

EFEITO DA ADIÇÃO DE SiC EM PÓ NA GERAÇÃO DE MICROTRINCAS NO PROCESSO DE USINAGEM POR DESCARGAS ELETRICAS

Jean Robert Pereira Rodrigues¹
Claudionor Cruz²
Sinésio Domingues Franco³
José Roberto Pereira Rodrigues⁴
Marco Antonio Eid⁵

jrobert@fem.unicamp.br
lunt-ccruz@ufu.br
ltn-sdfranco@ufu.br
jroberto@fem.unicamp.br
marco_eid@fem.unicamp.br

^{1,4 e 5}Departamento de Engenharia de Materiais - Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP, Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo, 13.083 – 970 – CP 6122 - Campinas – SP.

^{2 e 3}Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Av. João Naves de Ávila, 2160 – Campus Santa Mônica – Bloco 1M, 38.400 – 902. Uberlândia – MG.

Resumo. *É sabido que a Usinagem por Descargas Elétricas (EDM), é um processo térmico onde pode-se ter temperaturas muito elevadas (superiores a 1200° C) na região de usinagem. Conseqüentemente é fácil de entender o fato das peças usinadas por EDM, apresentarem camadas superficiais endurecidas, refundidas e com elevado número de microtrincas superficiais. A formação de microtrincas está associada com o desenvolvimento de altas tensões térmicas que excedem a tensão máxima de resistência do material. Além disso as microtrincas superficiais penetram em profundidade com extensões que dependem da energia de descarga. O trabalho proposto, tem por objetivo estudar o efeito da adição de pó de SiC em vários fluidos dielétricos, sobre a geração de microtrincas superficiais, no aço rápido ABNT M2, durante a usinagem por descargas elétricas. Os resultados apresentados mostram uma redução da quantidade de microtrincas nas superfícies usinadas, quando se adiciona pó de SiC ao dielétrico, quando comparadas com as usinadas com EDM convencional.*

Palavras-chaves: *Usinagem por Descargas Elétricas, Fluido Dielétrico, Pó de SiC, Crateras, Geração de Microtrincas.*

1. INTRODUÇÃO

A usinagem por descargas elétricas, ou Electrical Discharge Machining (EDM), ou ainda Usinagem por Eletroerosão, é um processo adequado para usinagem de formas complexas em materiais condutores elétricos, principalmente para aqueles de alta dureza, difíceis de serem usinados por processos tradicionais. De acordo com Cruz et al¹ as maiores aplicações do

processo estão na fabricação de matrizes para estampagem, forjamento, extrusão, feiras para trefilação, moldes de plástico, enfim, para o setor de ferramentaria em geral.

Novas tecnologias vem sendo empregadas em diversos campos da fabricação. Uma dessas, afetam diretamente o desempenho do processo EDM, e que sem dúvida tem ganhado grande impulso no início do século XXI, diz respeito a adição de pós metálicos ao fluido dielétrico.

Segundo Benedict² várias são as vantagens desta nova tecnologia, como: alta Taxa de Remoção de Materiais (TRM), bom acabamento superficial, alta relação de área usinada versus acabamento superficial, alta estabilidade do processo na geração dos pulsos de descargas, superfícies resistentes a corrosão e mesmo ao desgaste.

Segundo Rodrigues³, há um questionamento com relação ao processo EDM, no que diz respeito a textura e integridade superficial das peças usinadas. Recomenda-se posteriores processos de usinagem, para eliminação de camadas superficiais pobres em propriedades mecânicas, como por exemplo usinagem eletroquímica (ECM) ou mesmo por processos tradicionais de usinagem, como o polimento.

Investigações feitas por Kobayashi⁴, confirmam que não só a adição de pó de silício, mas também de tungstênio e outros no fluido dielétrico, aumenta o desempenho do processo EDM, reduzindo a camada superficial afetada pelo calor. Conseqüentemente, a superfície usinada experimenta uma melhoria da resistência a corrosão, podendo ainda ter um enriquecimento de carbono. Com a adição de pós como, por exemplo, o silício, observa-se uma queda na rugosidade superficial, que era conseguida somente com inversão de polaridade e com a elevação da frequência de descargas elétricas.

