

ALTERNATIVAS PARA SUBSTITUIÇÃO DOS FLUIDOS DIELÉTRICOS HIDROCARBONETOS NO PROCESSO DE USINAGEM POR DESCARGAS ELÉTRICAS

Luciano José Arantes – ljarantes@mecanica.ufu.br

Márcio Bacci da Silva – mbacci@mecanica.ufu.br

Alberto Arnaldo Raslan – ltm-raslan@ufu.br

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

Resumo. *O processo de Usinagem por Descargas Elétricas é muito utilizado na usinagem de materiais de elevada dureza, difíceis de serem usinados por processos convencionais, além de permitir a confecção de geometrias bem complexas e de minúsculas dimensões. Um dos materiais mais largamente usinados por EDM (Electrical Discharge Machining) é o aço-ferramenta ABNT M2, que apresenta grande versatilidade, combinando excelente tenacidade, dureza e resistência a abrasão, muito indicado para confecção de matrizes de estampagem profundas e outras ferramentas de deformação plástica à frio. Os diversos fluidos dielétricos utilizados possibilitam diferentes condições de usinagem e muito pouco se sabe sobre qual o fluido mais indicado para operações de acabamento ou desbaste. Já foram realizados vários estudos sobre a possibilidade da substituição dos fluidos dielétricos comuns por água deionizada e soluções aquosas de glicerina, que não é tóxica e de fácil descarte. Hoje uma das questões mais importantes em uma empresa é a saúde dos empregados, Óleos tem sido usados como fluido dielétrico desde o início do desenvolvimento do processo, mas apenas na última década grandes esforços científicos e de pesquisa têm sido feitos tanto na composição quanto na biocompatibilidade com as pessoas que trabalham com esse material. Hoje uma das questões mais importantes em uma empresa é a saúde dos empregados, ou seja, questões de saúde e segurança no trabalho aceleraram o processo de desenvolvimento dos fluidos dielétricos. Alguns produtores de fluidos internacionais tem adicionado vitaminas A, E e D, batizados de fluidos BIO-ENRIQUECIDOS, como forma paliativa para reduzir os problemas dermatológicos causados nos usuários.*

Palavras-chave: EDM, Fluidos Dielétricos, TRM e Querosene.

1. INTRODUÇÃO

O fluido dielétrico é muito importante para o desempenho do processo EDM, pois atua diretamente em vários aspectos da usinagem. Conforme Fuller, 1989, o fluido dielétrico tem um papel fundamental no processo: controlar a potência de abertura da descarga. O fluido pode ser querosene, hidrocarbono aditivado – ambos derivados do petróleo – água deionizada e até mesmo certas soluções aquosas. Ele exerce duas outras funções no processo: promove a lavagem da interface ferramenta-peça (*gap*), arrastando para fora as partículas erodidas e auxilia no arrefecimento do sistema, nas vizinhanças das descargas (McGeough, J. A.; 1988). O arrastamento adequado é muito importante para o desempenho otimizado do processo, sendo o grande responsável pela presença de uma camada refundida mais ou menos profunda. A capacidade de arrefecimento influencia também no desempenho do processo, pois uma capacidade adequada permite um resfriamento relativamente rápido das partículas erodidas, evitando-se assim um aumento de partículas que voltarão a se solidificar e integrar o material constitutivo da camada refundida, o que acaba por ser muito prejudicial à integridade superficial da peça. A Figura 1. Apresenta alguns exemplos de moldes fabricadas pelo processo EDM, assim como suas respectivas peças finais. Observa-se a possibilidade de fabricação de peças de grande complexidade e muitas vezes pequenas dimensões.

