cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Efeitos do tratamento criogênico no comportamento tribológico do ferro fundido nodular austemperado (ADI)

Lucas Leon Brincas Ramos[1]; Maico Jeferson de Souza[1]; Cesar Edil da Costa[1]; Wilson Sckudlarek[1]; Julio Cesar Giubilei Milan[1].
[1].Universidade do Estado de Santa Catarina, PGCEM.

Introdução

O ferro fundido nodular austemperado (ADI) combina alta resistência mecânica, tenacidade e resistência ao desgaste, sendo indicado para aplicações sujeitas a desgaste severo. O tratamento criogênico pode alterar sua microestrutura ausferrítica, reduzindo a quantidade de austenita retida e favorecendo a formação de martensita, o que tende a aumentar a dureza e a resistência ao desgaste. Neste trabalho, avaliou-se o efeito de diferentes tempos de tratamento criogênico no comportamento do ADI.

Objetivos

Avaliar a influência do tratamento criogênico a −196 °C, com tempos de permanência de 2, 4, 6, 8 e 10 horas, no comportamento tribológico do ferro fundido nodular austemperado (ADI).

Metodologia

Partiu-se de um ferro fundido nodular da classe ASTM 80-55-06, o qual foi submetido à austenitização a 900 °C por 1 hora e, posteriormente, à austêmpera em banho de sais a 300 °C por 1 hora. Em seguida, as amostras foram submetidas ao tratamento criogênico por imersão em nitrogênio líquido, a −196 °C, durante 2, 4, 6, 8 e 10 horas, seguido de revenimento a 200 °C por 2 horas. Foram realizados ensaios de desgaste pino sobre disco, conforme a norma ASTM G99 (1000 metros, 0,1 m/s, 10N e contracorpo esférico de alumina), de acordo com a representação na Figura 1. O desgaste volumétrico foi medido com perfilômetro, enquanto o coeficiente de atrito foi monitorado continuamente durante o ensaio. A análise topográfica das pistas de desgaste foi analisada por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

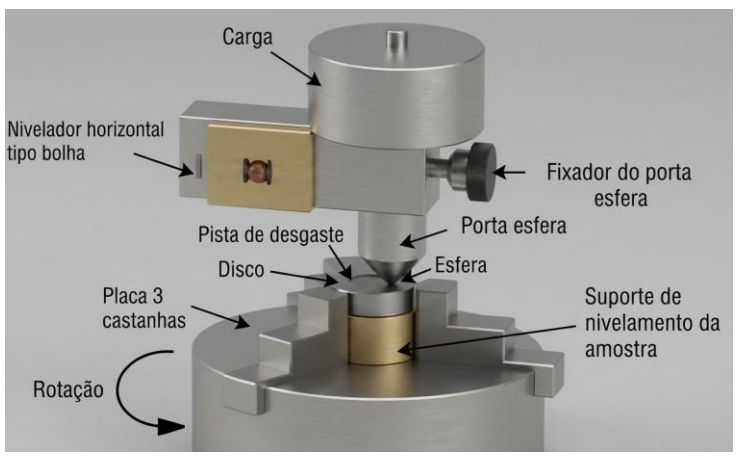


Figura 1. Representação do ensaio tribológico.

Resultados e Discussão

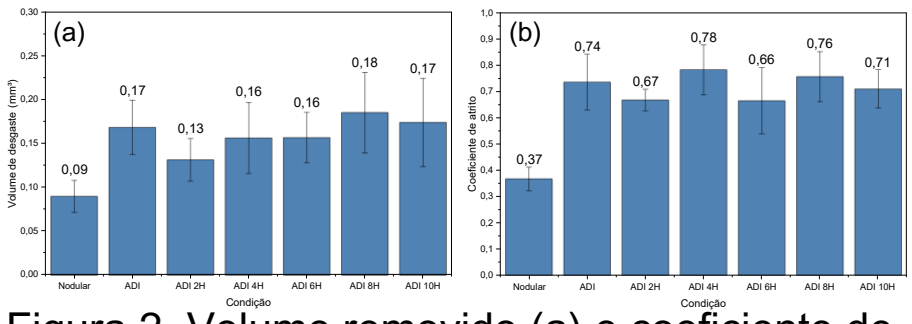


Figura 2. Volume removido (a) e coeficiente de atrito (b) das condições avaliadas.

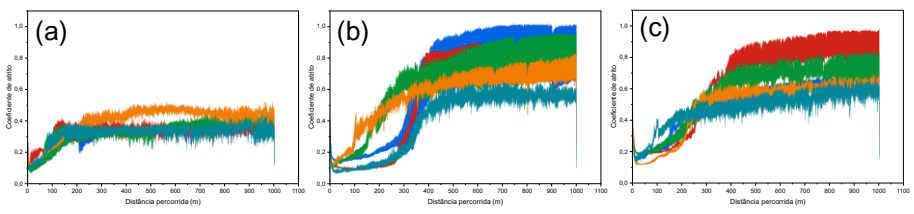


Figura 3. Curvas dos coeficientes de atrito das condições: (a) ferro fundido nodular, (b) ADI e (c) ADI 2H.

