

UTILIZAÇÃO DE FLUÍDOS DIELÉTRICOS À BASE DE ÓLEOS VEGETAIS NA USINAGEM POR DESCARGAS ELÉTRICAS POR PENETRAÇÃO

Lima, R. M.

CEFET-MG / Campus IV - Avenida Amazonas, 807 -Bairro São Geraldo - Araxá - MG - CEP.: 38180-084
rmontandon@araxa.cefetmg.br

Raslan, A. A.

Universidade Federal de Uberlândia - Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Bloco 1M – Uberlândia
MG - CEP: 38400-902
ltm-raslan@ufu.br

Resumo: Os fluídos dielétricos normalmente usados nos processos de usinagem por descargas elétricas por penetração (EDM) têm, em geral, preços elevados, são tóxicos, além de apresentarem dificuldades para armazenamento e descarte. Este trabalho tem por objetivo a utilização de cinco óleos vegetais na EDM por penetração comparando os seus resultados com querosene e um fluido mineral sintético específico para EDM. Os sete fluídos foram avaliados em regime operacional de desbaste, usando eletrodos de cobre e grafite, com geometria e dimensões similares. No material usinado, aço ABNT M2, foi medida a taxa de remoção de material (TRM) e avaliadas as modificações superficiais por microscopia eletrônica de varredura e interferometria laser. Os resultados mostraram a competitividade dos fluídos de origem vegetal, no regime de desbaste, em comparação com fluídos tradicionais, tanto nas usinagens com eletrodo de cobre quanto de grafite.

Palavras-chave: EDM, óleos vegetais, fluidos dielétricos, TRM, topografia.

1. INTRODUÇÃO

A usinagem por descargas elétricas (EDM) é um dos processos de remoção de material não convencional mais extensivamente usado. Sua característica única de empregar a energia térmica para usinar peças condutoras eletricamente independentemente da dureza tem sido sua vantagem distintiva na fabricação de moldes, matrizes componentes automotivos, aeroespaciais e cirúrgicos (Ho et al, 2003).

A usinagem por descargas elétricas é um processo de conformação em que o eletrodo ou ferramenta de usinagem reproduz a sua imagem ou geometria na peça. Na obtenção desta imagem, remove-se o material por descargas elétricas. Em geral, a remoção é feita sob um líquido não condutor de eletricidade, denominado dielétrico. A peça e a ferramenta são posicionadas de forma que, entre ambos, situa-se a fenda de trabalho. Ao aplicar-se uma tensão elevada tem-se uma descarga de uma faísca. Ocorre transmissão de calor que provoca a fusão e a evaporação de volumes de material. Assim a usinagem por descargas elétricas se caracteriza por ser um processo térmico, essencialmente (Pires et al, 2002).

A preservação do meio ambiente, as rigorosas leis de proteção ao trabalhador e a preocupação das empresas em baixarem os seus custos, mostra que este processo necessita de mais avanços tecnológicos no que diz respeito aos fluidos dielétricos derivados de petróleo. Estes fluidos - querosenes e os fluidos hidrocarbonados - , são tóxicos, além de apresentarem dificuldades para armazenamento e descarte.

2. METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados numa máquina de usinagem por descargas elétricas da marca Engemaq, modelo EDM 440 NC que possui um gerador de controle de pulso. Ela opera de forma automática após a seleção dos níveis de operações possíveis, mediante prévia seleção das funções disponíveis no painel gerador.

Todos os experimentos foram realizados dentro de uma cuba, desenvolvida no LTM (Rodrigues 1999), com capacidade para 10 litros. Nesta cuba não ocorreu a movimentação e filtragem dos fluidos testados. O reservatório da máquina possui capacidade para 420 litros de fluido, o que praticamente inviabilizaria os ensaios devido à grande quantidade de fluido a ser adquirido, trocado, limpeza para remoção do fluido testado e do alto custo. Desta forma, utilizou-se uma cuba menor, fixada dentro da cuba da máquina para a realização dos ensaios. A figura 1 mostra a cuba de 10 litros utilizada nos ensaios posicionada dentro da cuba da Engemaq.