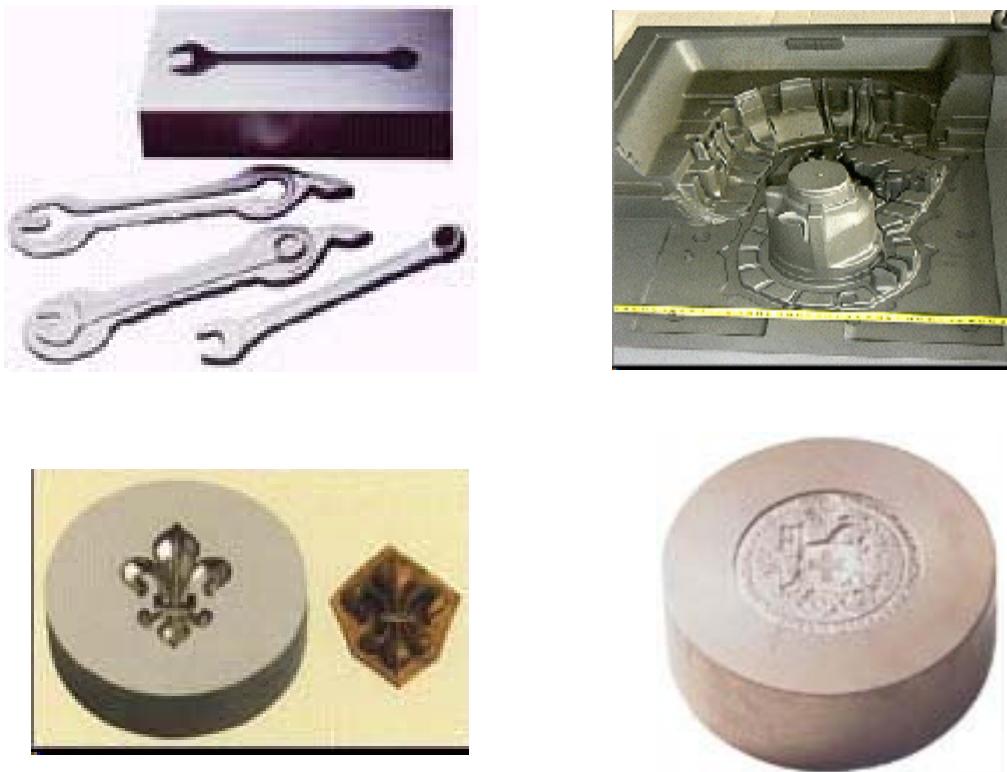


Figura 1. Exemplos de moldes e matrizes fabricadas pelo processo EDM em materiais de elevada dureza (*Intech EDM*, 1996).

2. PRINCIPAIS PROPRIEDADES DOS FLUIDOS DIELÉTRICOS

Para bem cumprir suas funções, o fluido dielétrico deve ser avaliado principalmente em relação às seguintes propriedades ou fatores, como ilustra a Figura 2.

