



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá
Brasil

Pereira Rodrigues, Jean Robert; Cruz, Cludsonor; Domingues Franco, Sinésio
Análise da topografia da superfície usinada por descargas elétricas do aço-rápido ABNT M2
Acta Scientiarum. Technology, vol. 33, núm. 1, 2011, pp. 27-30

Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226530001>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Análise da topografia da superfície usinada por descargas elétricas do aço-rápido ABNT M2

Jean Robert Pereira Rodrigues^{1*}, Claudionor Cruz² e Sinésio Domingues Franco³

¹Departamento de Engenharia Mecânica, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Estadual do Maranhão, Av. Lourenço Vieira da Silva, s/n, 65055-310, Cidade Universitária Paulo VI, Tirirical, São Luís, Maranhão, Brasil. ²Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. ³Departamento de Engenharia de Materiais, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: jrobert@cct.uema.br

RESUMO. A usinagem por descargas elétricas é um processo excepcional para usinagem de formas complexas em materiais condutores elétricos, principalmente para aqueles de alta dureza, difíceis de serem usinados por processos tradicionais. Em cada descarga, uma cratera é formada no material e uma pequena cratera é formada no eletrodo. De todo material fundido produzido em cada descarga, só 15%, ou menos, são removidos através do fluido dielétrico. O restante do material fundido solidifica-se formando uma superfície rugosa. As características da superfície obtida, sobreposição de crateras, glóbulos de impurezas, "chaminés", bolhas (formadas quando os gases presos são liberados através do material resolidificado), são reveladas através de uma análise por microscopia eletrônica de varredura. O trabalho proposto tem por objetivo estudar o efeito de vários fluidos dielétricos, sobre topografia da superfície e taxa de remoção de material (TRM), no aço rápido ABNT M2, durante a usinagem por descargas elétricas.

Palavras-chave: usinagem por descargas elétricas, fluido dielétrico, crateras e topografia da superfície.

ABSTRACT. Analysis of surface topography in electrical discharge machining of ABNT M2 high speed steel. The electrical discharge machining is an exceptional procedure for machining complex shapes into electric conductor materials, mainly for those of high hardness, difficult of machining by traditional processes. At each discharge, a crater is formed in the material and a small crater is formed in the electrode. From every molten material produced in each discharge, only 15%, or less is removed through the dielectric liquid. The remaining of molten material solidifies forming a wrinkled surface. The characteristics of the obtained surface, as overlap of craters, globules of sullage, "chimneys", bubbles (formed when trapped gases are released through the resolidified material), are revealed through an analysis by scanning electron microscopy. The proposed study aimed to examine the effect of several dielectric fluids, on the surface topography and material removal rate, in workpiece of high speed steel (ABNT M2), during the electrical discharge machining.

Keywords: electrical discharge machining, dielectric fluids, craters and surface topography.

Introdução

Durante a Segunda Guerra Mundial, a necessidade de acelerar a produção industrial e a escassez de mão-de-obra impulsionaram a pesquisa de novas tecnologias, visando tornar possível o aumento da produção, com um mínimo de desperdício. Esse esforço marcou o início, entre outras realizações, da era da eletroerosão. A usinagem por eletroerosão, ou usinagem por descargas elétricas, ou EDM (Electrical Discharge Machining), é um processo indicado na usinagem de formas complexas em materiais condutores elétricos, especialmente aqueles de alta dureza, difíceis de serem usinados por processos tradicionais. Suas maiores aplicações são: fabricação de matrizes para estampagem, forjamento, fieiras para trefilção, extrusão, moldes de plástico, e mesmo na

afiação de ferramentas ultraduras (CBN e PCB) para atender aos processos tradicionais de usinagem ou para o setor de ferramentaria em geral (RODRIGUES et al., 2008).

