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

Efeito do Tratamento Criogênico Profundo após Têmpera na Superfície de Fratura do Aço SAE 4140.

Nogueira, F. R. M.D.1; Matlakhova L. A.; Simonassi N. T.; Carvalho E. A.
1. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)

Introdução

O aço SAE 4140 é um aço Cr-Mo, que possui grande aplicação na construção mecânica e automotiva, em componentes que exigem elevada dureza, resistência e tenacidade, propriedades que são obtidas através dos tratamentos térmicos.

Objetivos

Avaliar as alterações na superfície de fratura do aço, após os tratamentos térmicos convencionais e criogênicos profundos.

Metodologia

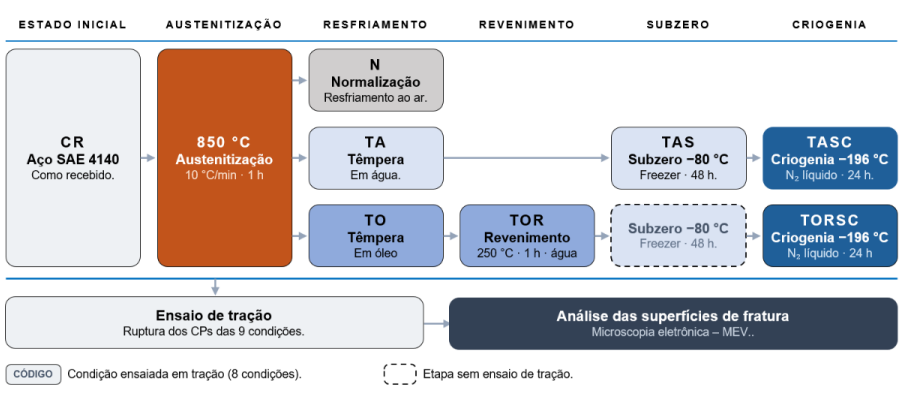


Figura 1. Fluxograma materiais e Métodos

Resultados e Discussão

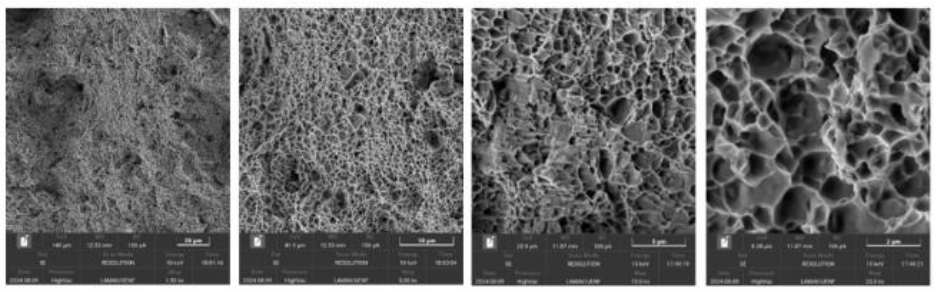


Figura 2. Como recebido.

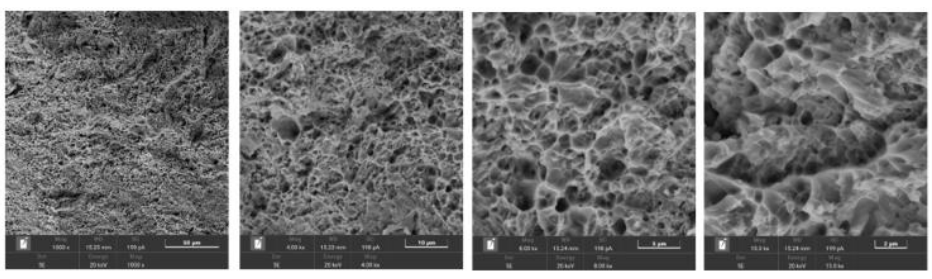


Figura 3. Após Normalização.