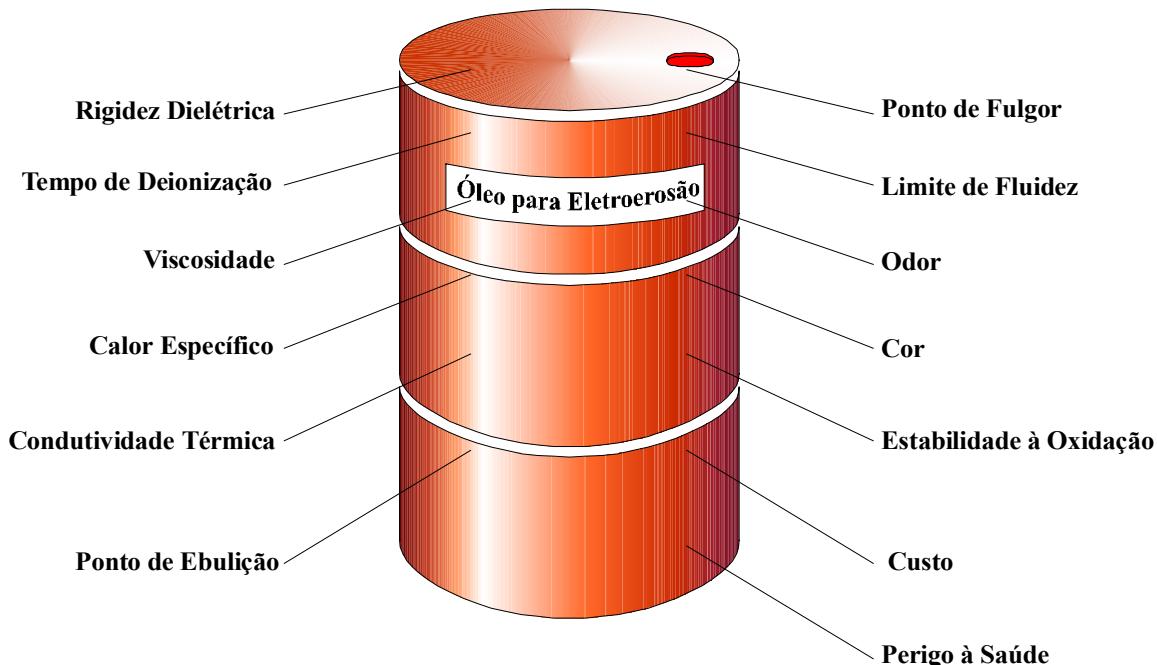


Figura 2. Características importantes na seleção de um fluido dielétrico para EDM
(Arantes, 2001).

Dos fatores acima relacionados, podemos discutir sobre os que realmente importam para a saúde do operador e ao meio ambiente:

Ponto de Ebulação: Quanto maior o ponto de ebulação do dielétrico, este se mantém mais estável em temperaturas elevadas sem perder suas propriedades originais, perdendo frações menores de componentes pela evaporação seletiva das frações mais voláteis. Quanto menos o fluido dielétrico absorver os produtos gasosos da erosão ou dissolver seus produtos sólidos, mais tempo será capaz de manter suas propriedades originais. O fluido dielétrico e seu vapor, bem como os produtos resultantes das descargas elétricas no fluido, não devem ser tóxicos ou irritantes ao operador (Kaminski, P. C.; Capuano, M. N.; 1999).

Ponto de Fulgor: o ponto de fulgor é uma medida da volatilidade do fluido e é a máxima temperatura na qual um fluido irá suportar antes de uma combustão momentânea, ou um “flash”, quando na presença de uma ignição. Como regra, quanto maior for o ponto de fulgor, mais seguro será a operação de usinagem. É importante entender que essa não é a temperatura na qual o fluido pode espontaneamente sofrer ignição (auto-ignição) (Allison, Sam; 2000).

Odor: Um “odor” pode indicar muitas vezes evaporação excessiva do dielétrico, mas pode também indicar a qualidade do local de trabalho para o operador. A maioria dos fluidos de alta qualidade do mercado são desodorizados ou com odor pequeno mas tolerável (Intech EDM, 1996).

Estabilidade à Oxidação: A oxidação ocorre quando o oxigênio ataca e degrada o fluido dielétrico. O processo é acelerado pelo calor, luz e reações com metais; e na presença de água, ácidos e contaminantes sólidos. Quanto maior a estabilidade à oxidação do fluido dielétrico, maior será a duração no sistema EDM. Como a longevidade do fluido é obviamente importante, esse parece ser um critério indispensável para a seleção (Cruz, C., Malaquias, E. S., Fernandes, I. A., 1999).

Custo: Obviamente, custo é um fator importante em qualquer produto usado por uma empresa. Entretanto, é uma falsa economia tentar economizar dinheiro usando produtos que não foram formulados para serem usados no processo EDM como fluido dielétrico. O risco de baixa expectativa de vida, potencial dano à saúde e baixo desempenho dielétrico são grandes. Por outro lado, alto custo não necessariamente corresponde a um melhor desempenho ou melhor qualidade das superfícies usinadas. Esse fator é importante porque a indústria geralmente opta pelo fluido mais barato, que é mais perigoso para a saúde do operador e ao meio ambiente (Intech EDM, 1996).