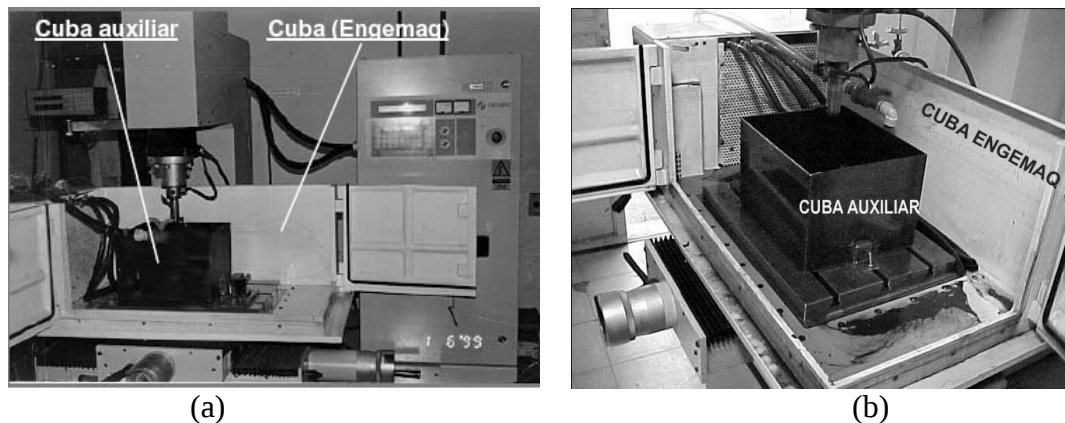


Figura 1: Cuba com capacidade para 10 litros utilizada nos ensaios. (a) – vista frontal e (b) - vista lateral.

O regime de usinagem utilizado nos ensaios foi o de desbaste. Na tabela 1 são mostrados os parâmetros usados para o regime de usinagem. No ensaio, foi cronometrado o tempo necessário para se usinar uma profundidade de 2 mm.

Tabela 1: Parâmetros utilizados para usinagens no regime de Desbaste.

PARÂMETROS	DESBASTE
Tempo de duração de cada descarga (μs) $\Rightarrow T_{on}$	450
Percentual relativo entre T_{on} e $T_{off} \Rightarrow (\%) DT$	70
Intensidade de corrente ajustável da máquina $\Rightarrow T_s$	8
Tempo de erosão (s)	15
Afastamento (mm)	3
Intervalo	0
<i>gap</i>	8
Sensibilidade do <i>gap</i>	7
Tempo de usinagem	Cronometrado após cada 2 mm de usinagem
Profundidade de usinagem	2 mm Padrão)

O regime e parâmetros de usinagem utilizados neste trabalho foram selecionados a partir de trabalhos prévios desenvolvidos no LTM (Fernandes, 1999; Arantes, 2001). Esta medida permite a comparação de resultados obtidos por diferentes pesquisadores.

Nos ensaios realizados com os fluidos, a corrente e a tensão não foram pré-determinadas, e sim os parâmetros de usinagem.

Neste trabalho foi usinado o aço ferramenta ABNT M2. As amostras usinadas tem a forma de uma barra de seção quadrada (*bits*) com dimensões de 3/8" x 4", conforme a figura 2. De acordo com o CIMM (2007), a densidade deste aço é 0,00768 [g/mm³] e composição química, % em peso, é dada na tabela 2.

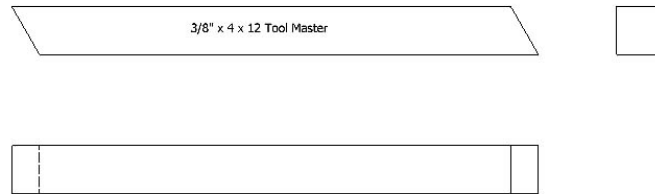


Figura 2: Dimensões (pol) da barra de aço ABNT M2 usado nos ensaios.

