

INFLUÊNCIA DA QUEIMA DE RETIFICAÇÃO EM AÇO RÁPIDO NA ENERGIA ESPECÍFICA DE RISCAMENTO

Saimon Vendrame, LPU, saimon.vend@gmail.com
Déborah de Oliveira, LPU, deborahrpoliveira@gmail.com
Ricardo Spini Paranaíba, LTM, ricardo-spini@bol.com.br
Rosemar Batista da Silva, LPU, rsilva@mecanica.ufu.br

Resumo. Na retificação é muito comum obter acabamento indesejado e muitas vezes com presença de alterações na microestrutura (danos de efeito térmico) devido às altas temperaturas alcançadas no processo em função de condições de corte inadequadas. Quanto a alteração é significativa com perda elevada de dureza e com superfície retificada com cor azulada ela é chamada de queima de retificação. Neste sentido, é importante estudar e conhecer as características destas superfícies que sofrem danos a fim de propor parâmetros de corte adequados, de forma a realizar um processos de retificação eficiente. Neste trabalho, foram comparadas superfícies usinadas com e sem queima, em relação à resistência ao riscamento através do ensaio de esclerometria pendular. Este ensaio quantifica a energia gasta para promover o riscamento da peça e é um indicativo de perda ou aumento de dureza de um material que foi processado. Os resultados mostraram que peças com queima apresentaram maior energia por unidade de volume removido em relação aquelas sem queima. Este efeito é causado pela queda de dureza sub- superficial característica da queima em materiais endurecidos por tratamento térmico, como os Aços-rápidos.

Palavras chave: retificação, queima, esclerometria, energia específica, Aço-rápido.

1. INTRODUÇÃO

A retificação é um processo que utiliza grãos abrasivos para promover a remoção de material. Este processo, apesar de ter como resultado tolerâncias estreitas e e ótimo acabamento superficial (menor que $1,6\mu\text{m}$), muitas vezes apresenta danos na superfície. Uma das causas é que os abrasivos utilizados são pobres condutores de calor, assim o calor passa preferencialmente para a peça. A severidade deste dano, também conhecido como queima de retificação, depende da temperatura a qual a superfície da peça foi aquecida (Davim, 2010).

A queima é caracterizada pela mudança microestrutural nas regiões próximas a superfície retificada da peça. Essa mudança é causada pelas altas temperaturas desenvolvidas durante o processo, e dependendo do material pode causar o endurecimento através de uma têmpera ou um amolecimento, devido ao revenimento. Na retificação de aços endurecidos, como os Aços-Rápidos, há geralmente algum amolecimento devido ao revenimento próximo a superfície (Malkin, 2008).

A energia específica é característica de cada material, definida como a energia necessária para remoção de uma unidade de volume. Quanto maior a energia específica, maior quantidade de energia na região de retificação é convertida em calor. Ela é um indicativo de eficiência do processo, e quanto maior, menos eficiente é um processo de usinagem. Assim há a tendência de monitorar a energia específica como um parâmetro de controle do processo de retificação. Se a energia específica aumenta com o tempo provavelmente significa que o rebolo precisa ser dressado (Marinescu et al. 2004).

Desta forma pode-se afirmar que a energia específica depende do processo e do próprio material. Porém esta energia também pode ser enxergada como a resistência do material ao riscamento. Quanto mais resistente ao riscamento, maior será a resistência ao desgaste abrasivo, porém mais difícil será a remoção de material através de processos de usinagem. Neste contexto este trabalho tem o objetivo quantificar a diferença de resistência ao riscamento entre peças com e sem queima.

2. METODOLOGIA

O ensaio de esclerometria pendular consiste em gerar um risco na amostra através da passagem de um pêndulo, no qual é fixado um penetrador de material mais duro que a amostra. Este pêndulo é solto de uma distância conhecida e ao riscar a amostra continua o movimento empurrando uma escala, que marca a altura final. Através da diferença entre as alturas inicial e final pode-se calcular a variação de energia potencial. Esta variação, por sua vez, é equivalente a energia utilizada para promover o riscamento da amostra, sendo definida como energia de riscamento. A Fig. 1 mostra o equipamento utilizado para a realização dos ensaios, este foi projetado por Franco (1989) e pertence ao Laboratório de Tribologia e Materiais (LTM) da Universidade Federal de Uberlândia.

Foram avaliadas quatro amostras de Aço-rápido classe M3 temperado (65HRC) com dimensões de 10 mm x 10 mm x 60 mm e composição mostrada na Tab. 1, e densidade 8.1 kg/dm³ fornecida pelo fabricante.

