

USINAGEM POR DESCARGAS ELÉTRICAS AUXILIADA POR DESGASTE EROSIVO

Luciano José Arantes

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

ljarantes@mecanica.ufu.br

Alberto Arnaldo Raslan

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

ltm-raslan@ufu.br

Resumo: *Uma das principais desvantagens na usinagem por descargas elétricas (EDM) está relacionada com a lentidão do processo, o que o torna pouco competitivo com os processos tradicionais de usinagem. O desenvolvimento de processos híbridos de usinagem tem permitido um melhor desempenho dos processos EDM. O objetivo neste trabalho foi o de desenvolver um processo EDM auxiliado por desgaste erosivo. Um dispositivo foi projetado e construído para possibilitar a ação de partículas abrasivas diluídas no fluido dielétrico. Os resultados demonstraram que ocorre um ganho significativo na taxa de remoção de material quando se usa jato de fluido abrasivo sob alta pressão.*

Palavras-chave: EDM, abrasão, erosão, fluidos dielétricos.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de fabricação têm se tornado, cada vez mais, processos híbridos de usinagem, ou seja, processos que associam dois ou até três processos de usinagem simultaneamente. No caso da Retificação por Descargas Elétricas (AEDG), estudos mostram que em todos os casos testados, a RD (Relação de Desgaste) é até 3 vezes maior com o processo híbrido (Figura 3.9), quando comparado com a Usinagem por Descargas Elétricas isoladamente (Kozak; Oczos, 2001).

Esse efeito se deve ao fato de que as partículas abrasivas, além de agirem mecanicamente no processo, arrancando material da peça pelo processo erosivo, elas agem também como concentradoras das descargas elétricas, gerando menos perdas laterais e melhorando o controle dessas descargas (Fernandes, 1999). Pode-se fazer uma comparação relativamente precisa ao se comparar o processo de Retificação por Descargas Elétricas com o processo de Usinagem Abrasiva por Descargas Elétricas, uma vez que Kozak et al (2001) defende que os dois processos são térmica e mecanicamente semelhantes e, portanto, os resultados de um podem ser extrapolados para análise em outro.

A Figura 1 apresenta o Diagrama de Energia para o Processo AEJDM. A interação principal é térmica por descargas elétricas (ED), cuja remoção de material ocorre por fusão e evaporação (linha conectando o ponto ED ao ciclo AEJDM). A interação secundária, ou de assistência é mecânica, da ação do abrasivo A e do fluxo do fluido dielétrico F. No lado esquerdo do triângulo, durante as descargas elétricas, energia acumulada no gerador de pulso é transferida para a peça de trabalho e para a feramenta-eletrodo, pelos elétrons e íons no canal de plasma (linhas finas ligando os pontos dos Elétrons e Íons até a linha Plasma-EDM). A presença do abrasivo A no processo atua de duas formas no processo híbrido. Primeiro, melhorando a dispersão das descargas elétricas e aumentando

o GAP e segundo, pelo impacto das partículas abrasivas na superfície da peça de trabalho, promovendo erosão de material. Do lado direito do triângulo, temos os meios de trabalho: Dielétrico, onde estão as Partículas Sólidas (abrasivos) e que agem através da ação dinâmica desse Fluido (fluxo do fluido de trabalho), segundo as linhas que saem dos pontos citados e chegam ao círculo AEDJM.

Outra grande vantagem do processo AEDG e consequentemente do processo AEDM, é que não há formação de camada refundida. No processo EDM, sempre ocorre formação de uma camada branca, ou camada refundida, pois como a velocidade do fluido dielétrico nesse caso é pequena (chamamos de vazão de torneira), não se consegue evitar que algum material fundido volte a se solidificar por sobre a superfície usinada (Figura 2). Essa camada branca é prejudicial à peça, pois afeta as propriedades mecânicas da superfície gerada. Com a aplicação do jato abrasivo simultaneamente ao processo de eletroerosão, mesmo que ocorra deposição de material na superfície usinada, esse material será quase que instantaneamente removido pela ação erosiva do abrasivo, conforme ilustra a Figura 1.

