

## 第四章 實驗結果與討論

### 4.1 最佳銲接參數之決定

#### 4.1.1 首次銲接確認

主要目的在尋找 SAE1020 適合銲接之參數範圍區間，主要的作法是參考歷屆相關論文、期刊及相關書籍提供之銲接電流、電壓、銲槍走速及對接間隙值，再以裸線銲接方式進行初次銲接實驗。期望能從銲道前視圖及背視圖判斷出參數區間。獲得初步結果如表 4-1 所示、初步結果解析如表 4-2 所示。

表 4-1 初次銲接結果

試片 編號	電流 (A)	電壓 (V)	銲槍 走速 mm/min	銲接型式			相關量測	
				單片	對接	間隙 mm	銲道寬 mm	銲冠高 mm
1	205	22.3	403	V			8.84	1.85
2	205	22.3	403		V	2	9.89	2.41
3	205	25.4	346	V			12.5	2.01
4	205	21.4	403	V			9.32	2.51
5	205	21.4	403		V	2	10.3	2.27
6	205	21.4	346		V	2	10.55	2.32
7	205	21.4	454		V	2	9.29	1.9
8	180	21.4	403		V	2	8.9	2.02
9	160	21.4	403		V	2	7.88	1.28
10	180	21.4	346		V	2	9.01	2.04

表 4-2 初次銲接結果解析


















試片 編號	圖示		說明
	前視圖	背視圖	
1		單片銲接,僅以前視圖解析	1.銲道寬過非常窄,優良. 2.銲冠高較低,優良.
2			1.前視圖銲道兩側有些微凹陷過熔現象. 2.背視圖可得知：無熔透. 3.銲道寬過寬不良. 4.銲冠高尚能接受.
3		單片銲接,僅以前視圖解析	1.銲道寬過寬不良. 2.銲冠高適中.
4		單片銲接,僅以前視圖解析	1.銲道寬適中. 2.銲冠高過高不良.
5			1.前視圖銲道兩側有非常嚴重凹陷過熔現象. 2.背視圖可得知：有熔透. 3.銲道寬過寬不良. 4.銲冠高尚能接受.

表 4-2 初次銲接結果解析(續)

試片 編號	圖示		說明
	前視圖	背視圖	
6			<p>1.前視圖銲道兩側有非常嚴重凹陷過熔現象.</p> <p>2.背視圖可得知：過於熔透.</p> <p>3.銲道寬過寬不良.</p> <p>4.銲冠高尚能接受.</p>
7			<p>1.前視圖銲道兩側有嚴重凹陷過熔現象.</p> <p>2.背視圖可得知：有熔透.</p> <p>3.銲道寬適中.</p> <p>4.銲冠高較低,優良.</p>
8			<p>1.前視圖銲道兩側有非常少凹陷過熔現象.</p> <p>2.背視圖可得知：無熔透.</p> <p>3.銲道寬適中.</p> <p>4.銲冠高較低,優良.</p>
9			<p>1.前視圖銲道兩側有凹陷過熔現象.</p> <p>2.背視圖可得知：無熔透.</p> <p>3.銲道寬適中.</p> <p>4.銲冠高較低,優良.</p>
10			<p>1.前視圖銲道兩側有非常少凹陷過熔現象.</p> <p>2.背視圖可得知：無熔透.</p> <p>3.銲道寬適中.</p> <p>4.銲冠高較低,優良.</p>

其它相關參數有：

1. 固定保護氣體 Ar，流量 15 l/min。
2. 固定鐸線伸出長度=10mm。
3. 使用線徑  $\phi$  1.6mm 裸線。

#### 4.1.2 田口實驗分析

經由首次鐸接確認，可從鐸道外觀及背視圖判斷出鐸接參數之變化。利用田口實驗分析法探討改變鐸接電流、鐸接電壓、鐸槍走行速度及鐸件對接間隙值等四個鐸接參數。由表 4-1 初步鐸接結果及表 4-2 初步鐸接結果解析可歸納出實驗要因分析表，如表 4-3 所示。

