

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

銲藥添加對不銹鋼 TIG 銲件之影響

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2216-E-009-021-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立交通大學機械工程研究所

計畫主持人：周長彬

計畫參與人員：黃和悅，蔡曜隆

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 12 月 24 日

銲藥添加對不銹鋼 TIG 銲件之影響

Effect of Flux Addition on the Stainless Steel Weldment by TIG Welding

計畫編號：NSC-92-2216-E-009-021

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：周長彬 交通大學機械系（所）

計畫參與人員：黃和悅、蔡曜隆 交通大學機械所

一、中文摘要

本研究主要在探討 A-TIG 銲接製程參數對沃斯田鐵型不銹鋼銲道形態及銲件變形之影響。實驗材料選用 304 不銹鋼，活性助銲劑選用 SiO_2 、 Cr_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MnO_2 、 ZnO 及 TiO_2 等氧化物粉末，銲接方法採用不加填料金屬的氬氣保護鎢極電弧銲來進行 Bead-on-plate 實驗。實驗結果顯示添加氧化物型活性助銲劑之 A-TIG 銲接製程除了可有效提升不銹鋼銲道熔深外，亦可有效降低不銹鋼銲件變形。

關鍵詞：A-TIG 銲接、活性助銲劑、沃斯田鐵型不銹鋼

Abstract

The effects of the process parameters of A-TIG welding on the weld morphology and welding distortion in austenitic stainless steel were investigated. A novel variant of the autogenous TIG welding, activating fluxes of oxide, was applied on austenitic stainless steel 304 to produce a bead-on-plate weld. The experimental results indicated that the TIG welding with the oxide fluxes can give full weld penetration and lower welding distortion in austenitic stainless steel.

Keywords: A-TIG welding, Activating flux, Austenitic stainless steel

二、緣由與目的

氣護鎢極電弧銲亦稱鎢極惰氣銲

(TIG)，其係以鎢棒作為電極而與工件之間所產生的電弧來作為銲接熱源，其中電極、電弧、熔融金屬及填料金屬等都在惰性氣體保護之中，以避免直接與大氣接觸。一般而言，TIG 銲接製程具有下列優點：1.由於鎢電極不熔化，故易維持一定的弧長；2.除了低熔點金屬材料外，幾乎所有的金屬材料皆可施銲；3.可清楚看到電弧與銲池；4.不會產生飛濺物與銲渣。然而不可避免地，其亦有下列缺點：1.銲接金屬容易受到鎢電極的污染；2.由於鎢電極所能承載的銲接電流有限，故熔透能力與生產效率較低；3.對銲材成份的變化較敏感。

近年來，一種新式的高熔深氬銲製程—A-TIG (Activating flux TIG)銲接已逐漸受到國際銲接界的高度重視，如美國、英國、日本及中國大陸等。A-TIG銲接製程首先係由烏克蘭巴頓銲接研究所(PWI)於60年代初期開始研發[1-3]，直到90年代末期美國愛迪生銲接研究所(EWI)才開始發展此項製程技術[2,4]。目前A-TIG銲接製程可應用於碳鋼、不銹鋼、鎳基合金及鈦合金等銲接工作[1,2,4]。由於A-TIG銲接製程技術在實際工程應用上可大幅提高生產效率及降低生產成本，因此極具非常重要的應用願景。

A-TIG 銲接製程主要的關鍵技術乃在於活性助銲添加劑成份的調配。其中活性助銲添加劑的配方在 PWI 與 EWI 方面都有專利權保護，且在公開出版物上亦少有此相關的報導[4]。目前國際銲接界對 A-TIG

銲接製程的探討，主要集中於活性助銲添加劑作用機制研究及活性化銲接應用技術研究等方面[5-10]。本實驗主要在探討不同成份組成之活性助銲添加劑對 304 不銹鋼 A-TIG 銲道形態及銲件變形之影響行為與作用機制，為後續確定此材料所適用的 A-TIG 最佳活性助銲添加劑奠定實用基礎研究。