Tabela 2: Composição aproximada do aço ferramenta ABNT M2 em (%) (CIMM-2007)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W	V
0,78 - 0,88	0,15	0,20	3,75	0,30	4,50	5,50	1,75
0,095 - 1,05	0,40	0,45	4,50	max	5,50	6,75	2,20

As ferramentas utilizadas nos ensaios foram de cobre e de grafite com a mesma geometria e dimensões. Estas ferramentas são cilíndricas com furos passantes conforme pode ser vista na figura 3.

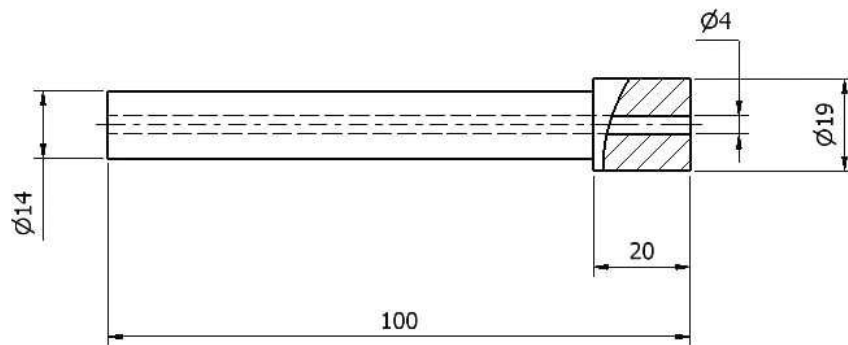


Figura 3: Dimensões (mm) das ferramentas de cobre e grafite utilizadas nos ensaios.

Na tabela 3 são apresentadas características físicas do cobre e da grafite.

Tabela 3: Características físicas do cobre e da grafite.

FERRAMENTA	Ponto de fusão [°C]	Densidade [g/cm ³]	Resistividade [μΩcm]
COBRE	1083	8,9	2
GRAFITE	3727	1,77	910

Nos ensaios foram utilizados cinco fluidos de origem vegetal com a seguinte nomenclatura:

LTM	02
<i>Sigla do Laboratório de Tribologia e Materiais</i>	<i>Número do fluido</i>

Os fluidos vegetais utilizados nos ensaios foram:

LTM 02	LTM 03	LTM 04	LTM 05	LTM 07
--------	--------	--------	--------	--------

Os fluidos derivados do petróleo utilizados nos ensaios e que serão usados para comparação com os fluidos vegetais foram o querosene e um óleo mineral sintético. Todos os fluidos não foram substituídos durante a realização dos ensaios, mesmo ocorrendo a mudança de ferramentas. Os resultados da TRM foram obtidos a partir de uma média de 3 testes.

A topografia das superfícies usinadas no regime de desgaste foi analisada via microscopia eletrônica de varredura e por interferometria laser.

Para a análise da morfologia da superfície usinada, foi usado um microscópio eletrônico de varredura Zeiss, modelo Leo 940 A. As amostras foram cortadas ao centro do furo (gerado pelo processo EDM) com disco abrasivo 01 TRE (Arotec) em equipamento Discotom. Foram realizadas micrografias com aumento de 100x buscando uma topografia que melhor representasse a superfície analisada.

Para a análise dos parâmetros da superfície, foi utilizado um interferômetro óptico a laser marca “UBM Microfocus Expert IV”. Foi escolhida uma parte da superfície usinada medindo 2 por 2 mm para levantamento da rugosidade, com varredura de 1000 x 50. A análise da superfície foi realizada utilizando o programa MountainsMap Universal.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da TRM dos fluidos dielétricos testados no regime de desgaste com ferramenta de cobre e grafites são mostradas na tabela 4 e no gráfico da figura 4.

Tabela 4: Valores da TRM obtidos no regime de desgaste com ferramentas de cobre e grafite.

