



20° POSMEC

SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Enriquecimento de superfícies através da usinagem por descargas elétricas com jato de fluido dielétrico FJEDM

Autor(es)

Rogério Felício dos SANTOS

Ernane Rodrigues da SILVA

Vinicius Carvalho TELES

Orientadores:

Henara Lillian Costa

Alberto Arnaldo RASLAN

Introdução

O enriquecimento de superfície com nitrogênio é definido como nitretação e segundo Thelning (1975), é um tratamento termoquímico que envolve a introdução de nitrogênio na forma atômica, por difusão, no interior do reticulado cristalino de ligas ferrosas, no campo da estabilidade da ferrita, em temperaturas normalmente na faixa de 500 a 590 °C. A nitretação de metais é um processo que permite alterar as propriedades de dureza superficial, desgaste, corrosão, resistência térmica do material e resistência à cavitação. O processo de nitretação de superfícies se aplica ao tratamento de moldes de injeção, peças automotivas, moldes de extrusão de alumínio, ferramentas de corte, punções e matrizes para corte em geral, tratamento de próteses, etc.

Yan et al. (2005) estudaram o enriquecimento de superfícies por nitrogênio em peças de Ti_6Al_4V , onde foram verificados os efeitos de solução de uréia dissolvida em água destilada, como fluido dielétrico no processo de eletroerosão por penetração. Os resultados experimentais indicaram que o nitrogênio decomposto no fluido dielétrico migraram para a superfície da peça formando camada endurecida de TiN , que representa boa resistência ao desgaste. Sob condições satisfatórias de usinagem, as modificações ocorridas na superfície exibiram melhorias nas condições de atrito e desgaste e estas modificações são bastante simples, não requerendo equipamentos especiais, em contraste com os métodos tradicionais de nitretação.

A técnica de enriquecer superfícies com nitretos através de descargas elétricas também foi estudada por Camargo et al. (2006). Os testes consistiram em usar como fluido dielétrico, 90% de água deionizada e 10% de uréia, em condição estática, na eletroerosão de amostras da liga Ti_6Al_4V , com parâmetros operacionais extraídos na literatura técnica existente. Os resultados obtidos mostraram a formação de uma camada enriquecida com nitretos com espessura da ordem de 7 μm .

O processo de usinagem por descargas elétricas EDM é complexo e muito tem se estudado sobre esse

tema. Segundo McGeough (1988), consiste no mecanismo de erosão do material, feito primeiramente, pelo uso da energia elétrica e modificado internamente para a energia térmica, completando uma série de descargas elétricas discretas, ocorrendo entre o eletrodo e a peça imersos em um fluido dielétrico. A energia térmica gera um canal de plasma entre o catodo e anodo com temperaturas elevadíssimas, iniciando substancialmente o aquecimento e a fusão na superfície de cada pólo. Quando a pulsação direta da corrente é interrompida, o canal de plasma entra em colapso e causa redução repentina da temperatura, permitindo a circulação do dielétrico, retirando o material fundido do canal de plasma transportando-o em forma de partículas microscópicas. Após uma descarga, ocorre a formação de uma cratera e parte do material fundido deposita-se na superfície da cratera, devido à tensão superficial e efeitos de resfriamento, formando uma camada ao longo de toda superfície usinada, denominada pelos pesquisadores de camada refundida. Esta camada geralmente é frágil e apresenta trincas e poros, sendo necessário ser removida. Abaixo desta camada fica a zona afetada pelo calor (ZAC), que é apenas parcialmente afetada pelas altas temperaturas. As durezas da camada refundida e da ZAC dependem dos parâmetros de EDM, da capacidade de condução térmica e do próprio material.

As descargas elétricas precisam ser pulsadas, pois se forem contínuas gerariam altas temperaturas na superfície da peça e esta se fundiria e evaporaria de forma desordenada. As descargas duram apenas alguns milionésimos de segundo e este período é chamado T_{on} . Ao cessar as descargas elétricas, inicia-se, também por alguns milionésimos de segundo, o período T_{off} ou DT (%) de T_{on} . Este processo é utilizado na fabricação de matrizes para estampagem e moldes para injeção, conjuntos que têm como característica imprescindível para o seu funcionamento a alta dureza. Além de usar materiais duros, outras vantagens do processo são: fabricação de peças com cavidades de paredes finas, de geometria complexa e livre de rebarbas.

