

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

Lima, R. M., rmontandon@araxa.cefetmg.br¹
Raslan, A. A., ltm-raslan@ufu.br²

¹ CEFET-MG / Campus IV - Avenida Amazonas, 807 - Bairro São Geraldo - Araxá - MG - 38180-084

² Universidade Federal de Uberlândia - Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Bloco 1M - Uberlândia MG - 38400-902

Resumo: Os fluidos dielétricos normalmente usados nos processos de usinagem por descargas elétricas por penetração (EDM) são derivados de petróleo e têm, em geral, preços elevados, são tóxicos e apresentam dificuldades para armazenamento e descarte. Além disso, a tendência de esgotamento das reservas mundiais de petróleo não deve ser desconsiderada. Este trabalho mostra a comparação do desempenho de 5 fluidos dielétricos de origem vegetal com o querosene e um óleo mineral. Foi usado um aço rápido M2 com parâmetros pré-estabelecidos de desbaste com eletrodos de cobre e grafite. Foram medidas as taxas de remoção de material (TRM) e o desgaste dos eletrodos. Também foram avaliadas as modificações superficiais no material usinado, como a rugosidade e a morfologia. Em comparação com fluidos tradicionais, tanto nas usinagens com eletrodos de cobre quanto de grafite, os resultados mostram a competitividade dos fluidos de origem vegetal.

Palavras-chave: usinagem por descargas elétricas, óleos vegetais, fluidos dielétricos, taxa de remoção de material, 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 eletroerosão 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 eletroerosão se caracteriza por ser essencialmente um processo térmico (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 são tóxicos e necessitam de cuidados tanto no armazenamento quanto no seu descarte.

O objetivo deste trabalho é comparar o desempenho de cinco fluidos dielétricos à base de óleos vegetais com o querosene e um fluido mineral. Estes fluidos vegetais podem substituir os fluidos derivados de petróleo, pois podem usinar nas mesmas condições, são renováveis, atóxicos e não necessitam de tantos cuidados na armazenagem e descarte.

2. O PROCESSO DE USINAGEM POR DESCARGAS ELÉTRICAS (EDM)

Da mesma forma que ocorre em muitas outras áreas técnicas, a aplicação tecnológica prática de descargas elétricas como processo de produção aconteceu devido à necessidade do ambiente industrial em solucionar alguns dos seus intrínsecos problemas de fabricação (Amorim, 2002).

A usinagem por descargas elétricas (EDM), um processo de usinagem não tradicional, tem substituído a furação, a fresagem, a retificação e outras operações de usinagem tradicionais e é agora uma opção de usinagem bem estabelecida em muitas indústrias em todo o mundo (Singh et al, 2004).

Cusanelli et al (2004) afirmam que a usinagem por descargas elétricas (EDM) é uma técnica amplamente usada para usinar metais duros e para executar tarefas específicas que não podem ser alcançadas usando técnicas convencionais.

A usinagem por descargas elétricas (EDM) é o processo de remoção de material por descargas elétricas de qualquer peça condutora. Isso é realizado aplicando corrente alternada ou contínua pulsada de alta frequência à peça, através de um eletrodo ou fio, que funde e vaporiza o material da peça (Guitrau, 1997).

Neste processo, não há necessidade de o eletrodo-ferramenta possuir maior dureza do que a peça a ser usinada, como acontece nos processos de usinagem tradicionais. Isso pode reduzir os custos por um lado, mas a confecção da ferramenta geralmente possui custos elevados.

3. FLUIDO DIELÉTRICO

Uma das principais fontes de poluição ambiental foi atribuída à indústria manufatureira (TAN et al, 2002) e segundo Munoz et al (1995), os processos de usinagem desempenham um papel importante uma vez que ele é o processo de fabricação mais usado.

A minimização do impacto ambiental tem sido um importante tópico para os fabricantes de todo o mundo, especialmente após a introdução das padronizações de sistemas de gerenciamento ambiental da ISO 14000. Além de maximizar a qualidade e custos, é imperativo para as indústrias de manufatura estarem preocupadas com a minimização do impacto ambiental de seus processos e produtos. A abordagem que tem sido usada para ter uma produção limpa que esteja de acordo com as exigências da ISO 14000, identificar e eliminar as origens da poluição (LEÃO et al, 2004).