FLUIDOS	TRM (mm ³ /min)	
	COBRE	GRAFITE
LTM 02	183,8 ± 1,6	145,6 ± 1,8
LTM 03	151,2 ± 1,1	117,4 ± 1,0
LTM 04	158,4 ± 3,6	132,8 ± 1,3
LTM 05	205,3 ± 3,1	139,1 ± 2,0
LTM 07	181,8 ± 1,6	149,5 ± 3,3
MINERAL	159,6 ± 2,7	101,2 ± 1,8
QUEROSENE	183,0 ± 0,9	119,9 ± 2,2

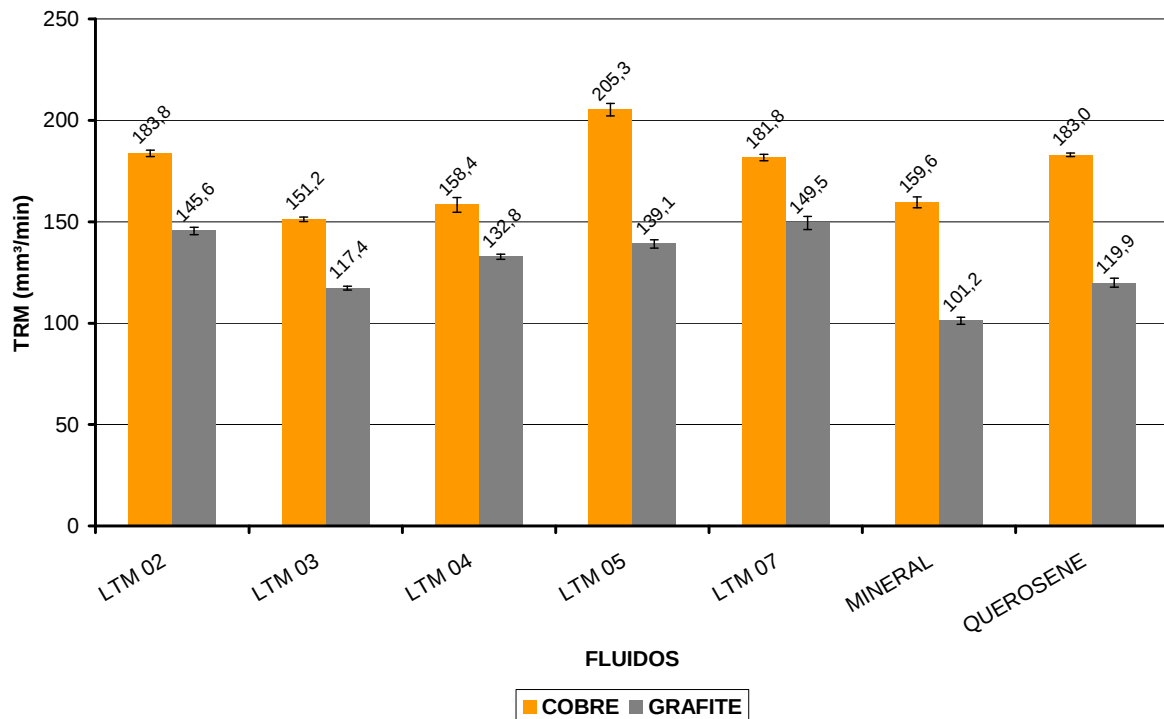


Figura 4: TRM's obtidas através do processo EDM em regime de desbaste com ferramenta de cobre e grafite.

Nota-se que alguns fluidos vegetais obtiveram desempenho semelhante e, em alguns casos, superior aos fluidos derivados do petróleo tanto com ferramenta de cobre, quanto com ferramenta de grafite. Observa-se ainda que os resultados obtidos com ferramenta de cobre foram superiores aos resultados obtidos com ferramenta de grafite.

Segundo Arantes (2003), a porosidade da grafite afeta o desempenho devido à contaminação por partículas de água, ar e dos próprios fluidos testados. O cobre apresenta melhor condutividade elétrica, já o grafite possui maior resistividade elétrica, o que proporciona ao cobre melhor desempenho.

O bom desempenho dos fluidos vegetais pode estar relacionado às suas características físico-químicas que precisam ser melhor investigadas.

