

PROJETO E ADAPTAÇÃO DA MÁQUINA DE ELETROEROSÃO PARA APLICAÇÃO DO PROCESSO DE NITRETAÇÃO POR DESCARGAS ELÉTRICAS

Sinval Pedroso da Silva, sinvalpedroso@yahoo.com.br¹
Alexandre Mendes Abrão, abrao@demec.ufmg.br¹
Anderson Junior dos Santos, ndersonsantos@hotmail.com¹
Ernane Rodrigues da Silva, ernanerodrigues@gmail.com²
Marcelo Araújo Câmara, marcelocamara@demec.ufmg.br¹

¹Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGMEC-UFMG), Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Universitário, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP 31270-901

²Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Av. Amazonas, 5253, Nova Suíça, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP 30480-000

Resumo: projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo, consistindo em grupo de atividades coordenadas e controladas, para alcance de um objetivo conforme requisitos específicos, com limitações de tempo, custo e recursos. O processo de eletroerosão (EDM - Electrical Discharge Machining) é amplamente utilizado na usinagem de metais de geometrias complexas e de alta dureza como matrizes para fundição de ligas leves e de conformação mecânica. Para produzir uma superfície dura e resistente ao desgaste com núcleo tenaz, pode-se cementar ou nitretar as peças. A nitretação é um tratamento termoquímico que possibilita melhora de propriedades mecânicas, como dureza, resistência à fadiga e desgaste, devido a tensões compressivas induzidas na superfície. O processo de Nitretação por Descargas Elétricas (NDE) surgiu como alternativa de tratar termoquimicamente e usinar simultaneamente. O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver uma adaptação em máquina EDM por penetração para possibilitar a realização de testes de nitretação por descargas elétricas. Após o processo de adaptação da máquina EDM, foi realizado também testes iniciais de usinagem e nitretação por descargas elétricas utilizando solução aquosa de ureia em água deionizada na concentração de 30 g/l, com o objetivo de realizar os ajustes necessários para o bom desempenho do processo NDE. Como material de substrato para a realização dos testes NDE foi utilizado o aço ferramenta para trabalho a quente ABNT H13, e eletrodo ferramenta de cobre eletrolítico. Para caracterizar o material ABNT H13 e investigar as modificações superficiais resultantes após o processo NDE, foram utilizadas técnicas de análise química, microscopia óptica e ensaios de microdureza. O projeto e adaptação executados na máquina EDM 200 NC série L atenderam ao objetivo inicial e foram validados com os pré-testes NDE realizados.

Palavras-chave: Aço ferramenta ABNT H13, Adaptação, Microdureza, Nitretação por Descargas Elétricas (NDE), Projeto.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto de Gerenciamento de Projetos “Project Management Institute”, PMI (2017), projeto é um conjunto de atividades temporárias, realizadas em grupo, destinadas a produzir um produto, serviço ou resultado único. Um projeto é temporário no sentido de que tem um início e fim definidos no tempo, e, por isso, um escopo e recursos definidos. Um projeto é único no sentido de que não se trata de uma operação de rotina, mas um conjunto específico de operações destinadas a atingir um objetivo em particular. O Gerenciamento de Projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas para a execução de projetos de forma efetiva e eficaz. Trata-se de uma competência estratégica para organizações, permitindo com que elas unam os resultados dos projetos com os objetivos do negócio – e, assim, melhor competir em seus mercados.

O processo de usinagem por descargas elétricas (EDM – Electrical Discharge Machining), também conhecido como eletroerosão, é baseado no princípio da remoção de material por efeito térmico através de descargas elétricas. Este processo é muito utilizado na fabricação de peças compostas por materiais que apresentam difícil usinabilidade pelos processos convencionais e também na obtenção de formas geométricas complexas com precisão dimensional. Isso se deve ao fato de que a eliminação do material por faiscamento exige basicamente o movimento de penetração do

eletrodo que assegura a continuidade na remoção do material (Souza, 2013). Neste processo de usinagem deve-se construir um eletrodo ferramenta, de cobre ou grafita, com a forma geométrica a ser usinada.

A nitretação ou formação de nitretos, conforme Chiaverini (2015) é um tratamento termoquímico de endurecimento superficial em que se introduz nitrogênio superficialmente no aço, até certa profundidade, sob a ação de ambiente nitrogenoso, a determinada temperatura. Os objetivos principais de realizar a nitretação são: obtenção de elevada dureza superficial; aumento da resistência ao desgaste e à abrasão; aumento da resistência à fadiga; melhorar a resistência à corrosão.

Klocke *et al.* (2016), afirmam que a energia de descarga em EDM pode ser dividida em pulso de corrente e pulso de tempo, assumindo tensão de descarga constante. Determinando assim, o efeito principal sobre a profundidade de penetração ou espessuras das camadas: zona refundida (ZR) e zona afetada pelo calor (ZAC). A relação entre espessura ZAC e tempo de pulso é diretamente proporcional, ou seja, quanto maior o tempo de pulso, maior a espessura da ZAC.