Baseado nas investigações acima, acredita-se que a adição de carboneto de silício no fluido dielétrico torne também o campo elétrico mais uniforme, permitindo assim que as descargas elétricas sejam melhor distribuídas ao longo da região a ser usinada. Esse fato poderá assegurar uma remoção uniforme de material ao longo da superfície a ser usinada, gerando ainda uma menor quantidade de microtrincas e, portanto, uma superfície com poucas imperfeições.

Como atualmente muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas visando estudar o efeito da adição de pós no processo EDM, houve a idéia de pesquisar tal assunto, já que os trabalhos citados anteriormente pelos autores, apresentam resultados bastante satisfatórios. Os materiais usinados com tal mistura apresentaram excelentes características metalúrgicas tornando-os mais confiáveis em suas aplicações, quando comparado com similares obtidos por EDM convencional. O objetivo principal desta pesquisa é estudar o efeito da adição de pó de carboneto de silício (SiC) em vários fluidos dielétricos, sobre as microtrincas produzidas na camada superficial durante a usinagem por EDM do aço-rápido ABNT M2 em regime de desbaste. A escolha desse aço se deve ao fato de ser bastante utilizado em ferramentas de corte, e sua aplicação só não é maior por causa de sua baixa usinabilidade por processos tradicionais de usinagem. Apesar de ser um aço facilmente usinado por EDM, a integridade da superfície usinada no entanto, fica comprometida, com formação de indesejáveis camadas refundidas e microtrincas superficiais.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O PROCESSO EDM COM ADIÇÃO DE PÓ

Kobayashi⁴ descobriu que pode-se gerar áreas especulares relativamente grandes (acima de 10cm²) na operação de acabamento, ao se utilizar um eletrodo de silício no processo de usinagem por descargas elétricas. O mesmo autor apresentou resultados, mostrando que a adição de pó de silício no fluido dielétrico promove uma superfície especular com uma área acima de 500 cm². A Figura 1, mostra a relação da rugosidade superficial média (Ra) e a área usinada. Observa-se que a rugosidade superficial (Ra) gerada por processo de usinagem por descargas elétricas, com fluido misturado com pó de silício, quase não aumenta mesmo com o aumento da área usinada.

Segundo esse autor, a tendência acima baseia-se na larga dispersão das descargas sobre a peça. Esta dispersão está relacionada com o “gap” (distância entre o eletrodo-ferramenta e a peça), que torna-se grande pela mistura do pó de silício no fluido dielétrico. O “gap” relativamente grande, garante descargas elétricas estáveis e conseqüentemente dispersas sobre uma extensa área da peça.

A Figura 2 mostra a relação entre a distância do “gap” e a dispersão das descargas. O processo de usinagem por descargas elétricas com fluido misturado com pó de silício permite uma maior dispersão das descargas, além de reduzir a capacitância no “gap” pelo aumento do seu comprimento em aproximadamente 5 (cinco) vezes em relação a EDM convencional, tornando a superfície mais polida. O próprio Kobayashi et al ⁵, menciona ainda, que no caso de operações de acabamento com o fluido convencional, a distância entre eletrodo e peça é tão pequena, que descargas anormais ocorrem várias vezes.

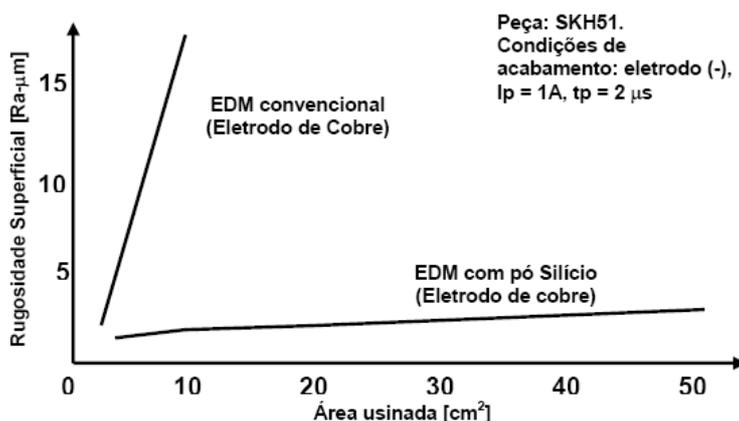


Figura 1. Relação entre a rugosidade superficial média (R_a) e a área usinada observada por Kobayashi⁵.