Leão et al (2004), afirmam também que uma das principais origens de poluição em usinagens por descargas elétricas de matrizes profundas é o fluido dielétrico, particularmente os óleos hidrocarbonetos.

De acordo com a norma NBR 1004 (1987), fluidos dielétricos são considerados resíduos da classe I (perigosos). Segundo esta norma, um fluido será caracterizado como inflamável quando uma amostra for líquida e tiver ponto de fulgor inferior a 60° C.

Segundo Evertz et al (2006), o contato com o fluido dielétrico (pelo ar ou diretamente) pode levar a reações alérgicas (principalmente de pele). Goh et al (1993) citam que os óleos hidrocarbonetos usados em EDM possuem componentes que irritam a pele causando dermatites. Leggat et al (2006) confirmam que os fluidos dielétricos contém agentes que irritam a pele dos operadores de EDM.

Os fluidos dielétricos, especificamente desenvolvidos para o processo de usinagem por descargas elétricas (EDM) submersa, são produtos hidrocarbonetos altamente refinados (ou sintéticos). Há numerosas características químicas e físicas que podem ser usadas para definir e identificar o desempenho de cada fluido (Intech EDM, 1996).

Os fluidos dielétricos cumprem uma função extremamente importante com respeito à produtividade, aos custos e à qualidade das peças usinadas. Saúde, segurança e meio ambiente são também aspectos importantes particularmente quando óleo hidrocarboneto é usado (Leão et al, 2003).

Segundo Wong et al (1995), as características básicas requeridas para um dielétrico usado em EDM são alta rigidez e rápida recuperação após a descarga, resfriamento rápido efetivo e habilidade de lavagem. McGeough et al (1997) afirmam que as principais qualidades exigidas do fluido dielétrico são: possuir rigidez dielétrica suficientemente alta para permanecer eletricamente não condutor até que a tensão de ruptura seja alcançada; ser capaz de se desionizar rapidamente após a descarga. Rehbein et al (2004), confirmam as informações dos autores acima, citando em seu trabalho que os fluidos devem remover as partículas erodidas; aumentar a densidade do canal de plasma e esfriar ferramenta e peça.

4. METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados numa máquina de eletroerosão 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. Nessa 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, à limpeza para remoção do fluido testado e ao alto custo. Dessa forma, utilizou-se uma cuba menor, fixada dentro da cuba da máquina, para a realização dos ensaios.

Nos ensaios foi cronometrado o tempo necessário para se usinar uma profundidade de 2 mm, uma vez que no regime de desbaste o tempo de usinagem é rápido devido às maiores descargas. Os parâmetros de usinagem são apresentados na Tab. (1).

Tabela 1. Parâmetros utilizados para a usinagem nos regimes de desbaste e acabamento fino.

PARÂMETROS	DESBASTE
T_{on} \Rightarrow tempo de duração de cada descarga (μ s)	450
$DT \Rightarrow$ percentual relativo entre T_{on} e T_{off} (%)	70
$T_s \Rightarrow$ intensidade de corrente ajustável da máquina	8
Tempo de erosão (s)	15
Afastamento \Rightarrow distância de afastamento (mm)	3
Intervalo	0
Gap	8
Tempo de usinagem	Cronometrado após 2 mm de usinagem
Profundidade de usinagem	2 mm

Optou-se, neste trabalho, pela polaridade positiva para os eletrodos-ferramenta enquanto que a peça e a mesa são negativas, seguindo os mesmos procedimentos dos trabalhos já realizados no Laboratório de Tribologia e Materiais (LTM).

Neste trabalho, foi usinado um aço rápido ABNT M2. As amostras usinadas têm a forma de uma barra de seção quadrada (*bits*), com dimensões de 9,5 x 9,5 x 104 mm, com densidade de 0,00768 [g/mm³]. A composição química do aço usinado é apresentada na Tab. (2).

