

NITRETAÇÃO POR DESCARGAS ELÉTRICAS DO AÇO AISI H13 COM ADIÇÃO DE CARBETO DE SILÍCIO EM PÓ AO FLUIDO DIELÉTRICO

Ítalo Guilherme Santos

Dâmaris Luiza Viana Daniel

Cristiano Elias

Luciano Elias

Ernane Rodrigues da Silva

Centro Federal de Educação Tecnologia de Minas Gerais – Av. Amazonas, 5253 – Belo Horizonte – MG – Cep. 30480-000.

italog586@gmail.com

damarisviana4@gmail.com

cris_professor@yahoo.com.br

luciano@coracorte.com.br

ernanerodrigues@gmail.com

Bárbara Ellen Rodrigues Batista

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Rua Rio Comprido, 4580 – Cinco – Contagem – MG – Cep. 32265-450.

barbarabatista11@hotmail.com

Resumo. O processo de nitretação por descargas elétricas (NDE) consiste em introduzir nitrogênio em superfícies metálicas com a formação de nitretos provocando o endurecimento das mesmas. A adição de pó ao fluido dielétrico diminui a resistividade do fluido, expandindo a fenda de trabalho, estabilizando o processo de eletroerosão, e consequentemente, promovendo uma melhor lavagem dos detritos produzidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência da adição de pó ao fluido dielétrico no processo NDE do aço AISI H13. Para tanto, foi adicionado pó de carbetto de silício (SiC) de 600 mesh a solução de água deionizada com ureia utilizada como fluido dielétrico. A nitretação foi realizada em uma máquina de eletroerosão por penetração convencional, adaptada, com a instalação de uma cuba auxiliar. Cobre eletrolítico foi utilizado como eletrodo ferramenta. Os resultados mostraram a formação das camadas refundidas e intermediária para as duas condições, com e sem adição de SiC. Ocorreu um aumento na taxa de remoção de material para a condição com SiC de 17,2% em comparação a sem SiC. Observou-se uma redução no valor médio da rugosidade Ra de 32,5% para a condição do fluido dielétrico com adição de SiC.

Palavras chave: Nitretação por Descargas Elétricas. EDM. Aço AISI H13. Carbetto de silício. Pó de 600 mesh.

1. INTRODUÇÃO

Os aços da classe H, denominado aço ferramenta, suportam a repetitividade dos ciclos de injeção, sem alterar suas propriedades mecânicas, garantindo durabilidade no processo, evitando quebras, trincas ou defeitos prematuros. Extensamente utilizados na fabricação de moldes. Com intuito de preservar as cavidades destes moldes, é comum utilizar tratamentos superficiais que irão melhorar as propriedades mecânicas e reduzir os desgastes provenientes do trabalho repetitivo (Santos, 2015).

O processo de usinagem por descargas elétricas (*Electrical Discharge Machining* – EDM) é um processo termoeletrônico bastante complexo que usa descargas elétricas para efetuar a remoção de material da superfície de uma peça condutora. As energias geradas durante a EDM podem ser aproveitadas para enriquecer superfícies metálicas. É possível visualizar o potencial desta técnica de enriquecimento, em que o nitrogênio é extraído de uma solução aquosa (Raslan, 2015).

O processo de nitretação por descargas elétricas consiste na utilização de uma solução de água deionizada e ureia como fluido dielétrico. Ao se passar a corrente elétrica entre os eletrodos ferramenta e peça, forma-se um canal de plasma enriquecido com nitrogênio proveniente da ureia. Ao ocorrer a descarga o nitrogênio é incorporado à superfície da peça, formando nitretos e, consequentemente, o endurecimento da mesma (Raslan, *et al.*, 2012).

O mecanismo termoeletrônico de remoção de material provoca alterações químicas e estruturais nas camadas superficiais, estas alterações são proporcionais à energia da descarga. A camada refundida é bastante heterogênea e de difícil especificação. Esta camada apresenta mudanças químicas provocadas pela interação com subprodutos do fluido dielétrico e do próprio eletrodo ferramenta, bem como modificações provocadas pela rápida solidificação do material. As propriedades mecânicas da camada refundida são completamente diferentes das propriedades do material da peça (Santos, 2013).

