

# 助銲劑對 1020 低碳鋼 MIG 銲件之影響

研究生：王明堂

指導教授：尹慶中教授

共同指導：周長彬教授

國立交通大學精密與自動化工程研究所

## 摘要

本研究主要在探討活性助銲劑添加對 SAE 1020 低碳鋼銲道熔透深度與機械性質之影響。實驗材料選用 SAE 1020 低碳鋼，活性助銲劑選用  $\text{MoO}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgCO}_3$  四種 flux，並運用既有混合四種配方  $\text{MoO}_3(60\%) + \text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)$  助銲劑、 $\text{MoO}_3(60\%) + \text{SiO}_2(40\%)$  助銲劑、 $\text{MoO}_3(80\%) + \text{MgCO}_3$  助銲劑和  $\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%) + \text{SiO}_2(60\%)$  及目前業界廣泛使用之包藥銲線、裸線。

實驗結果顯示：(1)各種助銲劑均可有提高銲道穿深能力，在熱輸入量高時有顯著的高深寬比值。(2)以  $\text{MoO}_3(60\%) + \text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)$  混合型助銲劑所進行的 MIG-flux 製程，銲道穿深能力及深寬比值最優且效果最好。(3)若考慮助銲劑對 SAE 1020 銲道熔融面積之實驗結果，以  $\text{MgCO}_3(100\%)$  銲道所形成的熔融面積最大。(4)電漿電弧柱的收縮作用應是活性助銲劑有效提高銲道穿深能力的主要因素。(5)助銲劑的添加對 SAE 1020 碳鋼的硬度值無顯著的改變，但對極限抗拉強度有顯著的改變。

# The Effect of Flux on the 1020 Carbon steel

## MIG weldment

Student : Ming-Tang Wang

Advisor : Dr.Ching-Chung Yin  
Dr.Chang-Pin Chou

Department of Automation and Precision Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

### ABSTRACT

The purpose of this research is to study the effect of adding several fluxes on the weld penetration and mechanical properties of SAE 1020 carbon steel weldment using MIG welding process.

The fluxes included  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgCO}_3$  and mixed flux  $\text{MoO}_3(60\%)+\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)$ ,  $\text{MoO}_3(60\%)+\text{SiO}_2(40\%)$ ,  $\text{MoO}_3(80\%)+\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)+\text{SiO}_2(60\%)$  and flux core of SAE 1020 carbon steel.

The results show : (1)All of seven active fluxes can increase weld penetration and depth/width ratio effectively, especially for high energy. (2)The flux  $\text{MoO}_3(60\%)+\text{SiO}_2(40\%)$  is the best of seven fluxes according to the weld penetration and depth/width ratio during MIG flux process. (3)The flux  $\text{MgCO}_3$  has greatest effect on the area of fusion zone. (4)The contraction of plasma arc is the major reasons of deep penetration of fusion zone with the use of flux. (5)Adding flux into the weldment can influence the mechanical properties.

## 誌謝

本論文得以能夠順利完成，在此要先特別感謝恩師尹慶中博士及周長彬博士的殷切指導，在四年的研究過程中，不厭其煩的給予指導與協助，謹在此致上由衷的謝意與敬意。

特別感謝博士班學長黃和悅，在這四年中於論文的寫作以及研究上的指導，在實驗期間特別感謝好友黃漢城及胞弟吳志峰的協助。同時亦感謝同窗好友蔡封灝、杜金山、周定在課業知識上的討論，在此深表感謝。還要感謝銲接實驗室所有歷屆成員對我的關懷與愛護。

最後，要感謝老婆陳惠雯及家人的支持讓我能安心地完成學業，僅以本論文獻給所有關心及祝福我的人，有他們的關心及祝福，我能得以順利完成碩士學業。

# 目錄

頁次

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	ii
誌謝	.....	iii
目錄	.....	iv
表目錄	.....	ix
圖目錄	.....	x

## 第一章 緒論

1.1	研究背景與動機.....	1
1.2	研究方法與目的.....	2

## 第二章 文獻探討

2.1	銲接電弧之簡介.....	4
2.1.1	銲接電弧之性質.....	5
2.1.2	電壓—電流之靜特性.....	6
2.1.3	電弧銲接之熱源特性.....	8
2.2	惰性金屬極電弧銲(GMAW).....	8
2.2.1	惰性金屬極電弧銲原理及簡介.....	8