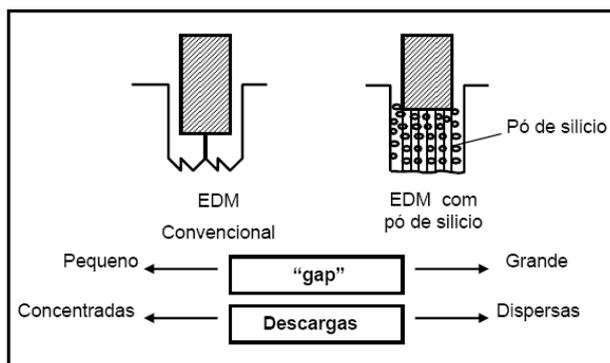


Figura 2. Relação entre o “gap” e a dispersão das descargas observada por Kobayashi⁵.

Na figura 3 apresenta-se o diagrama esquemático da distância entre o eletrodo e a peça quando ocorre a descarga de único pulso sugerido por Okada e Uno⁶. É mostrado na figura, que o “gap” teve um comprimento de 92 μm ao se utilizar do fluido misturado com pó de silício, enquanto para querosene a distância foi 17 μm sob as mesmas condições (voltagem de 90V, corrente da descarga de 3A, pulso de 2 μs). Isto é devido à diferença de resistividade dos fluidos dielétricos e também à influência de detritos em movimento no “gap”. Portanto o impacto da força ocorre devido às diferenças de descargas elétricas, que diferem entre os dois casos, por causa da diferença no “gap”.

Kobayashi et al.⁴ destaca que a obtenção de uma superfície bem acabada por EDM é dificultada quando a área do eletrodo torna-se grande. Isto se deve à alta capacidade eletrostática da área entre o eletrodo e a peça. Tem-se constatado uma efetiva solução para este problema, pelo uso de eletrodo de silício sinterizado. Este método produz uma superfície finamente acabada e altamente resistente à corrosão e ao desgaste. Porém, como o Si é muito duro e frágil torna-se difícil, portanto, a fabricação de um eletrodo-ferramenta. O próprio autor afirma que a adição de silício no fluido dielétrico é uma solução viável, levando-se em consideração o fato de haver uma grande quantidade

de pó de silício fora do eletrodo na região do “gap”. Este afeta o acabamento, mesmo com o uso de eletrodo de cobre.

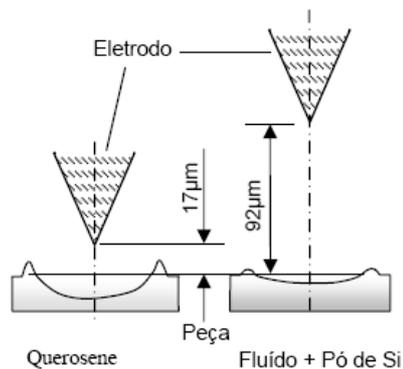


Figura 3. Diagrama esquemático do “gap” (Okada e Uno⁶).

Constatou-se pelos resultados dos experimentos realizados por Kobayashi et al⁴, que a utilização de diversos tipos de pós, tais como silício, alumínio e grafite, adicionados em um óleo hidrocarbonos é bastante efetiva no sentido de se conseguir um fino acabamento em curto tempo de usinagem. Pós de alumínio e grafite produzem uma superfície mais uniforme do que uma por silício sobre as mesmas condições de usinagem. Comprovou-se que a dispersão de corrente de descargas é maior através de toda área do eletrodo na qual possa estar o fluido misturado com pós. Isso torna o processo EDM com pós adicionados no fluido altamente atrativo na indústria, uma vez que superfícies com melhores características técnicas podem ser obtidas.

3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Em virtude deste trabalho ser desenvolvido aplicando-se eletrodo de cobre durante o processo de usinagem por descargas elétricas, menciona-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 mostradas na Figura 4.

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

Ponto de Fusão	Ponto de Ebulição	Resistividade Elétrica	Modulo de Elasticidade	Utilização	Custo	Acabamento superficial
1083 °C	2580 °C	0.017 µΩm	124x 10 ³ N/mm ²	Larga	Baixo	Preciso

Foram utilizados também peça de aço rápido ABNT M2 da marca tool master (chamadas 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, 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 seção 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 mostrada na Figura 5, está diretamente relacionada com a lavagem, isto é, a circulação da mistura entre o eletrodo e a peça. A injeção do dielétrico por dentro do eletrodo associadas com o mecanismo de avanço e retrocesso ultra-rápido da máquina, permite a obtenção de condições de limpeza adequadas, que são essenciais para a se obter melhores rendimentos durante a usinagem dos “bits”. Outra colocação importante, é

que a conicidade existente na extremidade do eletrodo, permite que os resíduos proveniente da usinagem passem lateralmente pela zona de trabalho entre o eletrodo e a peça.

