a nucleação e/ou propagação de trincas. Tensões residuais de compressão são consideradas benéficas nas propriedades mecânicas, aumentando resistência à fadiga, já tensões de tração são prejudiciais à resistência mecânica, à corrosão e ao desgaste (MALKIN, 1989).

As técnicas usuais para determinação da tensão residual são classificadas como semi destrutivas, destrutivas e não destrutivas. Os detalhes desta classificação estão apresentados na Tabela 1. Os métodos não destrutivos têm por característica medir as variações de parâmetros físicos ou cristalográficos do material em análise, quando estes estão sob a ação de tensões residuais. Esse método é o mais completo até o momento, pois através dele é possível determinar de maneira combinada todas as tensões existentes na peça analisada, sejam elas microscópicas, sub microscópicas ou macroscópicas, no entanto, não há a possibilidade de distinção entre elas.

Tabela 1. Métodos de detecção de tensão residual (SOUZA, 2012).

Classificação	Principais Métodos	Comentários
Semi destrutivos	Método do furo cego (normalizado pela ASTM-E-837)	Execução de um furo de diâmetros entre 0,8 e 3,2mm
Destrutivos	Método da remoção de camadas (Método da deflexão)	Camadas retiradas por ataque químico. Pode estar aliada ao método difração de raios-X.
	Método do seccionamento	Corte parciais longitudinais ou transversais de peças assimétricas.
Não destrutivos	Método da difração de raios-X (normalizada pela SAE-J784a)	Variação das distâncias entre os planos atômicos.
	Método da difração de nêutrons	Semelhante aos raios-X, com inspeção em todo volume.
	Método ultrassônico	Variação da velocidade de ondas ultrassônicas, interior do material.
	Método magnético	Propriedades magnéticas, indução e efeito BARKHAUSEN.

3. CONCLUSÃO

Os efeitos indesejáveis na superfície devem ser monitorados, pois a maior parte das trincas que iniciam o processo de falha se origina na superfície do material. Isto implica que as condições da superfície afetam fortemente a resistência a fadiga. Desta forma, determinar os parâmetros de entrada que promovam o aparecimento de tensões de compressão na

superfície favorecerá a resistência à fadiga. Outros fatores podem influenciar no acabamento da peça e na sua vida de trabalho. São eles o tipo de fluido de corte, concentração, forma de aplicação e a elaboração de formatos especiais do bocal. Portanto, em função do processo de retificação possuir muitos parâmetros isso o torna mais complexo que os outros processos de usinagem com ferramenta de geometria definida, de forma que se faz necessário o um conhecimento mais aprofundado da influencia dos parâmetros de entrada na integridade superficial das peças usinadas.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Programa de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da UFU, a CAPES/CNPq, PROEX e FAPEMIG.

5. REFERÊNCIAS

- DAVIM, J. P.**, Surface Integrity in Machining, ed. Springer, 1 ed., Portugal, 2010.
- KANE, D.**, Análise da Integridades superficial na retificação dupla face de anéis de aço inoxidável ISO 6621- 3MC66 nitretado, dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá – Instituto de Engenharia Mecânica – 2002.
- MALKIN, S.**, Grinding technology theory and applications of machining with abrasive. 1^a ed., cap. 5 e 6, p. 108 – 171, Chichester, Ellis Horwood Limited, 1989.
- MAO, C.; TANG, X.; ZOU, H.; ZHOU, Z.; YIN, W.**, Experimental investigation of surface quality for minimum quantity oil – water lubrication grinding, Int. J. Adv. Manuf. Technol. (2012) 59.93-100.
- MOREIRA, S. R. da SILVA;** Energia Específica de Corte e Integridade Superficial no Microfresamento do Aço ABNT 1045, Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus Ilha Solteira – SP – 2012.
- MUNIZ, J.A.**, 2009. Retífica. Apresentação. Notas de aula. Universidade Pernambuco. 77 p.
- SAMULEWSKI, G.** Otimização do Processo de Retificação de Peças Prismáticas, 2006. 64p. Monografia- Centro Universitário Positivo Curitiba - PR.
- SEVERIANO, A. C.**, Retificação de Aços com Rebolo de CBN ligado Galvanicamente Sobre Corpo de Alumínio, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – 2002.
- SCHÜHLI, L. A.**, Monitoramento de Operações de Retificação Usando Fusão de Sensores, Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos – SP – 2007.
- SOUZA, D. A.**, Determinação de Tensões Residuais em Materiais Metálicos por Meios de Ensaio de Dureza, Universidade Federal de São João Del-Rei – UFSJ – 2012.