Perigo à saúde: Um fator muito importante nos dias atuais, é o perigo à saúde causado por produtos químicos durante seu uso na indústria. Muitos esforços têm sido feitos para minimizar os riscos à saúde, graças à legislação trabalhista mais rigorosa, no Brasil e no mundo, visando proteger sempre a integridade física do operador. Fluidos sintéticos com menores adições de aromáticos e até soluções aquosas são hoje usados para evitar problemas tais como dermatites, problemas respiratórios e até mesmo sérias intoxicações. Os efeitos à saúde causados por materiais manipulados tem se tornado um assunto de grande importância nos últimos anos. Apesar de todos os fornecedores de fluido EDM recomendarem um grande cuidado no armazenamento e que se evite prolongada exposição aos fluidos, na realidade, muitos operadores de EDM não usam proteções tais como luvas, máscaras e semelhantes. Na Figura 3 pode-se ver como funciona o processo e de onde vem os vapores tóxicos ao operador. Alguns fluidos para EDM tem maior tendência de causar irritações à pele do que outros; principalmente, fluidos tipo solvente com alta concentração de conteúdo aromático ou aqueles que contém certos aditivos. Os fluidos listados na Tabela 1 servem como exemplificação dos tipos comerciais vendidos nos Estados Unidos e no Brasil que possuem baixo conteúdo de aromáticos (McGeough, J. A.; 1988).

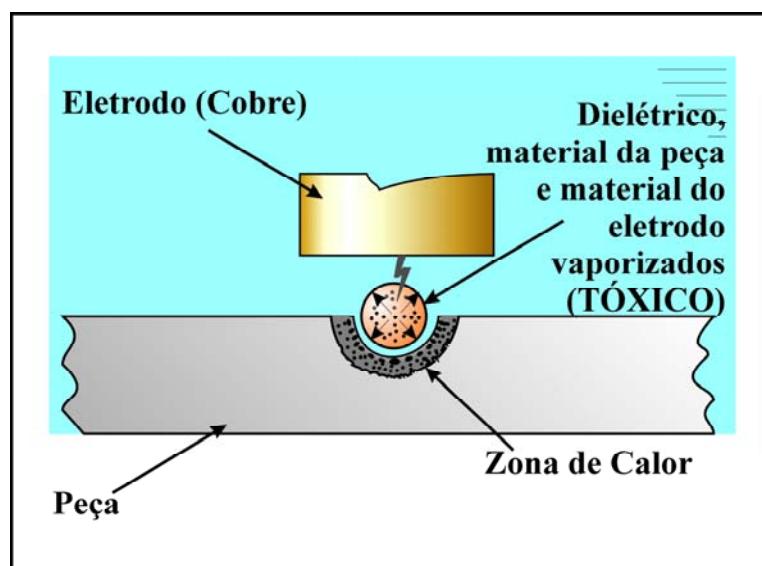


Figura 3. Esquema da fusão e evaporação do material da peça, eletrodo e do próprio fluido dielétrico (Arantes, 2001).

Fluidos sintéticos são usualmente ésteres que são sintetizados e não provenientes do refinamento de óleos. Esses tipos de fluidos têm aplicação ocasional quando temperaturas muito altas ou outro fator não usual ditar o seu uso. Essas aplicações são bem raras e o custo desses fluidos é muito alto comparando-se com fluidos à base de óleo (Fuller, J. E., 1989).

Tabela 1. Especificações Importantes para Fluidos Dielétricos populares no mundo
(*Intech EDM, 1996*).

Fluidos	Ponto de Fulgor (°C)	Viscosidade (SUS@40°C)	Limite de Fluidez (°C)
A	107	32-35	-20
B	82	32-35	-45
C	90	32-35	-44
D*	106	32-35	-3
E*	127	41-44	+7
F	107	32-35	+7
G*	117	37-40	-15
H	135	43-46	+7

*Hidrocarbonetos Sintetizados; não sintéticos químicos verdadeiros.

