ANÁLISE DE DESGASTE DA LIGA MONEL 400 SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE

André Luiz Schroeder, Christian Pacheco, Julio Cesar Giubilei Milan

INTRODUÇÃO

As ligas de níquel são amplamente utilizadas em diversos setores, como o aeroespacial, nuclear, marítimo e automobilístico, devido à sua elevada resistência à corrosão (Parida e Maity, 2018a).

Os componentes mecânicos confeccionados da liga de níquel Monel 400 geralmente estão situados sob aplicações que exigem de desgaste. A diminuição do desgaste resulta em menor consumo de recursos e energia para a fabricação e reparo de novos componentes, aumentando assim a eficiência e a durabilidade dos mesmos. A liga apresenta uma resistência ao desgaste relativamente baixa, portanto, a aplicação de um revestimento que aumente a resistência superficial do material, sem alterar suas propriedades intrínsecas, pode prolongar significativamente a vida útil das peças.

A liga Monel 400 é uma liga de Ni-Cu de fase única, que apresenta excelente resistência à corrosão e boa resistência ao desgaste em água do mar, sendo utilizada em hélices, tubulações, válvulas, entre outros componentes (Zhu, Liu, Wang, et al., 2022). Essa liga tem dureza variando entre 115HV e 250HV, o que limita sua utilização em situações em que estaria exposta a desgaste por erosão, cavitação ou abrasão (Kukliński, Bartkowska e Przestacki, 2018)

Diversos estudos relatam que a boretação promove um aumento significativo da dureza superficial em ligas de níquel. Os valores de dureza na superfície boretada obtidos variam em função da composição da liga, do método empregado e das condições de processamento, situando-se, de modo geral, entre 1152 e 1778 HV. Esses resultados evidenciam a eficiência da boretação como tratamento termoquímico para o aprimoramento das propriedades superficiais das ligas de níquel (Gunes e Kayali, 2014; Kulka et al., 2013; Yildiz, 2022).

Este trabalho investiga o processo de boretação aplicado à liga de níquel-cobre Monel 400, com o objetivo de melhorar sua resistência ao desgaste por deslizamento.

DESENVOLVIMENTO

Amostras de aço Monel 400 foram boretadas utilizando um pó com composição de 90%p B_4C e 10%p KBF_4. Dez corpos de prova foram cortados em formato triangular com espessura de 4,2 mm e lixados até lixa com granulometria 320 mesh. As amostras foram acomodadas imersas no pó para boretação em um cadinho cilíndrico, que foi vedado e levado ao forno tipo mufla a 900°C por 4 horas, o resfriamento foi de forma moderada, com a porta do forno aberta. A resistência ao desgaste foi avaliada por meio de ensaios por deslizamento do tipo pino sobre disco com os seguintes parâmetros: Velocidade de deslizamento de 0,05m/s, carga de 10N, distância de deslizamento de 500m e raio de 3mm. O volume de material removido foi determinado através de perfilometria, onde foram realizadas 4 medições em cada pista de desgaste. As pistas de desgaste na superfície das amostras foram avaliadas em microscópio de varredura eletrônica.

RESULTADOS

Os resultados referentes ao volume retirado de material das amostras com e sem o tratamento térmoquímico de boretação estão apresentados conforme a figura 1. Nota-se uma redução de pouco mais de 22% no material boretado. Na figura 2 estão apresentadas as imagens das superfícies de amostras com e sem o tratamento de boretação que foram submetidas ao ensaio de desgaste. Nas figuras (2a) e (2c) observam-se uma visão geral das pistas nas condições boretada e sem boretação, respectivamente. É nítida a diferença entre a largura e o aspecto das pistas, evidenciando o menor desgaste do material tratado e a diferença entre os mecanismos de desgaste atuantes nas duas situações. Já as imagens (2b) e (2d) apresentam uma ampliação maior do centro da pista nas condições com e sem boretação. A condição sem boretação (2d) apresenta sinais de abrasão e muita deformação plástica, característica de materiais dúcteis, já a amostra boretada (2b) apresenta uma superfície mais lisa, sem sinais de abrasão, possivelmente devido a dureza mais elevada, e notam-se também fases distintas (regiões claras e escuras) indicando a existência de diferentes tipos de boretos formados, também é possível visualizar a presença de micro trincas (destacadas em círculos azuis) que podem evoluir para desplacamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nos ensaios de desgaste permitem concluir que o tratamento térmico de boretação exerceu influência positiva e significativa na resistência ao desgaste do material estudado. A média geral de volume removido foi reduzida de $1{,}3329 \times 10^3$ mm³, condição sem tratamento, para $1{,}0250 \times 10^3$ mm³ em condição boretada, o que corresponde a uma diminuição de 22,9% na taxa de perda de material. Também pode se concluir que os mecanismos de desgaste foram bem distintos nas duas situações, com desgaste abrasivo e deformação plástica no material sem tratamento e possivelmente desgaste oxidativo nas amostras boretadas.