三、結果與討論

3.1 A-TIG 銲接製程參數對不銹鋼銲道形態之影響

如圖 1 與圖 2 所示分別為 A-TIG 銲接製程參數對不銹鋼銲道深寬比與銲接熱影響區之影響。由圖中可明顯看出當添加 TiO_2 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Cr_2O_3 、 ZnO 及 MnO_2 等氧化物型助銲劑後，除了可提高不銹鋼銲道深寬比外，亦可減小銲接熱影響區。根據研究文獻指出若銲道深寬比愈高且銲接熱影響區愈窄，則代表銲接熱源的能量密度將會愈集中[11]。由此可知，氧化物型助銲劑的添加將可提高傳統氬銲製程之熱源能量密度。

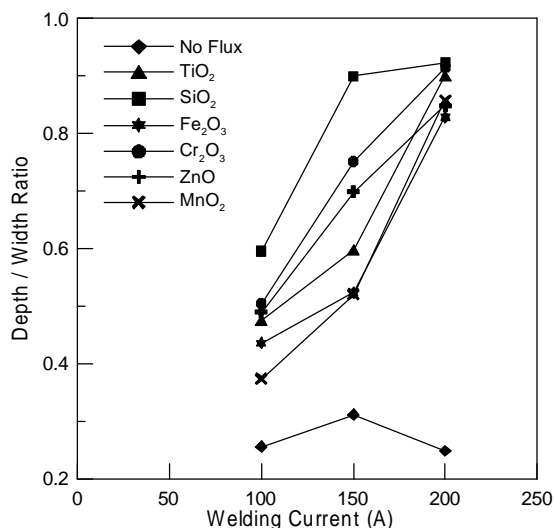


圖 1 A-TIG 銲接製程參數對銲道深寬比之影響

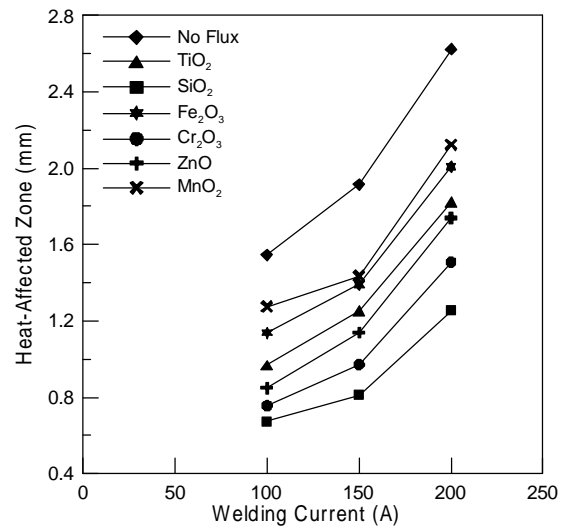


圖 2 A-TIG 銲接製程參數對銲接熱影響區之影響

如圖 3 所示為 A-TIG 銲接製程參數對不銹鋼銲冠高度之影響。由圖中可得知在添加 TiO_2 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Cr_2O_3 、 ZnO 及 MnO_2 等氧化物型助銲劑後，當銲接電流由 100A 提高至 150A 時，銲冠高度將呈現增加的趨勢，然而當銲接電流提高至 200A 時，銲冠高度將會由正值轉變為負值，亦即將會造成銲道凹陷的現象。此外，當未添加活性助銲劑時，銲冠高度將會隨著銲接電流的提高而增加。值得一提的是，在未添加活性助銲劑之氬銲製程中，當提高銲接電流參數條件時，銲道熔深的增加比例並不明顯，主要原因可能是傳統氬銲之高溫電弧熱源無法有效集中的緣故，因此熔融金屬只能往銲道寬度方向流動，進而形成寬而淺的銲道截面。

沃斯田鐵型不銹鋼在進行傳統氬銲工作時，銲道熔透不足一直是銲接界致力克服的問題。在本研究中發現，添加氧化物型助銲劑之 A-TIG 銲接製程，可成功地克服傳統氬銲製程銲道熔透不足之缺失，其中在 100A 與 150A 的銲接電流參數條件下，可提升約 200% 的不銹鋼熔透深度；而在 200A 的銲接電流參數條件下，更可達到

約 300% 的高熔透深度。眾所皆知，在進行不銹鋼厚板傳統氬鐸工作時，在鐸接前需先利用機械加工方式開槽後才進行鐸接，而此一程序勢必耗時、費力及增加成本，因此若在進行傳統氬鐸工作前先塗敷活性助鐸劑時，不僅可節省鐸接前工程時間與鐸接工作時間，亦可有效提高鐸道熔透深度。由此可知，在成本低廉、高生產效率及施工程序簡便等多項操作優勢條件下，A-TIG 鐸接製程技術的重要性將會與日俱增。