Em trabalho realizado por Costa Brasil e outros (2006), na usinagem do aço M2 com ferramenta de cobre, no regime de desbaste, utilizando o fluido LTM 07, querosene e um fluido mineral sintético, foram observados que não há diferença significativa de desempenho entre estes fluidos em termos de TRM.

Além de mostrar a viabilidade do uso de fluidos vegetais no regime de desbaste estes resultados mostram que, sob o ponto de vista de TRM, os fluidos vegetais são vantajosos em relação aos fluidos derivados do petróleo.

Uma visão geral da morfologia das superfícies usinadas com os fluidos, utilizando ferramentas de cobre e grafite respectivamente no regime desbaste, é mostrada nas figuras 5 a 7.

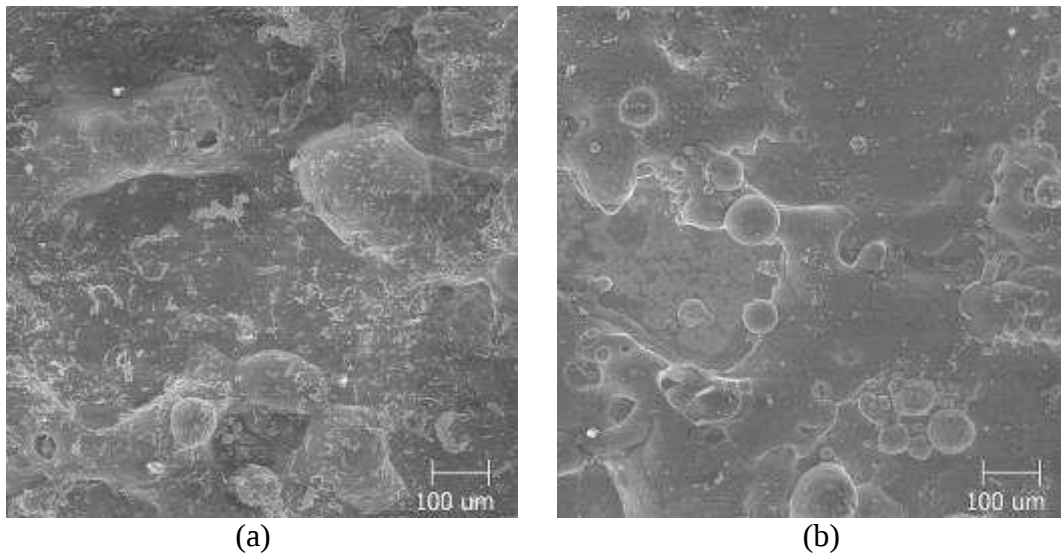


Figura 5: Imagens obtidas via MEV das superfícies usinadas por EDM com fluido LTM 02 utilizando ferramenta de: (a) cobre e (b) grafite.