表 4-3 實驗計劃要因配置表

因子	水準1	水準2	水準3
A 鐸接電壓	20.2 V	22.3 V	23.3 V
B 鐸接電流	180 A	200 A	220 A
C 鐸槍走行速度	346 mm/min	403 mm/min	454 mm/min
D 對接間距	0 mm	1mm	2mm

表 4-3 共有 4 個參數，每個參數分別為 3 個水準，採用實驗規劃法以 L9 直交表來進行實驗，實驗結果可獲得如圖 4-1 所示為銲道外觀之影響。

圖 4-1 L9 直交表銲道外觀確認結果，由背視圖中可輕易得知，影響對接銲接熔透深最大的因素為對接間距值，其中以對接間距為 2mm 的參數熔透深度最佳。

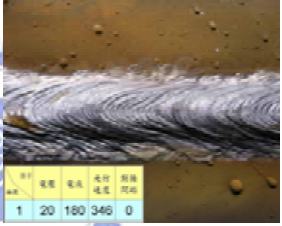

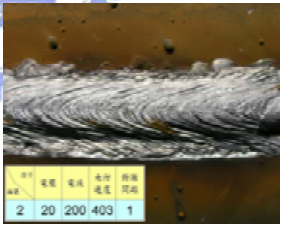





因子 編號	銲接 電壓 (V)	銲接 電流 (A)	銲槍 走速 (mm/ min)	對接 間距 (mm)	前視圖	背視圖
1	20.2	180	346	0		
2	20.2	200	403	1		
3	20.2	220	454	2		
4	22.3	180	403	2		

圖 4-1 L9 直交表銲道外觀之影響



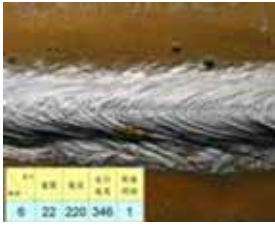





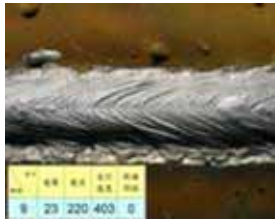

因子 編號	銲接 電壓 (V)	銲接 電流 (A)	銲槍 走速 (mm/ min)	對接 間距 (mm)	前視圖	背視圖
5	22.3	200	454	0		
6	22.3	220	346	1		
7	23.3	180	454	1		
8	23.3	200	346	2		
9	23.3	220	403	0		

圖 4-1 L9 直交表銲道外觀之影響(續)

如圖 4-2 L9 直交表銲道截面型態確認結果，由圖中可明顯看出，在 9 組試片中，以對接間距為 2mm 的參數成效最佳，對低碳鋼銲道成形的作用效果最為顯著，可達到完全熔透的最佳銲道穿深效果。



因子 編號	銲接電壓 (V)	銲接電流 (A)	銲槍走速 (mm/min)	對接間距 (mm)	銲道截面圖
1	20.2	180	346	0	
2	20.2	200	403	1	
3	20.2	220	454	2	
4	22.3	180	403	2	
5	22.3	200	454	0	
6	22.3	220	346	1	
7	23.3	180	454	1	
8	23.3	200	346	2	
9	23.3	220	403	0	

圖 4-2 L9 直交表銲道截面型態之影響

如圖 4-3 L9 直交表鉚道熔融面積長條圖。而圖 4-4 L9 為直交表鉚道熔融面積量測結果圖示。長條圖中所示編號 6 的試片對鉚道熔融面積最大，可達  $33.48 \text{ mm}^2$ ，而編號 7 的試片鉚道熔融面積為  $18.01 \text{ mm}^2$  為面積最小者。