2.2.2	銲接參數.....	10
2.2.3	銲滴傳遞方式.....	15
2.2.4	銲接氣體.....	18
2.3	碳鋼.....	20
2.3.1	碳鋼之簡介.....	20
2.3.2	碳鋼之分類.....	21
2.3.3	微量元素對碳鋼之影響.....	22
2.3.4	碳鋼之銲接性.....	24
2.4	助銲劑.....	27
2.4.1	助銲劑之功用.....	27
2.4.2	助銲劑之種類.....	29
2.4.3	助銲劑中之成份對銲接金屬之影響.....	31
2.5	助銲劑對 1020 低碳鋼影響.....	34
2.5.1	對銲道外觀及銲道型態之影響.....	34
2.5.2	對銲道熔融面積及銲道深寬比之影響.....	37
2.5.3	對銲道深度及銲道微硬度之影響.....	38
2.6	包藥銲線.....	41
2.6.1	包藥銲線之簡介.....	41
2.6.2	包藥銲線與實心銲線比較.....	42

2.7	銲接缺陷之原因與防範對策.....	44
2.7.1	銲道不良的種類.....	44
2.7.2	龜裂之種類.....	48
2.7.3	變形種類.....	51
2.8	銲道熔深變異之原因.....	55
2.8.1	表面張力影響熔融區流體流動之機構.....	55
2.8.2	電弧效應.....	57
2.8.3	微量元素對銲接性之影響.....	57
2.9	田口實驗分析法.....	59
2.9.1	田口實驗分析法之沿革.....	59
2.9.2	田口實驗分析法的基本原理.....	60
2.9.3	直交表之定義、目的及型態.....	60
2.9.4	信號雜音比(S/N)之特性.....	61
2.9.5	變異數分析法(ANOVA).....	63
2.9.6	田口實驗分析法之步驟.....	64
第三章	實驗設備及方法	
3.1	實驗流程.....	66
3.2	GMAW 之設備.....	67
3.3	銲接試驗.....	71

3.3.1	實驗材料準備.....	71
3.3.2	銲接方法.....	72
3.3.3	最佳銲接參數的選擇.....	73
3.4	銲藥之準備與配製方法.....	74
3.5	電弧形狀拍攝.....	77
3.6	銲道外觀拍攝.....	78
3.7	銲道截面觀察.....	78
3.8	銲道滲透深度與寬度量測.....	80
3.9	微硬度量測.....	80
3.10	拉伸試驗.....	81
		
第四章	實驗結果與討論	
4.1	最佳銲接參數之決定.....	83
4.1.1	首次銲接確認.....	83
4.1.2	田口實驗分析.....	86
4.1.3	最佳化條件確認.....	96
4.2	助銲劑對銲道外觀之影響.....	97
4.3	助銲劑對銲道形態之影響.....	100
4.4	助銲劑對銲道熔融面積之影響.....	102
4.5	助銲劑對銲道銲道深寬比之影響.....	104

4.6	助銲劑對銲道深度之影響.....	105
4.7	助銲劑對銲道微硬度之影響.....	106
4.8	助銲劑對電弧型態之影響.....	107
4.8	助銲劑對拉伸試驗之影響.....	108
第五章	結論.....	116
參考文獻	.....	119





# 表目錄

	頁次
表 2-1	各種鋼材之性質.....21
表 2-2	包藥銲線、實心銲線特性比較.....43
表 3-1	填料金屬成份表.....72
表 3-2	L <sub>9</sub> (3 <sup>4</sup> )直交表.....74
表 3-3	混合助銲劑之調配比例.....76
表 3-4	銲接試片編號及添加成份表.....77
表 4-1	初次銲接結果.....83
表 4-2	初次銲接結果解析.....84
表 4-3	實驗計劃要因配置表.....86
表 4-4	L <sub>9</sub> 直交表實驗數據與 S/N 比表.....93
表 4-5	L <sub>9</sub> 直交表實驗展開之銲道熔透深輔助表.....94
表 4-6	L <sub>9</sub> 直交表實驗展開之銲道熔透深變異數分析表.....95
表 4-7	最佳參數表.....96
表 4-8	最佳參數表.....96

