

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE FUSÃO DE B₄C POR PROCESSO TIG EM AÇO SAE A36

Rhafael Beppler, rhafa_beppler@hotmail.com¹
Julio Cesar Giubilei Milan, julio.milan@udesc.br¹
Cesar Edil da Costa, cesar.edil@udesc.br¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Rua Paulo Malschitzki, 200 - Campus Universitário Prof. Avelino Marcante - Bairro Zona Industrial Norte - Joinville - SC – Brasil,

Resumo: No presente trabalho é avaliada a fusão do carbeto de boro na superfície do aço SAE A36 por processo TIG. Durante o processo foi variada a intensidade de corrente e tipo de corrente empregada no processo, sendo utilizado corrente alternada, pulsada e contínua, com intensidades de 180, 200 e 220 Amperes, totalizando 9 condições e 27 amostras. A microestrutura formada na região de fusão é analisada, investigando os processos metalúrgicos envolvidos, bem como a microdureza da região fundida. A utilização de corrente pulsada foi a que apresentou melhor resultado no acréscimo de dureza, bem como a intensidade de 180A para todas as condições, foi a que apresentou melhor dureza. A condição de máxima dureza foi obtida na condição de corrente pulsada com 180A, atingindo microdureza de 864HV na região fundida. Quanto a microestrutura, observou-se a formação de boretos com morfologia poligonal próximo a superfície, bem como possíveis partículas de carbeto de boro dispersos na região fundida. Na condição de máxima dureza, foi observada a presença de uma fase de dureza elevada, porém não investigada.

Palavras-chave: Fusão superficial, endurecimento, B₄C

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos elementos de máquinas está submetida a condições severas de funcionamento, caracterizadas por situações de fadiga, desgaste adesivo e abrasivo, erosão de partículas sólidas, corrosão e oxidação (KARTAL et al., 2010). O emprego, eficiência e vida útil dos materiais estão intrinsecamente relacionados com suas propriedades mecânicas. Encontrar um material que as contemple com valores significativos tem um elevado custo (PINEDO, 2004). Uma solução para essa situação compreende selecionar materiais com custo acessível e propriedades intermediárias e posteriormente realizar um tratamento superficial para melhoria das propriedades mecânicas (ATIK; YUNKER; MERIÇ, 2003).

Dentre os recobrimentos superficiais existentes, pode-se destacar o tratamento termoquímico de boretação, por meio do qual se obtém camadas com elevada dureza, alta resistência ao desgaste e baixo coeficiente de atrito. Este processo pode ser empregado em uma grande variedade de materiais, ferrosos e não-ferrosos, devido ao pequeno tamanho dos átomos de boro e a consequente facilidade de difusão dos mesmos (ATIK; YUNKER; MERIÇ, 2003; HECK, 2010). No processo de boretação ocorre a formação de duas fases de boretos, cujas propriedades mecânicas e térmicas são distintas, acarretando na trinca na interface entre a fase FeB e Fe₂B (SINHA, 2001).

Existem vários estudos que buscam a eliminação destas duas camadas, com o objetivo da permanência de somente uma. O principal método investigado é a refusão da camada por processo laser, eliminando a morfologia original da camada e produzindo um eutético com boretos dispersos (KULKA; PERTEK, 2003), também surge como forte meio boretante a utilização do laser para a fusão superficial (KULKA; MAKUCH; PERTEK, 2013). Um método alternativo é a utilização do processo TIG (Tungsten Inert Gas) como substituição ao processo laser.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho é a fusão do B₄C na superfície do substrato SAE A36 assistido por processo TIG, como alternativa para a substituição do processo de boretação convencional.

2. RESULTADOS

2.1. Procedimento Experimental

Para a realização do estudo, foi utilizada uma chapa de aço SAE A36, com composição química aproximada de 0,2%C, 0,6%Mn, 0,4%Si. A chapa foi fresada para limpeza e acabamento superficial, posteriormente foi seccionada para

a retirada de 27 amostras com dimensões de 30x60x10mm. Para a aplicação do pó de B4C, foi realizado o fresamento de um canal no centro da amostra, com largura de 4,5mm e profundidade de 1mm.

Para a aplicação do carbetto de boro, foi feita uma pasta de B4C e água e aplicada no canal da amostra. Posteriormente, foi feita a secagem em forno na temperatura de 110°C para a evaporação da água. A morfologia do pó de carbetto de boro pode ser visualizada na Fig. 1, sendo que apresenta granulometria inferior a 60µm.

