

Mostra de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSC 2023



TÍTULO

ADERÊNCIA DE CAMADAS DE BORETOS FORMADAS EM SUBSTRATOS DE MONEL 400 BORETADOS POR VIA SÓLIDA

AUTORES

Anael Preman Krelling
Gustavo Alves de Souza
Jefferson Luiz Jeronimo
Ivandro Bonetti

RESUMO

Tratamentos de superfície são usados para melhorar o desempenho de materiais. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência do tratamento de boretação na aderência entre a camada de boretos e o substrato da liga Monel 400. Para isso, boretação sólida foi realizada a 800 e 900°C por 2 e 4 horas. A aderência camada-substrato foi avaliada por indentação Rockwell C. Os resultados mostraram que a aderência camada-substrato é aceitável para todas as condições estudadas

PALAVRAS-CHAVE

Boretação, Monel 400, Aderência

GRANDE ÁREA

ENGENHARIAS (30000009)

ÁREA

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA (30300002)

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

As ligas a base de níquel são muito utilizadas industrialmente devido a sua boa resistência à corrosão e oxidação (GÜNEN et al., 2017). Nestes materiais, o principal objetivo é o de aumentar a resistência mecânica sem comprometer a resistência à corrosão. Tratamentos difusionais como cementação, nitretação e boretação normalmente são utilizados para aumentar a dureza da superfície e melhorar a resistência ao desgaste dos materiais de engenharia. A cementação e a nitretação em ligas de níquel, no entanto, não são tão efetivas quanto a boretação devido a baixa solubilidade do carbono e do nitrogênio no estado sólido (UEDA et al., 2000). O tratamento termoquímico de boretação é uma boa alternativa para buscar esse objetivo, sendo um processo bem conhecido para

o aumento da resistência ao desgaste de uma grande variedade de materiais metálicos (MAKUCH; KULKA, 2016). Os resultados apresentados neste trabalho são preliminares e referentes ao projeto de pesquisa “Caracterização da resistência à corrosão de Monel 400 boretado por via sólida”, atualmente em desenvolvimento pelo Edital Universal 02/2023. Dessa forma, o objetivo geral é o de compreender os efeitos do tratamento de boretção na aderência entre a camada de boretos e o substrato da liga Monel 400. Como objetivos específicos podem ser destacados: 1) Obter camadas de boretos em Monel 400 por boretção sólida e, 2) Avaliar a aderência camada-substrato através de Indentação Rockwell C.

METODOLOGIA

O tratamento termoquímico de boretção foi realizado em forno mufla, sem controle atmosférico e em cadinhos de aço inoxidável no laboratório de Materiais do IFSC-Joinville. O pó de boretção usado é composto por: 90%p B4C e 10%p KBF4, sendo o B4C o responsável pelo fornecimento dos átomos de boro e o KBF4 um ativador, utilizado para acelerar o processo. Os tratamentos foram realizados em temperaturas de 800°C e 900°C durante 2 e 4 horas. Após os tratamentos as amostras foram resfriadas ao ar até a temperatura ambiente e limpas em banho de ultrassom com álcool etílico durante 10 minutos.

A aderência das camadas de boretos com o substrato foi avaliada, qualitativamente, por indentação Rockwell C, de acordo com a norma VDI 3198. As indentações foram observadas por microscopia óptica e comparadas com os mapas de aderência apresentados na norma sendo classificados em HF1-HF4 (aderência aceitável) e HF5-HF6 (aderência inaceitável). Para cada condição de superfície, três indentações foram realizadas.

RESULTADOS

Após a realização dos tratamentos termoquímicos de boretção por via sólida, observou-se que a topografia das amostras mudou bastante em comparação com a condição inicial. Apesar de não terem sido realizadas, até o momento, análises da seção transversal das amostras boretadas, pode-se afirmar que os tratamentos foram efetivos em promover a formação de uma camada, provavelmente de boretos de níquel, na superfície para todas as condições estabelecidas neste estudo. Pela observação das indentações Rockwell C realizadas na superfície das amostras, pôde-se perceber que não houve deslocamento de regiões adjacentes à indentação. Para todas as condições, notou-se apenas a presença de trincas circunferenciais (ao redor da indentação) e radiais. Dessa forma, pode-se afirmar que a aderência entre a camada de boretos formada e o substrato de Monel 400 é aceitável, sendo classificada entre HF1 e HF2 de acordo com o mapa de aderência proposto na Norma VDI 3198. Ainda, notou-se que com o aumento do tempo de tratamento parece haver uma melhora na aderência camada-substrato visto que a quantidade de trincas radiais diminuiu para tempos maiores de boretção, independentemente da temperatura de tratamento utilizada. Apesar da aderência com o substrato ser suficiente, as trincas mostram a formação de uma camada com comportamento frágil. Este tipo de ensaio é ideal para análises comparativas de revestimentos por economizar tempo e recursos. Além disso, é uma boa metodologia para se avaliar não somente a aderência entre a camada de boretos e o substrato, mas também a fragilidade dos revestimentos formados (VIDAKIS et al., 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve sucesso em formar camadas de boretos na superfície da liga Monel 400 através de boretação por via sólida para todas as condições experimentais propostas nesse trabalho. Além disso, a aderência entre a camada de boretos e o substrato mostrou-se suficiente, não havendo deslocamento da mesma através de ensaios de indentação Rockwell C. O projeto de pesquisa “Caracterização da resistência à corrosão de Monel 400 boretado por via sólida” ainda se encontra em execução no Edital 02/2023 – Universal. De acordo com o cronograma proposto no projeto, as atividades estão adiantadas em relação ao proposto. Ainda estão pendentes as avaliações da microestrutura, propriedades mecânicas e resistência à corrosão, todas elas em fase inicial de desenvolvimento.

LINK DO VÍDEO

<https://youtu.be/HcHv5OGJ8hA>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GÜNEN, A.; KANCA, E.; ÇAKIR, H.; et al. Effect of borotitanizing on microstructure and wear behavior of Inconel 625. *Surface and Coatings Technology*, v. 311, p. 374–382, 2017.

MAKUCH, N.; KULKA, M. Fracture toughness of hard ceramic phases produced on Nimonic 80A-alloy by gas boriding. *Ceramics International*, v. 42, p. 3275–3289, 2016.

UEDA, N.; MIZUKOSHI, T.; DEMIZU, K.; et al. Boriding of nickel by the powder-pack method. *Surface and Coatings Technology*, v. 126, n. 1, p. 25–30, 2000.

VIDAKIS, N.; ANTONIADIS, A.; BILALIS, N. The VDI 3198 indentation test evaluation of a reliable qualitative control for layered compounds. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 143-144, p. 481–485, 2003.

AGRADECIMENTOS

A equipe do projeto agradece ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, pelo apoio recebido, viabilizando a execução das atividades do projeto de pesquisa.