3. TENDÊNCIAS MUNDIAIS

Já foi mostrado a importância do fluido no processo, detalhada suas principais características e seus efeitos durante a usinagem. Agora, será analisado o Fluido Dielétrico ou Óleo para Eletroerosão relacionados com outros aspectos. Algumas perguntas são importantes, tais como: Como se sabe ele está funcionando bem? Como ele é sua composição? E o mais importante, quanto à saúde e segurança do operador?

Mesmo que se pudesse ter uma técnica de aplicação do fluido avançadíssima ou se tivesse sido criado um “*setup*” extremamente eficiente, isso não significaria muito se, por causa de um fluido dielétrico inferior, se todo o ambiente de trabalho fosse poluído ou todos os operadores da fábrica faltosos por causa de dermatites. Nota-se que agora está sendo feita uma análise de acordo com as novas tendências mundiais: não causar danos à natureza e à saúde humana (Kaminski, P. C.; Capuano, M. N.; 1999).

Óleos tem sido usados como fluido dielétrico desde o início do desenvolvimento do processo, mas apenas na última década grandes esforços científicos e de pesquisa têm sido feitos tanto na composição quanto na biocompatibilidade com as pessoas que trabalham com esse material. Questões de saúde e segurança no trabalho aceleraram esse processo de desenvolvimento (Intech EDM, 1996).

Existem vários tipos diferentes de fluidos disponíveis no mercado para EDM, tipicamente fluidos parafínicos e de bases aromáticas. Mesmo por não se tratar de um trabalho químico, é importante ressaltar que é recomendável o uso de fluidos dielétricos que foram especificamente desenvolvidos para a eletroerosão. Portanto, deve-se escolher um fluido que vai ser compatível não somente com a operação a ser realizada mas, mais importante nos dias atuais, com seus operadores. Apenas porque “funciona” ou produz superfícies acabadas de melhor qualidade não necessariamente quer dizer que é seguro. Isso não faz a escolha do fluido a ser utilizado mais fácil ou mais difícil, mas vai reduzir o campo de escolhas consideravelmente (Guitral, 1997).

Quanto às questões de saúde no trabalho, é importante lembrar que os operadores de EDM estão constantemente respirando os vapores emitidos durante as operações e tendo muito contato com a pele. Há anos atrás, não era raro em uma empresa que trabalhasse com EDM ter grande parte de seus funcionários com problemas respiratórios e/ou com problemas de pele. Essa condição de trabalho ainda existe, pois, infelizmente, óleos minerais ainda são usados e são, sem exceção, cancerígenos (Guitral, 1997).

4. FLUIDOS DIELÉTRICOS: ÓLEO OU ÁGUA?

Existe uma diferença entre a camada refundida produzida por EDM a fio e EDM por penetração. Isso é atribuído principalmente ao fluido dielétrico usado: óleos especiais para máquinas por penetração e água deionizada para corte a fio. Portanto, os efeitos na integridade superficial são tão diferentes quanto o óleo e a água (Fuller, J. E., 1989).

Superfícies usinadas por dielétrico aquoso pode ser bem menos duras que o material de base. Isso é porque óxidos são produzidos pela vaporização da água. Essa oxidação, com a eletrólise, pode liberar carbono, cobalto e outros átomos do material da superfície. Isso pode fazer da rebarbação uma operação mais difícil no alumínio, molibdênio e outros materiais porque a redução das forças usadas na retirada da camada refundida não pode sempre romper o crescimento da resistência da superfície oxidada. Por outro lado, átomos de cobre que foram liberados da ferramenta podem ser assimilados pelas partes fundidas do material da peça, tornando-se parte da camada refundida, contribuindo para um processo de liga descontrolado, influenciando no material de base (Guitral, 1997).