A superfície usinada pelo processo de EDM que utiliza pó abrasivo misturado ao fluido dielétrico tem menor rugosidade. Isso se deve à circulação das partículas que atuam sobre a superfície usinada. Além disso, tem-se o aumento da fenda de trabalho, que proporciona melhor dispersão das descargas elétricas (Uno, *et al.*, 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de pó de carbetto de silício, com granulometria de 600 mesh, ao fluido dielétrico no processo de nitretação por descargas elétricas do aço AISI H13. A nitretação foi realizada em um equipamento de EDM por penetração convencional com algumas modificações. Foram analisadas a formação das camadas refundida e intermediária por meio microscopia ótica e a formação de nitretos de ferro via difração de raio-x. As Taxas de Remoção de Material (TRM), Taxa de Desgaste do eletrodo ferramenta (TD) e Desgaste Volumétrico Relativo (DVR) foram quantificadas, bem como, a rugosidade da superfície usinada.

2. METODOLOGIA

Os testes foram realizados em uma máquina de eletroerosão convencional, por penetração, modelo Servspark Eletroplus EDM-540. Algumas adaptações foram necessárias para viabilizar a aplicação do processo de nitretação por descargas elétricas. A Figura 1 ilustra essas adaptações. Uma cuba auxiliar, fabricada em aço inoxidável austenítico foi instalada dentro da cuba principal da máquina de EDM. Essa foi utilizada para que não ocorresse contaminação do fluido dielétrico da própria máquina em testes com fluidos dielétricos aquosos. Como fluido dielétrico foi utilizado solução de água deionizada e uréia farmacológica, na concentração de 30 gramas por litro. Uma bomba centrífuga foi instalada na cuba auxiliar, com o objetivo de circular o fluido dielétrico e manter o carbetto de silício misturado a fluido dielétrico homogeneamente.



Figura 1. Eletroerosão por penetração adaptada para aplicação do processo de nitretação por descargas elétricas

As amostras foram confeccionadas em aço AISI H13, fresadas em máquina fresadora convencional, para garantir a uniformidade dimensional, com espessura de 12mm no formato retangular de 15x18mm.

Foram realizados testes com e sem adição de pó de carbetto de silício com granulometria de 600 mesh ao fluido dielétrico. A concentração do pó de SiC foi de 16,6 gramas por litro. A Figura 2 ilustra os corpos de prova posicionados em pares no porta amostra no interior da cuba auxiliar e o eletrodo ferramenta fixado no porta eletrodos. Os eletrodos ferramenta usados no processo de nitretação foram confeccionados em cobre eletrolítico em formato cúbico com dimensões de 25x25x25mm.

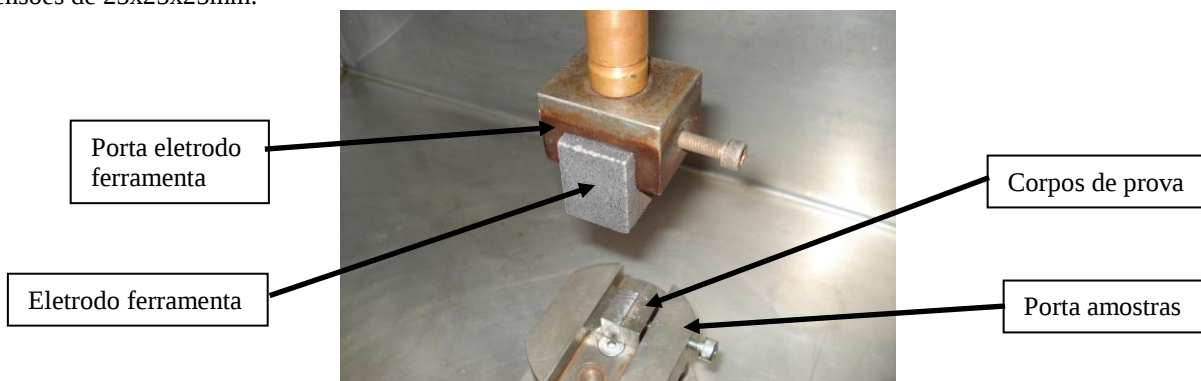


Figura 2. Posicionamento dos corpos de prova e eletrodo ferramenta no interior da cuba auxiliar para aplicação do processo de nitretação por descargas elétricas

A Tabela 1 apresenta os parâmetros operacionais ajustados na máquina de eletroerosão para aplicação do processo de nitretação por descargas elétricas. Os testes foram realizados em grupos de três para cada condição com duração de 10 minutos por teste.

