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 na Estrutura e Propriedades Mecânicas 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, com grande aplicação industrial por combinar dureza e resistência mecânica após têmpera e revenimento. Os tratamentos criogênicos complementam as propriedades com o refino da martensita e precipitação de carbonetos finos.

Objetivos

Avaliar o efeito dos tratamentos térmicos convencionais e criogênicos na microestrutura e propriedades mecânicas do aço SAE 4140.

Metodologia

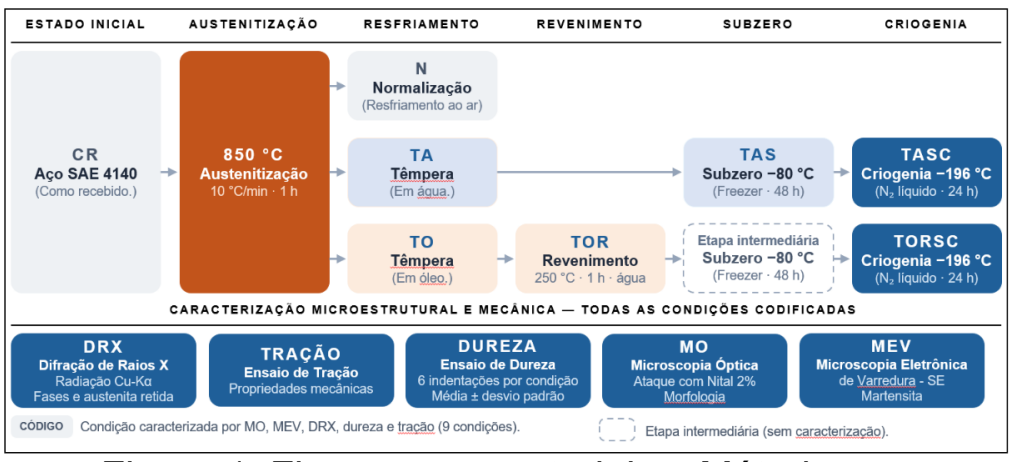


Figura 1. Fluxograma materiais e Métodos

Resultados e Discussão

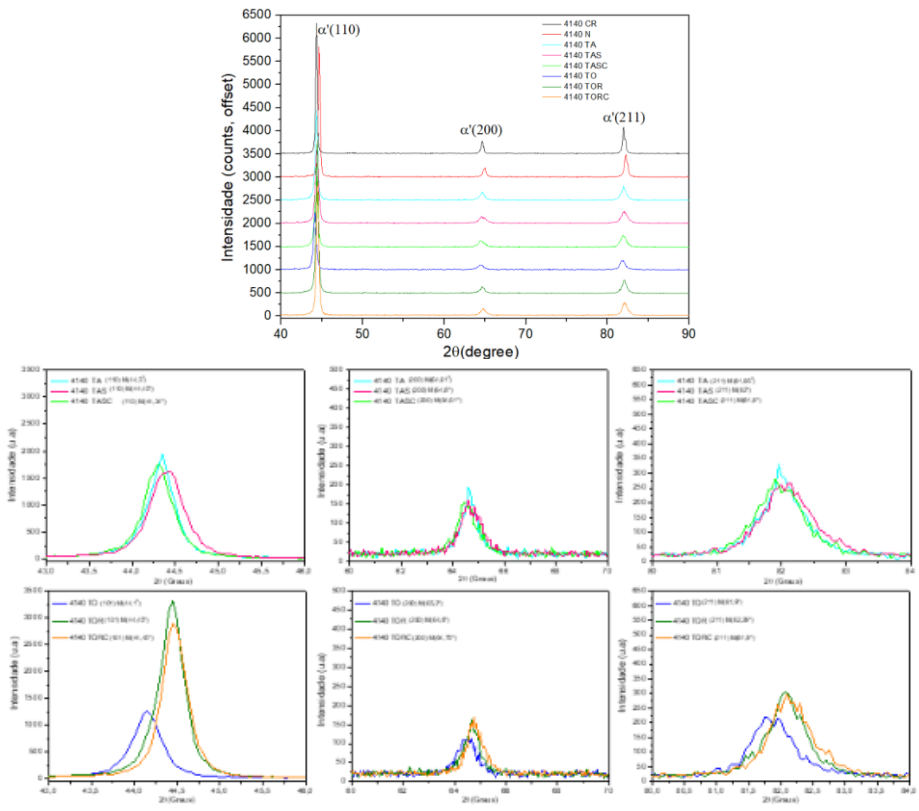


Figura 2. Difratograma raio X.

Tabela 1. Propriedades Mecânicas.