Palavras-chave: Monel 400; Boretação; Desgaste.

ANEXOS

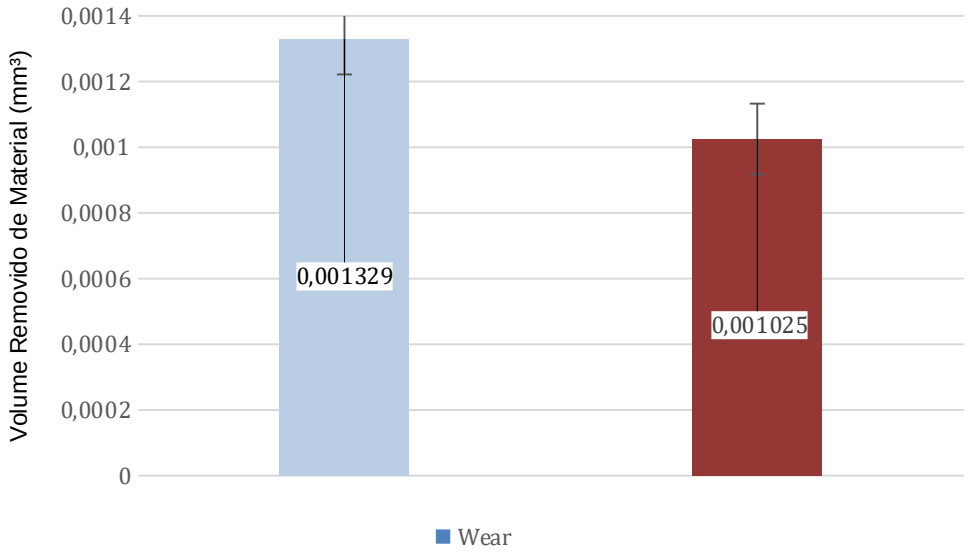


Figura 1. *Comparação de volume removido de material entre as duas condições de superfície.*