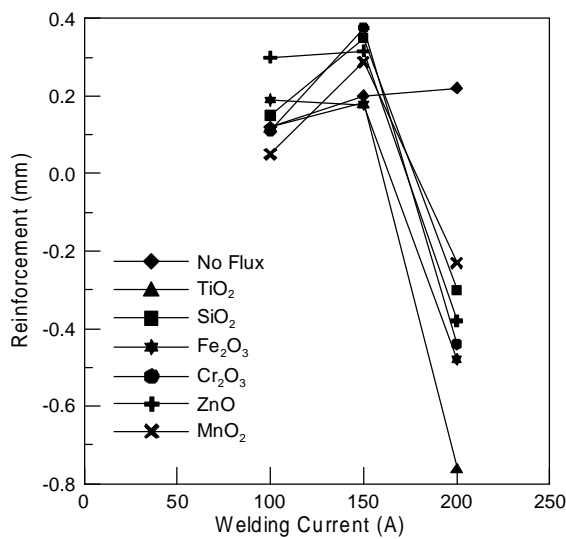


圖 3 A-TIG 鐸接製程參數對鐸冠高度之影響

3.2 A-TIG 鐸接製程參數對不銹鋼鐸件角變形之影響

如圖 4 所示為 A-TIG 鐸接製程參數對不銹鋼鐸件角變形之影響。由圖中可明顯得知當添加 TiO_2 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Cr_2O_3 、 ZnO 及 MnO_2 等氧化物型助鐸劑時，在 200A 鐸接電流參數條件下，可有效降低不銹鋼鐸件角變形量，其主要原因可藉由圖 5 來加以分析。在鐸道熔深超過母材厚度一半之情況下，在中性軸上方之熱收縮應力與下方之熱收縮應力會有相互抵消之作用；換言之，中性軸上方之熱收縮會造成

鐸件往上翹曲，而中性軸下方之熱收縮將會造成鐸件向下翹曲，兩者之合成效應將會促使鐸件角變形變小。由此可知，在鐸道熔深超過母材厚度一半之情況下，當熔透深度增加時，由於其熱收縮應力相互抵消之效應亦高，因此可降低鐸件角變形。