Tabela 1. Parâmetros operacionais de EDM usados no processo de nitretação por descargas elétricas

Parâmetro	Especificação
Polaridade do eletrodo ferramenta	Positiva
Corrente	40 A
Tempo de pulso (T_{on})	100 μ s
Tempo de pausa (T_{off})	1,5
Fenda de trabalho (<i>gap</i>)	1,0
Afastamento periódico da ferramenta	2,0
Velocidade do servo	3,0
Tempo de erosão	5,0

Os corpos de prova foram preparados por técnicas metalográficas após os testes de nitretação por descargas elétricas. As micrografias e avaliações das camadas refundidas e camada intermediária foram realizadas em microscópio ótico com micrômetro incorporado. As imagens foram capturadas por meio de câmera digital acoplada aos equipamentos. A rugosidade foi medida por meio de um aparelho rugosímetro, modelo Rugosurf 20 da fabricante Tesa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 ilustra imagens de micrografia do aço AISI H13 nitretado para avaliação das camadas refundida e intermediária. Na Figura 3 (a) amostra do aço H13 nitretado com solução aquosa de água deionizada mais ureia. Na Figura 3 (b) amostra do aço H13 nitretado com solução aquosa de água deionizada mais ureia com adição de carbeto de silício.

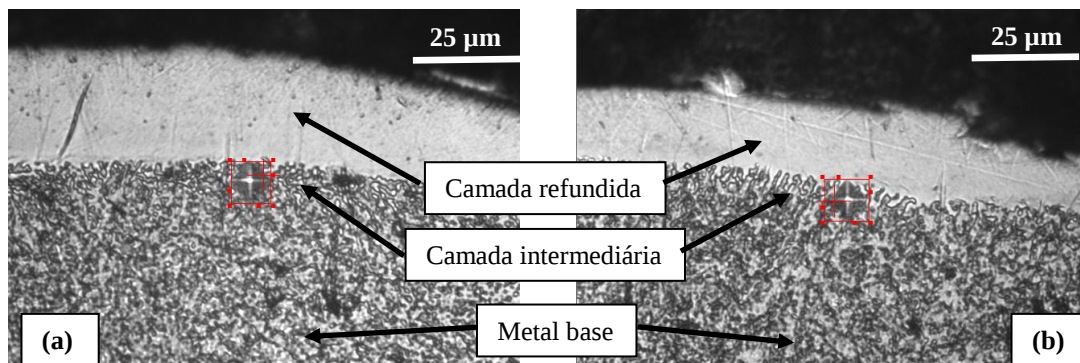


Figura 3. Imagens de micrografia do aço AISI H13 nitretado, em (a) fluido dielétrico sem SiC e em (b) fluido dielétrico com adição de SiC. Ataque nital 2%

Os resultados do aparecimento de uma camada intermediária em ambos os ensaios, com e sem adição de carbeto ao fluido dielétrico, são compatíveis com as verificações citadas por Raslan (2015) no aço AISI 4140.

A Figura 4 ilustra o gráfico dos valores médios da TRM das amostras usinadas com eletrodo de cobre sem e com adição de carbeto de silício ao fluido dielétrico.

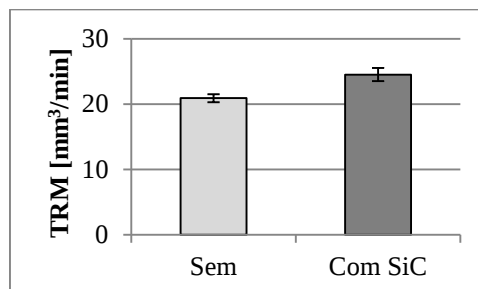


Figura 4. Gráfico da TRM para amostras usinadas sem e com adição de carbeto de silício (SiC) ao fluido dielétrico.

A adição de pó de SiC aumenta a condutividade elétrica do fluido dielétrico, alarga a fenda de trabalho, bem como, facilita a retirada dos detritos, consequentemente, aumentando a taxa de remoção de material (Chow, *et al.*, 2008).

A Figura 5 ilustra o gráfico dos valores médios da TD das amostras usinadas com eletrodo de cobre sem e com adição de carbeto de silício ao fluido dielétrico.