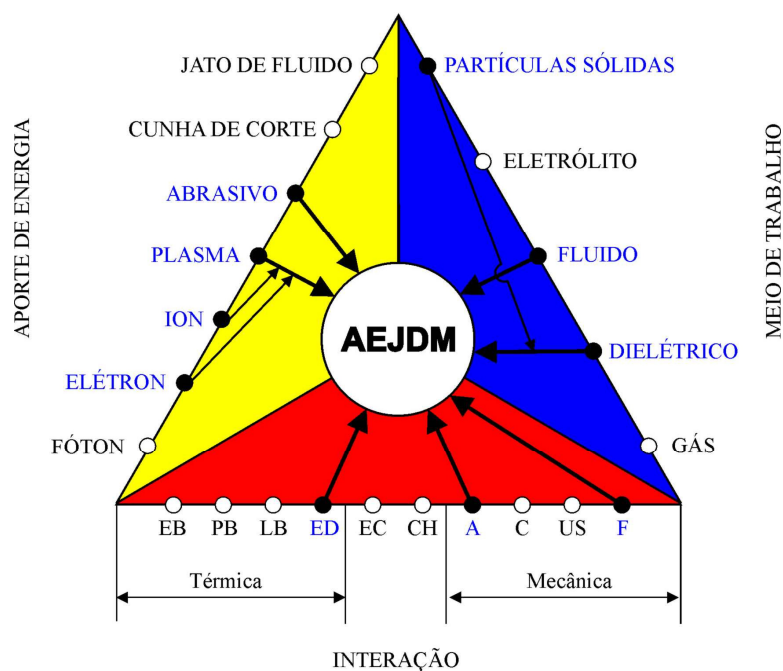


Figura 1: Diagrama de Energia para o processo de Usinagem por Descargas Elétricas e Erosão Abrasiva (AEJDM).

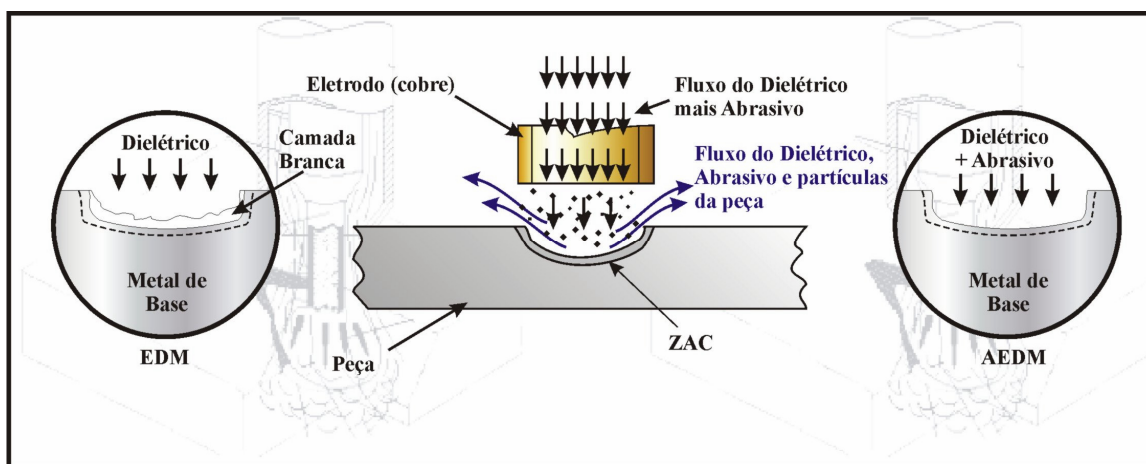


Figura 2: Princípio da Usinagem Híbrida (EDM + AWJM).

O objetivo deste trabalho é o de demonstrar a viabilidade técnica de um processo de usinagem por descargas elétricas auxiliado por desgaste erosivo..