Conforme Drozda (1998) e Oarmoldworks (2007), o cobre funciona muito bem como material para eletrodo e é amplamente usado quando são necessárias baixas rugosidades na superfície da peça. O custo do eletrodo é sempre o fator mais crítico em operações de EDM. Material, fabricação e desgaste devem ser cuidadosamente avaliados para determinar qual o material mais apropriado. Esse eletrodo deve ter alta condutividade elétrica, facilidade para ser usinado, alto ponto de fusão e não apresentar deformações quando trabalhado pelos processos convencionais.

As qualidades requeridas para os fluidos dielétricos são as que podem ionizar rapidamente, após a descarga elétrica e que possuem alta rigidez dielétrica para permanecer como isolante até que ocorra a tensão de desequilíbrio, onde acontece o fenômeno da formação do canal de plasma. Boa capacidade de refrigeração com baixa viscosidade, também devem ser observados para permitir a retirada dos resíduos de usinagem para fora da região da fenda de trabalho (McGeough, 1988). Segundo Fuller (1989), o fluido dielétrico tem um papel fundamental no processo ao controlar a potência de abertura da descarga. A utilização do querosene teve grande aceitação devido ao seu baixo custo e ao bom desempenho na maioria das operações de EDM, porém devido a problemas com a saúde ocupacional e a agressividade desse dielétrico, pesquisas apontam para modificações e substituição por óleos modificados de origem mineral e vegetal, água deionizada ou certas soluções aquosas (Arantes, 2007).

O objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade do enriquecimento superficial de amostras de aço usado em processos de nitretação, através do processo de usinagem por descargas elétricas com jato do fluido dielétrico FJEDM, utilizando solução de água deionizada e uréia na concentração de 10 g/l.

Metodologia

As amostras foram fabricadas em aço normalizado ABNT 4140, com dimensões de 19 mm de diâmetro por 12 mm de comprimento e os eletrodos foram confeccionados em cobre eletrolítico, em formato tubular, com diâmetro externo de 22 mm, diâmetro interno de 2,5 mm e 25 mm de comprimento, pelo processo de usinagem convencional. Foi adotada polaridade positiva para o eletrodo nos testes de EDM. A condutividade do fluido dielétrico foi medida com um condutivímetro. A água deionizada apresentou valor de 5 μS e a solução de água deionizada e uréia, condutividade de 1170 μS em média. A pressão de trabalho, ajustada para os testes, foi de 230 bar. A Figura 01 mostra as adaptações e a montagem feita na máquina EDM para utilização do sistema FJEDM, destacando a hidrojateadora, que tem pressão nominal de 250 bar, e a cuba auxiliar fabricada em aço inox AISI 304. Nesta figura também é mostrado o desenho do dispositivo porta eletrodo, que foi projetado para proporcionar a aplicação do jato do fluido dielétrico junto com o processo de usinagem por descargas elétricas.