Tabela 1 – Composição química (% em peso) do Aço-Rápido classe M3

Elemento	C	Cr	Mo	W	V	Fe
Porcentagem	1,21	4,25	5,00	6,00	3,00	Balanço

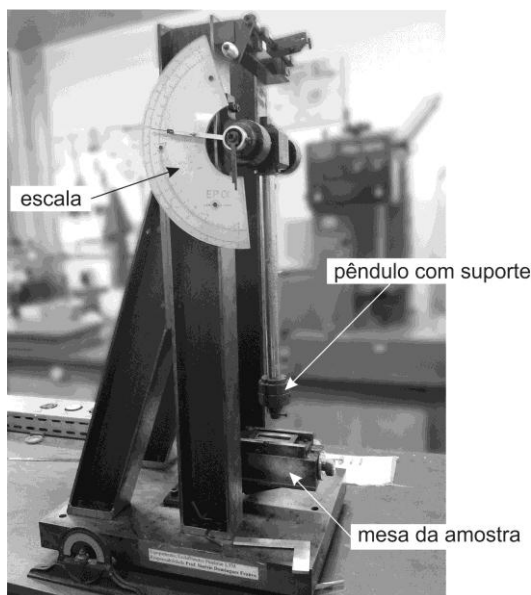


Figura 1 – Esclerômetro pendular utilizado nos ensaios, Franco (1989).

A preparação das amostras envolveu a utilização de retificação e lixamento. Das quatro amostras, duas delas foram retificadas e propositalmente foram selecionadas condições de corte que pudessem causar a queima da superfície. Para isso utilizou-se uma retificadora plana tangencial, do fabricante Mello, modelo P-36 com rotação máxima de 2400 rpm e potência de 3HP. Foi utilizado o rebolo de óxido de alumínio (AA46K6V) que foi dressado antes do início da operação. Os seguintes parâmetros de corte foram empregados: velocidade do rebolo (v_s) de 35 m/s e velocidade de avanço da mesa (v_w) = 10.000mm/min. Foi realizado apenas um passe com penetração de trabalho de 50 μ m.

Para efeito de comparação, as outras duas amostras passaram pelo processo de lixamento para retirar as irregularidades da superfície. Foram utilizadas lixas de diamante aglomerado, do fabricante Akasel, modelo Aka-Piatto, com granulometrias 600 e 1200 mesh, devido a elevada dureza das amostras. Nas Fig. 2(a) e 2(b) são mostradas as imagens das amostras lixadas (sem queima) e retificada (com queima), respectivamente.



Figura 2 – Amostras de Aço-Rápido utilizadas no ensaio: (a) sem queima, (b) com queima.

Para realização dos ensaios de esclerometria, a amostra foi fixada da mesa da amostra do esclerômetro pendular. Utilizando o ajuste de altura da mesa, a amostra foi levantada até que o penetrador tocasse a superfície. O penetrador utilizado foi confeccionado de metal duro (WC-Co) através de metalurgia do pó com ângulo de ataque de 45°. Após o procedimento de referenciamento, a amostra foi afastada e o pêndulo fixado na parte superior. Utilizando a escala do equipamento, foram feitos riscamentos com profundidades nominais de 50 μ m a 200 μ m, em intervalos de 25 μ m. Foram realizados no máximo 4 riscos por face da amostra distanciando de pelo menos duas vezes a largura entre um risco e outro. Desta forma, foram realizados 14 ensaios para cada condição de amostra. Para cada riscamento foi anotada a variação de energia fornecida pela escala e subtraído do valor de energia livre, de modo a eliminar a energia perdida por atrito do equipamento. Na Tab. 2 são mostrados os parâmetros utilizados nos ensaios de esclerometria.

Tabela 2- Parâmetros do ensaio de esclerometria pendular

Massa (Kg)	0,877
Energia livre (J)	1,0
Velocidade de precursão (m/s)	4,9
Ângulo inicial (°)	154°
Ângulo do penetrador (°)	45°

Após os ensaios, foi realizada a medição do volume de material removido para cada risco. A medição foi feita via técnica da interferometria a laser 3D, do fabricante UBM, modelo MESSTECHNIK MicroFocus. Para o cálculo do volume desgastado (removido das amostras), utilizou-se o programa Digital Surf Mountains Map universal. Foram selecionados os seguintes parâmetros para a medição: densidade de pontos de 1000 x 10 pontos por milímetro, taxa de medição de 300 pts/ e área de medição suficiente para abranger todo o risco.

Através da medição dos volumes e da energia obtida nos ensaios, foi calculada a energia específica para cada um dos riscamentos. A energia específica de riscamento é definida como sendo a razão entre energia de riscamento e a perda de massa verificada na amostra, Eq. (1) (Franco, 1989).

$$e = \frac{E}{\Delta m} \quad (1)$$

O cálculo da energia específica permitiu correlacionar com o volume removido em cada ensaio. A influência da variação volumétrica na energia específica de riscamento segue um modelo de potência, Eq. (2), onde k e q são constantes características dos materiais (Franco, 1989).

$$e = k \cdot V^q \quad (2)$$

Desta forma a partir dos coeficientes k e q obtidos pelos resultados experimentais é possível comparar as equações que relacionam energia específica e volume removido para as amostras sem e com queima.