Tabela 2. Composição aproximada do aço rápido ABNT M2 em % (ASM HANDBOOK, v. 1, 1990).

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

Os eletrodos-ferramenta utilizados nos ensaios foram de cobre e de grafite, com a mesma geometria e dimensões. Os eletrodos-ferramenta são cilíndricos com diâmetro externo de 14 mm e comprimento de 100 mm, com um furo passante com diâmetro de 4 mm. As características físicas do cobre e do grafite são apresentadas na Tab. (3).

Tabela 3. Características físicas do cobre e do grafite.

ELETRODO FERRAMENTA	Ponto de fusão [°C]	Densidade [g/cm ³]	Resistividade [$\mu\Omega$.m]
COBRE	1083	8,91	0,017
GRAFITE	3727	1,77	14,7

4.1. Fluidos utilizados

Nos ensaios, foram utilizados cinco fluidos de origem vegetal: óleo de milho, algodão, canola, mamona e de girassol. Os fluidos derivados do petróleo utilizados nos ensaios e que serão usados para comparação com os fluidos vegetais foram o querosene e um fluido mineral.

Os fluidos dielétricos à base de óleos vegetais, utilizados neste trabalho, possuem disponibilidade para aquisição e uso pela indústria a um custo menor em relação aos fluidos derivados de petróleo. A Tabela (4) mostra o custo médio por litro de todos os fluidos testados.

Tabela 4. Média de preços de mercado por litro para os fluidos testados orçados no varejo (valores em reais) e viscosidade em centpoise.

FLUIDOS	R\$ por litro	VISCOSIDADE Cent Poise (cP)
ÓLEO DE MILHO	3,79	39
ÓLEO DE ALGODÃO	5,99	34
ÓLEO DE CANOLA	4,09	41
ÓLEO DE MAMONA	5,70	36
ÓLEO DE GIRASSOL	3,98	34
FLUIDO MINERAL	4,50	3
QUEROSENE	5,75	1

Não houve a substituição dos fluidos durante a realização dos ensaios, mesmo ocorrendo a mudança de ferramentas. O procedimento adotado foi: após colocar o fluido na cuba, usinaram-se três furos no regime de desbaste com eletrodo

ferramenta de cobre e três furos com o de grafite sem haver a troca do fluido. Após este ciclo completo, o fluido foi removido e armazenado em local adequado. A cuba foi limpa e o outro fluido foi colocado para um novo ensaio.

Os resultados da TRM, TD e η foram obtidos a partir de uma média de 3 testes, perfazendo um total de 84 furos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Taxa de remoção de material (TRM)

Os resultados da TRM dos fluidos dielétricos testados no regime de desbaste com eletrodo-ferramenta de cobre e grafite são mostrados no gráfico da Fig. (1).

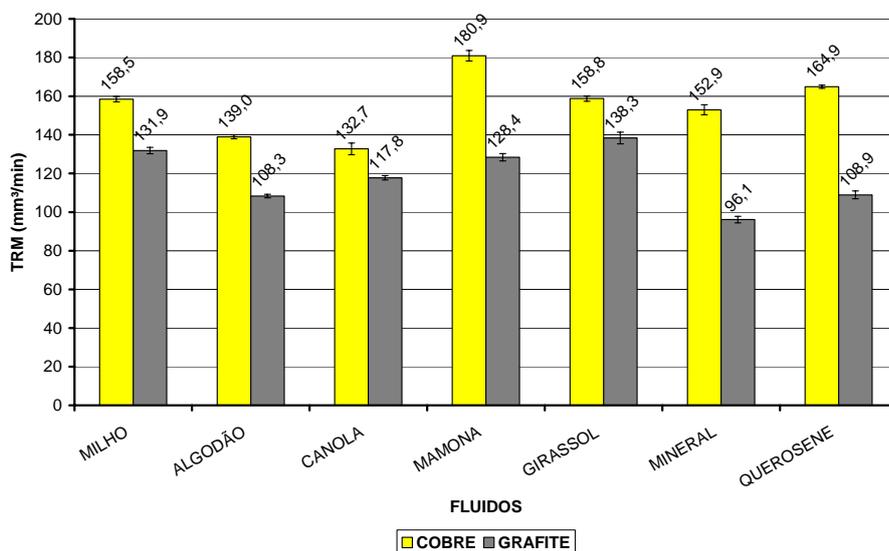


Figura 1. TRM obtidas através do processo de usinagem por descargas elétricas (EDM) em regime de desbaste com eletrodos-ferramenta de cobre e grafite.