Yan, Tsai, Huang (2005) e Camargo, Costa, Ralan (2009) investigaram o uso de EDM com solução de água deionizada e ureia como fluido dielétrico para avaliar as modificações superficiais ocorridas durante a usinagem de titânio como material de eletrodo peça. Seus resultados evidenciaram a formação de nitreto de titânio (TiN), com modificações superficiais nos corpos de prova, refletidas, principalmente, na melhoria da resistência ao desgaste, atrito e aumento de microdureza superficial e subsuperficial. Os autores concluíram que o nitreto de titânio foi formado na superfície usinada pelas reações químicas que envolviam elementos obtidos da peça de trabalho e do fluido dielétrico, solução de ureia 5 g/l e 10 g/l respectivamente, durante o processo EDM.

Long *et al.* (2015) investigaram melhoria da taxa de remoção de material (TRM) e qualidade da superfície de aço AISI H13 em usinagem de desbaste por EDM, com eletrodo de grafita. Os autores desenvolveram uma adaptação em máquina EDM CNC - AG40L fabricante Solidik, Inc., composta de cuba auxiliar incluindo sistema de agitação composto de motor a ar comprimido e hélice para propiciar a agitação de fluido dielétrico misturado com pó de titânio. Os autores constataram que o aumento das concentrações de pó de titânio misturado ao fluido dielétrico resultou em aumento da TRM em até 475% (de 30,089 para 174,263 mm³/min @ 20 g/l) e diminuição de rugosidade (R_a) em 41% (de 7,13 para 4,18 μ m @ 20 g/l), isso comparando com o experimento de usinagem EDM sem concentração de pó no fluido dielétrico.

Esta pesquisa tem como tema central o projeto e adaptação da máquina de eletroerosão por penetração ENGEMAQ EDM 200NC série L do Laboratório de Usinagem e Automação da Universidade Federal de Minas Gerais, para possibilitar aplicação do processo de Nitretação por Descargas Elétricas (NDE). Após o processo de adaptação, foi realizado pré-testes NDE para investigar as modificações superficiais resultantes do processo e também para validar o projeto e adaptação da máquina, sendo possibilitada a realização de ajustes e melhorias no equipamento (dentre os quais: reforço na tampa de fixação da bomba auxiliar, desenvolvido suporte de fixação da mangueira de recirculação do fluido dielétrico, melhoria no suporte porta amostras para fixação de amostras). Como fluido dielétrico e fonte de nitrogênio utilizou-se uma solução de água deionizada e ureia na concentração de 30 g/l e, cobre eletrolítico como material de eletrodo ferramenta (Pedroso *et al.*, 2017).

Como substrato utilizou-se o aço ferramenta para trabalho a quente VH13ISO, Villares Metals, que possui composição química, % em peso: C 0,40; Si 1,00; Mn 0,35; Cr 5,20; Mo 1,50; V 0,90. Este aço esta em conformidade com o ABNT H13 e AISI H13 e atende às recomendações da *North American Die Casting Association* (NADCA) para o H13 *Premium Quality* (Villares Metals, 2006). Sendo a composição química do aço ferramenta para trabalho a quente tipo 521, AISI H13: C 0,35; Si 1,00; Mn 0,30; Cr 5,00; Mo 1,50; V 1,00 (Chiaverini, 2015).

2. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado no Laboratório de Usinagem e Automação da Universidade Federal de Minas Gerais e nos Laboratórios de Caldeiraria e Ajustagem do Departamento de Engenharia de Materiais do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

2.1. Seleção e aquisição de materiais para adaptação da EDM 200 NC série L e para eletrodos ferramenta e peça

Foi selecionado o aço inoxidável austenítico ABNT 304 para a fabricação da cuba auxiliar, sendo o requisito a resistência à corrosão.

A capacidade definida para a cuba auxiliar foi de 62 litros de fluido dielétrico. Capacidade esta, com base no espaço disponível na cuba principal do equipamento EDM 200 NC série L, que possui reservatório de 310 litros. As dimensões definidas para a cuba auxiliar foram: comprimento de 600 mm, altura de 280,0 mm, largura de 370 mm e espessura da chapa ABNT 304 de 1,25 mm. Foi projetado e fabricado também uma tampa para fixação de uma nova bomba para recirculação do fluido dielétrico, a qual trabalhará em conjunto com a nova cuba. Esta tampa é montada na região superior da cuba auxiliar (Fig. 1 e Fig. 2), mantendo a bomba em posição recomendada pelo fabricante para propiciar correta sucção do fluido dielétrico. Após definido as dimensões dos produtos acabados (cuba e tampa), foram desenvolvidos e cortados os *blanks* de chapa ABNT 304, realizado a conformação mecânica (dobramento) e soldagem com eletrodos revestidos para aço inoxidável.