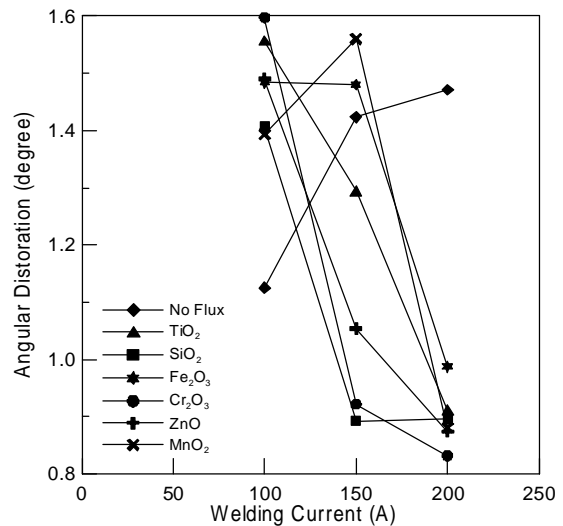


圖 4 A-TIG 鐸接製程參數對鐸件角變形之影響

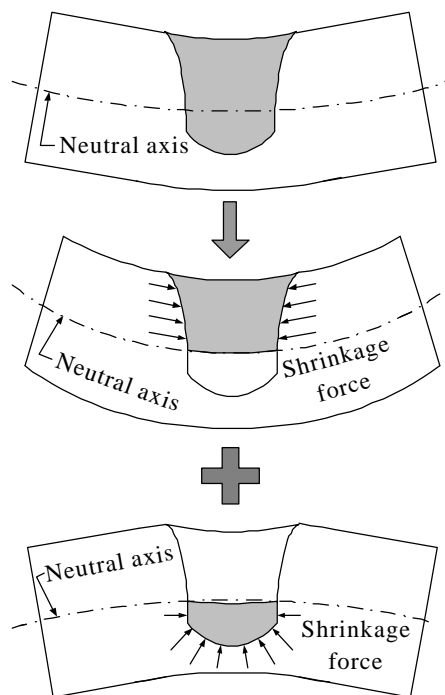


圖 5 當鐸道熔深超過母材厚度一半之鐸件角變形形成示意圖

然在 100A 銲接電流參數條件下，當添加 TiO_2 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Cr_2O_3 、 ZnO 及 MnO_2 等氧化物型助銲劑時，則會造成銲件角變形的增加，而其主要原因可藉由圖 6 來加以探討。在銲道熔深未超過母材厚度一半之情況下，當銲道產生熱收縮應力時，其銲道幾何形狀之圓弧中心點愈趨近銲件之中性軸，銲道將會產生較大的彎曲力矩，進而提高銲件角變形。換言之，當銲道熔深/母材厚度的比值小於 0.5 時，若銲道熔深愈小則意味著銲件將有較佳的抵抗彎曲變形能力，因此會造成銲件角變形的降低。

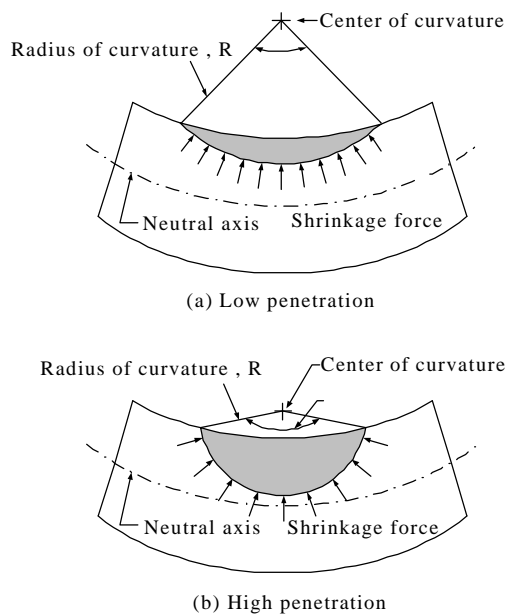


圖 7 當銲道熔深未超過母材厚度一半之銲件角變形形成示意圖

四、計畫成果自評

1. 本研究發現添加 TiO_2 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Cr_2O_3 、 ZnO 及 MnO_2 等氧化物粉末型助銲劑之 A-TIG 銲接製程技術，可有效改善傳統不銹鋼氬銲銲道熔深不足之缺失。其中新式 A-TIG 銲接製程較傳統氬銲製程可提升約 200~ 300% 的不銹鋼銲道熔深。此外，添加氧化物型助銲劑之 A-TIG 銲接製程，亦可有效降低不銹鋼銲件角變形。

2. 關於助銲劑添加對電弧銲銲道成形之影響行為與作用機制對銲道熔深影響頗大，值得在未來研究中更深入地探討。

五、參考文獻

- [1] W. Lucas and D. Howse, *Welding and Metal Fabrication*, **64**(1), 11-17, 1996.
- [2] T. Paskell, C. Lundin, and H. Castner, *Weld. J.*, **76**(4), 57-62, 1997.
- [3] S.M. Gurevich and V.N. Zamkov, *Avt. Svarka*, **8**(12), 13-16, 1966.
- [4] 曾光宏、吳春森、王本智，*銲接與切割*，**12**(6)，63-68，2002。
- [5] 黃和悅、徐享文、曾光宏、周長彬，”改善傳統氬銲銲道熔深不足缺失之新式銲接製程技術”，中華民國銲接協會九十二年會，高雄，2003.10。
- [6] 黃和悅、徐享文、曾光宏、周長彬，”A-TIG 銲道穿深能力增加機制之研究”，中國材料科學學會 2003 年年會，台南，2003.11。
- [7] 黃和悅、徐享文、曾光宏、周長彬，”活性助銲添加劑對沃斯田鐵不銹鋼銲道形態與銲件變形之影響”，中國機械工程學會第二十屆全國學術研討，台北，2003.12。
- [8] 黃和悅、徐享文、林國書、曾光宏、周長彬，*銲接與切割*，**13**(4)，49-55，2003。
- [9] 黃和悅、徐享文、曾光宏、周長彬，*材料科學與工程*，**36**(1)，23-30，2004。
- [10] 黃和悅、徐享文、曾光宏、周長彬，*銲接與切割*，**14**(2)，14-22，2003。
- [11] 曾光宏，”不銹鋼銲件變形與殘留應力之研究”，國立交通大學機械工程研究所博士論文，中華民國九十年六月。