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

Segundo Che Haron et al (2007), a usinagem de um aço rápido com eletrodo-ferramenta de cobre, no regime de desbaste, foi mais satisfatória do que com o de grafite. O melhor desempenho do eletrodo-ferramenta de cobre em relação ao de grafite pode estar correlacionado à sua menor resistividade elétrica o que proporciona ao cobre potências de descargas maiores na usinagem.

Em trabalho realizado por Costa Brasil et al (2006) na usinagem do aço rápido M2 com eletrodo-ferramenta de cobre, no regime de desbaste, utilizando o fluido girassol, querosene e um fluido mineral sintético, não foi observada diferença significativa de desempenho entre estes fluidos em termos de TRM. Isso está em concordância com os resultados encontrados no presente trabalho.

Além de mostrar a viabilidade técnica do uso de fluidos vegetais no regime de desbaste, os resultados aqui obtidos mostram que, sob o ponto de vista de TRM, os fluidos vegetais são vantajosos em relação aos fluidos derivados do petróleo. O bom desempenho dos fluidos vegetais pode estar relacionado às suas características físico-químicas que precisam ser melhor investigadas.

5.2. Desgaste dos eletrodos-ferramenta

O desgaste dos eletrodos-ferramenta e o desgaste volumétrico foram calculados da seguinte forma: a taxa de desgaste dos eletrodos-ferramenta é o volume de material desgastado do eletrodo-ferramenta dividido pelo tempo de usinagem, dado em milímetros cúbicos por minuto. O desgaste relativo (desgaste volumétrico relativo) η é a razão entre o volume de material desgastado do eletrodo-ferramenta e o volume de material erodido da peça dado em valores percentuais. Os resultados da taxa de desgaste dos eletrodos-ferramenta e o desgaste volumétrico relativo com os fluidos dielétricos são mostrados na Tab. (5).

Nota-se que o desempenho dos fluidos milho e girassol não foi satisfatório em termos de desgaste, tanto para eletrodo-ferramenta de cobre quanto para o de grafite, uma vez que apresentaram bons resultados em termos de taxa de remoção de material (TRM). O fluido querosene também não obteve bom desempenho na usinagem com eletrodo-ferramenta de cobre, apresentando uma taxa de desgaste alta com relação aos outros fluidos, mas obteve boa TRM. Verificou-se também um bom desempenho do fluido mamona na usinagem com eletrodo-ferramenta de cobre que apresentou baixo desgaste e a maior TRM.

Tabela 5. Desgaste dos eletrodos de cobre e grafite no regime de desbaste.

FLUIDOS	COBRE		GRAFITE	
	Taxa de desgaste do eletrodo (mm ³ /min)	Desgaste Volumétrico (%)	Taxa de desgaste do eletrodo (mm ³ /min)	Desgaste Volumétrico ϑ (%)
MILHO	2,9	1,8	2,2	1,7
ALGODÃO	0,5	0,3	0,7	0,7
CANOLA	0,4	0,3	0,4	0,3
MAMONA	0,6	0,3	0,9	0,7
GIRASSOL	2,1	1,3	1,8	1,3
MINERAL	0,5	0,3	0,6	0,7
QUEROSENE	2,2	1,3	0,7	0,7

5.3. Topografia

Imagens obtidas por MEV são mostradas na Fig. (2).