O conjunto motobomba de recirculação do fluido dielétrico selecionado foi Asten série BK 120-60 com motor elétrico trifásico 60 Hz, 220 Vca, potência de 120 Watts (0,16 cv), vazão máxima de 62 l/min, rotação 3100 RPM,

pressão máxima 7,0 m.c.a., altura de imersão 220 mm. Acessórios elétricos foram adquiridos no mercado nacional e realizado a instalação elétrica em ponto de tensão de 220 Vca.

A Figura 1 apresenta uma vista da cuba auxiliar com a tampa para fixação do conjunto motobomba para recirculação do novo fluido dielétrico, ambos instalados dentro da cuba principal da máquina EDM.

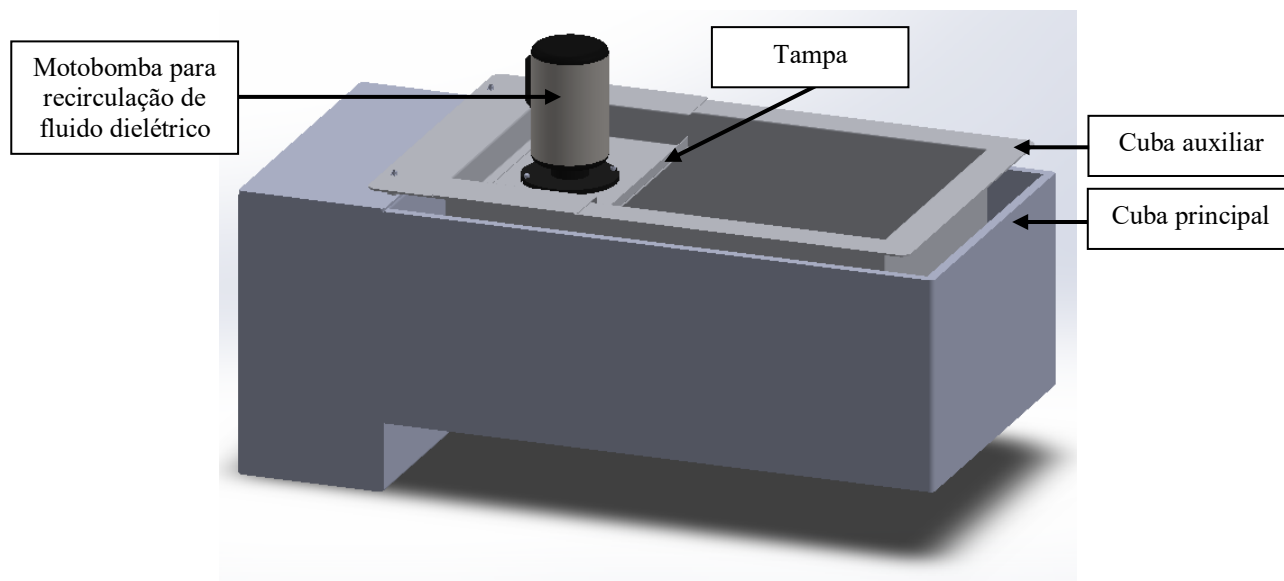


Figura 1. Representação da cuba auxiliar, tampa e motobomba de recirculação para novo fluido dielétrico.

2.2. Seleção de materiais para eletrodos ferramenta e peça

O material selecionado para eletrodo ferramenta foi o cobre eletrolítico, em função da alta condutibilidade elétrica deste e ampla aplicação no processo EDM. Para eletrodo peça foi selecionado o aço ferramenta ABNT H13.

A análise química destes materiais foi realizada por meio de espectrometria de emissão óptica no Laboratório de Ensaio e Análises em Materiais – LAMAT, SENAI FIEMG Itáuna.

2.3. Preparação de amostras para testes NDE, análise química, microscopia óptica e microdureza

Inicialmente foi realizado corte primário de uma barra cilíndrica de aço ABNT H13 (VH13ISO, VILLARES), estado de recebimento laminado a quente e recozido, material com seção transversal circular de 25,4 mm (1"). Corte realizado por meio de máquina serra de fita horizontal Timemaster SM200M, obtendo amostras com espessura de 13 mm, as quais foram faceadas nas extremidades com o uso de torno universal, resultando em amostras com 12 mm de espessura e 25,4 mm de diâmetro.

Os eletrodos ferramenta foram definidos a partir de barra de cobre eletrolítico com seção transversal circular diâmetro 31,75 mm (1 1/4"), material conforme recebido. Inicialmente foram cortadas, amostras com comprimento de 42 mm, utilizando-se máquina serra de fita horizontal Timemaster SM200M. Por meio da operação de torneamento convencional, foi realizada a usinagem e esquadreamento das faces de cada amostra, resultando em comprimento final de 40 mm e diâmetro de 31,75 mm.