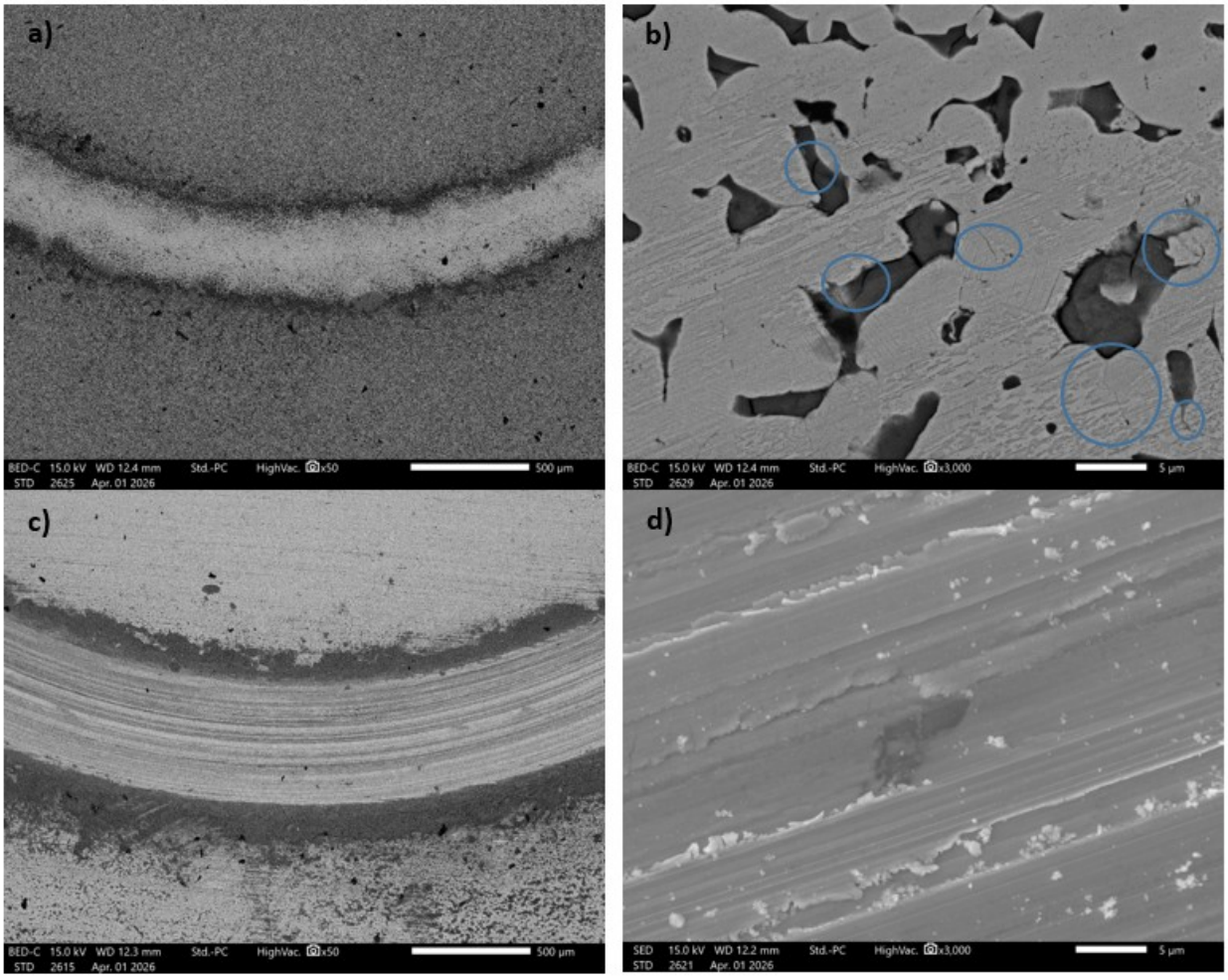


Figura 2. *a) Amostra boretada 50x b) Amostra boretada 3000x c) Amostra sem tratamento 50x d) Amostra sem tratamento 300x.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PARIDA, A. K.; MAITY, K. Experimental investigation on tool life and chip morphology in hot machining of Monel-400. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, v. 21, n. 3, p. 371–379, jun. 2018a.

KUKLIŃSKI, M.; BARTKOWSKA, A.; PRZESTACKI, D. Microstructure and selected properties of Monel 400 alloy after laser heat treatment and laser boriding using diode laser. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 98, n. 9–12, p. 3005–3017, 26 out. 2018.

GUNES, I.; KAYALI, Y. Investigation of mechanical properties of borided Nickel 201 alloy. **Materials & Design**, v. 53, p. 577–580, jan. 2014.

ZHU, Y.; LIU, H.; WANG, J.; *et al.* Antagonistic effect of electrochemical corrosion on the mechanical wear of Monel 400 alloy in seawater. **Corrosion Science**, v. 198, 15 abr. 2022

KULKA, M. *et al.* Microstructure and properties of laser-borided Inconel 600-alloy. **Applied Surface Science**, v. 284, p. 757–771, 1 nov. 2013.

YILDIZ, I. Surface Characterization and Boriding of Nickel and Cobalt Alloys. **Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces**, v. 58, n. 4, p. 772–778, 1 ago. 2022.