

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA DEFORMAÇÃO CONTROLADA A QUENTE NA SELEÇÃO DE VARIANTES NA TRANSFORMAÇÃO MARTENSÍTICA DO AÇO MARAGING 300

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF HOT CONTROLLED DEFORMATION ON VARIANT SELECTION IN THE MARTENSITIC TRANSFORMATION OF MARAGING 300 STEEL

Luanne de F. P. Batalha^{1*}, Jhonatan P. de Sousa², Hamilton G. de Abreu³, Luís F. G. Herculano⁴, Clodualdo Aranas Jr⁵, Mohammad Jahazi⁶, Jubert Pasco⁵, Marcelly C. N. de Carvalho⁷, Eden S. Silva¹, Samuel F. Rodrigues¹

- 1 - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais - PPGEM, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), São Luis, MA, Brasil.
- 2 - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais – PPGCM, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, PI, Brasil.
- 3 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais – PPGECMAT, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE, Brasil.
- 4 – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - LACAM, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE, Brasil
- 5 - Department of Mechanical Engineering - AD-MTRL, University Of New Brunswick (UNB), Fredericton, NB, Canadá.
- 6 - Department of Mechanical Engineering – LIPPS-CM2P, École de Technologie Supérieure (ETS), Montréal, QC, Canadá.
- 7 - Departamento de Mecânica e Materiais – DMM-LABENSAIOS, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), São Luis, MA, Brasil.
luanne.batalha@acad.ifma.edu.br

RESUMO

Os aços maraging destacam-se por sua combinação única de elevada resistência mecânica e tenacidade, sendo amplamente utilizados em setores estratégicos devido às suas propriedades superiores. Esses materiais apresentam estrutura policristalina com múltiplos grãos cristalinos orientados aleatoriamente, onde a interação entre os grãos e a formação de precipitados intermetálicos durante o envelhecimento térmico influenciam diretamente suas propriedades mecânicas finais. O estudo das transformações de fase e da orientação cristalográfica das variantes martensíticas torna-se fundamental para otimizar o desempenho desses aços sob diferentes condições de processamento. Neste trabalho, investigou-se os efeitos da deformação controlada no aço maraging 300 utilizando o simulador termomecânico Gleeble 563, com ênfase na seleção de variantes cristalográficas durante a transformação martensítica. Foram realizados ensaios de compressão em temperaturas variando entre 400°C e 1000°C, com níveis de



International Conference for
Academia and Industry Co-operation

09 a 13 de junho de 2025

Instituto Federal do Maranhão | Campus São Luís - Monte Castelo



International Meeting in Materials
Science and Engineering of Maranhão

deformação de $\varepsilon = 0,4$ e $\varepsilon = 0,8$, e taxas de deformação de $0,1 \text{ s}^{-1}$ e $1,0 \text{ s}^{-1}$. As amostras foram inicialmente aquecidas até 1000°C , resfriadas de forma controlada até a temperatura de ensaio, deformadas e posteriormente resfriadas rapidamente com ar comprimido. Esta metodologia permitiu analisar a influência das condições de deformação na seleção de variantes e nas transformações de fase. Para caracterização microestrutural e análise das transformações, empregou-se técnicas como Microscopia Óptica (MO), Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS), Difração de Elétrons Retroespalhados (EBSD), Difração de Raios X (DRX) e Dilatometria.

Palavras-chave: *aço maraging; microestrutura e propriedades mecânicas; martensita; ensaios termomecânicos; caracterização.*

ABSTRACT

Maraging steels are renowned for their unique combination of high mechanical strength and toughness, being widely employed in strategic sectors due to their superior properties. These materials feature a polycrystalline structure with randomly oriented grains, where grain interactions and the formation of intermetallic precipitates during thermal aging directly influence their final mechanical properties. The study of phase transformations and crystallographic orientation of martensitic variants is crucial to optimize the performance of these steels under different processing conditions. This work investigated the effects of controlled deformation on maraging 300 steel using the Gleeble 563 thermomechanical simulator, focusing on variant selection during martensitic transformation. Compression tests were conducted at temperatures ranging from 400°C to 1000°C , with strain levels of $\varepsilon = 0.4$ and $\varepsilon = 0.8$, and strain rates of 0.1 s^{-1} and 1.0 s^{-1} . Samples were initially heated to 1000°C , controllably cooled to test temperature, deformed, and then rapidly cooled with compressed air. This methodology allowed analysis of deformation effects on variant selection and phase transformations. For microstructural characterization and phase transformation analysis, techniques such as Optical Microscopy (OM), Energy Dispersive Spectroscopy (EDS), Electron Backscatter Diffraction (EBSD), X-Ray Diffraction (XRD), and Dilatometry were employed.

Keywords: *maraging steel; microstructure and mechanical properties; martensite; thermomechanical testing; characterization.*

REFERÊNCIAS

- [1] ABREU, H. F. G et al. Influence of reverted austenite on the texture and magnetic properties of 350 maraging steel. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 393, p. 99-104, 2015.
- [2] RAO, M. N. Progress in understanding the metallurgy of 18% nickel maraging steels. **International Journal of Materials Research**, v.11, p.1594-1607, 2006.
- [3] MAGNEE, A; DRAPIER, J. M.; DUMONT, J; GOUTSOURADIS, D; HABRAKEN, L. **Cobalt-containing high-strength steels: a critical review of the physical metallurgy of cobalt-containing high-strength steels, and a survey of their processing, properties and uses.** Bruxelas, Bélgica: Centre d'information du cobalt s.a, 1974. 136 p.



International Conference for
Academia and Industry Co-operation

09 a 13 de junho de 2025

Instituto Federal do Maranhão | Campus São Luís - Monte Castelo



International Meeting in Materials
Science and Engineering of Maranhão

- [4] INCO. The 18 per cent nickel maraging steels: engineering properties. Source book on maraging steels, **ASM**, p. 351-377, 1979.
- [5] ANDRADE, T. C. **Estudo e desenvolvimento de método de seleção de variantes cristalográficas na transformação γ - α' e γ - ϵ de aços com elevado teor de Mn.** 2020. 151 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Materiais) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais, Fortaleza, 2020.
- [6] VIANA, Neuman Fontenele. **Efeito da deformação prévia na seleção de variantes na transformação martensítica no aço maraging 350.** 2014. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Materiais)-Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- [7] DECKER, R. F.; EASH, J. T.; GOLDMAN, A. J. 18% Nickel Maraging Steel. **Transactions of ASM**, Vol. 55, 1962.
- [8] FONSECA, D. P. M. et al. A short review on ultra-high-strength maraging steels and future perspectives. **Materials Research**, v. 24, p. e20200470, 2021.
- [9] HE, Y., WANG, K., SHIN, K. Correlation of orientation relationships and strain-induced martensitic transformation sequences in a gradient austenitic stainless steel. **Journal of Materials Science**, 56, 4858–4870. 2021.