

# Influence des gaz de protection Ar-CO<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> sur le régime de transfert de métal en soudage MIG-MAG

Q.Castillon<sup>1</sup>, N.Pellerin<sup>2</sup>, S.Pellerin<sup>1</sup>, F.Faubert<sup>1</sup>, M.Wartel<sup>1</sup>, et J.-P.Planckaert<sup>3</sup>

<sup>1</sup> GREMI, UMR7344, Université d'Orléans/CNRS, F-18020, Bourges Cedex, France.

<sup>2</sup> CEMHTI CNRS UPR3079, Université d'Orléans, 45071 Orléans Cedex 2, France.

<sup>3</sup> Air Liquide R&D, Paris-Saclay Research Center, 78350 Les Loges-En-Josas, France.

mél: maxime.wartel@univ-orleans.fr

Le soudage à l'arc avec fil fusible (GMAW: Gas Metal Arc Welding) en présence de mélanges d'argon et CO<sub>2</sub> ou O<sub>2</sub> comme gaz de protection, est un procédé permettant le transfert de métal sous forme liquide d'un fil-électrode fusible consommable à une pièce métallique selon trois principaux régimes de fonctionnement : le transfert par court-circuit, le régime globulaire ou la pulvérisation axiale ("spray"). La présence d'oxydants dans le gaz de protection conduit à la formation d'une couche d'oxyde, ou gangue [1, 2, 3, 4], enveloppant la gouttelette, limitant le passage au mode de pulvérisation axiale (mode le plus recherché), compte tenu des conductivités et viscosités de cette couche.

Ainsi, la répartition des modes de transfert (globulaire ou spray) et les limites de transition en fonction des paramètres de fonctionnement du procédé, sont différentes selon que l'on ajoute du CO<sub>2</sub> ou de l'O<sub>2</sub> dans le gaz de protection. Par ailleurs, alors que la gangue formée dans le régime globulaire avec les mélanges Ar-O<sub>2</sub> est jusqu'à 20 fois plus épaisse que dans les mélanges Ar-CO<sub>2</sub>, il est néanmoins plus facile d'obtenir le mode spray avec un gaz contenant de l'oxygène. Enfin, les analyses cinématographiques rapides utilisant un filtre interférentiel adapté [3] ont permis d'étudier la colonne d'arc. Il a ainsi été montré que la plage de mode de pulvérisation était plus étendue dans un mélange contenant de l'oxygène que du CO<sub>2</sub>.

Pour tenter de comprendre ces comportements, nous avons effectué un diagnostic par spectroscopie d'émission optique de la colonne de plasma pour différents mélanges de gaz : argon pur ou mélangé à quelques pour cent de gaz actif (O<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub>) afin d'analyser le mode spray. Les distributions en température et en densité électronique, mais aussi la proportion de Fe I dans la colonne d'arc, ont été déduites de méthodes complémentaires: méthode de Sola sans hypothèse sur l'équilibre thermodynamique local du plasma [5], et méthode classique du graphe de Boltzmann avec l'hypothèse d'existence de l'équilibre d'excitation.

Par ailleurs, l'influence de la composition du gaz sur la composition chimique du fil d'électrode, et en particulier sur la gangue d'oxydes formée à son extrémité, a été étudiée. Une analyse microstructurale associant une étude chimique à la microsonde Castaing, des analyses XRD et MEB-EDX, a ainsi permis de mettre en évidence les fortes disparités de la gangue en termes de caractéristiques microstructurales (épaisseur, porosité, etc.), de composition chimique et de type d'oxyde de fer formé (variation de l'état d'oxydation des atomes de fer) en fonction du type et du taux de gaz actif utilisé.

Les résultats obtenus ont permis de formuler des hypothèses sur les mécanismes impliqués dans ces phénomènes, et en particulier sur l'évolution de la limite de transition pulvérisation / globulaire sous Ar, Ar-CO<sub>2</sub> et Ar-O<sub>2</sub>.

## Références

[1] F.Valensi et al., J.Phys.D 43, 434002 (2010).

[2] F.Valensi et al., J.Phys.D 46, 224005 (2013).

[3] Q.Castillon et al., Proceeding of GD XX (Orléans), 2014.

[4] F.Valensi et al., Plasma Chem Plasma Process 38, 177–205 (2018).

[5] A. Sola et al., ICPIG XX (Barga, Italie), 1991 - Book of Contributed Papers p 1147.