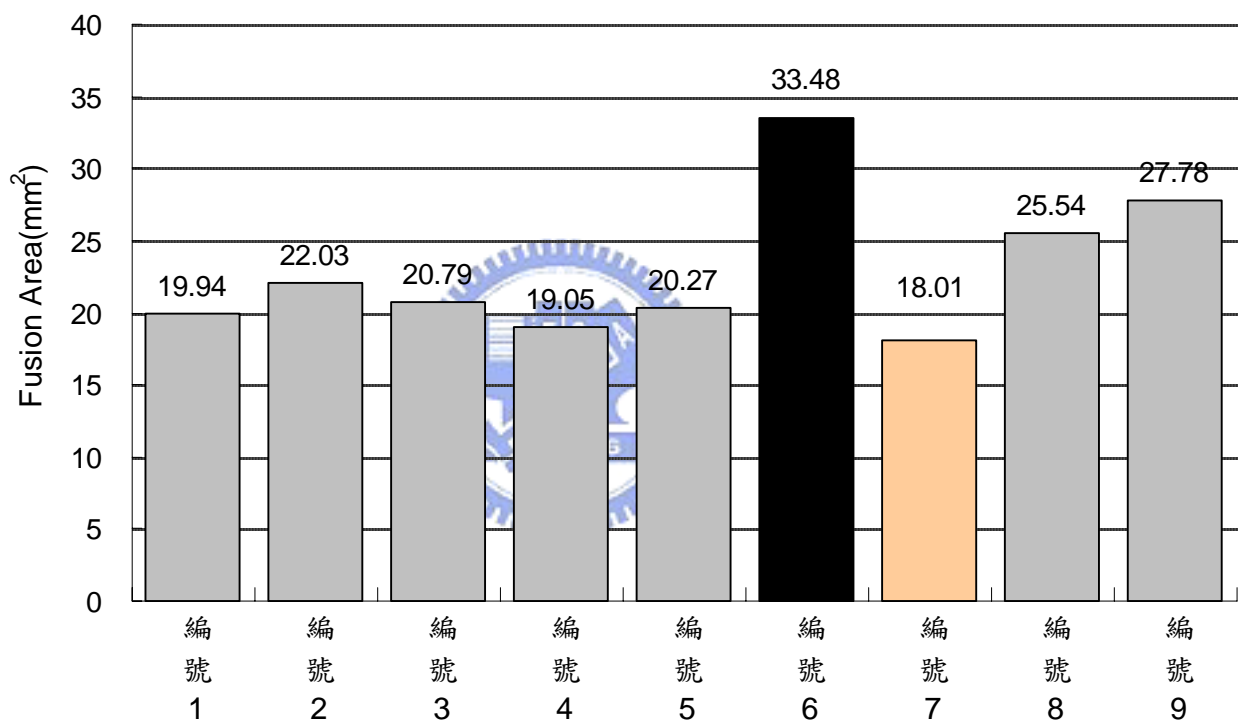


圖 4-3 L9 直交表鉚道熔融面積長條圖






























因子 編號	銲接 電壓 (V)	銲接 電流 (A)	銲槍 走速 (mm/ min)	對接 間距 (mm)	銲道熔融面積			平均 值
					試片1	試片2	試片3	
1	20.2	180	346	0				19.94
2	20.2	200	403	1				22.03
3	20.2	220	454	2				20.79
4	22.3	180	403	2				19.05
5	22.3	200	454	0				20.27
6	22.3	220	346	1				33.48
7	23.3	180	454	1				18.01
8	23.3	200	346	2				25.54
9	23.3	220	403	0				27.78

圖 4-4 L9 直交表銲道熔融面積量測結果

圖 4-5 所示為 L9 為直交表鉚線對鉚道熔透深度之影響，由圖中得知，以編號 8 之效果為最佳，鉚道深度為 2.88 mm。而編號 5 鉚道深度最差為 1.11mm。