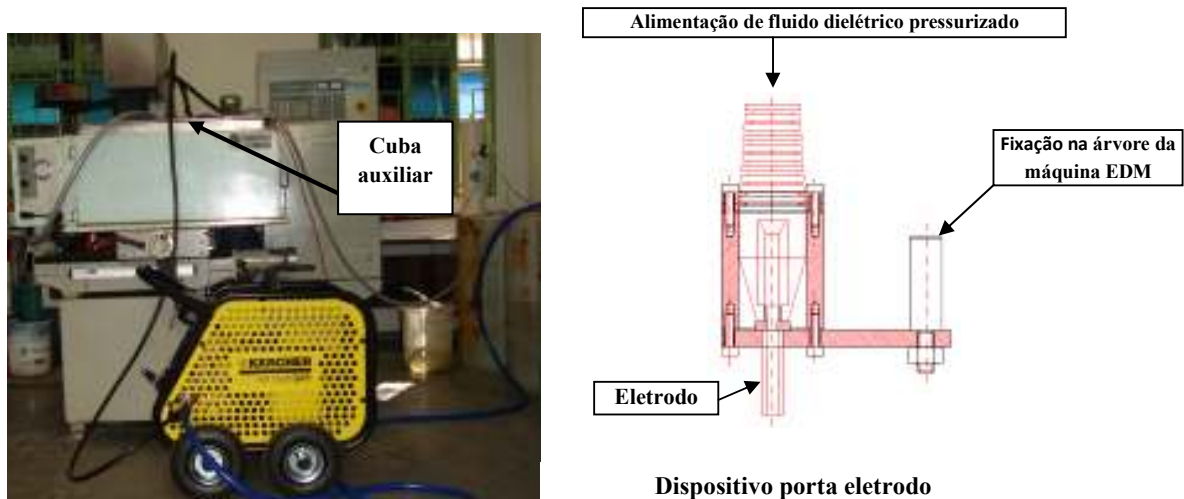


Figura 01: Adaptações feitas na máquina de eletroerosão por penetração para o processo de usinagem por descargas elétricas com jato de fluido dielétrico FJEDM.

Os testes tiveram duração de 5 minutos cada e a alimentação do fluido dielétrico teve vazão constante de 16,7 l/min. Os parâmetros de EDM foram estabelecidos com base em informações da literatura técnica existente e consultados no manual da máquina EDM 440NC, com $T_{on} = 100 \mu s$, T_{off} ou DT de 50 %, TS = 6 (aproximadamente 18 A), tempo de erosão = 5 s, afastamento do eletrodo = 1 mm e sem intervalo entre erosão e afastamento.

Após os testes as amostras foram preparadas por técnica metalográfica e analisadas por microscopia ótica. Foi medida a microdureza Vickers com um microdurômetro Shimadzu, com carga de 10 gf, para avaliar o endurecimento da camada de nitretos formada. As análises de elementos químicos foram feitas por EDX em microscópio eletrônico de varredura.

Resultados e discussão

A Figura 2 mostra a micrografia das amostras do aço ABNT 4140 e as impressões de microdureza, com a média de seus valores. Nota-se a presença da camada refundida, com espessura em média de 8 μm e uma região mais escura, entre a camada refundida e o substrato, com espessura em torno de 8 μm , evidenciando uma região de morfologia distinta e uniforme, podendo ser a ZAC ou uma região enriquecida com nitretos.

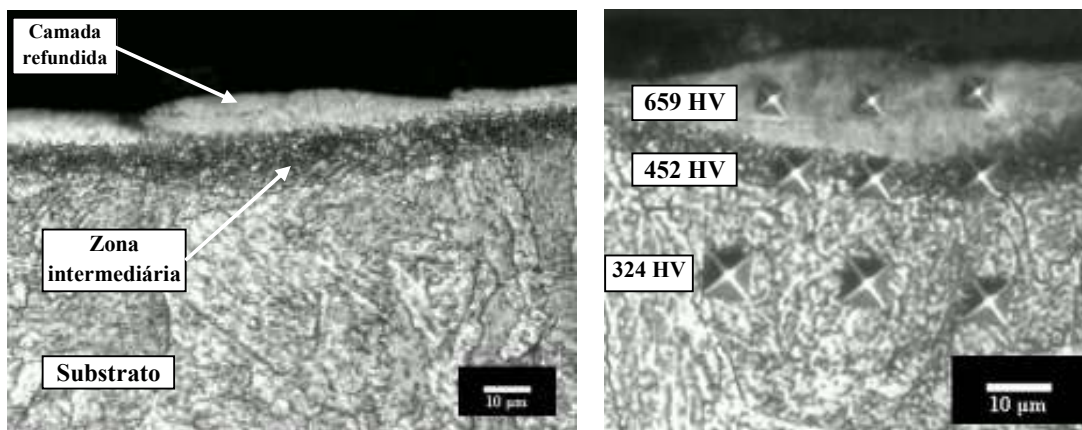


Figura 2: Micrografias e microdureza das amostras de aço ABNT 4140 usinadas pelo processo FJEDM.

