

TRINCAS DE SOLIDIFICAÇÃO EM JUNTA SOLDADA DE AÇO SAE 1015 BORETADO – UMA AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL

EDILSON NUNES POLLNOW¹; MARGARETE R. F. GONÇALVES², ALICE
GONÇALVES OSÓRIO³, DOUGLAS BEZERRA DE ARAÚJO⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – edilson.pollnow@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - margareterfg@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - osorio.alice@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Uberlândia - dbaraujo@ufu.br

1. INTRODUÇÃO

A engenharia de superfícies é o ramo da tecnologia que aborda a preparação e modificação das superfícies de componentes de engenharia para cumprir funções específicas dentro de uma aplicação (FREIRE JÚNIOR, 2012).

A boretação ou borotização é um tratamento de superfície que envolve um processo de difusão do boro no substrato a altas temperaturas. Esse processo de endurecimento superficial é realizado nos metais utilizando-se de substâncias gasosas, como o diborano ou haletos de boro, em meio líquido, como o bórax fundido, ou por meio de agentes boretantes sólidos.

Porém alguns dos tratamentos de endurecimento superficial empobrecem a soldabilidade dos aços, ocasionando defeitos de soldagem que comprometem a resistência mecânica de peças e equipamentos.

Segundo Wainer *et.al.* (2010), as trincas devido à microsegregação também são comumente denominadas de trincas de solidificação, e são associadas principalmente à presença de fases com baixo ponto de fusão ou ainda ao intervalo de solidificação. Essas microsegregações geralmente formam filmes líquidos ao longo do contorno de grão.

Vishwakarma e Chatuverd (2009) citam os efeitos do boro e do fósforo afirmando que estes têm ponto de fusão depressores da matriz austenítica, segregando os contornos de grão e afetando a energia livre no contorno de grão.

Partindo do que foi observado por outros autores, que indicam problemas de soldabilidade associados a presença de boretos, este trabalho teve por objetivo estudar os efeitos que o tratamento termoquímico de boretação exerce sobre uma junta soldada do aço SAE 1015.

2. METODOLOGIA

Para a aplicação do tratamento de boretação, inicialmente as amostras de um aço de baixo teor de carbono do tipo SAE 1015 (ver composição química na tabela 1) foram cortadas nas seguintes dimensões: 70 mm x 25 x 6 mm (C x L x E).

TABELA 1: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO AÇO SELECIONADO.

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
0.159	0.140	0.583	0.014	0.018

Após o corte todas as amostras foram lixadas em via úmida utilizando-se lixas de SiC com diferentes granulometrias (80 – 1000 mesh) para remoção de contaminantes da superfície e para aumentar a área superficial da amostra em contato com o agente boretante.

As amostras foram colocadas em um cadinho e envoltas com 10 mm de agente boretante Ekabor® 1-V2 e, posteriormente, colocadas em um forno tubular

INTI FT 1200 em atmosfera inerte. Utilizou-se uma taxa de aquecimento de 20°C/min e resfriamento livre em atmosfera inerte dentro do forno.

Para o tratamento de boretção, foi utilizada a temperatura de 1000°C em um patamar de tempo de 2 horas.

Para a realização dos cordões de solda foi utilizado o processo de soldagem GTAW autógeno. A escolha por um processo autógeno deve-se ao fato deste não incluir metais de adição que poderiam afetar negativamente a microestrutura final do cordão, e estaria fora do escopo deste estudo. Foi utilizada como fonte de soldagem a fonte Fronius modelo TransPuls Synergic 4000.

Os parâmetros de soldagem são regulados no painel da fonte. A manipulação da tocha GTAW foi feita através de um robô MOTOMAN modelo HP20D. Este robô caracteriza-se por possuir seis graus de liberdade e suportar uma capacidade máxima de 20 Kg em sua extremidade. Os parâmetros impostos ao processo encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2: PARÂMETROS DE SOLDAGEM.

I (CC) (A)	V. Sold. (cm. min ⁻¹)	Gás de Proteção	Vazão (L. min ⁻¹)	Ø Eletrodo (mm)	Ângulo do Eletrodo (°)	La (mm)
120	15	Argônio	12	1,6	60	3,2

I = corrente; V.Sold. = Velocidade de soldagem; Ø Eletrodo = diâmetro do eletrodo; La = Comprimento de arco.

2.2 Caracterização das Amostras

Para avaliação do comportamento microestrutural das amostras utilizou-se a técnica de microscopia óptica. As análises foram realizadas em um microscópio ótico de luz refletida com sistema de análise de imagens - Olympus GX 51S com aquisição de imagens digital.

Para a análise microscópica, foi necessária a realização de uma preparação metalográfica das amostras conforme ASTM E3-11 (11). Esta contou com as etapas de corte, embutimento, lixamento, polimento e ataque químico das amostras, com uma solução de Nital 3%. O lixamento e o polimento foram realizados na Politriz semi-automática MiniMet® 250 com lixas de granulometria 80, 180, 320, 400, 600, 1200 e 2000 mesh e para a etapa de polimento com suspensão de alumina com granulometria de 0,1 µm com carga de 27 N por corpo de prova.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 apresenta as micrografias do cordão de solda. É possível verificar a presença de trincas no interior da zona de fusão do cordão de solda conforme figura 1, itens a e b. Essas trincas se propagam apenas no interior da zona de fusão, se caracterizando então como trincas de solidificação.