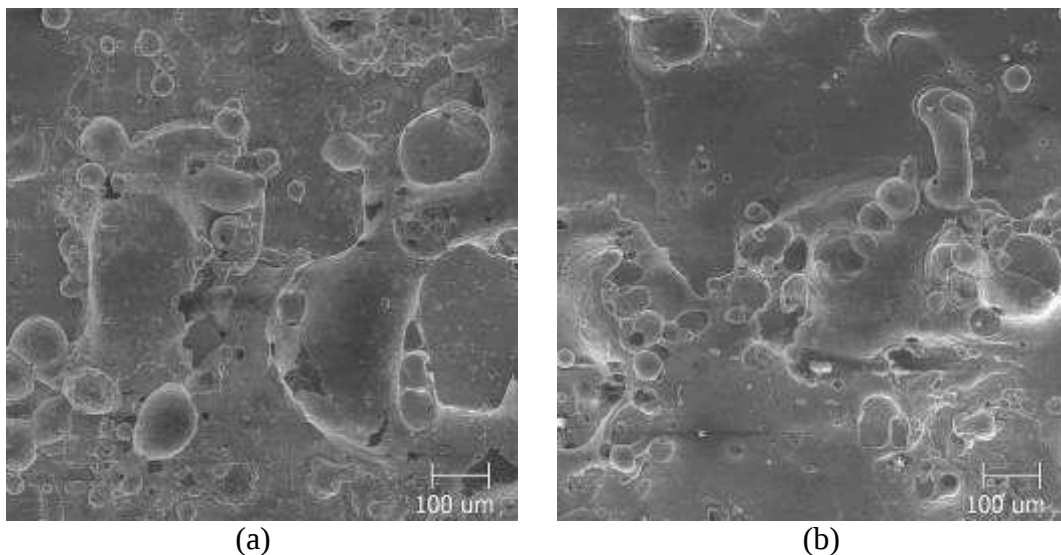


Figura 6: Imagens obtidas via MEV das superfícies usinadas por EDM com fluido mineral sintético utilizando ferramenta de: (a) cobre e (b) grafite.

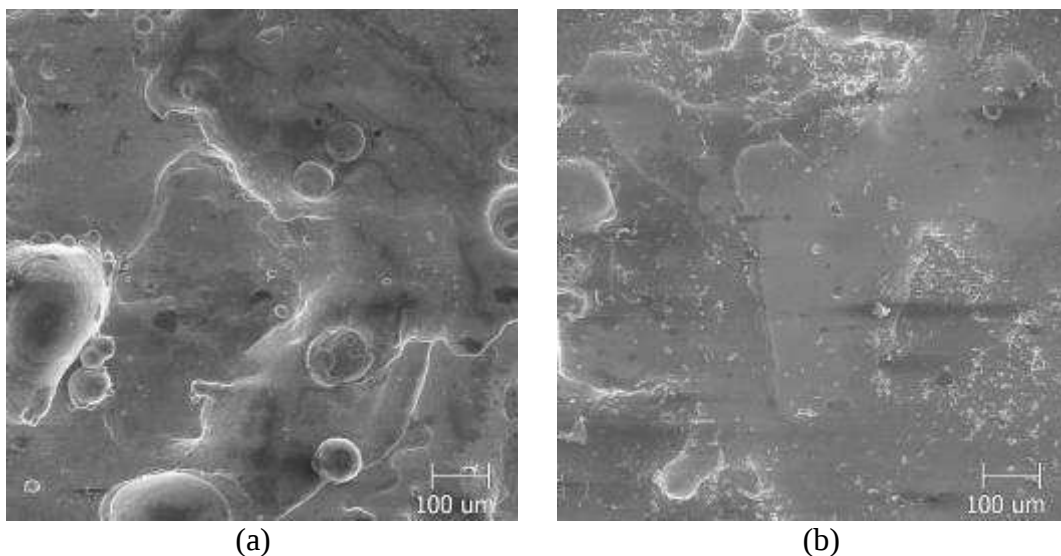


Figura 7: Imagens obtidas via MEV das superfícies usinadas por EDM com querosene utilizando ferramenta de: (a) cobre e (b) grafite.

Nas figuras 5 a 7 não se observa diferenças significativas na morfologia, mas apenas uma tendência de melhor acabamento quando se usa eletrodo de grafite. As morfologias são típicas de processos usando regime de desbaste, ou seja, apresentam maiores irregularidades devido às altas correntes aplicadas gerando bolhas, crateras, trincas, etc. Ghanem, 2003, afirma que superfícies obtidas via EDM exibem um aspecto característico que consiste de superposição de crateras devido à evaporação do metal durante a usinagem. O mesmo autor afirma também que o material erodido é resolidificado e redepositado na superfície na forma de partículas esferoidais de diferentes tamanhos.

Os resultados da rugosidade das amostras usinadas com eletrodos de cobre e grafite no regime de desbaste são mostrados na tabela 5 e na figura 8.

Tabela 5: Valores da rugosidade superficial obtido no regime de desbaste.