TT	σ_e (MPa)	LRT (MPa)	Ductilidade (%)	DUREZA HRC
CR	440	614	31	11
N	350	1010	51	29
TA	341	1300	35	52
TAS	400	1289	11	53
TASC	550	1377	5	49
TO	320	1200	40	48
TOR	895	1182	11	49
TORSC	700	1142	12	43

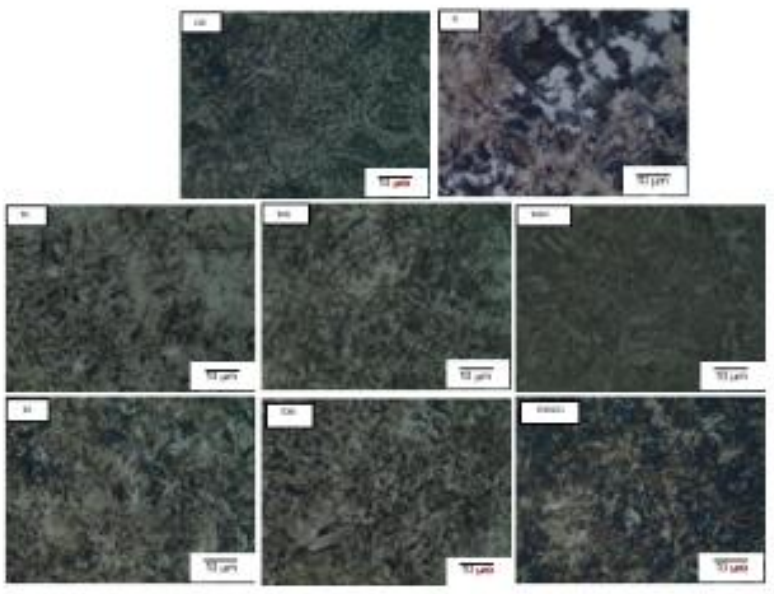


Figura 3. Microscopia Ótica – MO.

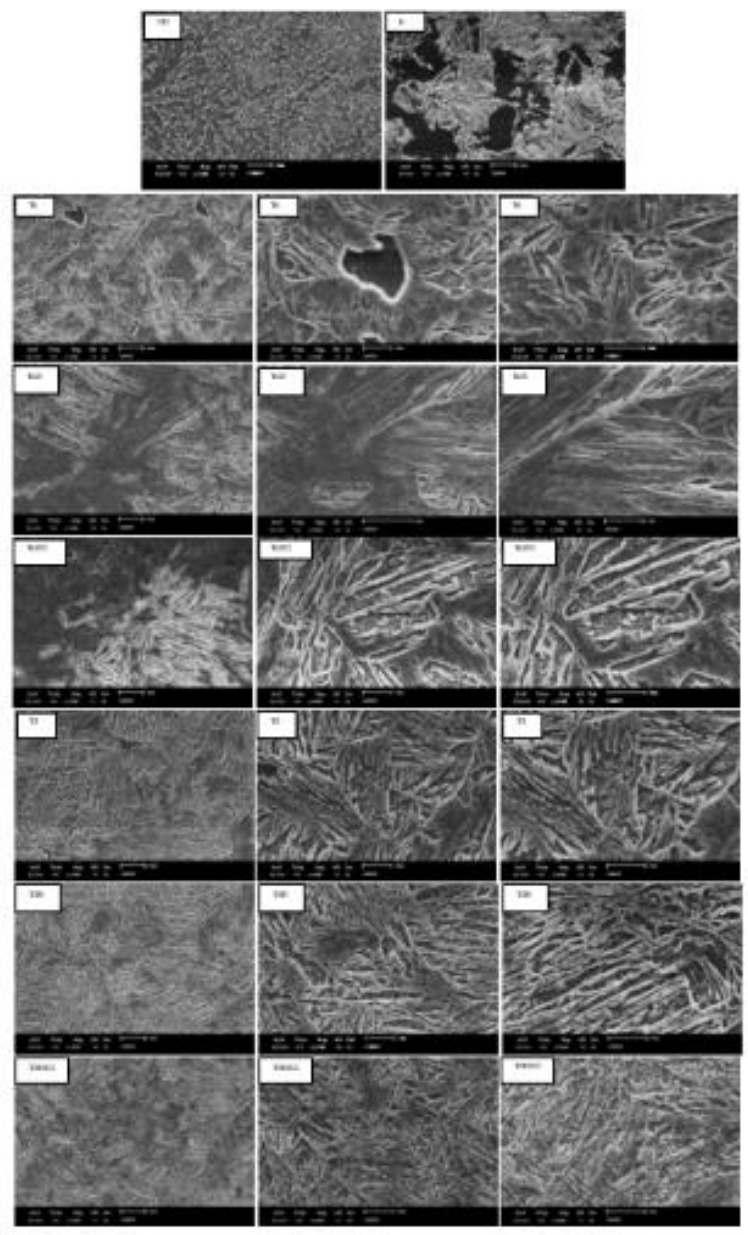


Figura 4. Microscopia Eletrônica – MEV.

Conclusões

Os tratamentos térmicos e criogênicos promoveram a formação, o refino das ripas e o alívio de tensões da martensita α', alterando diretamente as propriedades mecânicas do aço SAE 4140. O tratamento criogênico profundo após têmpera em água maximizou a resistência mecânica à custa de menor ductilidade. Já a criogenia após o revenimento reduziu a resistência e a dureza. A sequência de tratamento criogênicos é determinante para o desempenho final do material.

Referências e Agradecimentos

1. SAHIN, I. *et al*. Effects of Subzero Treatments on the Mechanical Properties of the SAE 4140 steel. Materials and Technology, v. 53, n. 4, p. 489–494, 2019. DOI: 10.17222/MIT.2018.135.
2. 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.
3. SENTHILKUMAR, D.; RAJENDRAN, I.; PELLIZZARI, M.; SIIRIAINEN, J. Influence of shallow and deep cryogenic treatment on the residual state of stress of 4140 steel. Journal of Materials Processing Technology, v. 211, n. 3, p. 396–401, 2011. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2010.10.018.

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