Segundo Mahardika et al. (2008), ao se usar qualquer componente deve-se ter em mente que existem dois importantes aspectos que devem ser definidos e controlados. O primeiro está relacionado com as irregularidades geométricas da superfície e é denominado textura superficial, e o segundo, com as alterações metalúrgicas da superfície e camada subsuperficial, denominado integridade superficial. No processamento de alguns produtos, esses dois aspectos (textura superficial e integridade superficial) devem ser definidos, medidos e mantidos dentro dos limites especificados.

Mahardika et al. (2008) citam que as principais causas de alterações superficiais produzidas pelo processo de usinagem por eletroerosão são: altas temperaturas geradas no processo; reações químicas; excessiva corrente elétrica e densidade de energia durante a usinagem.

Durante cada descarga elétrica, altas temperaturas são geradas, causando fusão local ou mesmo evaporação do material a usinar. Em cada descarga, uma cratera é formada no material e uma pequena cratera é formada no eletrodo. De todo material fundido produzido em cada descarga, só 15%, ou menos, são retirados pelo líquido dielétrico. O restante do material fundido solidifica-se formando uma superfície rugosa. As características da superfície obtida, sobreposição de crateras, glóbulos de impurezas, "chaminés", bolhas (formadas quando os gases presos são liberados pelo material resolidificado), são reveladas pela análise por microscopia eletrônica de varredura (SIMAO et al., 2003; TSAI; WANG, 2001).

A forma e o volume de uma cratera, gerada em uma superfície usinada por descargas elétricas, estão diretamente relacionadas com a taxa de remoção de material que determinam por sua vez a rugosidade final da superfície (HO; NEWMAN, 2003).

Segundo Wang et al. (2007), a rugosidade superficial da peça usinada pelo processo EDM, tende a diminuir com o aumento da frequência e com a redução da corrente. O referido autor relata que a usinagem por descargas elétricas tende a produzir uma superfície caracterizada por ser totalmente preenchida por pequenas crateras cuja profundidade e diâmetro variam de 2 a 13 μm e 12 a 60 μm , respectivamente, quando se usina em regimes de baixa e alta energia.

O parâmetro rugosidade média R_a , obtido em uma superfície usinada pelo processo EDM, atinge valores na faixa de 0,2 a 12,5 μm , tendo em vista que o tamanho da cratera varia diretamente com a energia da descarga e com regime de usinagem empregado. A formação dessas crateras também sofre influência do fluido dielétrico e do material do eletrodo empregado (SINGH et al., 2004).

De acordo com Kumar et al. (2009), a abundância de glóbulos na superfície se deve ao fato de gotículas de material fundido, serem expelidas das mais variadas formas durante as descargas e logo após se ressolidificam na superfície da peça. Estas afetam fortemente a rugosidade superficial de peças usinadas por EDM.

Como atualmente poucas pesquisas estão sendo desenvolvidas visando estudar o efeito dos fluidos dielétricos no processo EDM, houve a idéia de

pesquisar tal assunto, já que os trabalhos citados anteriormente pelos autores apresentam resultados importantes sobre a textura superficial no processo EDM. O objetivo principal desta pesquisa é estudar o efeito de diferentes fluidos dielétricos, sobre a topografia de superfície na camada superficial e taxa de remoção de material (TRM) durante a usinagem por eletroerosão do aço-rápido ABNT M2 em regime de desbaste. A escolha desse aço se deve ao fato de ser bastante utilizado como ferramenta de corte, e sua aplicação só não é maior por causa de sua baixa usinabilidade por processos tradicionais de usinagem.

Material e métodos

Em virtude deste trabalho ser desenvolvido com a aplicação de eletrodo de cobre durante o processo de usinagem por descargas elétricas, mencionam-se na Tabela 1 algumas características específicas do bits de aço rápido, que serão de fundamental importância para compreensão deste trabalho. As vistas lateral e frontal da peça de aço rápido ABNT M2 são apresentadas na Figura 1.

Tabela 1. Características específicas da peça de aço rápido ABNT M2.