A presença desta zona intermediária pode ser atribuída à incorporação de nitrogênio liberado pela uréia e sua espessura tem medida próxima a encontrada por Camargo et al. (2006) na liga de titânio. A Figura 3 mostra o espectro da análise química feita por EDX. Nesta análise o pico referente ao nitrogênio

indica a possibilidade deste elemento ter incorporado na superfície das amostras. Estas análises foram realizadas na superfície. Novas amostras estão sendo preparadas para verificação de possível incorporação do nitrogênio ao longo da sessão transversal e perpendicular à superfície usinada. Estas análises terão por objetivo comparar e avaliar o percentual de nitrogênio no substrato, na zona refundida e na região intermediária. Como desenvolvimento futuro, serão feitas análises de Espectroscopia de Fotoelétrons por raios-X (XPS) e análise por Auger.

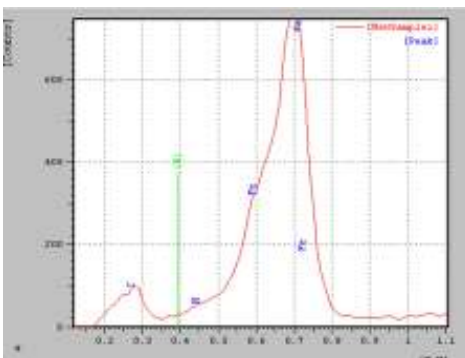


Figura 3: Espectro da análise por EDX do aço ABNT 4140.

Conclusões

As micrografias mostraram a formação de uma camada uniforme enriquecida por nitretos, entre a camada refundida e o substrato, com espessura média de 8 μm .

A microdureza medida na zona intermediária apresentou valores de até 40 % maior que no substrato.

As análises por EDX apontaram presença de nitrogênio na superfície das amostras, porém é necessário utilizar uma técnica de caracterização mais precisa para detectar os tipos de nitretos formados.

Agradecimentos

À FAPEMIG, pela liberação de recursos do projeto TEC APQ 01481/09. À Capes pelo auxílio financeiro aos doutorandos, Rogério Felício dos Santos e Ernane Rodrigues da Silva. À Ângela Maria da Silva Andrade, técnica do Laboratório de Tribologia e Materiais. Ao Vinicius Carvalho Teles, aluno de iniciação científica.

Referências

- ARANTES, L. J. **Desenvolvimento e avaliação do processo híbrido de usinagem por descargas elétricas e jato de água abrasivo (AJEDM)**. 2007. 125f. Tese de doutorado. UFU, Uberlândia.
- CAMARGO, B. C., COSTA, H. L., RASLAN, A. A. **Endurecimento superficial de uma liga $\text{Ti}_6\text{Al}_4\text{V}$ através de usinagem por descargas elétricas**. 16º POSMEC FEMEC UFU, Uberlândia, 2006.
- DROZDA, T. J.; **Tool and manufacturing engineers handbook: machining**. USA: S. M. E, 1998, 5v.
- FULLER, J. E. **Electrical Discharge Machining, Metals Handbook**. 9.ed. 1989. v.16, p.557-564.
- MCGEOUGH, J. A. **Advanced methods of machining**. London: Chapman and Hall, p. 128-152, 1988.
- OARMOLDWORKS. **Cooper versus graphite**. Disponível em <http://www.oarmolds.com>. 04/2007.
- THELNING, K. E. **Steel and Its Heat Treatment: Bofors handbook**. London: McGraw-Hill, 1975, 570p.
- YAN, B. H., TSAI, H. C., HUANG, F. Y. **The effect in EDM of a dielectric of a urea solution in water on modifying the surface of titanium**. International Journal of Machine Tools & Manufacture, n.45, 194-200, 2005.