

國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程

碩士論文

不銹鋼 MIG-FLUX 銲接製程技

術之研究



The Study of MIG-Flux Welding Technology of
Stainless Steel

研 究 生：杜金山

指 導 教 授：周長彬教授

中華民國九十四年六月

不銹鋼 MIG-FLUX 銲接製程技術之研究

The Study of MIG-Flux Welding Technology of Stainless Steel

研究生：杜金山

Student : Chin-Shan Tu

指導教授：周長彬

Advisor : Chang-Pin Chou

國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程

碩士論文

A Thesis

Submitted to Degree Program of Automation and Precision Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Automation and Precision Engineering

June 2005

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年六月

不銹鋼 MIG-FLUX 銲接製程技術之研究

研 究 生：杜金山

指 導 教 授：周 長 彬

國立交通大學 精密與自動化工程學程 碩士班

中文摘要

本研究目的主要在探討不同成份組成之活性助銲劑添加對沃斯田鐵不銹鋼銲道熔透深度及銲道形態之影響行為與作用機制。實驗材料選用 SUS 304 沃斯田鐵型不銹鋼，活性助銲劑選用氧化物碳酸鹽基與氟化物，銲接方法採用氬氣保護金屬極電弧銲來進行不開槽之實體銲接實驗。實驗結果顯示在同一銲接製程參數條件下，添加氧化物組成之 MnO_2 、 MgO 等活性助銲劑時，除了可得到窄而深的銲道截面與較窄的熱影響區外，且不影響銲道的機械性質。其中， MnO_2 、 $CaCO_3$ 、 MgO 、 CaO 活性助銲劑的添加可達到完全熔透且無須對銲接接頭進行加工之不銹鋼 MIG 銲接應用需求。本實驗結果亦發現添加 MnO_2 、 $CaCO_3$ 、 MgO 、 CaO 等活性助銲劑對沃斯田鐵不銹鋼銲道微觀組織與機械性質之影響並不大。

The Study of MIG-Flux Welding Technology of Stainless Steel


Student : Chin-Shan Tu

Advisor : Chang-Pin Chou

Submitted to Degree Program of Automation and Precision Engineering
College of Engineering

National Chiao Tung University

ABSTRACT



The effect of adding activating fluxes on the morphology, distortion in austenitic stainless steel were investigated. An autogenous gas MIG welding was conducted on type 304 stainless steel . Activating fluxes of oxide, carbonate and fluoride were used to produce a butt weld. The experimental results indicated that the activating fluxes MnO_2 、 MgO can give a full penetrated, narrower heat-affected zone, in stainless steel weldments under the same welding parameters. Furthermore, the MnO_2 、 CaCO_3 、 MgO 、 CaO can obtain a full penetration without slotting in MIG-flux stainless steel weldment. It was also found that the fluxes of MnO_2 、 CaCO_3 、 MgO 、 CaO can not cause a significant change on microstructure and mechanical property in austenitic stainless steel welds.

感謝誌

有幸進入夢寐以求的交通大學就讀，匆匆已過三年；在這鳳凰花開、驪歌響起的時節裏，回首這三年來的研讀過程，得到了太多師長、同學及公司同事的指導、切磋與砥礪，無暇一一道謝，僅以此文略表心中感謝千萬分之一。

首先要感謝的是我的恩師 周長彬教授，周老師不僅在課業上循循善誘、傳道解惑，更在生活上關懷備至，體諒在職專班學生必須兼顧課業與工作的處境，使我們在學習的過程能循序漸進。同時也要感謝機械系的諸位授課老師，您們豐富的學識、生動的解說與教導，使我們大開眼界、增長知識。

本篇論文之得以順利完成，黃和悅學長的鼎力相助，著實功不可沒，由論文計畫的提出、資料的搜集、實驗進行、數據分析...等，黃學長均悉心指導並時時關切進行的狀況，對他的感謝，言語實不足以表達。另外要感謝王明堂同學，時時提供我寶貴的經驗並協助實驗的進行，使我獲益良多也才能完成本次的實驗。同時也要感謝實驗室的諸位學長、學弟們，在實驗進行的過程中，不吝給予協助和指導，在此也銘表謝忱。