Ponto de Fusão	Ponto de Ebulição	Resistividade Elétrica	Módulo de Elasticidade	Utilização	Custo	Acabamento superficial
1.083°C	2.580°C	0,017 $\mu\Omega\text{m}$	124 x 10 ³ N	Larga	Baixo	mm ⁻²

Foi utilizada também peça de aço rápido ABNT M2 da marca tool master (denominadas de "Bits") com a seguinte composição química: 0,85% de Carbono; 4,30% de Cromo; 1,90% de Vanádio; 6,40% de Tungstênio e 5,00% de Molibdênio e, segundo o fabricante, sua dureza varia de 64 a 66RC. Entretanto, testes realizados em 27 amostras, em um total de 25 medições, apresentam uma dureza média de 60 HRc com desvio-padrão de 4,0 pontos. A escolha deste material se deve ao fato de ser o mesmo largamente utilizado na fabricação de ferramentas, e principalmente por ser considerado um material de difícil usinagem por processos convencionais de usinagem.

O material utilizado foi adquirido na forma de barras de secção quadrada de 9,525 mm de lado, e comprimento de 127 mm. Quanto à procedência, o material utilizado foi fabricado pelo fornecedor Avibas e beneficiado por Tool Master Ind. Metalúrgica Ltda.

O motivo para a fabricação da geometria do eletrodo-ferramenta apresentada na Figura 2 está diretamente relacionado com a lavagem, isto é, a remoção de resíduos erodidos da interface ferramenta-peça. A injeção do dielétrico por dentro do eletrodo, associada com o mecanismo de avanço e

retrocesso ultrarrápido da máquina, permite a obtenção de condições de limpeza adequadas, que são essenciais para se obter melhores rendimentos durante a usinagem dos “bits”, além de manter as características físicas e químicas do mesmo. Outra colocação importante, é que a conicidade existente na extremidade do eletrodo, permite que os resíduos provenientes da usinagem passem lateralmente pela zona de trabalho entre o eletrodo e a peça.

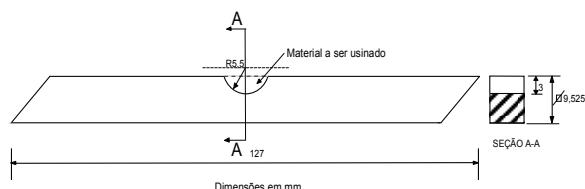


Figura 1. Configuração da geometria da peça usinada (aço rápido ABNT M2).

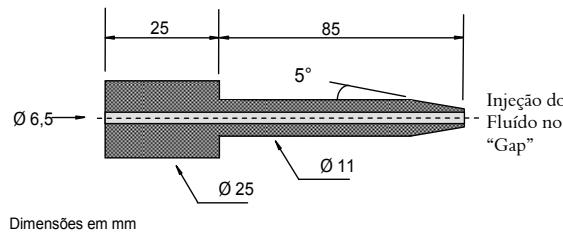


Figura 2. Representação esquemática do eletrodo-ferramenta de cobre.

Para o regime estabelecido, teoricamente espera-se que qualidades diferentes dos fluidos dielétricos promovam rendimentos diferenciados no acabamento superficial e taxa de remoção de material. Os parâmetros para realização dos experimentos foram: vazão = $76,92 \text{ mL s}^{-1}$, volume de dielétrico = 36 L, além de serem utilizados três óleos hidrocarbonos de procedência industrial citados em todo texto como óleos A, B e C, identificados na lista de símbolos e abordados suas características na Tabela 2. Utilizou-se do manual da máquina EDM para determinação das variáveis mais adequadas para a condição de corte: tensão de 60 V, corrente de 25 A, $T_{on} = 200 \mu\text{s}$ e $T_{off} = 10 \mu\text{s}$.

Tabela 2. Propriedades químicas dos fluidos dielétricos identificados por seus respectivos fabricantes e usados nos ensaios definitivos para usinagem no regime de desbaste do aço rápido ABNT M2.

