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

EFEITOS DA TRAJETÓRIA DE DEPOSIÇÃO PELO PROCESSO GMA-DED NA MICROESTRUTURA E NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE UM AÇO INOXIDÁVEL DO TIPO UNS S31200

Kilder Campos Fagundes[1], Leonardo Barbosa Godefroid[1], Igor Cezar Pereira[1]
Fagner Guilherme Ferreira Coelho[2], Ariel Rodriguez Arias[2]
1. Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto, MG, Brasil.
2. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

Introdução

A Manufatura Aditiva (MA) representa uma rota de fabricação que vem se desenvolvendo rapidamente nos últimos anos, implementando uma nova opção aos "Processos de Fabricação", tornando-se possível produzir peças confiáveis com geometrias complexas e tamanhos diversos, para um grande número de materiais e ampla aplicação na Engenharia (1-3). O processo *Directed Energy Deposition (DED)* baseado em *Gas Metal Arc* (GMA) apresenta-se como uma boa opção entre os processos existentes de MA metálica, com alta taxa de deposição, alta eficiência energética e baixo custo operacional (4,5). Dentre as diversas variáveis envolvidas neste processo, um parâmetro importante que pode alterar de forma significativa a microestrutura e as propriedades mecânicas do material é a trajetória de deposição sucessiva de camadas (6-8).

Objetivo

Analisou-se o efeito da trajetória de deposição na estrutura e no comportamento mecânico de um aço inox do tipo UNS S31200 fabricado por MA pelo processo DED utilizando a tecnologia GMA. A matéria-prima consistiu em um aço duplex (ferrita-austenita) de segunda geração, um material não é comumente utilizado para MA em relação aos demais aços inox.

Metodologia

Um arame com diâmetro de 1,2mm foi usado como consumível. A velocidade de alimentação foi de 5,5m/min, e a velocidade de deposição foi de 35cm/min. O tempo entre passes foi de 180s e o resfriamento foi ao ar. As pré-formas representando "paredes" foram obtidas com 10mm de espessura e espaçamento de 2mm entre as camadas, totalizando uma altura final de 50mm. Duas estratégias foram empregadas para as deposições sucessivas e obtenção das pré-formas: um único sentido linear (um passe = situação 1) e sentidos alternados (dois passes = situação 2). As microestruturas foram caracterizadas por microscopia óptica e por microscopia eletrônica de varredura. O comportamento mecânico foi avaliado por ensaios de tração, microdureza e tenacidade à fratura (integral J, curvas de resistência). Para verificação de possível anisotropia, corpos de prova foram retirados nas orientações longitudinal L (esforço mecânico aplicado na direção de construção dos depósitos), e transversal T (direção de movimento da deposição, perpendicular a L).

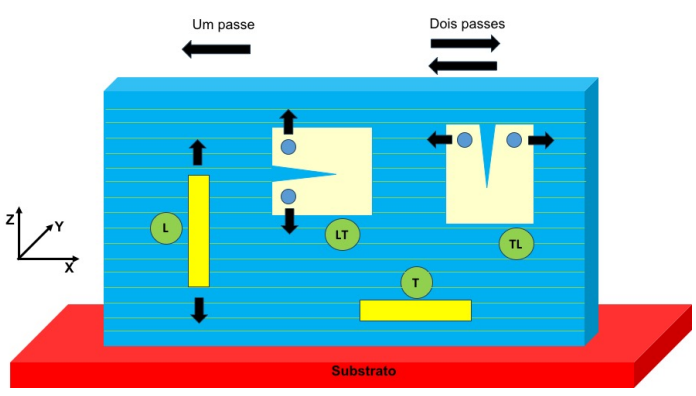
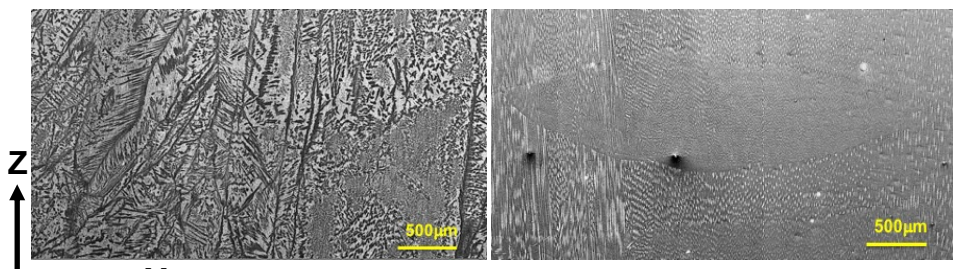


Figura 1: Esquema de construção dos corpos de prova.