2. METODOLOGIA

Sabe-se que um aumento do fluxo do dielétrico promove um aumento da Taxa de Remoção de Material e mudança na Relação de Desgaste e na rugosidade da superfície acabada. Adicionou-se, portanto, um sistema auxiliar de bombeamento uma bomba de alta pressão (100bar) para injetar fluido dielétrico com alta velocidade, aliando o efeito térmico das descargas com o efeito erosivo do jato com abrasivo (carboneto de silício). O esquema mostrado na Figura 3 apresenta as modificações necessárias para passar o sistema auxiliar de baixa pressão para alta pressão. As configurações da Bomba de Alta Pressão encontram-se na Tabela 1 .

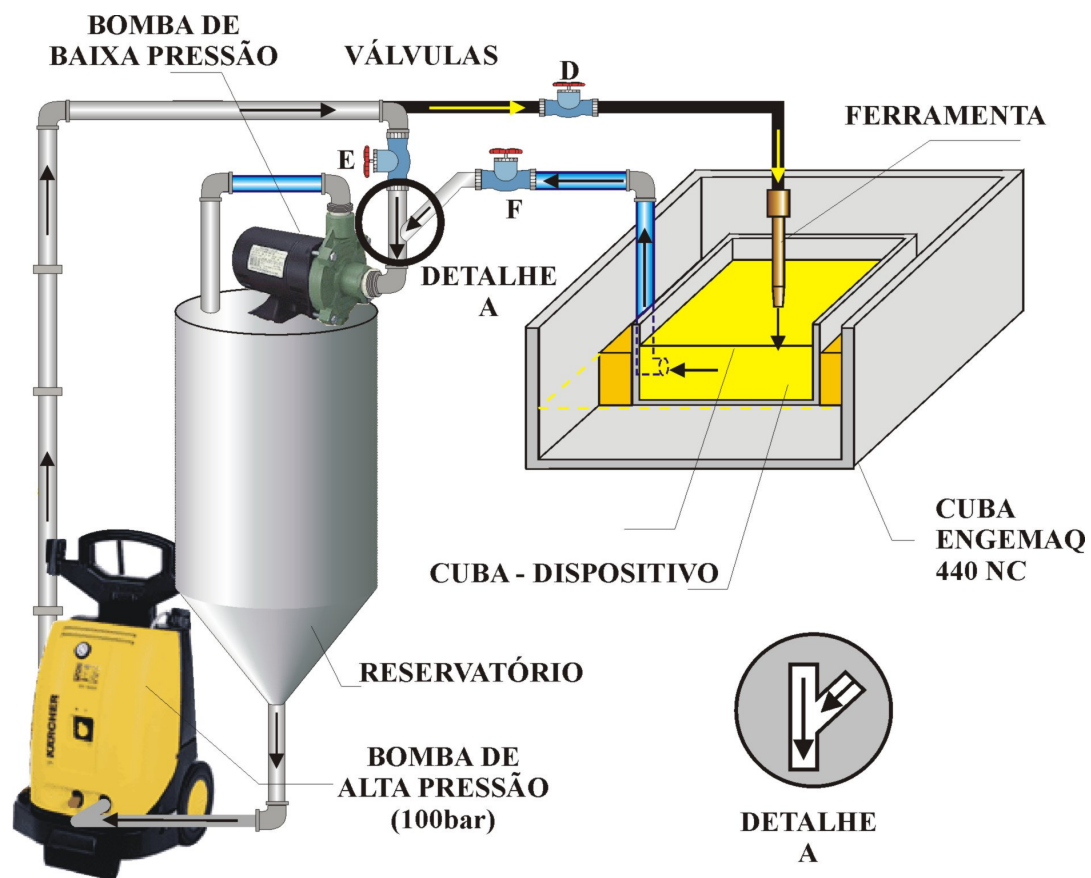


Figura 3: Esquema da montagem do protótipo experimental de Jato de Água Abrasivo na máquina EDM (alta pressão).

Tabela 1. Especificação da Bomba de Alta Pressão utilizada no sistema auxiliar.