Foram utilizados ainda pós de silício e carboneto de silício com granulometrias de: 220, 400, 600, 1000 e 2000mesh.

O equipamento de agitação da mistura, eletrodo e porta-eletrodo, foram projetados com objetivo de se permitir uma uniformidade na mistura (*pós + dielétrico*), uma concentração apropriada, e também o modo de adição do pó no “gap” durante a usinagem dos “bits”. Nesta fase preliminar, denominada de pré-testes, utilizou-se querosene, SiC em pó com granulometrias de 200, 400, 600, 1000 e 2000mesh e Si com granulometria 200 mesh (massa de 1080 variando de acordo com a concentração), volume de dielétrico de 36 l, concentrações de 15 g/l, 30 g/l e 60 g/l. Ao final desta fase adotou-se os parâmetros rugosidade média (Ra), relação de desgaste e TRM, verificou-se as características da superfície usinadas com pós de silício e Carboneto de silício. Para isso foram levantados gráficos e tabelas, que depois de analisados permitiu-se adotar os parâmetros que foram de fundamental importância para serem aplicados nos testes definitivos. Os resultados dos testes preliminares são mostrados com maior detalhe na dissertação de Fernandes⁷.

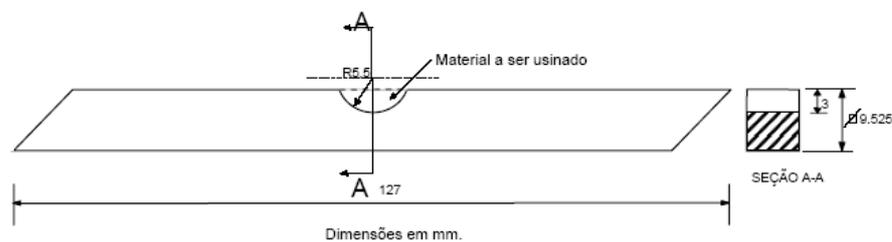


Figura 4. Configuração da geometria da peça usinada (aço rápido ABNT M2).

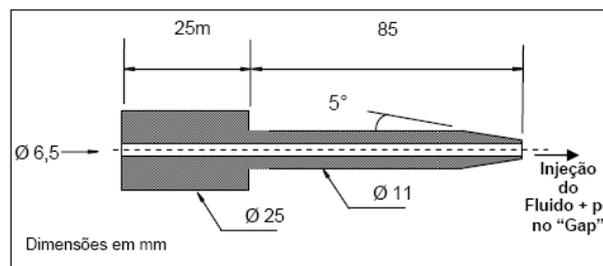


Figura 5. Representação esquemática do eletrodo-ferramenta de cobre.

Os parâmetros finais que permitiram obter bons resultados nos testes preliminares, foram aplicados nos testes definitivos onde pode-se citar: concentração = 30g/l, granulometria = 600mesh (15 μ m), vazão = 76.92 ml/s, volume de dielétrico = 36 l e massa = 1080g de SiC, além de serem utilizados 3 (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 Tab.(2). Para as condições acima conseguiu-se chegar a um ponto ideal de usinagem onde foi fixada a condição de corte: tensão de 60 V, corrente de 25 A, Ton de 200 μ s e Toff = 10 μ s.

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 Tab (3).

A “variável” SiC foi convertida em um “parâmetro”, visando estudar o efeito microestrutural e mecânico, sofrido pelo aço ABNT M2, quando usinado por descargas elétricas. Portanto, granulometria, concentração, homogeneidade de mistura, forma de adição, vazão, volume, massa de SiC foram fixados durante os testes.