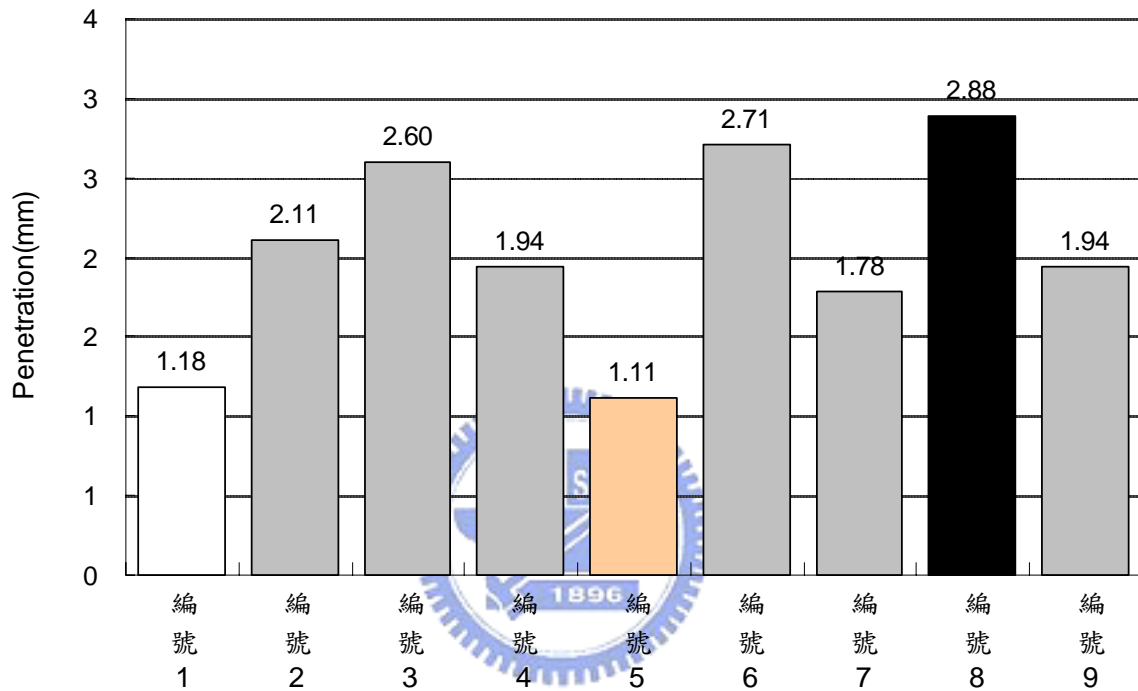


圖 4-5 L9 直交表鉚道熔透深度長條圖

表 4-4 為 L9 直交表實驗數據與 S/N 比，其中實驗數據即是本次研究關鍵要素”鉚道熔透深”，以望大特性之性質，計算出  $\eta$  值。

表 4-4 L9 直交表實驗數據與 S/N 比表

因子 實驗 編號	銲接 電壓(V)	銲接 電流(A)	銲槍走 行速度 (mm /min)	對接 間距 (mm)	銲道熔透深(結果)			銲道熔透深 $\eta$ (望大特性)
					Test(1)	Test(2)	Test(3)	
1	20.2	180	346	0	1.32	1.27	0.94	<b>1.106</b>
2	20.2	200	403	1	1.97	2.31	2.04	<b>6.412</b>
3	20.2	220	454	2	2.89	2.29	2.62	<b>8.181</b>
4	22.3	180	403	2	2.09	1.88	1.85	<b>5.718</b>
5	22.3	200	454	0	1.05	1.33	0.96	<b>0.693</b>
6	22.3	220	346	1	2.68	2.64	2.82	<b>8.660</b>
7	23.3	180	454	1	1.62	1.87	1.85	<b>4.952</b>
8	23.3	200	346	2	2.99	2.79	2.87	<b>9.187</b>
9	23.3	220	403	0	1.60	1.43	2.78	<b>4.732</b>

如表 4-5 所示為 L9 直交表展開之輔助表及圖 4-6 因子效果圖，由輔助表與效果圖中即可得知本次研究的初始最佳參數，當銲接電壓在第三

水準(23.3 V)、銲接電流在第三水準(220 A)、銲槍走速在第一水準(346 mm/min)、對接間距在第三水準( 2mm)時，為 MIG 銲接初步之最佳化製程條件。此三水準之因子效果圖，可以很明顯看出各因子對於產品品質特性的發展趨勢。