Os dielétricos aquosos especiais usados nessas operações de usinagem são muito caros, pelo fato de evaporar muito mais rapidamente, devem ser trocados com maior freqüência que os óleos dielétricos. Infelizmente, as altas TRMs atingidas com o uso de fluido aquoso no processo EDM por penetração não compensa a alta taxa de desgaste do eletrodo, pobre acabamento superficial e altos custos de operação e manutenção. Esses aspectos negativos têm tornado esse tipo de usinagem proibitiva em termos de custos, e a produção de máquinas usando água ao invés de óleo não conseguiu conquistar o mercado mundial. Porém, deve-se investir em pesquisa para tornar a água um fluido dielétrico de bom rendimento, pois é totalmente inofensivo ao homem e à natureza, uma vez que um dos grandes problemas no uso de hidrocarbonetos é também o descarte desse material, que jamais deve ser feito sem controle. Não podemos pensar somente em termos de qualidade da engenharia ou nos custos, está em jogo o bem estar das pessoas que trabalham com esse perigoso produto e a proteção do meio ambiente.

5. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA ÁGUA

Considerando as principais características da água quanto ao processo de usinagem por descargas elétricas, podemos citar as principais vantagens e desvantagens de sua utilização:

Vantagens:

- ◆ A não utilização de óleos hidrocarbonetos no processo EDM evita a contaminação de rios, pois apesar de toda a fiscalização dos órgãos competentes, muitas indústrias no Brasil simplesmente jogam os óleos utilizados no esgoto.
- ◆ A água deionizada é muito barata, necessitando apenas o investimento inicial para compra de equipamento para deionização.
- ◆ A água uma vez utilizada pode ser reprocessada, por meio de filtração, destilação e deionização, no caso de indústrias que consomem grandes quantidades de dielétrico, o que impede também que essa água com resíduos (basicamente óxido de ferro) agridam o meio ambiente.
- ◆ A água pode ser misturada a outros dielétricos, como por exemplo a glicerina, de forma a melhorar a superfície da peça usinada, o que não é possível com os óleos hidrocarbonetos, pois óleos não se misturam em água.
- ◆ A água deionizada não oferece risco algum para o operador antes, durante e depois da usinagem. Seus vapores não são tóxicos, não há risco de incêndios durante a operação e a água após o uso pode ser manuseada sem riscos adicionais.
- ◆ Com a utilização da água, não será necessária a extração de hidrocarbonetos do petróleo para esse fim, contribuindo assim para que esses aromáticos sejam utilizados nas formas que ainda não existem substitutos de qualidade.
- ◆ Quanto mais severo o regime de operação da máquina, melhores os acabamentos superficiais das peças usinadas com água em comparação com aquelas usinadas com hidrocarbonetos.

Desvantagens:

- ◆ A água deionizada diminui sensivelmente a Taxa de Remoção de material, ou seja, diminui a velocidade de operação da máquina. Porém, com novas pesquisas com a utilização da água deionizada, o controle de aplicação de descargas dos novos equipamentos EDM podem se adequar, mais ou menos como ocorreu quando se começou a trocar a gasolina pelo álcool etílico, foram necessárias modificações nos motores.
- ◆ Quanto menos severo o regime de operação da máquina, piores os acabamentos superficiais das peças usinadas com água em comparação com aquelas usinadas com hidrocarbonetos.
- ◆ Com os equipamentos atuais, a água deionizada produz excessiva evaporação, o que aumenta o consumo de dielétrico para uma mesma operação de usinagem quando comparado com um hidrocarboneto.