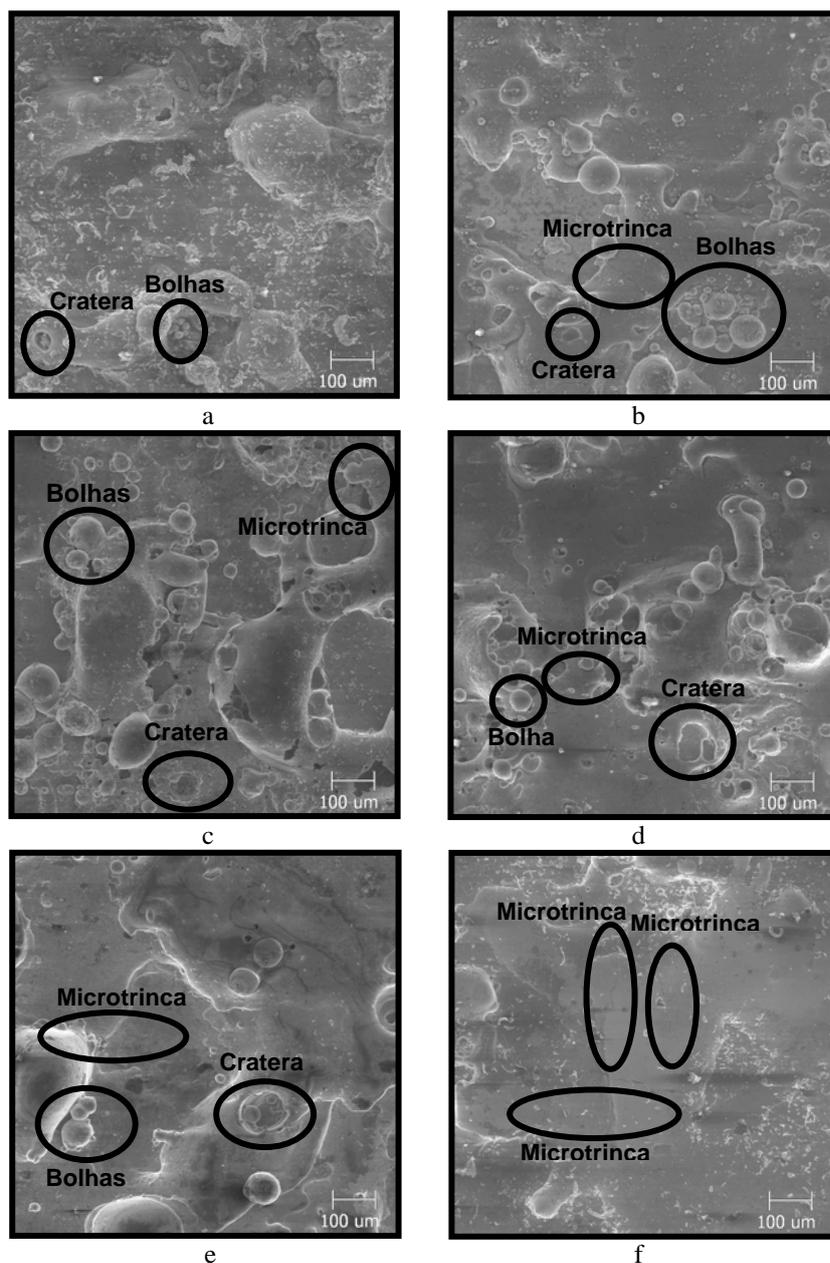


Figura 2. Topografia das superfícies obtidas pelo processo por descargas elétricas com eletrodos-ferramenta de cobre (a, c, e) e grafite (b, d, f) usando fluidos a base de milho (a, b), óleo mineral (c, d) e querosene (e, f). Microscopia eletrônica de varredura.

Tem-se uma visão geral da morfologia das superfícies usinadas utilizando os fluidos vegetais e os derivados de petróleo, com eletrodos-ferramentas de cobre e grafite.

Devido à semelhança das morfologias obtidas nas usinagens com os fluidos vegetais, optou-se em apresentar somente as imagens do óleo de milho a fim de representar os resultados dos outros fluidos vegetais testados.