Bomba de Alta Pressão	
Potência do Motor [Watts]	1100
Voltagem [Volts]	220
Pressão [bar]	100
Rotação do Motor [rpm]	3450
Vazão [litros/min]	42,9

Os ensaios foram realizados em aço ABNT M2. O eletrodo, na forma cilíndrica e vazada, foi confeccionado em cobre. As dimensões estão mostradas na figura 4.

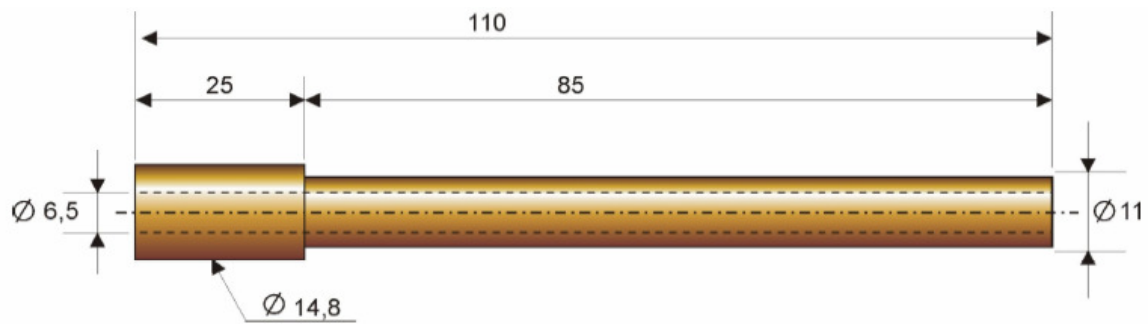


Figura 4: Geometria e dimensões do eletrodo de cobre.

Os fluidos dielétricos usados foram querosene, água deionizada e óleo mineral. Como abrasivo, usou-se o carbeto de silício (SiC), granulometria de 600 mesh e concentração de 30g/l.

Os parâmetros operacionais da máquina foram: tensão de 60 V, corrente de 25 A, T_{on} de 200 ms e T_{off} de 100 ms.

3. RESULTADOS

Os resultados de TRM foram separados em duas figuras, ensaios sem abrasivo (Figura 4) e ensaios com abrasivo (Figura 5). Observa-se na Figura 4, que com a melhoria do sistema de lavagem, passando de fluido estático, para fluido a baixa pressão e finalmente para fluido a alta pressão, os valores de TRM crescem consideravelmente: 85% maior para o Óleo A, 40% maior para Querosene e 42% maior para a água deionizada. Com jato a alta pressão, a remoção das partículas erodidas é melhorada, o que aumenta a velocidade de usinagem. O aumento na pressão torna mais efetivo a ação da lavagem das micro-partículas fundidas e resolidificadas.