表 4-5 L9 直交表實驗展開之銲道熔透深輔助表

	A	B	C	D
1	15.698	11.776	<b>18.953</b>	6.531
2	15.071	16.293	16.862	20.024
3	<b>18.872</b>	<b>21.572</b>	13.826	<b>23.086</b>
P	3.800	9.796	2.090	16.555
影響度排名	3	2	4	1
最佳參數	A-水準3	B-水準3	C-水準1	D-水準3

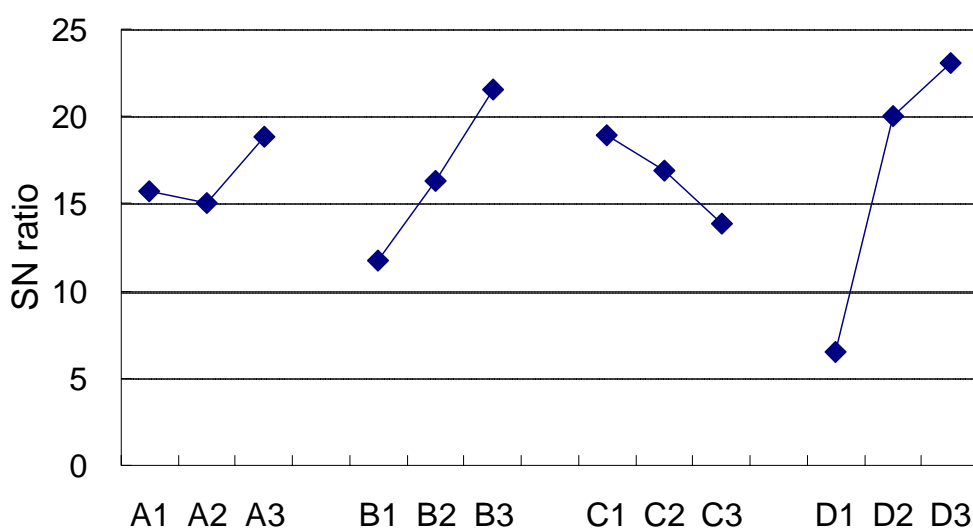


圖 4-6 因子效果圖

田口方法在實務應用上可以不必透過變異數分析(ANOVA)，即可逕以因子效果圖來判斷各因子的顯著性。可是進行變異數分析，能夠提供不同因子相對效果一個更客觀的判斷方式。如表 4-6 所示為變異數分析表，為了避免過度的估計因子效果，田口博士建議合併(pooling)較小的平方和，以估計誤差變異數。

由表 4-6 變異數分析表可知，D 因子(對接間距)對製程系統的影響性最大，佔 65.32% 貢獻率；其次為 B 因子(銲接電流)，佔 17.69% 貢獻率；最後為 C 因子(銲槍走速)，佔 2.22% 貢獻率。

表 4-6 L9 直交表實驗展開之銲道熔透深變異數分析表

要因	f 自由度	SS 平方和	V 均方	SS' 淨平方和	$\rho$ %貢獻率
A	2	★ 2.767	pooled	—	—
B	2	16.027	8.013	13.259	<b>17.69%</b>
C	2	4.431	2.215	1.663	<b>2.22%</b>
D	2	51.724	25.862	48.956	<b>65.32%</b>
e(誤差)	2	2.767	1.384	—	16.99%
Te(總和)	8	74.948	9.369	63.879	100%

綜合以上結果可獲得最佳參數如表 4-7 所示，並利用此最佳參數搭配各種混合型助銲劑的添加進行銲接實驗探討。

表 4-7 最佳參數表

因子	最佳參數
A 銲接電壓	23.3 V
B 銲接電流	220 A
C 銲槍走行速度	346 mm/min
D 對接間距	2mm

#### 4.1.3 最佳化條件確認

為確保所得之操作條件為最適當之設定水準，必須進行驗證方可確保；由上文中已知當參數設定為  $A_3B_3C_1D_3$  時，可以得到最佳之熔透深度，其中銲接電壓對熔透深度的影響不大，故將之列入誤差項予以忽略不記，由表 4-4 計算  $\eta$  平均值為 5.5157，再由表 4-5 計算預估之 S/N 比值為：

$$S/N(\text{預估}) = \eta \text{ 平均值} + (B_3 \text{ 平均值} - \eta \text{ 平均值}) + (C_3 \text{ 平均值} - \eta \text{ 平均值}) + (D_3 \text{ 平均值} - \eta \text{ 平均值}) = 10.1732$$