紙短情長，要感謝的人實在太多了，無法一一表述，僅能以一句『感謝大家』匆匆帶過，希望大家勿以拙於言辭而見怪。

論文題目：

不銹鋼 MIG-FLUX 銲接製程技術之研究

目錄

頁次

中文摘要

英文摘要

誌謝

目錄.....iv

表目錄.....viii

圖目錄.....x

一、緒論

1 研究背景與動機.....1

2 研究方法與目的.....3

二、文獻探討與回顧

2.1 電弧銲接原理

2.1.1 電弧銲接法之理論.....4

2.1.2 銲滴之傳遞.....6

2.1.3 銲接金屬之凝固.....10



2.2 氣護金屬電弧銲接(GMAW)(簡稱 MIG)	
2.2.1 惰性氣體金屬線電弧銲原理.....	15
2.2.2 銲接參數.....	17
2.2.3 保護氣體.....	23
2.3 不銹鋼	
2.3.1 不銹鋼簡介及分類.....	27
2.3.2 不銹鋼的合金成分及其影響.....	29
2.3.3 304 不銹鋼的機械性質與銲接特性.....	31
2.4 助銲劑	
2.4.1 助銲劑的功用及種類.....	39
2.4.2 助銲劑對銲道的影響.....	42
2.5 MIG 使用之銲線	
2.5.1 實心銲線.....	44
2.5.2 包藥銲線.....	45
2.5.3 包藥銲線與實心銲線之比較.....	47
2.6 銲接缺陷與防治	
2.6.1 銲道缺陷之種類.....	48
2.6.2 銲接防範對策.....	57
2.6.3 銲接變形.....	59



2.7 鐳道熔深變異之原因	
2.7.1 表面張力.....	63
2.7.2 電弧效應.....	63
2.7.3 電磁力.....	64
2.7.4 浮力.....	64
2.7.5 微量元素的影响.....	65

三、 實驗設備與方法

3.1 實驗流程.....	67
3.2 鐳接試片之準備.....	68
3.3 活性助鐳劑之種類與調配方法.....	68
3.4 MIG 鐳接機.....	69
3.5 MIG 用鐳線.....	70
3.6 電弧形狀及陽極斑點拍攝.....	71
3.7 金相試驗.....	71
3.8 鐳道滲透深度與寬度量測.....	72
3.9 肥粒相量測.....	73
3.10 微硬度試驗.....	74

四、 實驗結果與討論

4.1 最佳銲接參數之決定	
4.1.1 田口實驗分析.....	75
4.1.2 初期參數設定.....	75
4.1.3 田口實驗結果.....	77
4.1.4 最佳化條件確認.....	83
4.2 活性助銲劑對銲道深寬比之影響.....	85
4.3 活性助銲劑添加對銲道型態之影響.....	87
4.4 活性助銲劑對銲道外觀及熔融面積之影響.....	90
4.5 活性助銲劑對電弧型態之影響.....	97
4.6 活性助銲劑對銲道肥粒鐵含量之影響.....	103
4.7 活性助銲劑對銲道微硬度之影響.....	109
五、 結論.....	110
參考文獻.....	111

表 目 錄

	頁次
表 1-1 全球各式鐸接機佔有率分析.....	2
表 1-2 四種鐸接法之工作量分析.....	2
表 2-1 四種鐸滴傳遞方式堆積速率比較表.....	10
表 2-2 鐸接氣體的比重.....	23
表 2-3 鐸接氣體的解離電壓值.....	24
表 2-4 鋼中合金元素的效果比較.....	29
表 2-5 各類不銹鋼之化學成分表.....	30
表 2-6 沃斯田鐵系不銹鋼與一般碳鋼鐸接特性比較.....	34
表 2-7 包藥鐸線與手鐸外面塗鐸條比較.....	46
表 2-8 包藥鐸線、實心鐸線特性比較.....	47
表 2-9(a) 常見之鐸道裂縫類型.....	48
表 2-9(b) 常見之鐸道裂縫示意圖.....	50
表 2-10 常見的氣孔缺陷類型.....	53
表 2-11 常見的夾渣缺陷.....	54
表 2-12 不完全熔融與不良接點滲透.....	54
表 2-13 不完全外形缺陷.....	55
表 2-14 常見之其他鐸接缺陷.....	56