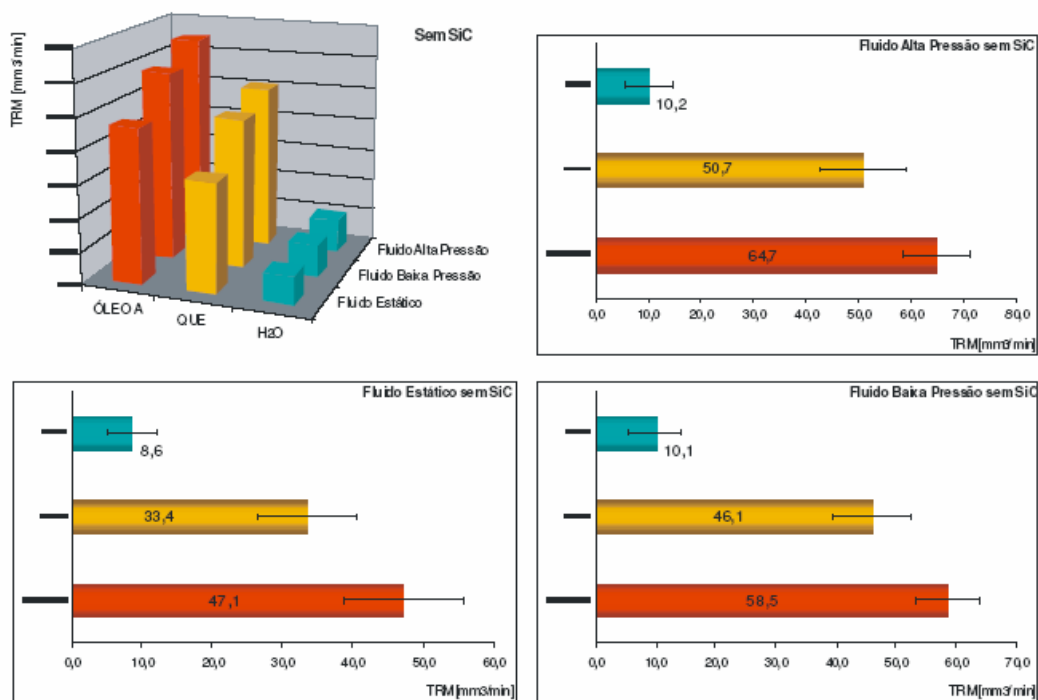


Figura 4: Taxa de Remoção de Material para as amostras usinadas com Óleo A, Querosene e Água, sem abrasivo, com fluido estático, jato a baixa pressão e jato a alta pressão.

Os resultados para TRM dos ensaios com adição de abrasivo (SiC) são apresentados na Figura 5. Observa-se que os valores de TRM aumentaram com a adição do abrasivo, quando comparados os resultados nas mesmas condições, porém, sem adição de SiC. O aumento da TRM foi de 277% para o Óleo A, 467% para o Querosene e 800% para a água deionizada, comparando os resultados de jato a alta pressão com fluido estático. Fica evidente que, comparando os resultados de TRM sem a adição e com adição de SiC, houve ação erosiva das partículas abrasivas. A água deionizada demonstrou maior ganho percentual de desempenho, quando comparado com as TRMs dos demais fluidos. Porém, a velocidade de usinagem com água ainda é inferior àquela obtida com fluidos hidrocarbonetados.

Comparando os resultados de fluido estático, observou-se que a simples adição de abrasivo melhora os valores de TRM. Esse efeito é devido o aumento da densidade do fluido dielétrico, o que ocasiona aumento da resistência do meio ao arco de plasma, mantendo assim, as descargas menos dispersas e aumentando a potência efetivamente desprendida sobre a peça usinada. Independente do fluido utilizado, observou-se nos três casos (Óleo A, Querosene e Água Deionizada) melhoria na TRM. Porém, o fluido dielétrico ainda exerce influencia na velocidade de usinagem, ou seja, a adição de abrasivo melhora o processo, mas não torna os fluidos equiparados.