Observa-se, na usinagem com eletrodo-ferramenta de cobre, que as superfícies não apresentaram grandes diferenças morfológicas em relação às usinadas com o grafite. Em regime de desbaste, as superfícies são irregulares devido à maior intensidade das descargas elétricas. Isso provoca a formação de defeitos tais como bolhas, crateras, microtrincas, etc. Superfícies obtidas através da usinagem por descargas elétricas (EDM) exibem um aspecto característico que consiste na superposição de crateras devido à evaporação do metal durante a usinagem. O material erodido é ressolidificado e redepositado na superfície na forma de partículas esféricas de diferentes tamanhos (Ghanem et al, 2003).

5.4. Rugosidade

Os resultados da rugosidade média aritmética da superfície (S_a) das amostras usinadas com eletrodos-ferramenta de cobre e grafite são mostrados na Fig. (3).

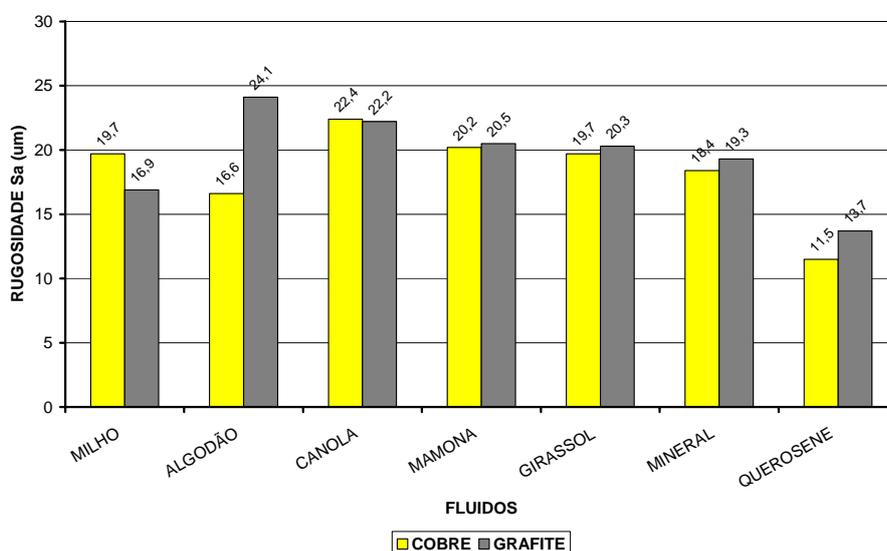


Figura 3. Rugosidades das superfícies geradas no processo de usinagem por descargas elétricas (EDM) no regime de desbaste utilizando eletrodos-ferramentas de cobre e grafite.

Observa-se, no geral, que não houve uma diferença significativa entre as rugosidades obtidas com eletrodos-ferramenta de cobre e grafite. Na usinagem com o querosene obteve-se menor rugosidade, fato que pode estar correlacionado com a sua menor viscosidade, que proporciona maior penetração no *gap* permitindo maior retirada de material. Segundo Guu et al (2003), correntes de pulso mais elevadas causam um pior acabamento superficial. Jeswani (1978) afirma que taxas de remoção de materiais mais altas resultariam em crateras maiores e assim numa superfície mais rugosa. Os resultados aqui obtidos estão em concordância com os resultados obtidos por esses autores. Fica evidenciado, portanto, que em regime de desbaste, as características físico-químicas dos diferentes fluidos não têm influência significativa sobre a rugosidade.

Observa-se no regime de desbaste que as topografias tanto para eletrodo-ferramenta de cobre quanto para o de grafite apresentam aspecto muito próximo. Pode-se notar que, mesmo em regime de desbaste, as superfícies geradas com fluidos vegetais se assemelham aos fluidos derivados de petróleo.

Conclusão

Nesse trabalho pode-se verificar que os fluidos dielétricos à base de óleos vegetais precisam ser mais investigados para que possam substituir com vantagens os derivados de petróleo. Estes fluidos vegetais utilizados neste trabalho não foram produzidos com a finalidade de uso para no processo de usinagem por descargas elétricas (EDM) e mesmo assim obtiveram bom desempenho no regime de desbaste.