2.4. Testes iniciais de usinagem e Nitretação por Descargas Elétricas

Os testes de usinagem e nitretação por descargas elétricas foram realizados em máquina EDM convencional por penetração, modelo ENGEMAQ EDM 200 NC série L a qual possui, corrente elétrica nominal máxima de 60 Amperes. Este equipamento possui bandeja de trabalho, também denominada de cuba principal, com aberturas lateral e frontal. A adaptação realizada foi para que não ocorra contaminação do fluido dielétrico do próprio equipamento, que no caso são hidrocarbonetos de origem mineral. Além de incluir a bomba de recirculação do fluido dielétrico, para propiciar a lavagem ou limpeza da "fenda de trabalho" no processo EDM e NDE. O processo de limpeza empregado foi por jato lateral, do mesmo fluido dielétrico (solução de água deionizada e ureia 30 g/l), direcionado na região entre o eletrodo ferramenta e a peça, garantindo assim uma abrangência da superfície de trabalho. A ureia utilizada nesta pesquisa é do tipo P.A. (padrão analítico) para uso em laboratórios ou em indústrias e foi adquirida no mercado nacional.

No preparo do fluido dielétrico foi utilizado água deionizada, obtida a partir da água potável disponível para abastecimento público. Para deionizar a água foi adquirido e instalado um deionizador portátil Acqua Delta com vazão de 50 l/h a base de resina, dimensões: 85 cm (altura) x 15 cm (diâmetro), o qual possui lâmpada indicadora de água saturada, tensão elétrica de 110 Vca. A condutividade da água antes da deionização era de 145 μ S/cm, aproximadamente, e após a deionização passou a ser de 0 μ S/cm.

A Figura 2 apresenta a máquina de eletroerosão ENGEMAQ EDM 200 NC série L adaptada para trabalhar com novo fluido dielétrico. Observa-se a cuba auxiliar fabricada em aço inoxidável austenítico ABNT 304 instalada dentro da cuba principal.

A Figura 3 apresenta o interior da cuba auxiliar, os conjuntos porta amostra, fabricado em aço ABNT 304, e porta eletrodo ferramenta, fabricado em cobre eletrolítico, os quais possibilitam troca rápida de amostras e eletrodos ferramentas durante os testes de usinagem e nitretação por descargas elétricas. Nota-se também a amostra em aço ABNT H13 e eletrodo ferramenta em cobre eletrolítico, ambos fixados com parafusos fabricados em aço ABNT 304.

A medição de condutividade do fluido dielétrico foi realizada por meio de condutivímetro (Fig. 3).

A Tabela 1 apresenta os dados principais e parâmetros operacionais selecionados no painel de controle da EDM 200 NC série L, os quais foram utilizados nesta pesquisa.