3. RESULTADOS

Através dos valores experimentais da energia específica e do volume de material removido foram obtidos os coeficientes da Eq.(2) através de uma regressão exponencial. Os valores são mostrados na Tab. 3. Conforme mostrado nesta tabela, o coeficiente de correlação R² das equações é alto, indicando, portanto, que as equações obtidas são representativas em relação aos valores experimentais. Na Fig. 3 são mostradas as curvas para as equações utilizando os coeficientes obtidos experimentalmente.

Tabela 3 – Coeficientes da equação para as amostras com e sem queima

Condição:	Aço Rápido M3	
	Sem Queima	Com queima
k	4,00	3,29
q	-0,923	-1,153
R²	0,972	0,913

Conforme mostrado na Fig. 3 a amostra com a presença de queima na superfície apresenta valores maiores de energia específica, quando comparados com amostras sem queima, para um mesmo volume de material removido. A energia foi quase 4 vezes maior que aquela para a superfície sem queima para volumes de remoção de material pequenos. Isso significa que para remover uma unidade de volume de uma amostra com superfície queimada é necessária maior quantidade de energia.

Para materiais endurecidos, que apresentam queima, há geralmente queda da dureza na superfície devido ao revenimento causado pelo acúmulo de calor do processo de retificação. Com a queda de dureza pode haver mudança no comportamento do material quanto aos mecanismos de remoção. Há uma tendência maior de deformação plástica em materiais com menor dureza e, dessa forma, a maior tendência de sulcamento, ao invés de cisalhamento (corte). O fato do material com queima apresentar maior resistência ao riscamento não implica na maior resistência ao desgaste. Para isso devem ser realizados outros testes que avaliem os mecanismos de desgaste ao qual o material é submetido.

O aumento da energia específica evidencia não somente a perda de capacidade de corte do processo, como também a mudança de comportamento do material. De acordo Marinescu et al. (2004), o aumento da energia específica, controlado através do monitoramento das forças de retificação, pode indicar a perda da eficiência do processo em

Saimon Vendrame, Deborah de Oliveira, Ricardo Spini Paranaíba, Rosemar Batista da Silva
 Influência da Queima de Retificação na Energia Específica de Riscamento para Aços Rápidos
 remover material, o que causa a queima. Os resultados deste trabalho indicam que esta energia, além da eficiência, pode ser alterada devido às condições microestruturais da superfície.

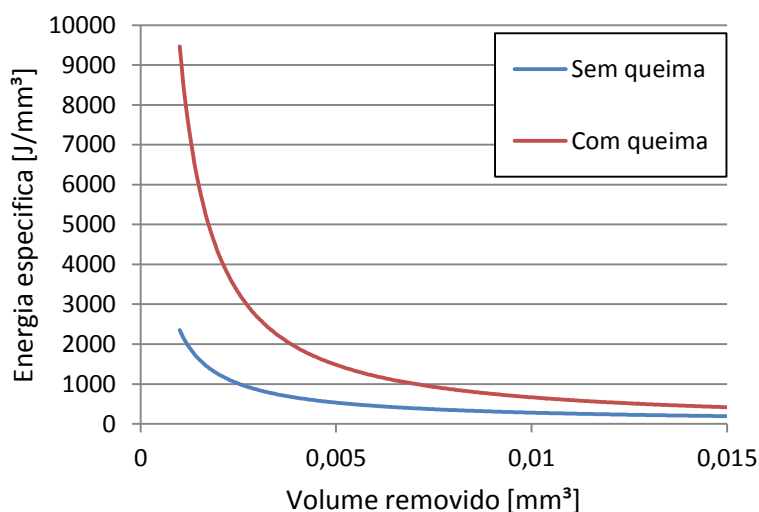


Figura 3 – Energia específica em relação ao volume de material removido.

4. CONCLUSÕES

Através dos resultados é possível concluir que:

- A queima em superfícies retificadas causa o aumento da energia específica de riscamento em Aços-Rápidos classe M3.
- Ensaios tribológicos como o de esclerometria pendular são úteis para compreender os fenômenos de usinagem, como foi o caso deste trabalho nas condições investigadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, CNPq e CAPES- PROEX pelo apoio financeiro com aquisição de insumos e diárias para realização de trabalho de campo na empresa OSG. Agradecem ainda à empresa OSG Sulamericana pelo fornecimento das amostras. Um dos autores agradece a FAPEMIG pelo apoio financeiro disponível via PPM-VII, Processo N°: PPM-00265-13.

6. REFERÊNCIAS

- DAVIM, J. P., Surface Integrity in Machining , ed. Springer, 1 ed., Portugal, 2010
- FRANCO, S. D., 1989, “Contribuição ao Estudo do Desgaste Abrasivo de Materiais Polifásicos”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia, MG, Brasil, 115 p.
- MALKIN, S. e GUO, C. Grinding Technology: Theory and Application of Machining with Abrasives, 2 ed., Industrial Press Inc., 2008
- MARINESCU, I. D.; HITCHINER, M.; UHLMANN, E.; ROWE, W. B. Handbook of Machining with Grinding Wheels: Manufacturing Engineering and Materials Processing, ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Londres-UK, 2007, 596 p.