6. CONCLUSÕES

- ◆ Os fluidos dielétricos são muito nocivos à saúde do operador, possui riscos de acidentes e incêndios durante o uso, transporte e armazenamento.
- ◆ Os fluidos dielétricos derivados do petróleo representam um risco considerável ao meio ambiente quanto ao seu descarte, uma vez que não possuem muita utilidade depois de utilizados, e continuarem sendo tóxicos.
- ◆ O querosene que ainda muito utilizado nas indústrias, deixa muito a desejar em relação aos fluidos específicos para EDM, com relação a TRM (Taxa de Remoção de Material), RD (Relação de Desgaste), Rugosidade da peça usinada e Topografia. Porém, os aspectos de toxicidade e perigo no manuseio do querosene reafirmam que seu uso como dielétrico para EDM deve ser realmente proibido no Brasil, assim como já acontece nos Estados Unidos.
- ◆ Existe a necessidade urgente de investimentos em pesquisa para desenvolvimento de novas alternativas para substituição dos fluidos derivados do petróleo, não somente pelas questões de saúde e segurança do operador ou proteção do meio ambiente, mas a crescente demanda por petróleo do mundo adicionada à diminuição de sua produção esperada para as próximas décadas, o que aumentará enormemente o custa de operações de usinagem por eletroerosão.
- ◆ Para que os dielétricos aquosos ganhem o mercado, será necessário, como dito, que as máquinas de eletroerosão se adequem aos novos fluidos, e quando isso for feito, não mais nos lembraremos dos hidrocarbonetos e os operadores de máquinas e o meio ambiente irão agradecer.

7. REFERÊNCIAS

- Arantes, L. J., 2001; “Performance Evaluation of Dielectric Fluids for Electrical Discharge Machining Process”, Master’s Dissertation, Federal University of Uberlândia, MG-BR / MIT (Massachusetts Institute of Technology), MA, USA.
- Allison, Sam; 2000, “The Case For Additive Technology In EDM”, ONLINE ARTICLE From the Editorial Staff of Modern Machine Shop. Internet adress: www.mmsonline.com/articles
- Cruz, C., Malaquias, E.S., Fernandes, L.A., 1999, “Introdução à Usinagem Não Tradicional”, DEEME, UFU, Uberlândia-MG, pp. 7-19.
- EDM Today, January/February 1999 Issue, “The Electrodes Tell the Story”. Internet adress: www.edmtoday.org
- Fuller, J.E., 1989, “Electrical Discharge Machining”, Metals Handbook, 9^a Ed. Vol. 16, machining, pp. 557-564.
- Guitral, E. Bud, 1997, “The EDM Handbook”, Hanser Gardner Publication, Cincinnati, 306 pp.
- Intech EDM, 1996, “A Guide to Understanding and Selecting EDM Dielectric Fluids”, Broadview, IL. Internet adress: www.edmtalk.com
- Kaminski, P.C.; Capuano, M.N.; 1999, “Microusinagem por eletroerosão”, Revista OESP Metal-Mecânica, Ano 4, nº 25, OESP Mídia, São Paulo, p.p. 42-47.
- McGeough, J. A.; 1988, “Advanced Methods of Machining”, London, Chapman and Hall, pp.128-152.

ALTERNATIVES FOR SUBSTITUTION OF HYDRO-CARBON DIELECTRIC FLUIDS ON THE ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING PROCESS

Luciano José Arantes – ljarantes@mecanica.ufu.br

Márcio Bacci da Silva – mbacci@mecanica.ufu.br

Alberto Arnaldo Raslan – ltm-raslan@ufu.br

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

Abstract. *The Electrical Discharge Machining (EDM) is a very important process used on the machining of materials of high hardness, very difficult to be machined by conventional machining processes and can produce workpieces of small sizes and complex geometry. One of the materials that are used in this process is high-speed steels, which are very hard and has a high mechanical resistance. The great variety of dielectric fluids used can make possible different conditions of machining. Have been done a lot of works about the possibility of substitution for the standard dielectric fluids using deionized water and watery glycerin solutions, that is not toxic and of easy discarding. Now a days, one of the most important questions on a company is health of employees, so research can show some alternatives for dielectric fluids that can not cause damage to the operators, so a lot of efforts have been done on the composition of this oils.*

Keywords: *EDM, Dielectric fluids, MRR and kerosene.*