FLUIDOS	Sa (μm)	
	COBRE	GRAFITE
LTM 02	19,7	16,9
LTM 03	16,6	24,1
LTM 04	22,4	22,2
LTM 05	20,2	20,5
LTM 07	19,7	20,3
MINERAL	18,4	19,3
QUEROSENE	11,5	13,7

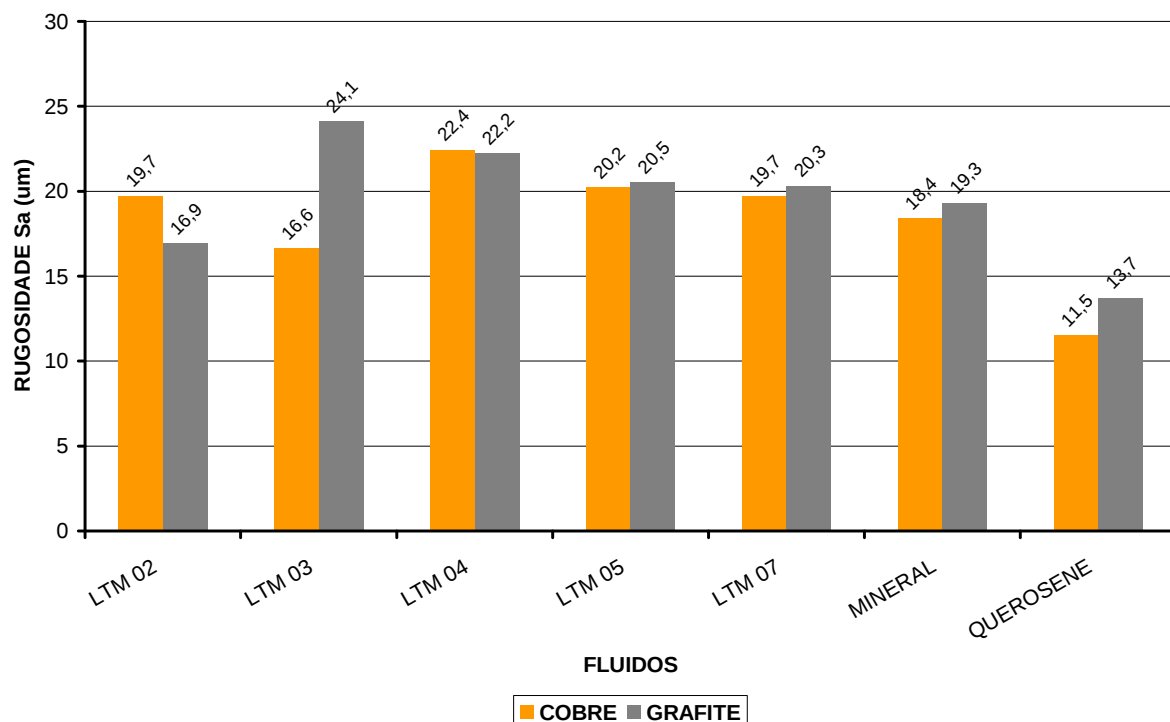


Figura 8: Rugosidades geradas no processo EDM no regime de desbaste utilizando ferramentas de cobre e grafite.

Observa-se que não houve uma diferença significativa entre as rugosidades obtidas com ferramentas de cobre e grafite. Entre os fluidos, o querosene se destacou por apresentar as melhores rugosidades. Estes resultados estão em concordância razoável com a morfologia observada no MEV, figuras 5 a 7.

Pode-se concluir, portanto, que os fluidos vegetais, quando usinados no regime de desbaste, apresentam topografias de superfície muito próximas dos fluidos derivados do petróleo.

4 - CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos com usinagem por descargas elétricas por penetração em regime de desbaste de um aço M2 usando eletrodos de cobre e grafite, além de diferentes fluidos dielétricos vegetais, pode concluir que:

- A TRM dos fluidos vegetais apresentou desempenho semelhante ao dos fluidos derivados do petróleo.

- A usinagem com ferramenta de cobre, comparada com a de grafite, apresentou melhor desempenho em termos de TRM.

- A topografia das superfícies usinadas com fluidos vegetais apresentou resultados semelhantes aos dos fluidos derivados de petróleo, tanto na morfologia quanto na rugosidade.