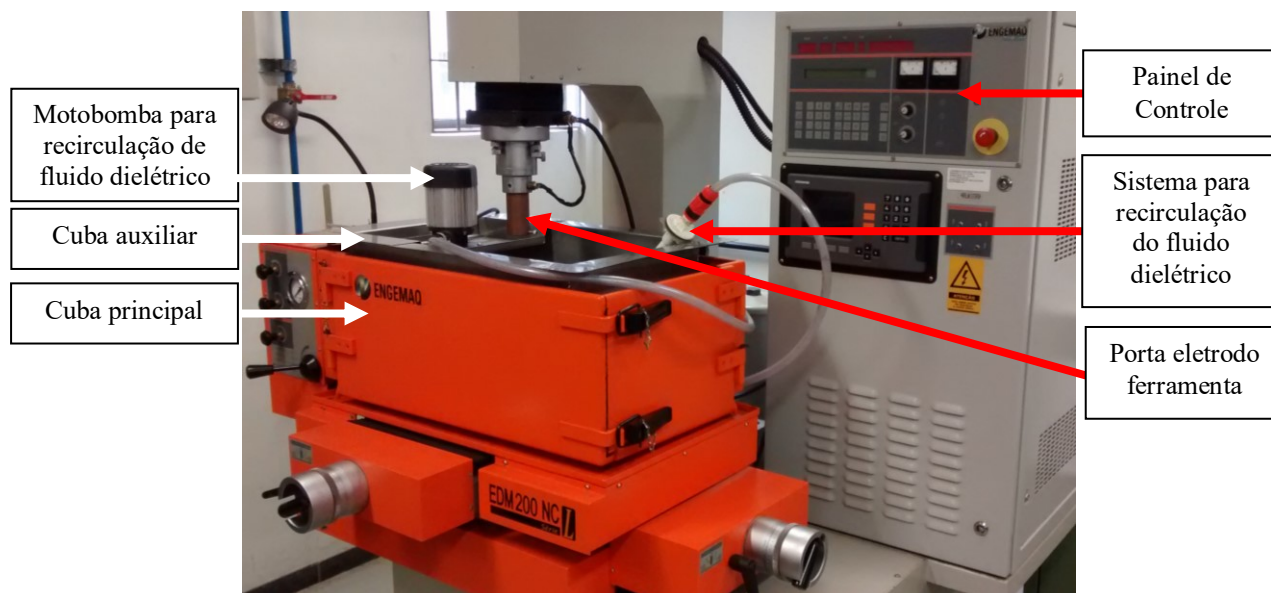


Figura 2. Vista da ENGEMAQ EDM 200 NC série L, com cuba auxiliar e bomba de recirculação instaladas dentro da cuba principal da máquina.

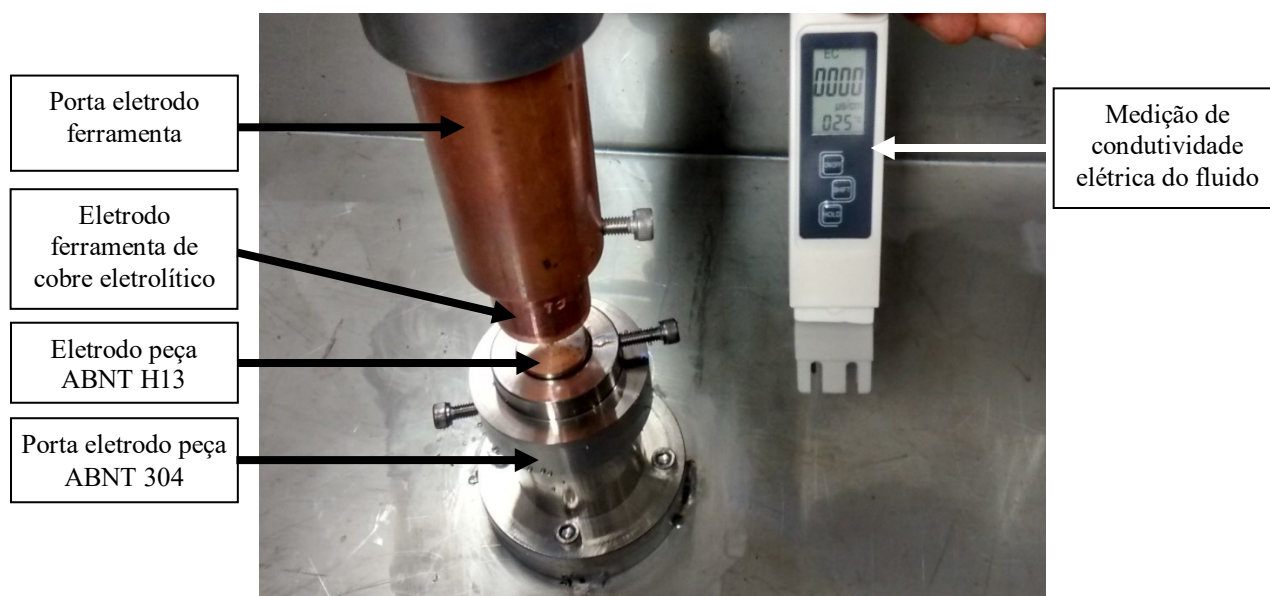


Figura 3. Amostra ABNT H13 e eletrodo ferramenta de cobre eletrolítico posicionados no interior da cuba auxiliar.

Tabela 1. Dados principais e parâmetros operacionais utilizados no processo NDE.

Parâmetro	Seleção
Concentração de ureia	30 [g/L]
Tempo de teste (cada amostra)	10 [min.]
Polaridade do eletrodo ferramenta	Positiva [+]
Tensão de trabalho, “erodindo”	~50 [V]
Corrente elétrica nominal (TS-Transistor Standard = 15)	51,45 [A]
Controle da distância entre eletrodo e peça (<i>gap</i>)	1,5*
Sensibilidade do servomecanismo	1,5*
TH (Transistor Hipuls)	1
Tempo de erosão	0,8 s
Tempo de afastamento periódico da ferramenta	2 s
Tempo de duração do pulso (fiscamento), T _{ON}	100 [μs]
Tempo de pausa (intervalo do pulso), T _{OFF}	203 [μs]

* Esses parâmetros foram ajustados diretamente no painel de controle da ENGEMAQ 200 NC.

2.5. Caracterização microestrutural das amostras ABNT H13

Para a caracterização inicial do aço ferramenta ABNT H13, material conforme recebido, foram realizadas medições de dureza no substrato além de análise química.