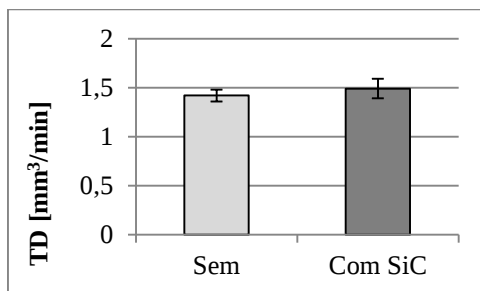


Figura 5. Gráfico da TD das amostras usinadas sem e com adição de carbeto de silício (SiC) ao fluido dielétrico.

O aumento da TRM é seguido pelo desgaste do eletrodo ferramenta, devido a ação das partículas do pó de SiC atuando como abrasivo na superfície da ferramenta (Chow, *et al.*, 2008).

A Figura 6 ilustra o gráfico dos valores médios do DVR das amostras usinadas com eletrodo de cobre sem e com adição de carbeto de silício ao fluido dielétrico.

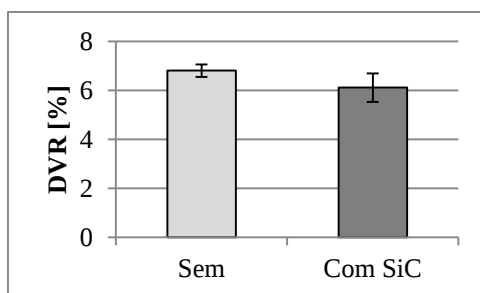


Figura 6. Gráfico da TRM das amostras usinadas sem e com adição SiC ao fluido dielétrico.

A Figura 7 ilustra o gráfico dos valores médios de rugosidade Ra em μm das amostras usinadas sem e com adição de carbeto de silício ao fluido dielétrico.

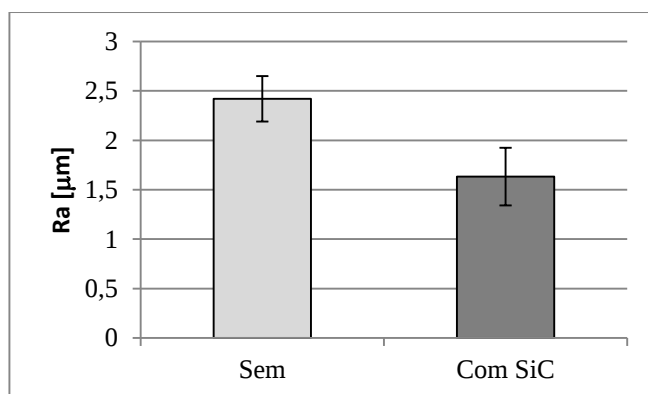


Figura 7. Gráfico da TRM para os corpos de prova usinados sem e com adição de carbeto de silício (SiC) ao fluido dielétrico.

Pesquisas realizadas por Chow, *et al.* (2008) indicaram que a adição de pó ao processo de usinagem por descargas elétricas aumenta a TRM, melhora a rugosidade da superfície e aumenta a resistência ao desgaste. Observa-se uma redução de 32,5% no valor da rugosidade Ra quando se adicionou o SiC ao fluido dielétrico.

A Figura 8 ilustra o difratograma de raio-x do aço AISI H13 nitretado por descargas elétricas e do H13 de referência.

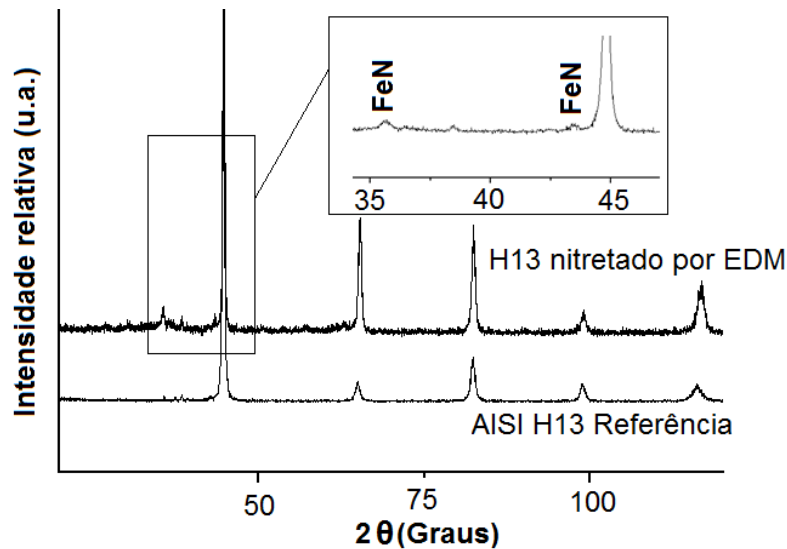


Figura 8. Difratograma do aço AISI H13 nitretado por descargas elétricas nitretadas.