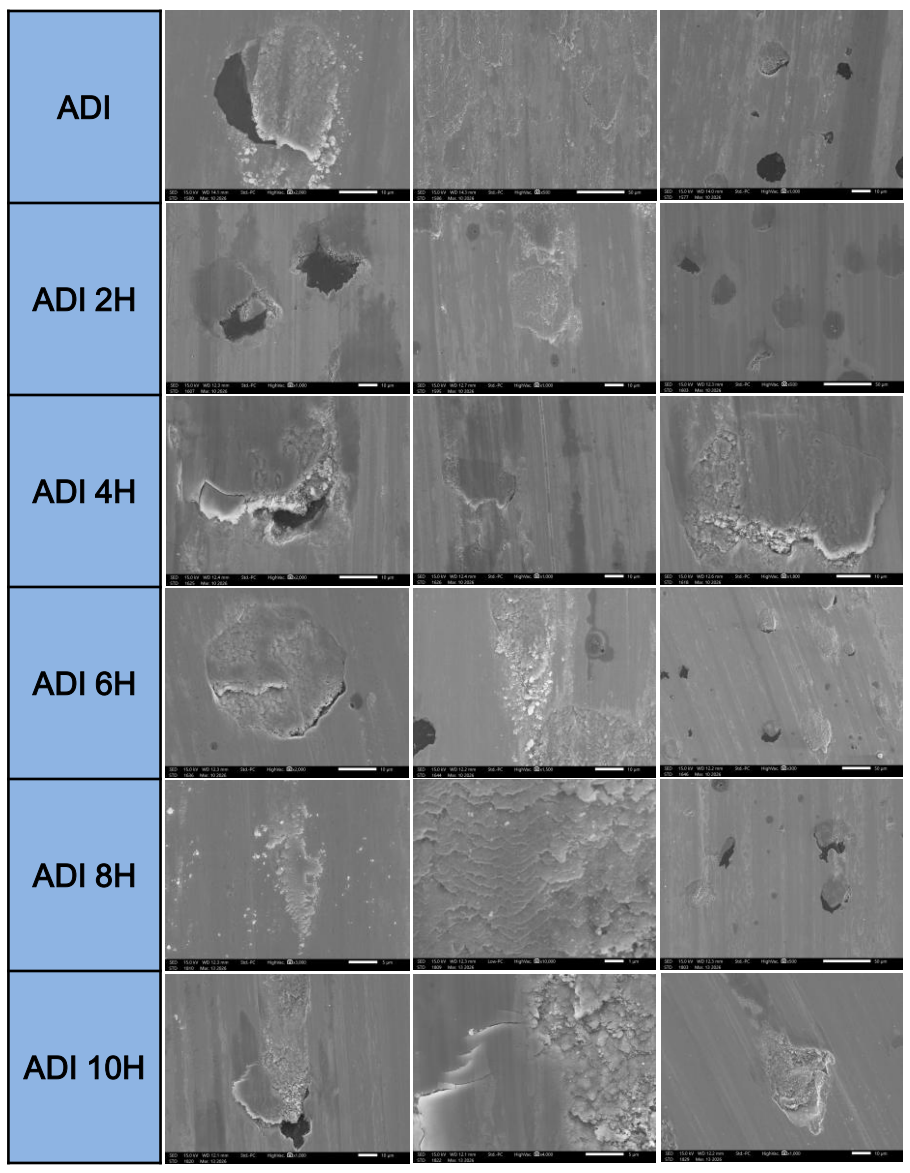


Figura 4. Micrografias obtidas em MEV do ADI antes e após tratamento criogênico.

Conclusões

- Nas condições experimentais avaliadas, o ADI manteve seu desempenho tribológico após o tratamento criogênico.
- Em todas as condições, as pistas de desgaste indicaram a atuação combinada de tribo-oxidação, abrasão e adesão, com formação e destacamento localizado de tribocamada.

Referências e Agradecimentos

1. ÇAKIR, F. H. The effect of cryogenic treatment on hardness, toughness, and tribological properties of austempered ductile iron with different nickel contents. *International Journal of Metalcasting*, v. 16, n. 3, p. 1442–1454, 2022. DOI: 10.1007/s40962-021-00686-5. 2. LIU, C. et al. Comparison of the tribological behavior of quench-tempered ductile iron and austempered ductile iron with similar hardness. *Wear*, v. 520–521, art. 204668, 2023. DOI: 10.1016/j.wear.2023.204668. 3. PANNEERSELVAM, S. et al. An investigation on the stability of austenite in austempered ductile cast iron (ADI). *Materials Science and Engineering: A*, v. 626, p. 237–246, 2015. DOI: 10.1016/j.msea.2014.12.038.

Os autores agradecem o aporte financeiro da FAPESC e da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil) - Codigo 001; Pela infraestrutura do Centro Multiusuário do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CMU/CCT/UDESC). Os autores também agradecem o auxílio de Castertech e Temperaville.

UDESC UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
PGCEM