No geral, pode-se constatar que os fluidos dielétricos de origem vegetal mostraram-se competitivos com os fluidos derivados do petróleo, tradicionalmente usados em processos de usinagem EDM por penetração em regime de desbaste.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapemig pelo suporte financeiro. O autor Renato Montandon de Lima agradece ao CEFET-MG e a Capes pela bolsa de estudos.

6 - REFERÊNCIAS

- Arantes, L. J., 2001, “Avaliação do Desempenho de Fluidos Dielétricos no Processo de Usinagem por Descargas Elétricas”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia.
- Arantes, L. J., 2003, “Estudo da Influência da Geometria e Material da Ferramenta na Taxa de Remoção de Material no Processo de Usinagem por Descargas Elétricas”, Revista Máquinas e Metais, São Paulo, v. 448, n. Maio, p. 57-52.
- Arantes, L. J., Raslan, A.A., 2006, “Case Study for Conventional and Vegetal Dielectric Fluids Influence on EDM Processes”, CIRP, Journal of Manufacturing Systems, Vol 35, Nº5.
- CIMM, 2007, Centro de Informação Metal Mecânica, Disponível em: <http://www.cimm.com.br/portal/cimm/iframe/?pagina=/cimm/construtordepaginas/htm/3_24_10247.htmhttp://www.cimm.com.br/portal/cimm/iframe/?pagina=/cimm/construtordepaginas/htm/3_24_10247.htm>. Acesso em: 15 dez 2007.
- Costa Brasil, J. F., Arantes, L. J., Raslan, A. A., 2006, “Uso de fluidos dielétricos à base de óleos vegetais na usinagem por descargas elétricas”, Revista Máquinas e Metais, nº 480, p. 122-131, São Paulo.
- Fernandes, L. A., 1999, “Efeito da Adição de Pó de Carboneto de Silício nos Fluidos Dielétricos sobre o Desempenho da Usinagem por Descargas Elétricas do Aço-Rápido ABNT M2”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia.
- Ghanem F., Braham C., Sidhom H., 2003, “Influence of steel type on electrical discharge machined surface integrity”, Journal of Materials Processing Technology 142,163–173.
- Ho K.H., Newman S.T., 2003, “State of the Art Electrical Discharge Machining (EDM)”, International Journal of Machine Tools & Manufacture 43 - 1287–1300.
- Pires, M.S.T. e Raslan, A. A., 2002, “Modificações Superficiais em Aços Usinados por Eletroerosão na presença de Carbetto”, Universidade Federal de Uberlândia.

Rodrigues, J. R. P., 1999, “Efeito da Adição de Carboneto de Silício em Pó na Geração de Microtrincas e na Topografia da Superfície Usinada por Descargas Elétricas do Aço-rápido ABNT M2”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia.

CASE STUDY FOR THE USE OF VEGETABLE DIELECTRIC FLUIDS IN DIE-SINK ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

Lima, R. M.

CEFET-MG / Campus IV - Avenida Amazonas, 807 -Bairro
São Geraldo - Araxá - M.G. - CEP.: 38180-084
rmontandon@araxa.cefetmg.br

Raslan, A. A.

Universidade Federal de Uberlândia - Av. João Naves de
Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Bloco 1M –
Uberlândia MG - CEP: 38400-902
ltm-raslan@ufu.br

Abstract: *Dielectric fluids usually used for die-sink EDM processes are in general expensive, toxic and demands special storage and discard procedures. This paper has as objective the comparative study of five vegetal based oils with kerosene and a specific synthetic fluid in terms of performance on the EDM processes. Those seven fluids were evaluated in operational rough regimen, using copper and graphite electrodes, with similar geometry and dimensions. The material removal rate (MRR) of the machined material, high speed steel (ABNT M2), was measured and the superficial modifications evaluated by scanning electron microscope (SEM) and laser interferometry. The results showed the competitiveness of vegetal based dielectric fluids, on rough regimen, comparing to traditional EDM fluids, using both copper and graphite electrode.*

Keywords: EDM, vegetal oils, dielectric fluids, MRR, topography.