Tabela 2. Propriedades químicas dos fluídos 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 °	Massa específica ρ/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

O objetivo principal após o desenvolvimento do agitador, era fornecer a mistura dielétrico mais pó na vazão pré-escolhida de forma homogênea, além de uma concentração adequada, bem como o modo de adição do pó de SiC, permitindo que os pós em suspensão atuassem ao redor das descargas elétricas, direcionando-as na região do “gap” durante a usinagem, permitindo assim que o arco elétrico se comportasse o mais uniforme possível em todos os testes. A Fig.(6) mostra respectivamente um esquema do sistema de agitação com seus componentes e o posicionamento da cuba auxiliar dentro da cuba da máquina de eletroerosão. Outros objetivos para construção do misturador foram: Não utilizar o circuito dielétrico da máquina de modo a não danificá-lo com a contaminação dos pós adicionados aos dielétricos e utilizar apenas uma pequena quantidade de fluido, já que o reservatório da máquina comporta cerca de 420 l.

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)	Ton (μs)	Toff (μs)
Desbaste	60	25	200	10

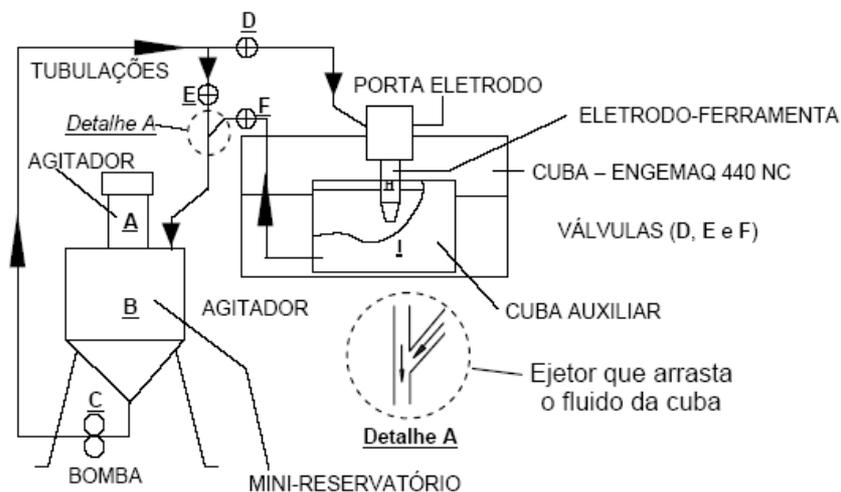


Figura 6. Equipamento auxiliar de Agitação para testes com adição de pó.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 7 mostra como as microtrincas se propagam na superfície. É possível observar que as microtrincas não se limitam apenas à camada de material refundido, estendendo-se até à zona afetada pelo calor e em alguns casos atingindo o material base. Além de trincas verticais, nota-se a presença de trincas subsuperficiais, localizadas tanto dentro da camada refundida, quanto dentro do material base [ex: Figuras 7 (A) e 7 (C)]. As microtrincas subsuperficiais apresentam-se normalmente associadas às trincas de tração (verticais). Outro aspecto a ser notado, é o fato de que

as trincas verticais muitas das vezes estarem associadas a defeitos tais como bolhas ou vazios [ex: Figuras 7(A), 7 (C) e 7(F)]

O efeito da adição de pó de SiC é, todavia, notória na densidade de microtrincas. Em todos os dielétricos houve uma redução da densidade linear de microtrincas.

Fazendo-se uma comparação dos gráficos das Figuras 8 e 9, pode-se afirmar que as amostras de aço rápido ABNT M2, usinadas com a mistura (óleo C + SiC), apresentaram microtrincas com comprimento médio bastante elevado. Por outro lado foram observados valores relativamente baixos na densidade de microtrincas.

Fazendo-se uma análise detalhada no gráfico da Figura 8, percebe-se que as amostras que foram usinadas com pó de SiC adicionado no fluido dielétrico A, apresentam microtrincas com comprimento médio em torno de $15.9\mu\text{m}$ com desvio padrão de $8.0\mu\text{m}$, portanto, inferior quando comparadas até mesmo com amostras usinadas com adição de pó, como por exemplo a mistura (óleo C + SiC em pó), onde estas apresentavam comprimento médio de $23.0\mu\text{m}$ e desvio padrão de $16.5\mu\text{m}$.

Sob o aspecto de microtrincas, o fluido dieletrico A com adição de SiC, representa alternativa atraente para a usinagem do aço rápido ABNT M2.