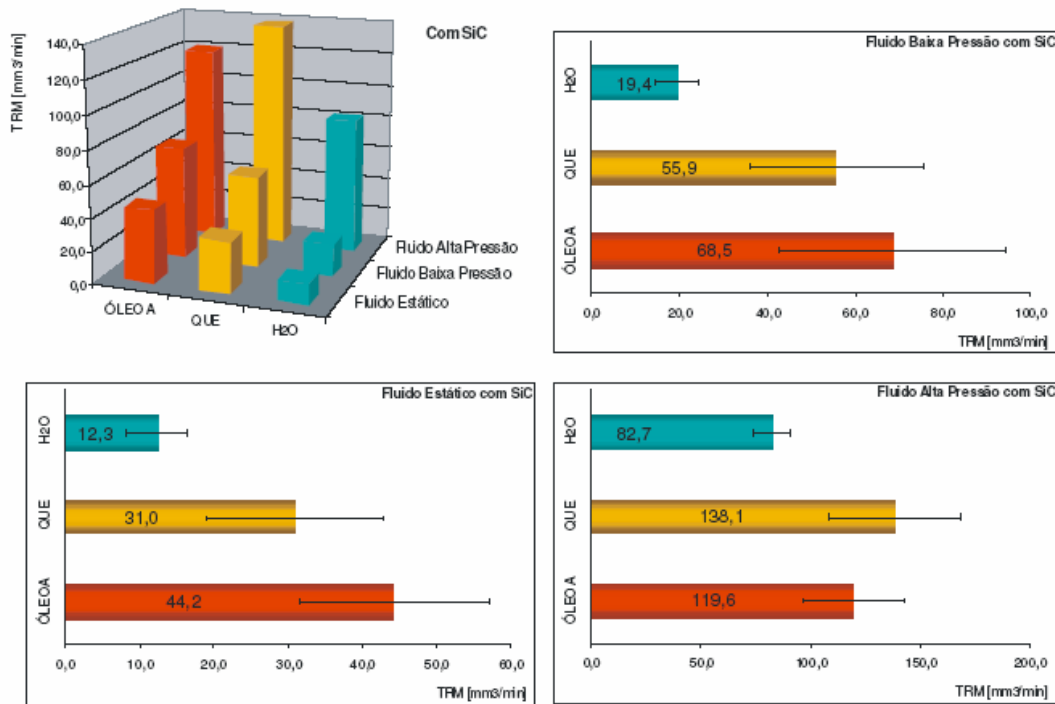


Figura 5: Taxa de Remoção de Material para as amostras usinadas com Óleo A, Querosene e Água, concentração = 30g/l, granulometria = 600mesh, com fluido estático, jato de baixa e alta pressão.

Em muitos processos híbridos, em adição à contribuição dos processos componentes, uma nova formulação pode ocorrer levando-se em consideração um termo de interação dos processos, EDM e AWJM – Usinagem por Jato de Água Abrasivo. A formulação para TRM_{Total} é a seguinte:

$$TRM_{Total} = TRM_{EDM} + TRM_{AWJM} + TRM_{(EDM \rightarrow AWJM)} \quad (1)$$

A equação (1) ilustra o efeito sinérgico na TRM nos processos híbridos. Para a aplicação dessa equação, faz-se necessário a determinação, experimentalmente, dos valores de $TRM_{(EDM \rightarrow AWJM)}$,

que é a TRM do processo EDM auxiliado por AWJ. Faz-se então, o cálculo para a água deionizada:

$$\begin{aligned} \text{TRM}_{\text{Total}} &= 80 \text{ mm}^3/\text{min}; \\ \text{TRM}_{(\text{EDM})} &= 11 \text{ mm}^3/\text{min} & \blacktriangleright & \text{TRM}_{(\text{EDM} \rightarrow \text{AWJM})} = 69 \text{ mm}^3/\text{min} \\ \text{TRM}_{(\text{AWJM})} &= 0 \end{aligned}$$

Esse é o valor da TRM do processo EDM com o auxílio do processo AWJM. TRM Total é a Taxa de Remoção de Material do processo híbrido AEJDM. A TRM (AWJM) é praticamente zero porque a pressão de 100bar é insuficiente para erosão sem as descargas elétricas. Portanto, o processo híbrido provou, em termos de TRM, ser muito mais eficaz que os processos EDM e AEDM em separado, com um rendimento 420% superior ao apresentado por esses processos.

A Figura 6 apresenta os resultados de posição instantânea da ferramenta, no eixo Z, em milímetros, para a água deionizada, cujo desempenho de TRM foi o que sofreu maior influência com o jato abrasivo com adição de carboneto de silício (SiC). Essa figura corrobora os resultados de TRM, em que o desempenho entre fluido estático e jato a baixa pressão não foi tão significativo. Porém, fica evidenciado a ação do processo AEDM (Usinagem por Descargas Elétricas com Adição de Abrasivo), em que as partículas abrasivas, ao modificarem a densidade do fluido dielétrico, aumentam a pressão no arco de plasma, melhorando a dispersão das descargas e aumentando a velocidade de usinagem.