Após a produção das superfícies usinadas e nitretadas por NDE, as amostras foram embutidas e preparadas por técnicas metalográficas, sendo utilizado embutimento com resina epóxi termo-endurecível, carregada com minerais, de baixa contração e boa aderência. A caracterização das amostras de aço ABNT H13 consistiu na utilização de microscopia óptica para avaliar a microestrutura dessas. Os ensaios de microdureza foram realizados utilizando microdurômetro automático Shimadzu modelo HMV-2T E, com software Easy Test HMV-AD versão 3.10 para obtenção de imagens capturadas por meio de câmera digital incorporada ao microdurômetro. Para obtenção da impressão de dureza foram utilizados carga de 10 gf (98,07 mN) e tempo de 20 segundos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas realizadas em amostras do aço ABNT H13 e em eletrodo ferramenta de cobre eletrolítico estão apresentados nas Tab. 1 e Tab. 2.

Tabela 1. Análise química (% em peso) por espectrometria óptica do aço ABNT H13.

Elemento químico	Concentração (%)	Incerteza +/- U 95%	Fator de abrangência (k)	Graus de liberdade (V _{eff})
Ferro (Fe)	91,1451			
Cromo (Cr)	4,7381	0,0051	2,23	12,014
Molibdênio (Mo)	1,2257	0,0101	2,25	11,678
Carbono (C)	0,3796	0,0090	2,11	25,379
Silício (Si)	0,9347	0,0128	2,00	infinito
Manganês (Mn)	0,3669	0,0023	2,00	infinito
Vanádio (V)	0,8016	0,0025	2,16	17,034
Cobre (Cu)	0,0583	0,0041	2,05	58,736
Outros	0,3500			

Observa-se que para a análise química foi utilizado fator de abrangência k, proporcionando um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Nota-se a presença de elementos químicos como Cr, Mo os quais favorecem a nitretação. Os resultados apresentados na Tab. 1 corroboram com dados do fabricante Villares Metals: C 0,40; Si 1,00; Mn 0,35; Cr 5,20; Mo 1,5; V 0,90 (Silva, 2006).

Tabela 2. Análise química (% em peso) por espectrometria óptica do cobre eletrolítico

Elemento químico	Concentração (%)
Cobre	99,9024
Zinco	0,0222
Telúrio	0,0203
Cobalto	0,0141
Alumínio	0,0042
Níquel	0,0055
Carbono	0,0051
Outros	0,0264

A Figura 4 apresenta amostra ABNT H13 antes do processo NDE (a) e, amostras ABNT H13 após o processo NDE (b). As amostras da Fig. 4(b) foram seccionadas para possibilitar instalação no dispositivo do equipamento de DR-X.

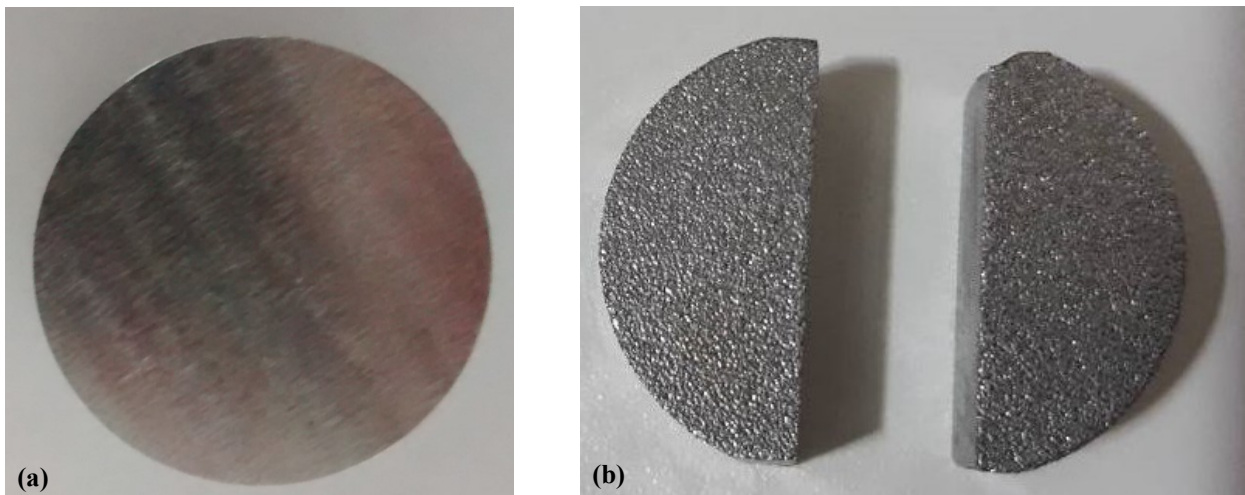


Figura 4. Amostras ABNT H13: (a) antes do processo NDE; (b) após o processo NDE (amostras seccionadas para instalação no dispositivo do difratômetro de raios X).