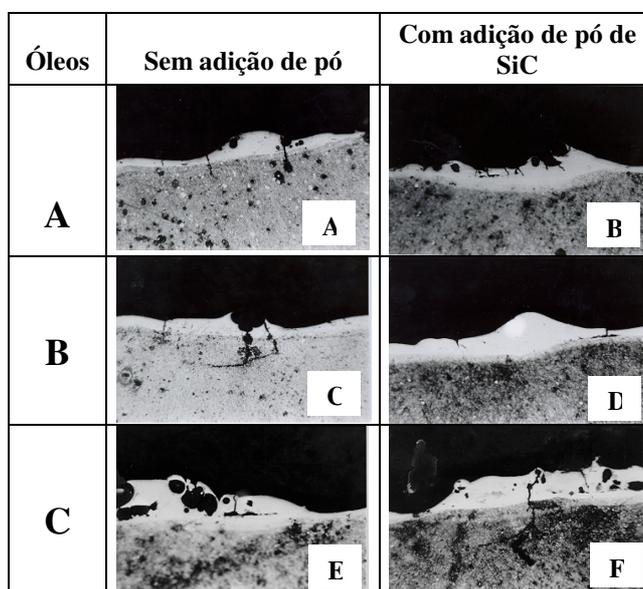


Figura 7. Seção transversal da superfície usinada do aço rápido ABNT M2 por EDM com os fluídos dielétricos A, B e C, obtidas por MO e atacadas com *Nigreen*. Na segunda coluna: a usinagem foi feita sem adição de pó ao fluido dielétrico. Na terceira coluna: com adição de pó de SiC

As trincas geradas durante processo EDM, no aço rápido ABNT M2 podem ainda circundar as crateras e bolhas do material refundido e resolidificado. Segundo Pandey e Shan⁸, essas microtrincas têm suas profundidades e extensões determinadas pela energia de descarga. As superfícies apresentadas anteriormente, mostram-se também bastante semelhantes com as observadas por Kremer et al.⁹. Este mesmo autor afirma nos seus trabalhos, que o desenvolvimento das microtrincas, está relacionada com o surgimento de elevadas tensões térmicas que superam a tensão máxima de resistência do material.

Da Figura 8 nota-se a existência de grandes desvios padrões do comprimento das trincas em relação aos valores médios. Isso pode ser notado da Figura 7 (a), onde são observados trincas com grandes diferenças de tamanho. Nota-se também uma tendência de aumento do comprimento das trincas ao se passar do dielétrico A para o B, e desse para o C. Adicionalmente percebe-se que a adição de pó de SiC no fluido dielétrico A obteve valores relativamente baixos, mas no contexto geral observa-se a adição de pós não conduziu a reduções significativas no comprimento médio das microtrincas.

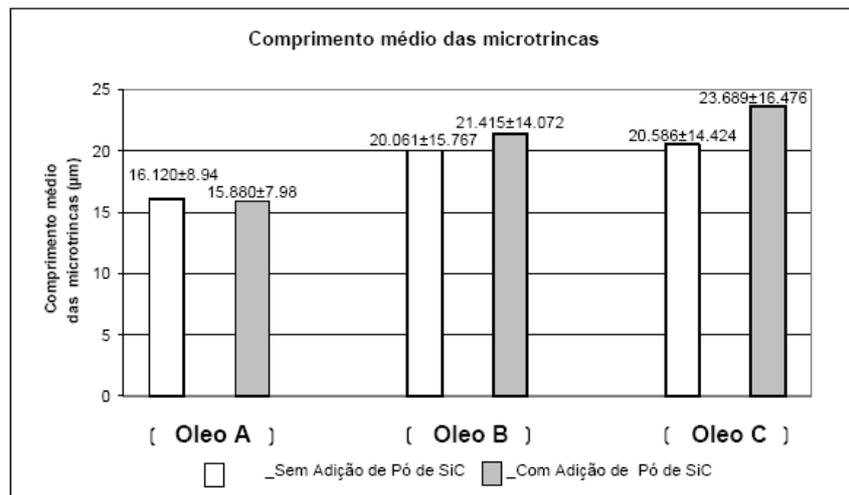


Figura 8. Comprimento médio das microtrincas ao longo da superfície usinada.