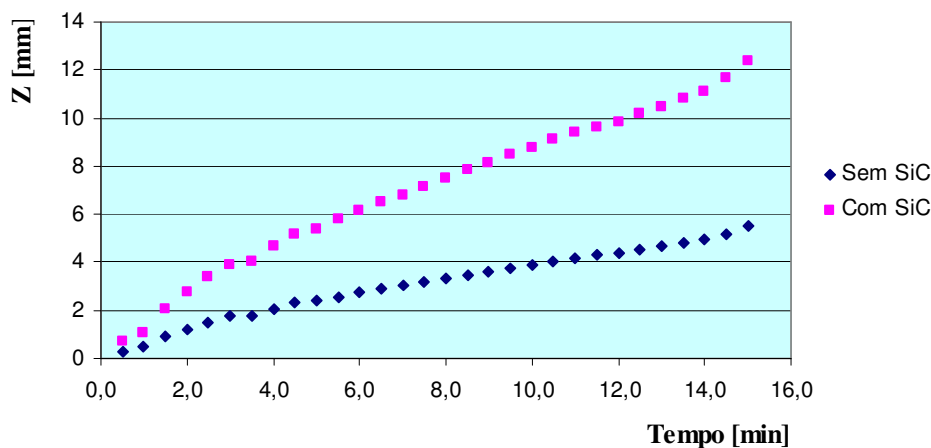


Figura 6: Variação instantânea de Z para Água Deionizada, com jato a alta pressão, com e sem abrasivo (SiC), à concentração de 30 g/l.

4. CONCLUSÕES

A partir de resultados obtidos com experimentos em um equipamento EDM adaptado para receber o auxílio de um jato de fluido dielétrico erosivo, pode-se concluir que:

- ◆ O processo híbrido de usinagem pode ser até 3 vezes mais rápido que o processo EDM isoladamente, não somente pela aceleração causada pelos impactos das partículas abrasivas, mas também, pela melhoria do sistema de lavagem do material fundido e pelo fato de que pesquisas anteriores mostram que partículas dispersas no fluido melhoram a concentração das descargas elétricas;

- ◆ O processo híbrido pode utilizar água deionizada misturada com partículas abrasivas. A utilização de água deionizada constitui numa das fontes de economia do processo, além de não ser tóxica;

- ◆ As partículas abrasivas podem danificar partes importantes do equipamento EDM, além de impor um desgaste maior da ferramenta. Desenvolvimentos para minimizar estes problemas devem ser implementados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arantes, L. J. Avaliação de Fluidos Dielétricos no Processo de Usinagem por Descargas Elétricas, 2001. 74 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.
- Fernandes, A. L. 1999. 72 p. 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, Uberlândia-MG.
- Finnie, I. Some Reflections on the Past and Future of Erosion. Wear, pp. 1-10, 1995.
- Intech EDM. A Guide to Understanding and Selecting EDM Dielectric Fluids. Broadview, IL, 1996.
- Jilani, S. T; Pankdy, P. C. Experimental Investigations into the Performance of Water as Dielectric in EDM. Int. J. Mach. Tool Des. Res. 24, p. 31-43, 1984.
- Kozak, Jerzy; Pajurkar, Kamalakar P. Hybrid Machining Process Evaluation and Development. University of Nebraska, Lincoln, U.S.A, 2001.
- Kozak, Jerzy; Oczos, Kazimierz. Selected Problems of Abrasive Hybrid Machining. Journal of Materials Processing Technology, 2001.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq, FAPEMIG e Instituto Fábrica do Milênio (IFM).

ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING ASSISTED BY EROSIVE WEAR

Luciano José Arantes

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

ljarantes@mecanica.ufu.br

Alberto Arnaldo Raslan

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

ltm-raslan@ufu.br

Abstract: *One of the major disadvantages of the electrical discharge machining process is the low metal removal rate, which turns it a non-competitive process with conventional machining process. The development of hybrid machining process has provided better performance of EDM process. The purpose of this work was developed an EDM process assisted by erosive wear. A device was designed to enable the action of abrasive powder suspended in working fluid. The results showed a better metal removal rate when using abrasive fluid in high pressure jet.*

Keywords: EDM, abrasion, erosion, dielectric fluids.