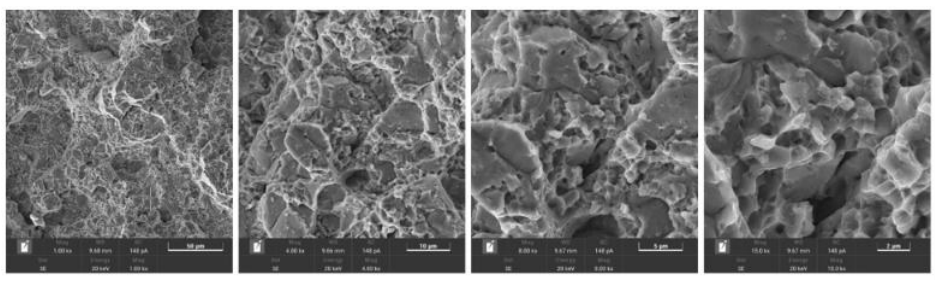


Figura 4. Após têmpera em água.

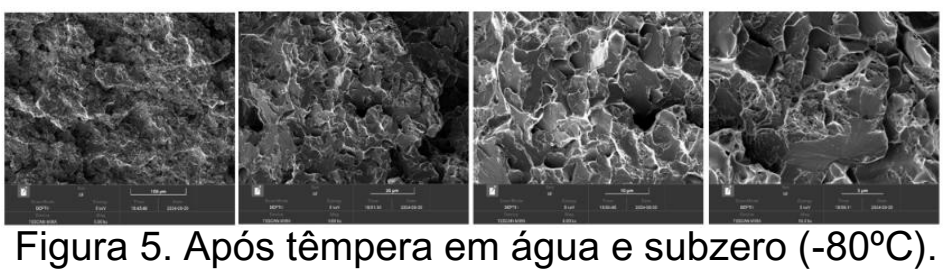


Figura 5. Após têmpera em água e subzero (-80ºC).

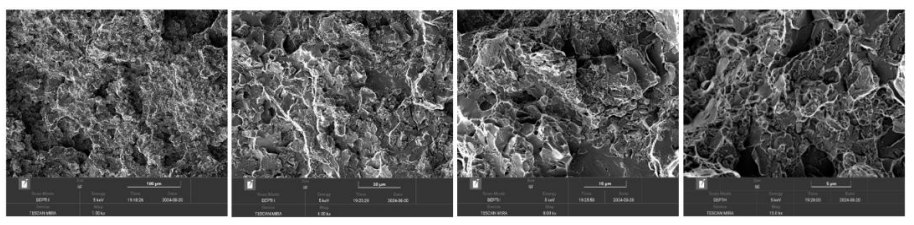


Figura 6. Após têmpera em água, subzero (-80ºC) e criogenia (-196ºC).

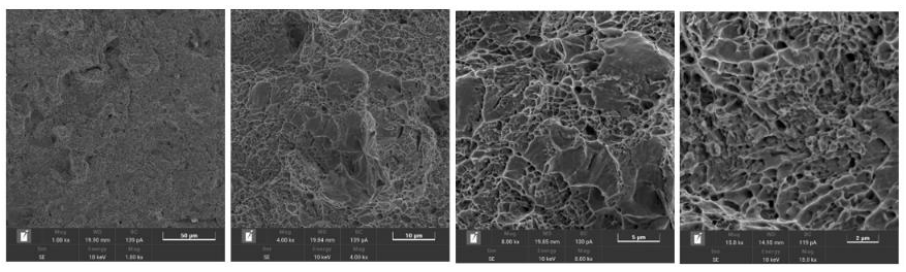


Figura 7. Após têmpera em óleo.

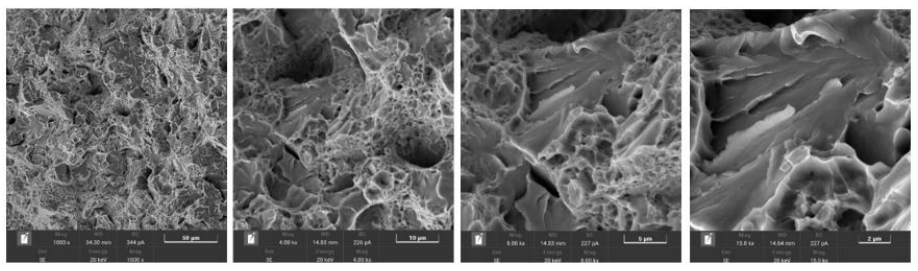


Figura 8. Após têmpera em óleo e revenimento.