Resultados e Discussão

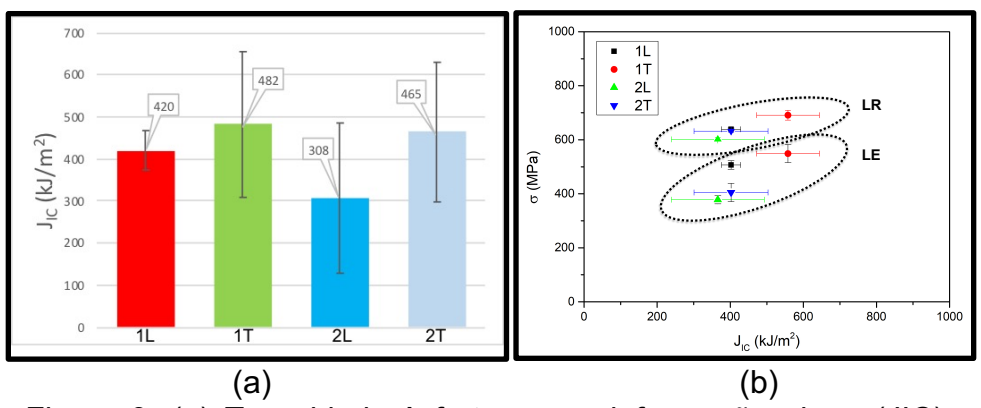


(a) (b)

Figura 2: Microestruturas (MEV) numa altura a 20mm do substrato no plano ZY de amostras construídas (a) na situação 1 - um passe e (b) na situação 2 - dois passes.

CP	LE (MPa)	LR (MPa)	DEF (%)	RA (%)	HV
1L	507 ± 16	632 ± 5	52 ± 3	53 ± 3	279 ± 14
1T	549 ± 33	691 ± 18	35 ± 8	36 ± 8	
2L	378 ± 15	602 ± 6	44 ± 10	45 ± 3	246 ± 17
2T	405 ± 34	632 ± 5	33 ± 14	35 ± 5	
UNS S31200(*)(**)	450	690-900	25	50	

Tabela 1: Propriedades obtidas nos ensaios de tração e de microdureza. LE = limite de escoamento; LR = limite de resistência; DEF = deformação na fratura; RA = redução de área na fratura; HV microdureza Vickers. (*): valores mínimos a menos que indicado. (**) Recozido, fonte: ASM Handbook.



(a) (b)

Figura 3: (a) Tenacidade à fratura em deformação plana (JIC) para início de crescimento estável de trinca dos materiais estudados; (b) Tendência de correlação entre a tenacidade à fratura e a resistência mecânica por tração.

Conclusões

As duas trajetórias estudadas promoveram microestruturas distintas, com uma maior heterogeneidade observada na situação 1, mostrando regiões com diferenças mais pronunciadas no tamanho, na forma e na orientação de dendritas do que na situação 2. Consequentemente, as propriedades mecânicas avaliadas foram também distintas. A situação 1 apresentou valores mais elevados para a resistência por tração, para a dureza e para a tenacidade à fratura. Percebeu-se anisotropia no comportamento mecânico, com a orientação T apresentando melhores resultados do que a situação L.

Referências

(1) Rezende, R.F.; Arias, A.R.; Lima II, E.J.; Coelho, F.G.F. Manufatura aditiva metálica: uma visão geral e perspectivas para a manufatura aditiva por deposição a arco baseada no processo GMAW. SOLDAGEM & INSPEÇÃO, 2024. doi.org/10.1590/0104-9224/SI29.15
(2) Haghdadi, N.; Laleh, M.; Moyle, M.; Primig, S. Additive manufacturing of steels: a review of achievements and challenges. JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, v. 56, n. 1, p. 64-107, 2021. doi.org/10.1007/s10853-020-05109-0
(3) Debroy, T.; Wei, H. L.; Zuback, J. S.; Mukherjee, T.; Elmer, J. W.; Milewski, J. O.; Beese, A. M.; Wilson-Heid, A.; De, A.; Zhang, W. Additive manufacturing of metallic componentes: Process, structure and properties. PROGRESS IN MATERIALS SCIENCE, v. 92, p. 112-224,2018. doi.org/10.1016/j.pmatsci.2017.10.001
(4) Ding D.; Pan Z,; Cuiuri D.; Li H. Wire-feed additive manufacturing of metal components: technologies, developments and future interests. INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY, v.81, p. 465-481, 2015. doi.org/10.1007/s00170-015-7077-3.
(5) Williams, S. W.; Martina, F.; Addison, A. C.; Ding, J.; Pardal, G.; Colegrove, P. Wire + Arc Additive Manufacturing. MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY, v. 32, n. 7, p. 641-647, 2016. doi.org/10.1179/1743284715Y.0000000073
(6) Ribeiro, K. S. B.; Mariani, F. E.; Coelho, R. T. A study of different deposition strategies in Direct Energy Deposition (DED) processes. PROCEDIA MANUFACTURING, v. 48, p. 663-670, 2020. doi.org/10.1016/j.promfg.2020.05.158
(7) Syed, A. K.; Zhang, X.; Caballero, A.; Shamir, M.; Williams, S. Influence of deposition strategies on tensile and fatigue properties in a wire + arc additive manufactured Ti-6Al-4V. INTERNATIONAL JOURNAL OF FATIGUE, v. 149, p. 106268, 2021. doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2021.106268
(8) Belotti, L. P.; Van Dommelen, J. A. W.; Geers, M. G. D.; Ya, W.; Hoefnagels, J. P. M. Influence of the printing strategy on the microstructure and mechanical properties of thick-walled wire arc additive manufactured stainless steels. JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY, v. 324, p. 118275, 2024. doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2023.118275