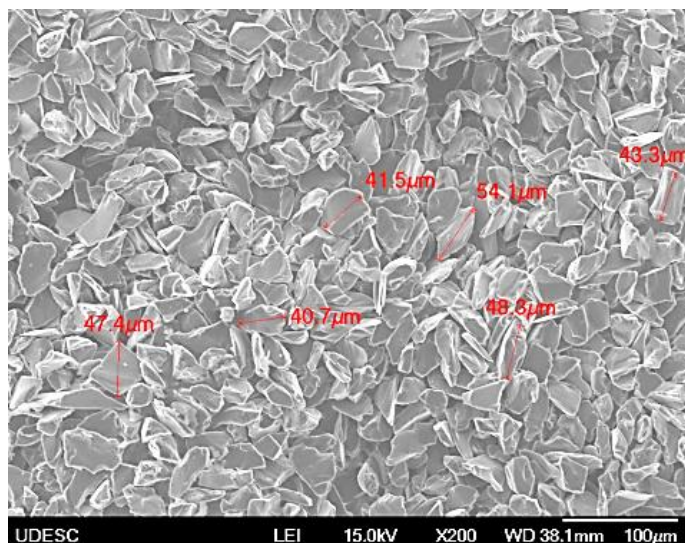


Figura 1. Morfologia do pó de carbetto de boro utilizado.

Após a secagem das amostras, foi realizado o processo de fusão por processo TIG. Para isso, um manipulador automático com velocidade constante foi empregado. A passagem do arco foi no sentido onde a poça de fusão ficava atrás da tocha de soldagem, sendo o ângulo de inclinação entre a amostra e a ponta do eletrodo de 102° e altura de 6mm.

As condições de fusão são apresentadas na Tabela 1. Para todas as condições foi utilizada a mesma velocidade de avanço e posição da tocha de soldagem.

Tabela 1. Variáveis do processo de fusão.

<i>Parâmetros de processo</i>	
Tipo de corrente	Intensidade de corrente (A)
Contínua (negativa)	180
Pulsada ($\pm 20A$)	200
Alternada	220

Após a fusão superficial das amostras, as mesmas foram seccionadas transversalmente, embutidas e lixadas e polidas. Para a revelação da microestrutura, foi utilizado nital 3%, revelando tanto a microestrutura de fusão, quanto aos boretos formados na superfície. A microestrutura foi investigada com microscopia eletrônica de varredura e microscopia óptica. Para a medição da microdureza, foi utilizado microdurômetro Vickers, com carga de 50gf.

2.2. Resultados e Discussão dos Resultados

Após a realização do tratamento superficial, o acabamento superficial foi um dos parâmetros avaliados. Percebe-se que, com a utilização da corrente alternada foi obtido um cordão de solda mais uniforme e sem a presença de descontinuidades aparentes. Quanto a largura e profundidade do cordão, para o valor de maior corrente se obtém uma maior largura do cordão, em função da abertura do arco na superfície.

Ao se avaliar a microestrutura da região fundida, observou-se uma morfologia dendrítica, cujo tamanho foi influenciado pela corrente aplicada. Para uma corrente maior, a dendrita apresentou tamanho maior, em função da temperatura e manutenção do calor na região fundida. Tal crescimento também foi afetado pelo tipo de corrente utilizado, sendo que para as condições onde se utilizou corrente pulsada e alternada, o tamanho foi relativamente menor. As comparações das microestruturas são apresentadas na Figura 2.