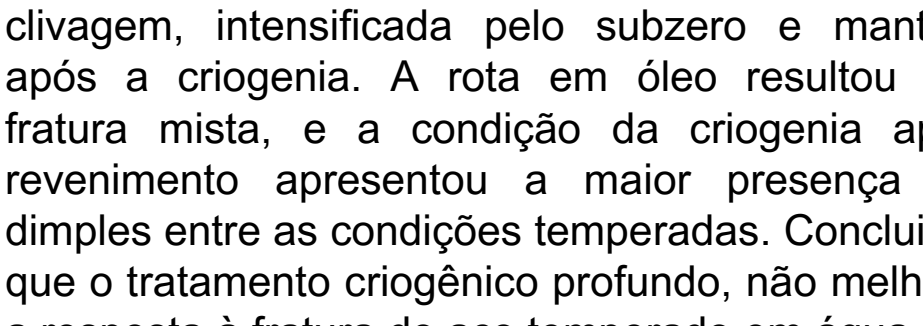


Figura 9. Após têmpera em óleo, revenimento, subzero (-80ºC) e criogenia (-196ºC).

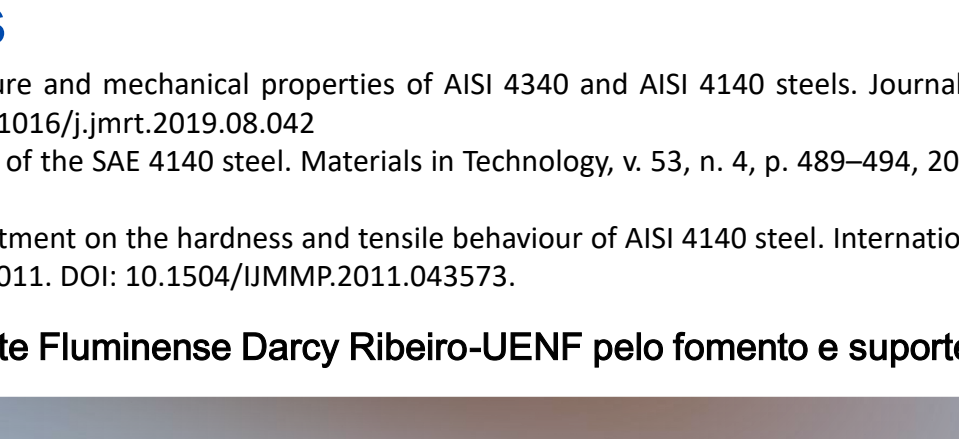


Figura 10. Aspecto macroscópico das superfícies de fratura.

Conclusões

O aço como recebido e normalizado apresentaram fratura dúctil, com dimples equiaxiais, enquanto a têmpera em água promoveu fratura frágil por quasi-clivagem, intensificada pelo subzero e mantida após a criogenia. A rota em óleo resultou em fratura mista, e a condição da criogenia após revenimento apresentou a maior presença de dimples entre as condições temperadas. Conclui-se que o tratamento criogênico profundo, não melhora a resposta à fratura do aço temperado em água.

Referências e Agradecimentos

1. BILAL, M. M. *et al*. Effect of austempering conditions on the microstructure and mechanical properties of AISI 4340 and AISI 4140 steels. Journal of Materials Research and Technology, v. 8, n. 6, p. 5194–5200, 2019. DOI: 10.1016/j.jmrt.2019.08.042
2. SAHIN, I. *et al*. Effects of Subzero Treatments on the Mechanical Properties of the SAE 4140 steel. Materials in Technology, v. 53, n. 4, p. 489–494, 2019. DOI: 10.17222/MIT.2018.135.
3. SENTHILKUMAR, D.; RAJENDRAN, I.; PELLIZZARI, M. Effect of cryogenic treatment on the hardness and tensile behaviour of AISI 4140 steel. International Journal of Microstructure and Materials Properties, v. 6, n. 5, p. 366–377, 2011. DOI: 10.1504/IJMMP.2011.043573.

Agradecimentos ao PPGECM Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF pelo fomento e suporte.