

RESUME :

Le procédé de soudage TIG (Tungsten Inert Gas), couramment employé en industrie, permet d'obtenir des soudures d'excellente qualité à partir d'une source thermique d'origine électrique stable.

Cependant le rendement de ce procédé est fortement limité par les pertes importantes de l'arc électrique, ce qui conduit à la formation de joints soudés peu pénétrés.

Ce travail traite de l'application de flux activants pour améliorer la morphologie des joints soudés. Le soudage A-TIG (Activated-TIG) permet, en effet, d'augmenter fortement la pénétration du bain de fusion par le dépôt de flux activant en surface des pièces à assembler. La soudabilité de la plupart des nuances métalliques, limitée à des épaisseurs inférieures à 3mm en soudage autogène mono passe, peut atteindre 6 à 8 mm selon les nuances.

La première partie de l'étude est consacrée à l'optimisation du dépôt de flux activant. A partir d'essais expérimentaux, la silice est sélectionnée en tant que flux activant pour le soudage de l'acier inoxydable 304L. L'influence des paramètres de son dépôt est étudiée dans le but d'obtenir des performances optimisées.

En complément, une étude de caractérisation métallurgique et mécanique est menée pour qualifier les zones fondue (ZF) et affectée thermiquement (ZAT) de l'ensemble mécano-soudé. En particulier, la participation d'éléments issus du flux activant dans le bain de fusion entraîne des modifications chimiques et métallurgiques. Leur identification renseigne sur les limitations de l'application des flux activants.

A partir des paramètres optimisés, l'application de la silice est étendue au soudage de quatre métaux et alliages d'usage courant (acier bas carbone, titane commercialement pur, aluminium commercialement pur, cuivre électrolytique). L'objectif de cette partie est de mettre en évidence les mécanismes d'activation du flux en fonction des conditions de soudage et des propriétés des matériaux soudés.

Enfin, la contribution de la silice est modélisée par deux actions distinctes ; un effet de constriction de l'arc électrique ainsi qu'une inversion des courants de Marangoni. Des modèles analytiques simples sont proposés à partir des interprétations expérimentales et implémentés dans un code de calcul à éléments finis.

Mots-clés : Soudage TIG, procédé A-TIG, flux activant, silice, acier inoxydable, constriction d'arc, tensions de surface, effet Marangoni.

ABSTRACT :

STUDY OF ACTIVATING FLUX CONTRIBUTION IN A-TIG WELDING: APPLICATION TO VARIOUS METALS AND ALLOYS WITH SILICA COATING

The TIG welding process (Tungsten Inert Gas), extensively used in industry, generates high quality welds by the creation of an electric arc in shielded atmosphere between a non fusible tungsten electrode and the workpiece.

The output of this process is, however, low as the weld penetrations above 3mm become increasing problematic with usual welding parameters.

This work deals with the application of an activating flux to improve the morphology of welded joints. The A-TIG welding (Activated-TIG) allows to strongly increase the penetration of the weld pool by the application of an activating flux on the surface of the workpieces. The depth of weld penetration, limited to 3mm in mono welding pass, can reach 6 to 8 mm depending on base materials and weld positions.

The first part of the study is devoted to optimize the deposit of activating flux. From experimental tests, silica is selected as activating flux for the welding of the 304L stainless steel. The influence of deposit parameters is studied in order to obtain optimized performances.

Subsequently, metallurgical and mechanical investigations are carried out to qualify the molten zone (MZ) and the heat affected zone (HAZ) of the welded structure. In particular, the participation of elements resulting from activating flux in the weld pool leads to chemical and metallurgical modifications. Their identification provides some insight about the advantages and limitations of activating fluxes.

Starting from optimized parameters, the application of silica is extended to the welding of four usual metals and alloys (low carbon steel, commercially pure titanium, commercially pure aluminium and electrolytic copper). The objective of this part is to highlight the activation mechanisms of fluxes according to the welding parametric conditions and the properties of welded materials.

In the last part, the contribution of silica is modelled by two distinct actions; a constriction effect of the electric arc and an inversion of the Marangoni flow. Simple analytical models based on experimental results and deductions are then proposed and implemented in a FEM software.

Key words : TIG welding, A-TIG process, activating flux, silica, stainless steel, arc constriction, surface tension, Marangoni effect.