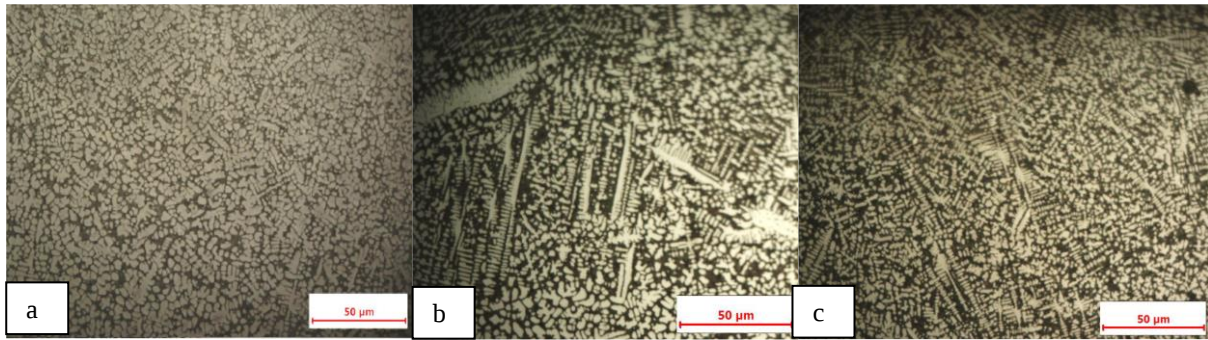


Figura 2. Morfologia do cordão de solda. a) corrente contínua, b) corrente alternada e c) corrente pulsada.

Ao se avaliar a região próxima à superfície do cordão, foram identificados pequenos cristais de boretos de ferro dispersos na microestrutura, estes provenientes do carbeto de boro em formação eutética com o ferro do substrato. Também foram identificadas partículas de carbeto de boro em solução sólida no cordão. Ambos os casos são apresentados na Figura 3.

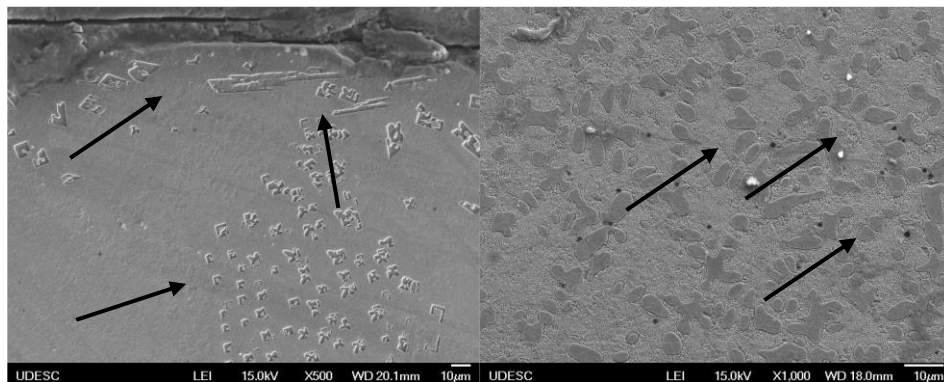


Figura 3. Na esquerda, região próxima a superfície com a presença dos boretos e a direita, pequenos particulados de carbeto de boro dispersos na microestrutura.

Ao se avaliar a microdureza das condições de tratamento, observou-se que para as condições de menor corrente foram obtidas as maiores durezas, isso associado ao tamanho da microestrutura e do tempo de resfriamento da superfície. A maior dureza observada foi para a condição de corrente pulsada com 180 A. Isso corrobora com a hipótese de que a taxa de resfriamento afeta diretamente a dureza do revestimento, bem como garante uma dispersão dos particulados em função da alternância entre tempo de pulso da corrente. Em comparação a dureza do substrato, obteve-se um ganho de 100% de dureza para a melhor condição. O substrato apresentou dureza inicial de 431 HV0,05, enquanto que a melhor condição apresentou dureza de 864 HV0,05. Os valores para as durezas são apresentados na Figura 4.

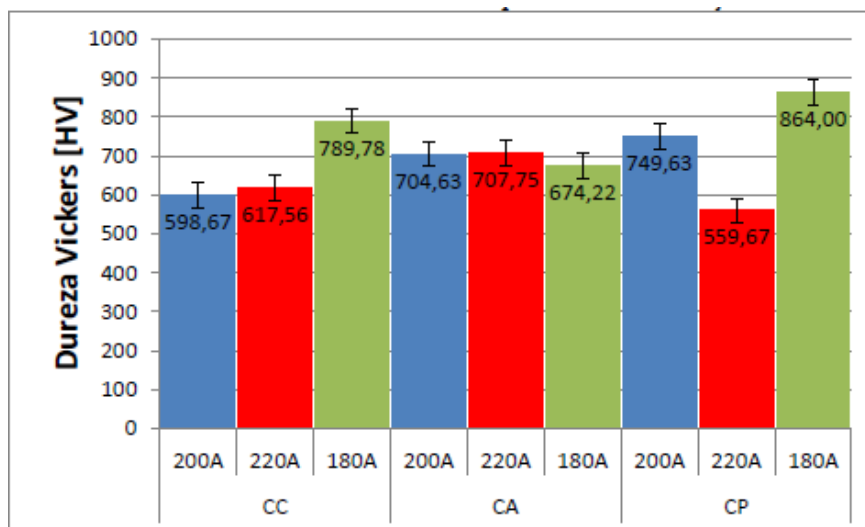


Figura 4. Valores de microdureza Vickers para as condições ensaiadas.