Fluidos dielétricos	Viscosidade cSt a 40°C	Massa específica $\rho \text{ cm}^{-3}$	Ponto de Fugor °C
Óleo A	4,1	0,873	150
Óleo B	1 - 2	0,76 - 0,82	150 - 300
Óleo C	3,7 - 4,7	0,836 - 0,933	min. 104

As condições de corte adotadas para o regime de desbaste, na usinagem das peças de aço rápido

ABNT M2 com eletrodo-ferramenta de cobre eletrolítico, podem ser vistas na Tabela 3.

Tabela 3. Condições de corte adotadas para usinagem do aço rápido ABNT M2 com eletrodo-ferramenta de cobre eletrolítico no regime de desbaste.

Regime	Tensão (V)	Corrente (A)	$T_{on} (\mu\text{s})$	$T_{off} (\mu\text{s})$
Desbaste	60	25	200	10

Resultados e discussão

A análise mais detalhada da topografia das superfícies pode ser feita por meio da Figura 3, onde se pode observar com maior clareza os detalhes das regiões usinadas.

Por meio das micrografias da Figura 3, observa-se que as superfícies usinadas apresentam crateras sobrepostas, cavidades, bolhas, “chaminés”. Além disso, são observadas partículas esféricas fixas na superfície, proveniente do líquido fundido ejetado da região onde ocorreu a descarga. Tudo isso é confirmado por Kumar et al. (2009), quando concluiu em seus trabalhos, afirmando que as imperfeições originadas na superfície se devem ao fato das gotículas de material fundido serem expelidas das mais variadas formas durante as descargas, e logo após se ressolidificam afetando a rugosidade superficial.

Percebe-se, na micrografia da Figura 3a e c, a sobreposição de crateras, além de vales, bolhas etc. Na Figura 3b, tem-se a existência de crateras espaçadas, bem como placas de material refundido que se redepositaram de forma parcial sobre a superfície, com aparente aspecto superficial menos rugoso. Observa-se que houve melhora significativa no aspecto superficial desta com relação às obtidas pela usinagem com óleos A e C.

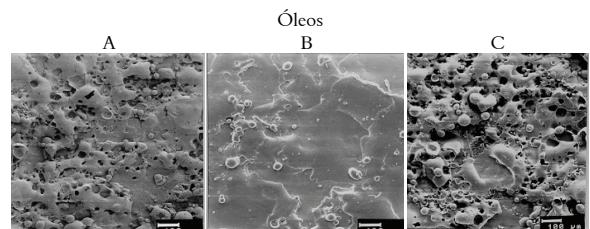


Figura 3. Micrografias obtidas por MEV da superfície usinada do aço rápido ABNT M2 por EDM, com os fluidos dielétricos A, B e C.

Com base nos valores apresentados no gráfico da Figura 4, verifica-se que a rugosidade superficial média das amostras usinadas apresentou as seguintes relações: R_a (óleo A) > R_a (óleo C) > R_a (óleo B). Estes resultados condizem com o aspecto superficial apresentado nas micrografias da Figura 3.

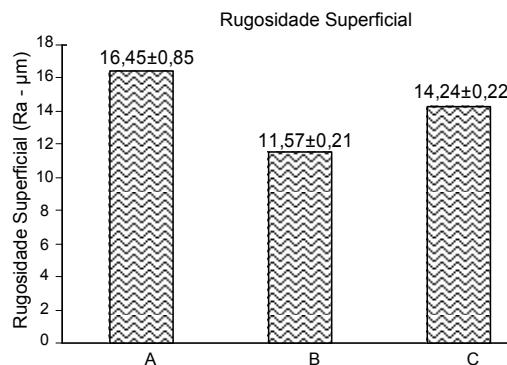


Figura 4. Rugosidade superficial média (Ra) gerada na usinagem de peças de aço rápido ABNT M2 com fluidos dielétricos (óleos A, B e C).

