



HAL
open science

Dépôt WAAM CMT d'acier inoxydable 316L : caractérisation mécanique et microstructurale et modèle prédictif par champ de phase

Antoine Herbeaux, Hussein Aboleinein, Edith Durand, Aurélien Villani, Claire Maurice, Jean-Michel Bergheau, Helmut Klöcker

► To cite this version:

Antoine Herbeaux, Hussein Aboleinein, Edith Durand, Aurélien Villani, Claire Maurice, et al.. Dépôt WAAM CMT d'acier inoxydable 316L : caractérisation mécanique et microstructurale et modèle prédictif par champ de phase. JA 2024 – Journées Annuelles de la SF2M, Nov 2024, Paris, France. hal-04802265

HAL Id: hal-04802265

<https://hal.science/hal-04802265v1>

Submitted on 25 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Dépôt WAAM CMT d'acier inoxydable 316L : caractérisation mécanique et microstructurale et modèle prédictif par champ de phase

Antoine Herbeaux (1*), Hussein Aboleinein (1), Edith Durand (1), Aurélien Villani (1), Claire Maurice (1), Jean-Michel Bergheau (2), Helmut Klöcker (1)

(1) Mines Saint-Etienne, Univ Lyon, CNRS, UMR 5307 LGF, Centre SMS, F - 42023 Saint-Etienne France

(2) Univ Lyon, École Centrale de Lyon, CNRS, ENTPE, LTDS, UMR5513, ENISE, 42023 Saint Etienne, France

Le procédé WAAM (dépôt de fil métallique par soudage à l'arc) est idéal pour le prototypage rapide de grandes pièces (~mètre) et la réparation de pièces coûteuses en aciers moulés [1]. Contrairement aux méthodes de réparation manuelles, le WAAM permet une meilleure maîtrise des paramètres et offre des conditions de travail améliorées pour les opérateurs.

L'Université de Cranfield montre que la fabrication WAAM conduit à une réduction de matière première et de coût de 55 % pour des nervures en acier [1]. Plusieurs articles de synthèse dédiés à la fabrication additive par WAAM [2, 3, 4] montrent que seuls des dépôts simples (murs) sont analysés. Les études dédiées à l'acier inoxydable 316L déposé par CMT (Cold Metal Transfer) [4, 5-8], montrent la relation étroite entre les paramètres du procédé et la microstructure finale. Zeng et al. [9] ont quant à eux approfondi l'étude de la relation entre les paramètres du procédé et la microstructure du NiTi déposé par WAAM TIG. La littérature se limite au constat des microstructures et de la résistance monotone obtenue. A notre connaissance, il n'y a pas de démarche d'optimisation des propriétés d'usage.

Dans ce travail, la caractérisation d'un dépôt CMT d'acier inoxydable 316L élaboré en conditions industrielles montre une dispersion non acceptable de l'allongement à rupture, testé selon 3 directions orthogonales. Des observations en microscopie optique et électronique ont permis de détecter la forme des cordons et l'orientation des dendrites. La santé de l'interface dépôt-substrat, particulièrement importante pour les réparations a été caractérisée. Des défauts profonds non détectables par ultra-sons ont été révélés.

Un nouveau modèle combinant une approche en champ de phase et de l'apprentissage non surveillé permet de classifier les cordons et de prédire les orientations cristallines [10].

- [1] S. Williams, <https://waammat.com/documents/s-williams-tata-steel-additive-manufacturing-workshop-pdf>
- [2] N. Rodriguez, L. Vázquez, I. Huarte, E. Arruti, I. Taberero, P. Alvarez, (2018), Wire and arc additive manufacturing: a comparison between CMT and Top TIG processes applied to stainless steel. *Welding in the World*, May 2018.
- [3] Z. Pan, D. Ding, B. Wu, D. Cuiuri, H. Li, J. Norrish, (2018), *Arc Welding Processes for Additive Manufacturing: A Review*. Springer Singapore Pte Ltd., Vol.1.
- [4] Yan Li, Chen Su, Jianjun Zhu, Comprehensive review of wire arc additive manufacturing: Hardware system, physical process, monitoring, property characterization, application and future prospects, *Results in Engineering* 13 (2022) 100330
- [5] P. Long, D. Wen, J. Min, Z. Zheng, J. Li, Y. Liu, (2021) Microstructure Evolution and Mechanical Properties of a Wire-Arc Additive Manufactured Austenitic Stainless Steel: Effect of Processing Parameter. *Mater.*, 14, 1681.
- [6] L.L. Wang, J.X. Xue, Q. Wang, Correlation between arc mode, (2019), Microstructure, and mechanical properties during wire arc additive manufacturing of 316L stainless steel. *Mater. Sci. Eng. A* 751:183–190
- [7] D. Wen, P. Long, J. Li, L. Huang, Z. Zheng, (2020) Effects of linear heat input on microstructure and corrosion behavior of an austenitic stainless steel processed by wire arc additive manufacturing. *Vacuum*, Vol. 173.
- [8] C. R. Cunningham, J. Wang, V. Dhokia, A. Shrokani, and S. T. Newman, (2019), Characterisation of Austenitic 316LSi stainless steel produced by Wire Arc Additive Manufacturing with interlayer cooling, *Proceedings of the 30th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium – An Additive Manufacturing Conference Reviewed Paper*, 426-439.
- [9] Z. Zeng, B. Cong, J.P. Oliveira, W.C Ke, N. Schell, B. Peng, Z.W. Qi, F.G. Ge, W. Zhang, S.S. Ao, (2020) Wire and arc additive manufacturing of a Ni-rich NiTi shape memory alloy: Microstructure and mechanical properties. *Additive Manufacturing*, Vol. 32, 101051.
- [10] Antoine Herbeaux, Hussein Aboleinein, Aurélien Villani, Claire Maurice, Jean-Michel Bergheau, Helmut Klöcker, Combining Phase Field Modeling and Deep Learning for Accurate Modeling of Grain Structure in Solidification, *Additional Fabrication, Additive Manufacturing* 81 (2024) 103994.