由表 4-6 中計算，若在 95% 之信心水準下，進行三次再現實驗則推論其誤差為 4.1326，亦即依最佳參數進行在現實驗所得之 S/N 值應為  $10.1723 \pm 4.1326$ 。

經參數設定為  $A_3B_3C_1D_3$  的條件下進行三次再現實驗，所得之熔透深度分別為 3.54、3.67、3.6mm，經計算得其 S/N 值為 11.131，符合預期之範圍，故知所設定的操作條件為正確之結果。



#### 4.2 助銲劑對銲道外觀之影響

如圖 4-7 所示為混合成分之助銲劑對 SAE1020 低碳鋼銲道外觀之影響。針對銲道外觀可以由銲道外觀完整程度、過熔(undercut)狀況、銲道冠高及金屬填料與母材熔合狀況等等幾個方面來探討，從圖 4-7 中可觀察出以銲道外觀來說，大致上不受有無添加助銲劑而有所變化，僅有包藥銲線之銲道較為光滑平整；而銲道寬度亦無較大的變化。

在所有的銲道中有過熔(undercut)現象較嚴重者為添加助銲劑  $MgCO_3$  (100%)、 $MoO_3(60\%)+Fe_2O_3(40\%)$ 及  $MoO_3(80\%)+MgCO_3(20\%)$ ；較輕微者

為添加助銲劑  $\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)+\text{SiO}_2(60\%)$ 。而從銲道冠高來觀察以裸線銲道及添加單一助銲劑之銲道冠高較高，添加混合型助銲劑及包藥銲線之銲道冠高較低。

另外，從背視圖可以清楚看出金屬填料與母材熔合狀況，所有銲道中以添加混合型助銲劑、 $\text{MgCO}_3$  (100%)最佳，包藥銲線之銲道最差，其他次之。







NO	Flux	成份	前視圖	背視圖
1	NO Flux			
2	$\text{MoO}_3$	100%		
3	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	100%		

圖 4-7 助銲劑對低碳鋼銲道外觀之影響

















NO	Flux	成份	前視圖	背視圖
4	SiO <sub>2</sub>	100%		
5	MgCO <sub>3</sub>	100%		
6	MoO <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60% 40%		
7	MoO <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	60% 40%		
8	MoO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub>	80% 20%		
9	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	40% 60%		
10	包藥			

圖 4-7 助鐸劑對低碳鋼鐸道外觀之影響(續)

### 4.3 助銲劑對銲道形態之影響

如圖 4-8 所示為裸線、單一助銲劑、混合成分助銲劑及包藥銲線對 SAE1020 低碳鋼銲道截面型態之實驗結果，由圖中可明顯看出，在 10 組式片中，以  $\text{MoO}_3$  (100%)助銲劑、 $\text{MoO}_3(60\%)+\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)$ 助銲劑、 $\text{MoO}_3(60\%)+\text{SiO}_2(40\%)$ 助銲劑、 $\text{MoO}_3(80\%)+\text{MgCO}_3(20\%)$ 助銲劑及  $\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)+\text{SiO}_2(60\%)$ 助銲劑成效最佳，對低碳鋼銲道成形的作用效果最為顯著，可達到完全熔透的最佳銲道穿深效果。





NO	Flux	成份	銲道截面圖
1	NO Flux		
2	$\text{MoO}_3$	100%	
3	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	100%	

圖 4-8 助銲劑添加對銲道截面型態之影響







NO	Flux	成份	銲道截面圖
4	SiO <sub>2</sub>	100%	
5	MgCO <sub>3</sub>	100%	
6	MoO <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60% 40%	
7	MoO <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	60% 40%	
8	MoO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub>	80% 20%	
9	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	40% 60%	