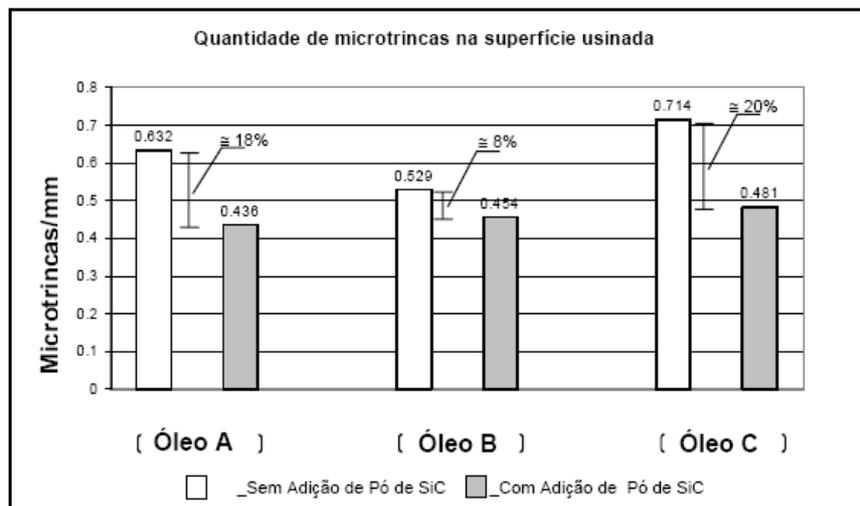


Figura 9. Quantidade de microtrincas por milímetro da superfície usinada.

A Tabela 4 mostra os valores da altura média da camada de material fundido e redepositado sobre a superfície, além da espessura média da zona afetada pelo calor com e sem adição de SiC em pó. Os efeitos da adição de pó de SiC sobre essas camadas foram analisadas por Fernandes⁷.

Tabela 4. Espessura média das camadas superficiais e subsuperficiais e Zona Afetada pelo Calor (ZAC) sobre a superfície usinada do aço rápido ABNT M2, com e sem adição de SiC no fluido dielétrico no regime de desbaste (Fernandes⁷). Unidade: µm

		Camada Refundida	Camada Branca	Camada Revenida	ZAC
Óleo A	S/ pó de SiC	43.27	22.87	12.98	28.61
	C/ pó de SiC	44.27	14.85	13.31	34.1
Óleo B	S/ pó de SiC	38.14	14.02	15.88	43.82
	C/ pó de SiC	30.79	7.86	12.23	28.56
Óleo C	S/ pó de SiC	42.24	19.53	16.2	45.62
	C/ pó de SiC	40.55	6.47	16.98	42.16

5. CONCLUSÕES

Os testes realizados com e sem adição de pó de SiC no fluído dielétrico, na usinagem de barras de aço rápido ABNT M2 pelo processo EDM, permitem que sejam obtidas as seguintes conclusões:

_Existe uma ligeira tendência de aumento no comprimento médio das microtrincas, quando se usina com fluídos dielétricos na seqüência A, B e C. Associado a isso, percebe-se que a adição de SiC no fluído dielétrico, não conduziu à reduções significativas no comprimento médio quando comparada com EDM convencional. Por outro lado, a ação do SiC foi mais evidente na densidade de microtrincas, obtendo-se valores relativamente baixos e próximos entre si em relação à EDM convencional;

_As amostras de aço rápido ABNT M2, usinadas com a mistura (óleo C + SiC) apresentaram os maiores valores de comprimento médio de microtrincas. Por outro lado, observou-se nessa configuração as menores densidades de microtrincas;

_Na usinagem com fluído dielétrico A sem adição de pó, foi constatada que a maioria das microtrincas se fazem presentes na ZAC. Em casos isolados, essas trincas estendem-se até o material base. Já com adição de pó de SiC, constatou-se um situação semelhante, porém essas microtrincas não atingem o substrato;

_Na usinagem com fluído dielétrico B, as microtrincas geradas são bem maiores, quando comparadas com as obtidas através do dielétrico A. Isso associado ao fato de que a ZAC no dielétrico B sem adição de pó é menor do que as obtidas por A, levou a formação de uma maior quantidade de microtrincas que atingiram o substrato;

_Nas superfícies usinadas por EDM convencional com o dielétrico C, um número elevado de microtrincas estão contidas dentro da camada material fundido, ou até mesmo na ZAC. Por outro lado, ao se usinar com adição de SiC, essas microtrincas podem atingir o substrato;

_Na usinagem com a mistura (óleo A + pó) as microtrincas apresentaram um comprimento médio em torno de 15.9µm com desvio padrão de 8.0 µm, portanto um comprimento médio inferior, quando comparadas até mesmo às demais amostras usinadas com adição de pó, como por exemplo a mistura (óleo C + SiC em pó), onde estas apresentaram comprimento médio de 23.0 µm e desvio padrão de 16.5µm.

