

THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITÉ

ECOLE DOCTORALE N° 596

Matière, Molécules, Matériaux et Géosciences

Spécialité : *Sciences des Matériaux*

Par

Louise BUROT

Augmentation du taux de fabrication en WAAM en préservant la structure et les propriétés des pièces produites

Thèse en préparation à Nantes. Soutenance publique prévue le 7 mai 2025

Unité de recherche : Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel

Rapporteurs avant soutenance :

Cyril BORDREUIL
David BALLOY

Professeur, Université de Montpellier
Professeur, Université de Lille

Composition du Jury :

Président :

Examineurs : Émilie LE GUEN
Denis CARRON
Dir. de thèse : Pascal PAILLARD
Co-dir. de thèse : Emmanuel BERTRAND

Maître de conférences, Université de Bordeaux
Maître de conférences, Université de Bretagne Sud
Professeur, Université de Nantes
Maître de conférences, Université de Nantes

Invités : Laurent COUTURIER
Grégoire BAZIN
Alexandre POLONI

Maître de conférences, Université de Nantes
Responsable d'équipe, IRT Jules Verne
Chef de projet R&T, Airbus Atlantic

Titre : Augmentation du taux de fabrication en WAAM en préservant la structure et les propriétés des pièces produites

Mots clés : fabrication additive arc-fil, système de refroidissement, taux de dépôt, productivité, santé matière, alliages métalliques

Résumé : La fabrication additive arc-fil (WAAM) permet de concevoir un objet physique en trois dimensions grâce à des apports successifs de fil métallique fondu par un arc électrique. Ce procédé offre des avantages significatifs en termes de taux de dépôt (masse de métal déposée rapportée au temps de dépôt) et donc de productivité. Néanmoins, cette productivité est limitée par l'évacuation de chaleur apportée par le procédé dans les dépôts. L'objectif de ces travaux consiste à améliorer le taux de dépôt et le taux de fabrication de dépôts réalisés en acier et en alliage d'aluminium-magnésium par procédé MIG/MAG, tout en maintenant leur qualité géométrique, leur santé matière et leurs caractéristiques mécaniques.

Dans un premier temps, le taux de dépôt instantané est amélioré en augmentant la vitesse de dévidage et la longueur du stick-out. Le taux de fabrication est augmenté dans un second temps, en réduisant les temps interpasses (attente entre deux dépôts). Cette situation entraîne une accumulation de chaleur, générant des défauts de construction (variations géométriques, effondrements...) et des évolutions microstructurales détériorant les propriétés mécaniques.

Afin de pallier l'apparition de ces défauts, un système pulvérisant un aérosol air/eau est implanté sur le robot de soudage afin d'accélérer le refroidissement durant les temps interpasses. Cette installation permet d'accroître grandement les vitesses de refroidissement, tout en préservant la santé matière, permettant ainsi de prévenir l'apparition de défauts en situation de haute productivité.

Title : Increasing WAAM production rates while preserving the structure and the properties of the produced parts

Keywords : Wire-arc additive manufacturing, cooling system, deposition rate, productivity, material health, metal alloys

Abstract : Wire-Arc Additive Manufacturing (WAAM) permit to design a three-dimensional physical object through the successive additions of metal wire melted by an electric arc. This process offers significant advantages in terms of deposition rate (mass of metal deposited in relation to deposition time) and therefore productivity. However, this productivity is limited by the heat dissipation introduced by the process. The aim of this work is to improve the deposition rate and the production rate of parts made from steel and aluminum-magnesium alloy using the MIG/MAG process, while maintaining their geometric quality, material health and mechanical characteristics.

Firstly, the instantaneous deposition rate is improved by increasing the wire feed speed and the stick-out length. Secondly, the production rate is increased by reducing interpass times (waiting time between two deposits). This situation leads to heat build-up, generating construction defects (geometric variations, collapses...) and microstructural evolutions deteriorating mechanical properties. To counteract these defects, an air/water aerosol spray system is installed on the welding robot to accelerate cooling during interpass times. This system greatly increases cooling speeds, while preserving material health, thus preventing the appearance of defects in high-productivity situations.