Para caracterizar a camada nitretada foram realizadas microscopia óptica e medição de microdureza. A Figura 5 apresenta seção transversal de amostra ABNT H13, nitretada por descargas elétricas na EDM 200 NC adaptada. Utilizou-se eletrodo ferramenta de cobre eletrolítico, ureia diluída em água deionizada como fluido dielétrico na concentração de 30 g/l. Ataque químico com reagente Nital 2%.

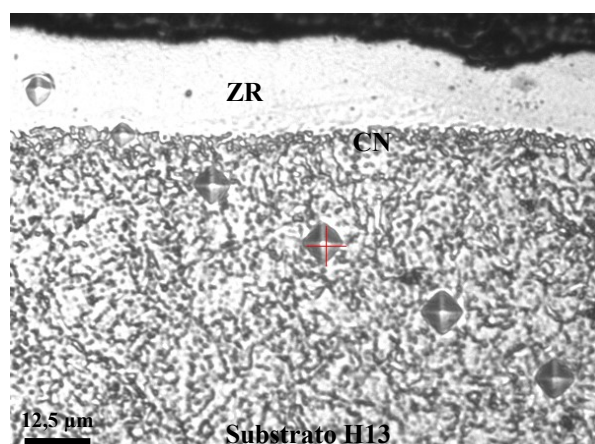


Figura 5. Micrografia com perfil de microdureza Vickers (10 gf, 20 s) na seção transversal de superfície ABNT H13 nitretada por NDE utilizando solução de ureia em água deionizada como fluido dielétrico (30 g/l), T_{ON} 100 μ s, T_{OFF} 203 μ s, corrente elétrica 51,45 A.

Nota-se indentações de microdureza Vickers realizadas na superfície em direção ao núcleo da amostra, com destaque para as camadas: refundida (ZR) e nitretada (CN).

A Figura 6 apresenta a distribuição (perfil) de microdureza Vickers realizada na seção transversal de superfície do aço ABNT H13 nitretado por NDE, utilizando ureia diluída em água deionizada como fluido dielétrico (30 g/l), T_{ON} 100 μ s, T_{OFF} 203 μ s, corrente elétrica 51,45 A. Distância da superfície da amostra para o centro.

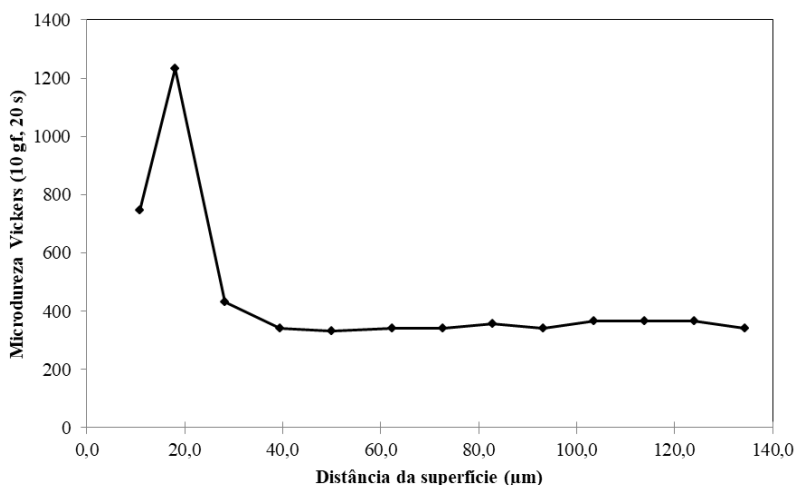


Figura 6. Variação de microdureza Vickers (10 gf, 20 s) na seção transversal de superfície ABNT H13 nitretada por NDE utilizando solução de ureia em água deionizada como fluido dielétrico (30 g/l), T_{ON} 100 μ s, T_{OFF} 203 μ s, corrente elétrica 51,45 A.

Observa-se que os maiores valores de dureza foram obtidos na superfície e subsuperfície do aço ABNT H13. Sendo a dureza média do substrato H13 após treze indentações de microdureza Vickers (10 gf, 20 s) indicou valor médio de $HV_{0,01} = 340,3 \pm 15,0$.

4. CONCLUSÃO

O projeto e adaptação executados na máquina EDM 200 NC série L atenderam ao objetivo inicial e foram validados com os pré-testes NDE realizados, sendo executados pequenos ajustes e melhorias.

A caracterização do aço ABNT H13 por meio da técnica de análise química evidenciou acordo com dados do fabricante.

Os ensaios de microdureza evidenciaram ganho nos valores de dureza das camadas refundida (ZR) e nitretada (CN) em relação ao substrato ABNT H13, que pode ser atribuído à presença de nitretos (Santos, 2013).

5. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao Departamento de Engenharia de Materiais do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, pelo uso dos Laboratórios de Caldeiraria e Ajustagem. Ao Departamento de Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, pela permissão de uso do Microdurômetro. Ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG pela disponibilização do laboratório de Usinagem para realização dos testes NDE.