# 圖目錄

	頁次
圖 2-1	電弧銲接基本原理.....5
圖 2-2	電弧柱電子理論.....5
圖 2-3	電壓-電流的靜特性曲線.....7
圖 2-4	直流正極性電弧示意圖.....9
圖 2-5	MIG(GMAW)銲接設備示意圖.....10
圖 2-6	同一電流值下電弧電壓與銲道表面形狀銲熔深的關係 .....11
圖 2-7	銲線伸出長度或穿出長度.....13
圖 2-8	脈動噴灑電弧與電流之關係.....17
圖 2-9	在不同氣體蔽護下，銲珠之外形及其滲透特性.....19
圖 2-10	碳鋼的含碳量和組織率(肥粒鐵、波來鐵、 $Fe_3C$ )的關係 .....20
圖 2-11	銲接縫溫度與組織關係.....25
圖 2-12	混合型助銲劑添加對銲道截面型態之影響.....36
圖 2-13	單一助銲劑及 No flux 對銲道熔融面積之影響長條圖 .....37
圖 2-14	單一助銲劑及 No flux 對銲道深寬比之影響長條圖..38

圖 2-15	單一助焊劑及 No flux 對焊道熔透深度影響長條圖..39
圖 2-16	單一助焊劑及 No flux 對焊道微硬度之影響長條圖..40
圖 2-17	外加遮護氣體包藥焊線焊接情況.....41
圖 2-18	自發遮護氣體包藥焊線焊接情況.....42
圖 2-19	各種龜裂.....49
圖 2-20	低熔點介在物於晶界產生拉伸應力龜裂之情形.....50
圖 2-21	變形種類.....52
圖 2-22	焊池中驅動流體流動之力量.....56
圖 3-1	HOBART MEGA-PULSE MPI-350 GMAW 焊接機....67
圖 3-2	焊槍、台車、夾具等外觀.....67
圖 3-3	自走台車操作控制.....68
圖 3-4	自走台車走行速度控制與實際值關係.....68
圖 3-5	焊接起弧後送線速度顯示及調整.....69
圖 3-6(A)	HOBART 2450 型自動送線機之控制.....69
圖 3-6(B)	HOBART MEGA-PULSE MPI-350 GMAW 焊接機實驗 型態調整.....70
圖 3-6(C)	HOBART MEGA-PULSE MPI-350 GMAW 焊接機實驗 輸出電源.....70
圖 3-7	HOBART MEGA-PULSE MPI-350 GMAW 焊接機焊接

	電壓控制.....	70
圖 3-8	銲接試片之前處理.....	71
圖 3-9	不開槽填料對接示意圖.....	72
圖 3-10	銲藥配製過程.....	75
圖 3-11	MIG 對接 Flux 塗佈示意圖.....	75
圖 3-12	利用天平秤重量調配 Flux.....	76
圖 3-13	CCD 影像擷取設備.....	78
圖 3-14	金相實驗之步驟及設備.....	79
圖 3-15	銲道形態量測示意圖.....	80
圖 3-16	Matsuzawa MHT-1 微硬度測定機.....	81
圖 3-17	拉伸試驗片選取位置及尺寸示意圖.....	82
圖 4-1	L9 直交表銲道外觀之影響.....	87
圖 4-2	L9 直交表銲道截面型態之影響.....	89
圖 4-3	L9 直交表銲道熔融面積長條圖.....	90
圖 4-4	L9 直交表銲道熔融面積量測結果.....	91
圖 4-5	L9 直交表銲道熔透深度長條圖.....	92
圖 4-6	因子效果圖.....	94
圖 4-7	助銲劑對低碳鋼銲道外觀之影響.....	98

圖 4-8	助銲劑添加對銲道截面型態之影響.....	100
圖 4-9	裸線、助銲劑(單一及混合)及包藥銲線銲道熔融面積 長條圖.....	102
圖 4-10	銲道熔融面積量測結果圖示.....	103
圖 4-11	裸線、助銲劑(單一及混合)及包藥銲線對銲道深寬比之 影響長條圖.....	104
圖 4-12	裸線、助銲劑(單一及混合)及包藥銲線對銲道熔透深 度影響長條圖.....	105
圖 4-13	裸線、助銲劑(單一及混合)及包藥銲線對銲道微硬度 之影響長條圖.....	106
圖 4-14	裸線、助銲劑(單一及混合)及包藥銲線電弧形態...	108
圖 4-15	抗拉強度比較長條圖.....	109
圖 4-16	收縮率比較長條圖.....	110
圖 4-17	拉伸試驗收縮斷面積.....	110
圖 4-18	拉伸試驗應力應變圖.....	112
圖 5-1	各種助銲劑對銲道之影響雷達圖.....	118