_O Fluído dielétrico A com SiC, é o mais indicado para a usinagem do aço rápido ABNT M2, devido aos aspectos positivos que este promoveu sobre as microtrincas superficiais.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelo suporte financeiro na forma de bolsa e à LIASA S/A, pela doação do Silício em pó.

7. REFERENCIAS

1. Cruz, C., 1989, Análise da Usinagem do Aço-Villares: VC-131 para Matrizes com Diferentes Tratamentos Térmicos no Processo de Usinagem por Eletroerosão , X COBEM, 1989
2. Benedict, G. F.,1987, *Nontraditional Manufacturing Process*, New York, Marcel Dekker.
3. Rodrigues, J,R,P et al., (2006), Efeito da Adição de Carboneto de Silício em Pó na Topografia da Superfície Usinada por Descargas Elétricas do Aço Rápido ABNT M2, IV CONEM, 2006.
4. Kobayashi, K., 1995, The Present and Future Developments of EDM and ECM, ISEM XI International Symposium for Electromaching, Lausanne.
5. Kobayashi, K. et al., (1989), EDM by Powder Suspended Working Fluid, Toyota Technological Institute and Mitsubishi Electrical Corporation, Nagoya/Japan.
6. Okada A. and Uno Y., 1997, Surface Generation Mechanism in Electrical Discharge Machining with Silicon Powder Mixed Fluid, International Journal of Electrical Machining, N ° 2, January 1997.

7. Fernandes L. A. 1999, Efeito da Adição de SiC em Pó no Fluido Dielétrico, Sobre o Desempenho da Usinagem por Descargas Elétricas do Aço-Rápido ABNT M2, Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia-MG.
8. Pandey, PC. e Shan, H.S., 1985, Modern Machining Process, Tata McGraw Hill, New Delhi.
9. Kremer, D., Lebrun, J. L., Rabelo, J. C. e Dias A. M., 1997, Quantificação da Integridade das Superfícies, III Congresso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica – CIDIM'97, La Habana , September 1997.

8. DIREITO AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

EFFECT OF THE ADDITION OF SILICON CARBIDE POWDER ON THE MICROCRACK GENERATION IN ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING OF ABNT M2 HIGH SPEED STEEL

Jean Robert Pereira Rodrigues¹
Claudionor Cruz²
Sinésio Domingues Franco³
José Roberto Pereira Rodrigues⁴
Marco Antonio Eid⁵

jrobert@fem.unicamp.br
lunt-ccruz@ufu.br
ltm-sdfranco@ufu.br
jroberto@fem.unicamp.br
marco_eid@fem.unicamp.br

^{1,4 e 5}Departamento de Engenharia de Materiais - Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP, Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo, 13.083 – 970 – CP 6122 - Campinas – SP.

^{2 e 3}Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Av. João Naves de Ávila, 2160 – Campus Santa Mônica – Bloco 1M, 38.400 – 902. Uberlândia – MG.

Abstrat. *It is known that Electrical Discharge Machining (EDM), it is a thermal process where it can be had very high temperatures (higter than 1200° C) in the region of machining consequently is easy to understand that during each electric discharge, hight temperatures are generated, causing local fusion or even evaporation of the material machined. In each discharge, a crater is formed in the material and a small crater is formed in the electrode. Of every melted material produced in each discharge, only 15%, or minus, it is removed through the dielectric liquid. The remaining of the melted material solidifies forming a wrinkled surface. The characteristics of the surface obtained, overlap of craters, globules of sullage, "chimneys ", bubbles (formed when the gases arrested are liberated through the material resolidificado), they are revealed through an analysis by scanning electron microscope. O proposed work, has for objective to study the effect of the addition of powder of SiC in several dielectric fluids, on microcrack generation, in workpiece of the high speed steel (ABNT M2), during the electrical discharge machining. The presented results show that the samples machined with the addition of powders of SiC presented significant reduction of the number of microcrack in the surface machined, when compared with the machined with conventional EDM.*

Keywords. *Electrical Discharge Machining; Dielectric fluids, Powder of SiC, Craters, Microcrack Generation.*