Pode-se concluir que:

- em termos de TRM, os fluidos vegetais são vantajosos em relação aos derivados de petróleo, tanto na usinagem com ferramentas de cobre quanto de grafite. Destaque especial para o óleo de mamona na usinagem com o eletrodo-ferramenta de cobre.
- em termos de desgaste dos eletrodos-ferramenta de cobre e grafite, os fluidos vegetais apresentaram bons resultados mesmo com valores de TRM acima dos obtidos com os derivados de petróleo. Novamente o destaque para óleo de mamona que apresentou baixo desgaste.
- a morfologia das superfícies geradas na usinagem com os fluidos vegetais apresentou grande semelhança com a das superfícies usinadas pelos derivados de petróleo.
- a rugosidade e a topografia das superfícies geradas na usinagem com os fluidos vegetais são similares às obtidas com os derivados de petróleo. Fica evidenciado que em regime de desbaste as características físico-químicas dos diferentes fluidos não têm influência sobre a rugosidade.

6. AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao CEFET-MG e à CAPES.

7. REFERÊNCIAS

Amorim, F. L. **Tecnologia de eletroerosão por penetração da liga de alumínio AMP 8000 e da liga de cobre CuBe para ferramentas de moldagem de materiais plásticos**, 2002. 1 v. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Arantes, L. J. **Avaliação do desempenho de fluidos dielétricos no processo de usinagem por descargas elétricas**, 2001. 1 v. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Arantes, L. J. 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. 5, p. 52-57, 2003.

Arantes, L. J.; Raslan, A.A. Case study for conventional and vegetal dielectric fluids influence on EDM processes, **CIRP, Journal of Manufacturing Systems**, V. 35, n. 5, 2006.

ASM Handbook, Properties and Selection: iron steels and high performance alloys. ASM International, **The Materials Information Company**, V. 1, p. 1765 - 1827, 1990.

ASM Handbook, Properties and Selection: nonferrous alloys and special-purpose materials. ASM International, **The Materials Information Company**, V. 2, p. 759 - 926, 1990.

BENEDICT, G. F. **Nontraditional Manufacturing Processes**. New York: Marcel Dekker, p. 207-246, 1987.

CHE HARON, C. H. et al, Copper and graphite electrodes performance in electrical-discharge machining of XW42 tool steel, **Journal of Materials Processing Technology**, p. 1-6, 2007.

Chen, Y.; Mahdavian S. M., Parametric study into erosion wear in a computer numerical controlled electro-discharge machining process, **Wear**, V.236, p.350-354,1999.

Costa Brasil, J. F.; Arantes, L. J.; Raslan, A. A. Uso de fluidos dielétricos à base de óleos vegetais na usinagem por descargas elétricas. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, n. 480, p. 122-131, 2006.

CUSANELLI G. et al, Microstructure at submicron scale of the white layer produced by EDM technique. **Journal of Materials Processing Technology**, n.149, p. 289-295, 2004.

Evertz S.; Dott W.; Eisentraeger, A. Electrical discharge machining: Occupational hygienic characterization using emission-based monitoring. **International Journal Hygiene Environmental Health** v.209, p. 423-434, 2006.

Field, M.; Kahles, J. F.; Koster, W. P. **Surface Finish and Surface Integrity**. 1989. Metcut Research Associates Inc., Metals handbook - 9 ed: Machining, v.16, p. 19-36.

Ghanem, F.; Braham, C.; Sidhom, H. Influence of steel type on electrical discharge machined surface integrity. **Journal of Materials Processing Technology**. n. 142, p.163-173, 2003.