表 3-1	GM308 化學成份參考例 (wt%)	70
表 3-2	OT308LP 化學成份參考例 (wt%)	70
表 4-1	實驗計畫要因配置表.....	76
表 4-2	田口實驗之參數設定.....	77
表 4-3	田口實驗結果.....	78
表 4-4	田口試驗外觀及深寬比.....	79
表 4-5.1	銲接參數與 S/N 值.....	81
表 4-5.2	深寬比輔助表.....	81
表 4-6.1	變異數分析(Analysis of Variance, ANOVA).....	82
表 4-6.2	變異數分析(Analysis of Variance, ANOVA).....	84
表 4-7	活性助銲劑與銲道深寬比之關係.....	86

圖目錄

	頁次
圖 2-1 熔極式電弧銲接.....	5
圖 2-2 非熔極式電弧銲接.....	5
圖 2-3 短路轉移.....	7
圖 2-4 球狀轉移.....	8
圖 2-5 噴射轉移.....	9
圖 2-6 脈動電流轉移.....	9
圖 2-7 二元合金平衡圖.....	11
圖 2-8 距離 X 內，合金之溫度小於其凝固點，稱為過冷.....	14
圖 2-9 組成過冷區域狹窄時，穩定介面之移動形成胞狀結構.....	14
圖 2-10 直流正極性電弧示意圖.....	15
圖 2-11 MIG(GMAW)銲接設備示意圖.....	16
圖 2-12 CO ₂ 電弧銲法銲接條件之選擇及電弧種類.....	18
圖 2-13 各種不同直徑銲線及熔容量.....	18
圖 2-14 銲接電流與熔入深度的關係.....	19
圖 2-15 同一電流值下電弧電壓與銲道表面形狀銲熔深的關係.....	20
圖 2-16 銲線伸出長度或穿出長度.....	21
圖 2-17 銲接氣體的熱傳導性.....	24

圖 2-18	銲接氣體對銲道截面形狀之影響.....	26
圖 2-19	Fe-Cr-Ni 之三相平衡圖.....	32
圖 2-20	Fe-Cr-Ni 平衡圖與銲道凝固組織之關係.....	32
圖 2-21	凝固型式 A、B、C 的顯微組織和 C_{req}/N_{req} 值的關係圖...33	
圖 2-22	銲接金屬熱裂縫之綜合理論示意圖.....	35
圖 2-23	敏化發生示意圖.....	38
圖 2-24	包藥銲線之銲接方式.....	45
圖 2-25	數種包藥銲線之橫斷面圖.....	46
圖 2-26	低熔點介在物於晶界產生拉伸應力龜裂之情形.....	52
圖 2-27	對接銲角變形之形成示意圖.....	60
圖 2-28	銲接變形之基本形式.....	61
圖 2-29	熔深變異示意圖.....	64
圖 3-1	實驗流程.....	67
圖 3-2	試片尺寸.....	68
圖 3-3	HOBART MEGA-PULSE MPI-350 GMAW 銲接機.....	69
圖 3-4	銲槍、台車、夾具等外觀.....	69
圖 3-5	CCD 影像擷取設備.....	71
圖 3-6	銲道形態量測示意圖.....	72
圖 3-7	Ferriscope M10B-FE 型肥粒相測定儀.....	73

圖 3-9	Matsuzawa MHT-1 微硬度測定機.....	74
圖 4-1	參數水準圖.....	82
圖 4-2	各參數對鐳道熔透深度的影響度.....	83
圖 4-3	活性助鐳劑對不銹鋼鐳道型態之影響.....	87
圖 4-4	活性助鐳劑對不銹鋼鐳道外觀之影響.....	90
圖 4-5	活性助鐳劑對不銹鋼鐳道熔融面積之影響.....	94
圖 4-6	活性助鐳劑對鐳道熔融面積與深寬比之比較.....	94
圖 4-7	鐳道熔深與熔融液態金屬流動之關係圖.....	98
圖 4-8	電漿電弧柱收縮示意圖.....	99
圖 4-9	活性助鐳劑對電弧柱之影響.....	100
圖 4-10	活性助鐳劑對鐳道肥粒鐵含量之影響.....	103
圖 4-11	活性助鐳劑與鐳道組織.....	104
圖 4-12	活性助鐳劑與鐳道微硬度之關係.....	109