圖 4-8 助銲劑添加對銲道截面型態之影響(續)


NO	Flux	成份	銲道截面圖
10	包藥		

圖 4-8 助銲劑添加對銲道截面型態之影響(續)

#### 4.4 助銲劑對銲道熔融面積之影響

圖 4-9 為裸線、單一助銲劑、混合成分助銲劑及包藥銲線銲道熔融面積長條圖。而圖 4-10 為銲道熔融面積量測結果圖示。長條圖中所示  $MgCO_3(100\%)$  對銲道熔融面積最大，可達  $35.6mm^2$ ，包藥銲線銲道熔融面積為  $21.3mm^2$  為面積最小者。

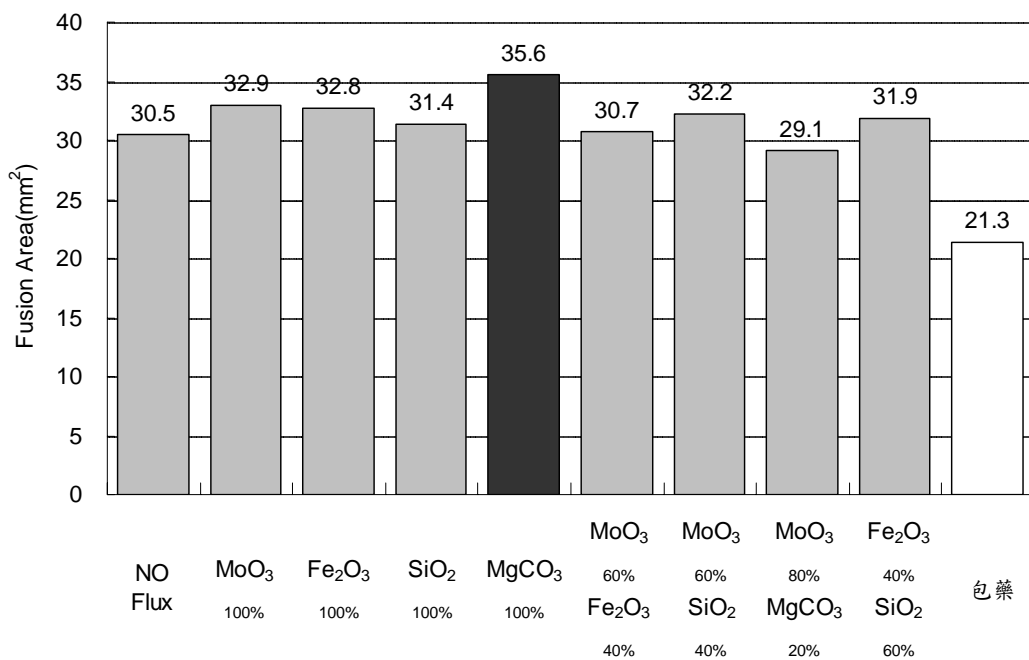


圖 4-9 裸線、助銲劑(單一及混合)及包藥銲線銲道熔融面積長條圖

鐳道熔融面積與熱輸入量有明顯之關係，熱輸入量愈高，鐳道熔融面積隨之上升；本研究中發現，在傳統 MIG 鐳中添加單一助鐳劑，可有微量效果提高熱輸入量，形成較高之鐳道熔融面積。而混合型助鐳劑與裸線鐳道熔融面積比較後則差異不大。由此可知當 MIG 鐳接經過田口分析獲得最佳的鐳接參數後，添加單一助鐳劑或混合型助鐳劑對鐳道熔融面積並無明顯的助益。











Flux	成份	鐳道熔融面積	Flux	成份	鐳道熔融面積
NO Flux			MoO <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60% 40%	
MoO <sub>3</sub>	100%		MoO <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	60% 40%	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	100%		MoO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub>	80% 20%	
SiO <sub>2</sub>	100%		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	40% 60%	
MgCO <sub>3</sub>	100%		包藥		