6. REFERÊNCIAS

- Camargo, B. C., Costa, H. L. and Raslan, A. A., 2009, Endurecimento superficial de uma liga Ti6Al4V por meio de usinagem por descargas elétricas. Proceedings of the 5th Brazilian Congress of Manufacturing Engineering, Belo Horizonte, Brazil.
- Chiaverini, V., 2015, Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos. 7.ed. ampliada e revista. - São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração (ABM), 599 p.
- Klocke, F.; Schneider, S; Ehle, L; Meyer, H; Hensgen, L; Klink, A., 2016. Investigations on surface integrity of heat treated 42CrMo4 (AISI 4140) processed by sinking EDM. Science Direct. In: 18th CIRP Conference on Electro Physical and Chemical Machining (ISEM XVIII). Procedia CIRP 42. p. 580–585.
- Long., T.B.; Cuong, N.; Phan, N.H.; Toan, H.A.; Janmanee, P., 2015, Enhanced Material Removal Rate and Surface Quality of H13 Steel in Electrical Discharge Machining With Graphite Electrode in Rough Machining. International Journal of Scientific Engineering and Technology. Volume No.4 Issue No.2, pp : 104-109.
- Pedroso, S. , Câmara, M. A.. Silva, E. R., 2017, Caracterização tribológica do aço ABNT 4340 nitretado por descargas elétricas, Proceedings of the 9th Brazilian Manufacturing Engineering Congress (COBEF), 9, Joinville, Brazil.
- PMI, Project Management Institute, Inc., 2017, Instituto de Gerenciamento de Projetos. Disponível em: <<https://brasil.pmi.org/brazil/AboutUS.aspx>>. Acesso em: 30 de nov. 2017.

- Santos, R. F., 2013, "Nitretação por EDM do aço AISI 4140". Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 108 p.
- Silva, A.L.C. and Mei, P.R., 2006, Aços e Ligas Especiais. São Paulo: Edgard Blucher.
- Souza, A. F.; Ulbrich, C. B. L., 2013, "Engenharia Integrada por Computador e Sistemas CAD/CAM/CNC - princípios e aplicações". Artliber, 2ª edição, São Paulo, SP.
- Villares Metals, 2006, Aços para trabalho a quente, VH13ISO, Villares Metals S.A. Disponível em: <<http://www.villaresmetals.com.br/villares/pt/Produtos/Acos-Ferramenta/Trabalho-a-quente/VH13ISO>>. Acesso em: 05 de set. 2017.
- Yan, B. H., Tsai, H. C. and Huang, F. Y., 2005, "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, Vol. 45, pp. 194-200.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

DESIGN AND ADAPTATION OF ELECTRIC DISCHARGE MACHINING FOR THE APPLICATION OF ELECTRICAL DISCHARGES NITRIDING PROCESS

Sinval Pedroso da Silva, sinvalpedroso@yahoo.com.br¹
Alexandre Mendes Abrão, abrao@demec.ufmg.br¹
Anderson Junior dos Santos, ndersonsantos@hotmail.com¹
Ernane Rodrigues da Silva, ernanerodrigues@gmail.com²
Marcelo Araújo Câmara, marcelocamara@demec.ufmg.br¹

¹Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGMEC-UFMG), Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Universitário, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP 31270-901

²Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Av. Amazonas, 5253, Nova Suíça, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP 30480-000

Abstract. *project is a temporary effort undertaken to create a product, service or unique result, consisting of a group of coordinated and controlled activities, to achieve a goal according to specific requirements, with time, cost and resource limitations. The Electrical Discharge Machining (EDM) process is widely used in the machining of metals of complex geometries and high hardness as matrices for light alloy casting and mechanical forming. In order to produce a hard, wear-resistant surface with a toughness core, the parts can be cemented or nitrided. Nitriding is a thermochemical treatment that allows the improvement of mechanical properties, such as hardness, fatigue resistance and wear due to compressive strengths induced on the surface. The Electrical Discharge Nitriding (EDN) process emerged as an alternative to thermo-chemically treating and machining simultaneously. The main goal of this work was to develop an EDM machine adaptation to enable the performance of nitriding tests by electrical discharges. After the EDM machine adaptation process, initial tests of machining and nitriding by electrical discharges using aqueous solution of urea in deionized water at the concentration of 30 g/l were carried out, with the goal to do the necessary adjustments for the good performance of the EDN process. Substrate material was ABNT H13 hot work tool steel and electrolytic copper as electrode tool. In order to characterize the ABNT H13 material and to investigate the resulting surface modifications after the EDN process, a chemical analysis, optical microscopy technique and microhardness tests were carried out. The design and adaptation performed on the EDM 200 NC L-series machine met the initial objective and were validated with the EDN pre-tests performed.*

Keywords: ABNT H13 tool steel, Adaptation, Microhardness, Electrical Discharges Nitriding (EDN), Design.