Observa-se no detalhe ampliado na região entre 35 e 45 graus a formação de nitretos na superfície do aço AISI H13 nitretado por descargas elétricas.

4. CONCLUSÃO

A adição de pó de carbeto de silício ao fluido dielétrico no processo de nitretação por descargas elétricas do aço AISI H13 produziu camadas refundidas e intermediárias semelhantes para as duas condições, com e sem adição de SiC. O SiC adicionado ao fluido dielétrico promoveu um aumento de 17,2% na taxa de remoção de material, comparada a condição sem SiC. O aumento da TRM foi seguido pela taxa de desgaste da ferramenta e do desgaste volumétrico relativo. A rugosidade média R_a sofreu uma redução de 32,5% quando se adicionou o SiC ao fluido dielétrico. Por meio de difração de raio-x foi possível identificar a formação de nitretos de ferro.

5. AGRADECIMENTO

Ao CEFET-MG, pela disponibilidade dos laboratórios necessários para este trabalho. A PUC Minas pela contribuição dos equipamentos para análise metalográfica.

6. REFERÊNCIAS

- Chow, H. M.; Yang L. D.; Lin, C. T.; Chen, Y. F., 2008. The use of SiC powder in water as dielectric for micro-slit EDM machining. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 195, p.160-170.
- Raslan, A. A.; Santos, R. F.; Silva, E. R.; Fapemig, Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais; Ufu, Universidade Federal de Uberlândia (MG), 2012, Método de Nitretação através da Usinagem com Descargas – NDE, BR 10 2012 030523-2.
- Raslan, A. A., 2015. Implantação iônica em meio aquoso por EDM: resistência ao desgaste de aço AISI 4140. In: 8º COBEF Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. Salvador, Brasil.
- Santos, C. E., 2015, Influência da corrente elétrica no processo de nitretação por descargas elétricas do aço AISI H13, Dissertação, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Santos, R. F. Nitretação por EDM do aço AISI 4140. 2013. 129f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Uberlândia.
- Uno, Y.; Okada, A.; Cetin, S., 2001. Surface modification of EDMed Surface with Powder Mixed Fluid. In: 2º International Conference on Design and Production of Dies and Molds. Japan.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

STUDY ON EFFECTS OF SILICON CARBIDE POWDER MIXED DIELECTRIC FLUIDS ON ELECTRIC DISCHARGE NITRIDING PROCESS OF THE AISI H13 STEEL

Ítalo Guilherme Santos

Dâmaris Luiza Viana Daniel

Cristiano Elias

Luciano Elias

Ernane Rodrigues da Silva

Centro Federal de Educação Tecnologia de Minas Gerais –Av. Amazonas, 5253 –Belo Horizonte – MG – Cep. 30480-000.

italog586@gmail.com

damarismviana4@gmail.com

cris_professor@yahoo.com.br

luciano@coracorte.com.br

ernanerodrigues@gmail.com

Bárbara Ellen Rodrigues Batista

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Rua Rio Comprido, 4580 – Cinco – Contagem – MG – Cep. 32265-450.

barbarabatista11@hotmail.com

Abstract. The electric discharges nitriding process consists of introducing nitrogen to metallic surfaces with the formation of nitrides. The addition of powder to the dielectric fluid decreases the resistivity of the fluid, expanding the working gap, stabilizing the EDM machining process, and consequently promoting a better washing of the produced debris. The objective of this work was to evaluate the interference of the addition of powder to the dielectric fluid in the nitriding by electric discharges process of AISI H13 steel. For this, a 600 mesh silicon carbide (SiC) powder was added to the deionized water solution with urea used as dielectric fluid. The nitriding was carried out in a conventional EDM machine, adapted, with the installation of an auxiliary tank. Electrolytic copper was used as electrode tool. The results showed the formation of the recast and intermediate layers for the two conditions, with and without addition of SiC. There was an increase in the material removal rate for the SiC condition of 17.2 percent compared without SiC. A reduction in the average Ra roughness value of 32.5 percent was observed for with SiC.

Keywords: Electric discharge nitriding process, EDM machining, AISI H13 steel, Silicon carbide, 600 mesh powder.

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.