A Figura 5 apresenta a redução considerável no tempo de usinagem, de forma que isto propicia a obtenção de melhor taxa de remoção de material (TRM) quando se usina com o fluido dielétrico C em relação aos demais fluidos, tendo um ganho, respectivamente, de 14,88 e 33,31% na TRM em relação aos fluidos dielétricos A e B.

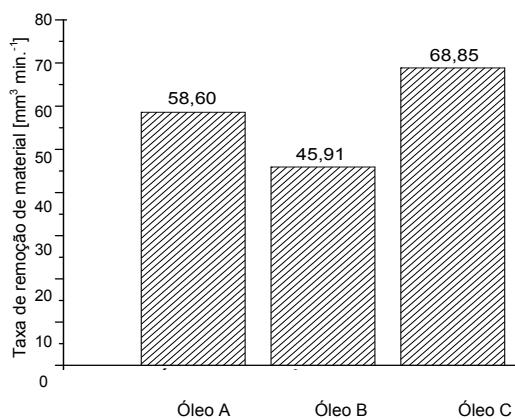


Figura 5. Taxas de remoção de material no processo EDM - Fluidos dielétricos: Óleo A, B e C (RODRIGUES et al., 2008).

Conclusão

Os testes realizados com diferentes fluidos dielétricos, na usinagem de barras de aço rápido ABNT M2 pelo processo EDM, permitem que sejam obtidas as seguintes conclusões:

- em todas as superfícies usinadas, foram observados glóbulos ou partículas esféricas, "chaminés", crateras e trincas resultantes do processo de usinagem. Uma atenção especial para as superfícies usinadas com o fluido dielétrico B por apresentaram melhor textura superficial, quando comparadas com as demais. A rugosidade Ra constata essa conclusão; e

- em geral, a ação do fluido dielétrico B tem maior eficiência que os fluidos A e C quando analisado o acabamento superficial. Em se tratando

da TRM, o fluido dielétrico C leva certa vantagem obtendo a redução no tempo de usinagem do aço rápido ABNT M2.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes, Fapema e ao CNPq, pelo apoio financeiro, a Mitsubishi Materials, pelo suporte técnico à Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica da UEMA e à Liasa S/A, pela doação do Silício em pó.

Referências

- HO, K. H.; NEWMAN, S. T. State of the art electrical discharge machining (EDM). *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 43, n. 13, p. 1287-1300, 2003.
- KUMAR, S.; SINGH, R.; SINGH, T. P.; SETHI, B. L. Surface modification by electrical discharge machining: A review. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 209, n. 8, p. 3675-3687, 2009.
- MAHARDIKA, M.; TSUJIMOTO, T.; MITSUI, K. A new approach on the determination of ease of machining by EDM processes. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 48, n. 5, p. 746-760, 2008.
- RODRIGUES, J. R. P.; CRUZ, C.; FRANCO, S. D.; ASSUNÇÃO, W. Avaliação da geração de microtrincas do aço rápido ABNT M2 no processo EDM com adição de SiC. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 30, n. 2, p. 173-179, 2008.
- SIMAO, J.; LEE, H. G.; ASPINWALL, D. K.; DEWES, R. C.; ASPINWALL, E. M. Workpiece surface modification using electrical discharge machining. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 2, n. 43, p. 121-128, 2003.
- SINGH, S.; MAHESHWARI, S.; PANDEY, P. C. Some investigations into the electric discharge machining of hardened tool steel using different electrode materials. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 12, n. 149, p. 272-277, 2004.
- TSAI, K. M.; WANG, P. J. Semi-empirical model of surface finish on electrical discharge machining. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 41, n. 3, p. 1455-1477, 2001.
- WANG, Y. G.; ZHAO, F. L.; WANG, H. A study on the effect of powder on surface quality in EDM finishing. *International Journal of Computer Applications in Technology*, v. 29, n. 2/3/4, p. 225-228, 2007.

Received on March 26, 2009.

Accepted on February 9, 2010.