2.3. Conclusão

Com os resultados obtidos, conclui-se:

- A utilização do carbetto de boro em fusão na superfície do substrato aumenta significativamente sua dureza;
- O processo de fusão do carbetto de boro por TIG se mostrou eficiente e fácil aplicação;
- Foram obtidos pequenos cristais de boro de ferro próximo a superfície, indicando a formação desse eutético;
- A condição de menor corrente apresentou os melhores resultados, bem como a utilização da corrente pulsada, em função da dissipação do calor e do resfriamento mais rápido.
- Os cordões apresentaram irregularidades na superfície, sendo a melhor condição de acabamento superficial a de corrente alternada e a de maior largura a de 220 A.

3. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFSC pela disponibilização dos laboratórios e equipamentos, a CAPES pelo amparo e provimento financeiro e ao professor Fernando Henrique Gruber Colaço pela colaboração no presente trabalho.

4. REFERÊNCIAS

- KARTAL, G.; TIMUR, S.; ERYILMAZ, O. L.; ERDEMIR, A. Influence of process duration on structure and chemistry of borided low carbon steel. *Surface and Coatings Technology*, v. 205, n. 5, p. 1578-1583, ago. 2010.
- PINEDO, C. E.. Tratamentos superficiais para aplicações tribológicas. *Metalurgia & Materiais*, Ouro Preto, v. 563, n. 60, p.162-164, abr. 2004.
- ATIK, E.; YUNKER, U.; MERIÇ, C. The effects of conventional heat treatment and boronizing on abrasive wear and corrosion of SAE 1010, SAE 1040, D2 and 304 steels. *Tribology International*, v. 36, n. 3, p. 155-161, 2003.
- HECK, S. C. Influência da boretação com pó na resistência ao desgaste, corrosão e oxidação dos aços AISI 1060 e AISI H13. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- SINHA, A. K. Boriding (boronizing) of steels. In: *ASM Handbook: heat treating*. v. 4. Materials Park, Ohio: ASM Internacional, 2001. p. 978-999.
- KULKA, M.; PERTEK, A. Microstructure and properties of borided 41Cr4 steel after laser surface modification with re-melting. *applied surface science*, n. 214, p. 278-288, 2003.
- KULKA, M.; MAKUCH, N.; PERTEK, A. Microstructure and properties of laser-borided 41Cr4 steel. *Optics & Laser Technology*, v. 45, p. 308-318, 2013.

5. RESPONSABILIDADE AUTURAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

EVALUATION OF B4C MELTING PARAMETERS BY TIG PROCESS IN STEEL SAE A36

Rhafael Beppler, rhafa_beppler@hotmail.com¹

Julio Cesar Giubilei Milan, julio.milan@udesc.br¹

Cesar Edil da Costa, cesar.edil@udesc.br¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Rua Paulo Malschitzki, 200 - Campus Universitário Prof. Avelino Marcante - Bairro Zona Industrial Norte - Joinville - SC – Brasil,

Abstract: *In the present work the fusion of the boron carbide in the surface of SAE A36 steel by TIG process is evaluated. During the process, the intensity and type of current used in the process was varied, using alternating current, pulsed and continuous current, with intensities of 180, 200 and 220 Amperes, totaling 9 conditions and 27 samples. The microstructure formed in the fusion region is analyzed by investigating the metallurgical processes involved as well as the microhardness of the molten region. The use of pulsed current was the one that presented the best result in the increase of hardness, as well as the intensity of 180A for all conditions, was the one that presented better hardness. The condition of maximum hardness was obtained in the condition of pulsed current with 180A, reaching microhardness of 864HV in the molten region. As for the microstructure, the formation of borides with polygonal morphology near the surface was observed, as well as possible boron carbide particles dispersed in the molten region. In the condition of maximum hardness, the presence of a high hardness phase was observed, but not investigated*

Keywords: *Surface melting, Hardening, B4C*

“The authors are solely responsible for the content of this work.”