A existência destas trincas de solidificação pode ser atribuída a presença de boretos na superfície do aço SAE 1015. Durante o processo de soldagem os boretos solidificam após o metal de base, tornando-se então zonas líquidas em meio ao metal em solidificação e, conseqüentemente zonas concentradoras de tensão e de início e propagação de trincas.

Ainda no item b, visualizamos as trincas de solidificação, causadas por filmes líquidos de microsegregações de boretos presentes durante a etapa de solidificação. A trinca se desenvolve ao longo dos contornos de grão ferríticos e se propaga até o final da zona fundida. A microestrutura da ZF é composta por grãos de Ferrita Poligonal, Ferrita Intragranular Poligonal e regiões de Ferrita Widmanstätten de contorno de Grão. Podem ser visualizados agregados de

Ferrita-Carbonetos também.

Na zona termicamente afetada (ZTA), representada no item c da figura 1 a microestrutura é composta por Ferrita Widmanstätten de Contorno de Grão, Ferrita Intragranular Poligonal e algumas colônias de Perlita.

O metal de base, representado em 1d apresenta em sua morfologia Ferritas Poligonais de Contorno de Grão (área clara) e regiões perlíticas (grãos escuros).

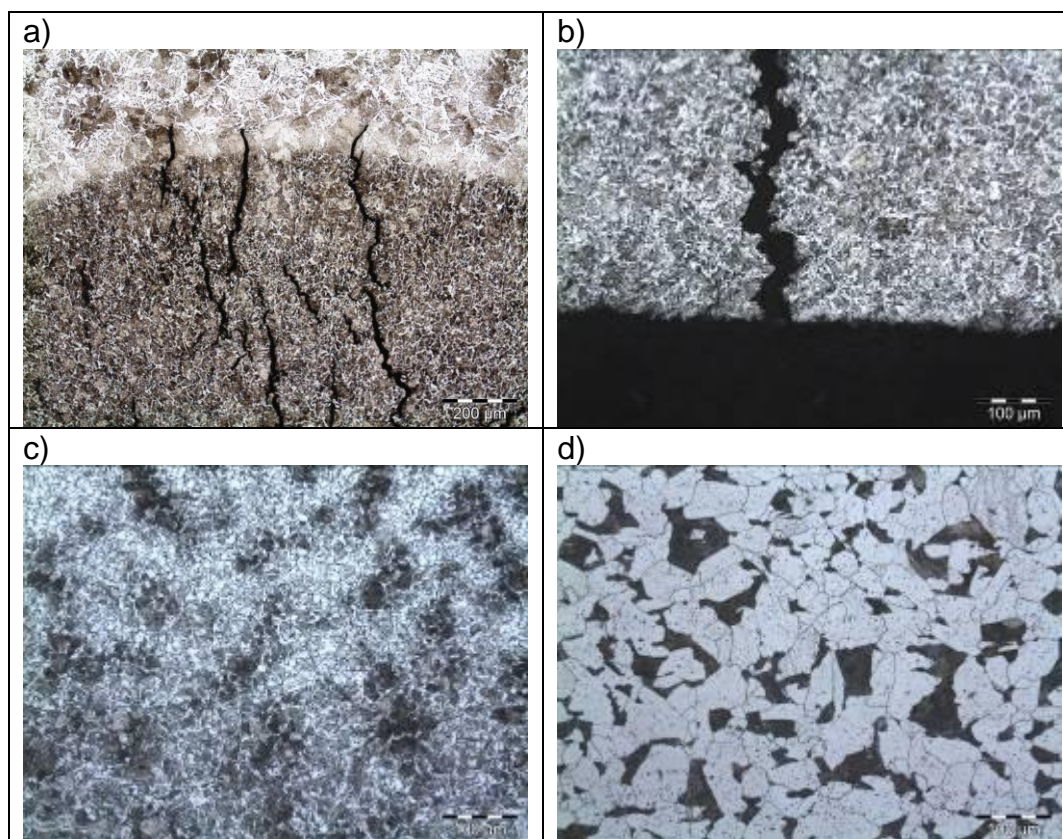


Figura 1: Micrografias do cordão de solda do aço SAE 1015 boretado. a) ZF; b) ZF; c) ZTA e d) MB.

4. CONCLUSÕES

Foram verificadas trincas de solidificação no cordão de solda do aço SAE 1015 conforme as micrografias apresentadas.

A presença destas trincas podem ser associadas a presença dos boretos sobre a superfície do aço SAE 1015. Estes quando submetidos a soldagem alteram o gradiente de solidificação do aço e formam zonas concentradoras de tensão, que culminam com o início e propagação das trincas de solidificação.

Esse comportamento indica uma má soldabilidade metalúrgica do aço SAE 1015 na condição de boretado.

Com base nas micrografias analisadas pode-se prever ainda que este material deverá apresentar propriedades mecânicas pobre e, que isso impossibilitara a utilização estrutural deste.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FREIRE JUNIOR, F. L. Engenharia de Superfícies. Recurso eletrônico. **Epistemia Comunicação**. Rio de Janeiro. 2012. 71 p.

WAINER, E. BRANDI, S. D.; DE MELLO, F. D. H. Soldagem - Processos e Metalurgia. Edgar Blücher, 2009, São Paulo.

VISHWAKARMA, K. R.; CHATUVERD, M. C. Effect of boron and phosphorous on HAZ microfissuring of Allvac 718 Plus superalloy. **Materials Science and Technology**. v. 25, Issue 3, p. 351-360, 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM E3-11, Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens. **ASTM International**. West Conshohocken, 2011. 13 p.