- GOH, C. L.; HO, S. F. Contact dermatitis from dielectric fluids in electrodischarge machining. **Contact Dermatitis**. v.28, p. 134-138, 1993.
- Guitrau, E.B., **The EDM Handbook**, Cincinnati: Hanser Gardner Publications, 1997, 306 p.
- GUU, Y.H.; HOCHENG, H.; CHOU, C.Y.;DENG, C.S. Effect of electrical discharge machining on surface characteristics and machining damage of AISI D2 tool steel. **Material Science and Engineering A358**, p. 37 – 43, 2003.
- Ho K.H., Newman S.T. State of the Art Electrical Discharge Machining (EDM). **International Journal of Machine Tools & Manufacture**. v. 43, p. 1287–1300, 2003.
- INTECH EDM. A guide to understanding and selecting edm dielectric fluids. Disponível em: <<http://www.intech-edm.com/newsroom/references.asp>>, Acesso em: 01 abr 2007.
- JESWANI M.L., Roughness and wear characteristics of spark-eroded surfaces, **Wear**, v.51, p. 227-236, 1978.
- LEÃO, F. N.; PASHBY I. R. A review on the use environmentally-friendly dielectric fluids in electrical discharge machining. **Journal of Materials Processing Technology**. v.149, p. 341-346, 2004.
- LEE, H. T.; TAI, T. Y. Relationship between EDM parameters and surface crack formation. **Journal of Materials Processing Technology**. v.142, p. 676–683, 2003.
- LEGGAT, P.; SMITH, D. R. Dermatitis and aircrew. **Contact Dermatitis**. v. 54, p.1–4, 2006.
- LIM, L. C. et al. Solidification microstructure of electrodischarge machined surfaces of tool steels. **Materials Science and Technology**. v. 7, p. 239-248, 1991.
- LIMA, F. E. **Rugosidade e integridade superficial do aço-rápido ABNT M2 após usinagem por descargas elétricas**. 1997. 1 v. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- McGeough, J. A.; RASMUSSEN, H. A theoretical model of electrodischarge texturing. **Journal of Materials Processing Technology**. v. 68, p. 172-178, 1997.
- MUNOZ, A. A.; SHENG, P. An analytical approach for determining the environmental impact of machining processes, **Journal of Materials Processing Technology**. v. 53, p. 736-758, 1995.
- Ramasawmy, H.; Blunt, L.; Rajurkar, K.P. Investigation of the relationship between the white layer thickness and 3D surface texture parameters in the die sinking EDM process. **Precision Engineering**. v. 29, p. 479–490, 2005.
- Rehbein, W.; Schulze, H.-P. ; Mecke, K.; Wollenberg, G.; StorR, M. Influence of selected groups of additives on breakdown in edm sinking. **Journal of Materials Processing Technology**, v.149, p. 58–64, 2004.
- RODRIGUES, J. R. P. **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**. 1999. 1 v. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Pires, M.S.T.; Raslan, A. A. Modificações Superficiais em Aços Usinados por Eletroerosão na presença de Carbetos, 2002, Universidade Federal de Uberlândia, 2002.
- 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.149, p. 272–277, 2004.
- TAN, X. C.; LIU, F.; CAO, H. J.; ZHANG, H. A decision-making framework model of cutting selection for green manufacturing and a case study. **Journal of Materials Processing Technology**. v. 129, p. 467-470, 2002.
- WONG, Y. S.; LIM, L. C.; LEE, L. C. Effects of flushing on electro-discharge machined surfaces. **Journal of Materials Processing Technology**. v. 48, p. 299-305, 1995.

UTILIZATION OF VEGETABLE-BASED DIELECTRIC FLUIDS IN ELECTRIC DISCHARGE MACHINING (EDM)

Lima, R. M., rmontandon@araxa.cefetmg.br¹

Raslan, A. A., ltm-raslan@ufu.br²

¹ CEFET-MG / Campus IV - Avenida Amazonas, 807 - Bairro São Geraldo - Araxá - MG - 38180-084

² Federal University of Uberlândia – Faculty of Mechanical Engineering - Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Bloco 1M - Uberlândia - MG - 38400-902

Abstract. *Oil-based dielectric fluids usually used in electrical discharge machining (EDM) are in general expensive, toxic and demand special storage and discard procedures. Moreover, the tendency towards exhausting world oil reserves should not be disconsidered. This paper presents a performance comparison of five vegetable-based dielectric fluids with kerosene and a specific synthetic oil. High-speed steel with pre-established fine finishing and wear parameters was machined, employing both copper and graphite electrodes. The material removal rate (MRR) and wear of the electrode were measured. The superficial modifications of the machined material, such as roughness and morphology, were also evaluated. In comparison to traditional fluids, using both copper and graphite electrodes, the results show the competitiveness of the vegetable-based fluids.*

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