圖 4-10 鐳道熔融面積量測結果圖示

#### 4.5 助銲劑對銲道深寬比之影響

本研究主要係以銲道熔深/熔寬比值來作為銲道穿深能力之評估指標。因此，銲接後銲道寬度越窄越好，深度越深越佳。圖 4-11 係裸線、單一助銲劑、混合成分助銲劑及包藥銲線對銲道深寬比之影響，圖中顯示，對深寬比影響最大為  $\text{MoO}_3(60\%)+\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)$ ，其比值可達到 0.53。No flux 之深寬比為 0.31，包藥銲線之深寬比為 0.23 為最小者。

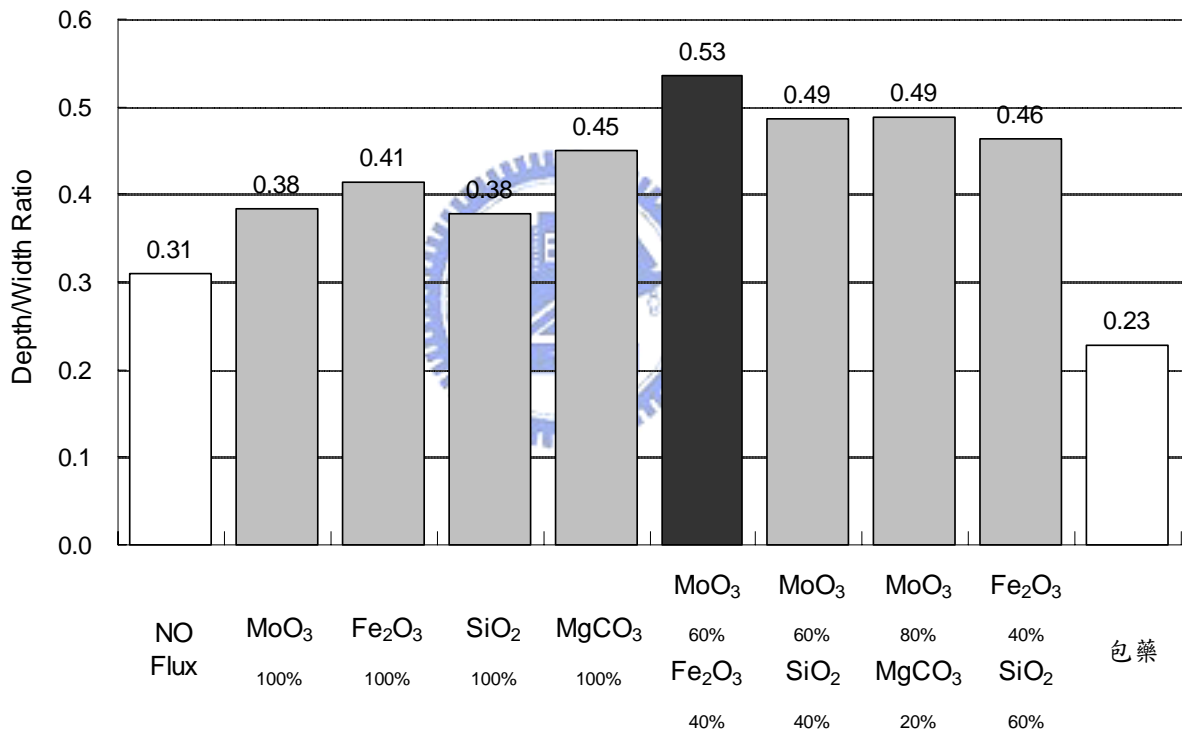


圖 4-11 裸線、助銲劑(單一及混合)及包藥銲線對

銲道深寬比之影響長條圖

#### 4.6 助銲劑對銲道深度之影響

圖 4-12 所示為裸線、單一助銲劑、混合成分助銲劑及包藥銲線對銲道熔透深度之影響，由圖中得知，以  $\text{MoO}_3(60\%)+\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)$  之混合助銲劑效果為最佳，銲道深度為 4.63mm。No flux 為 2.79mm，包藥銲線銲道深度最差為 1.99mm。

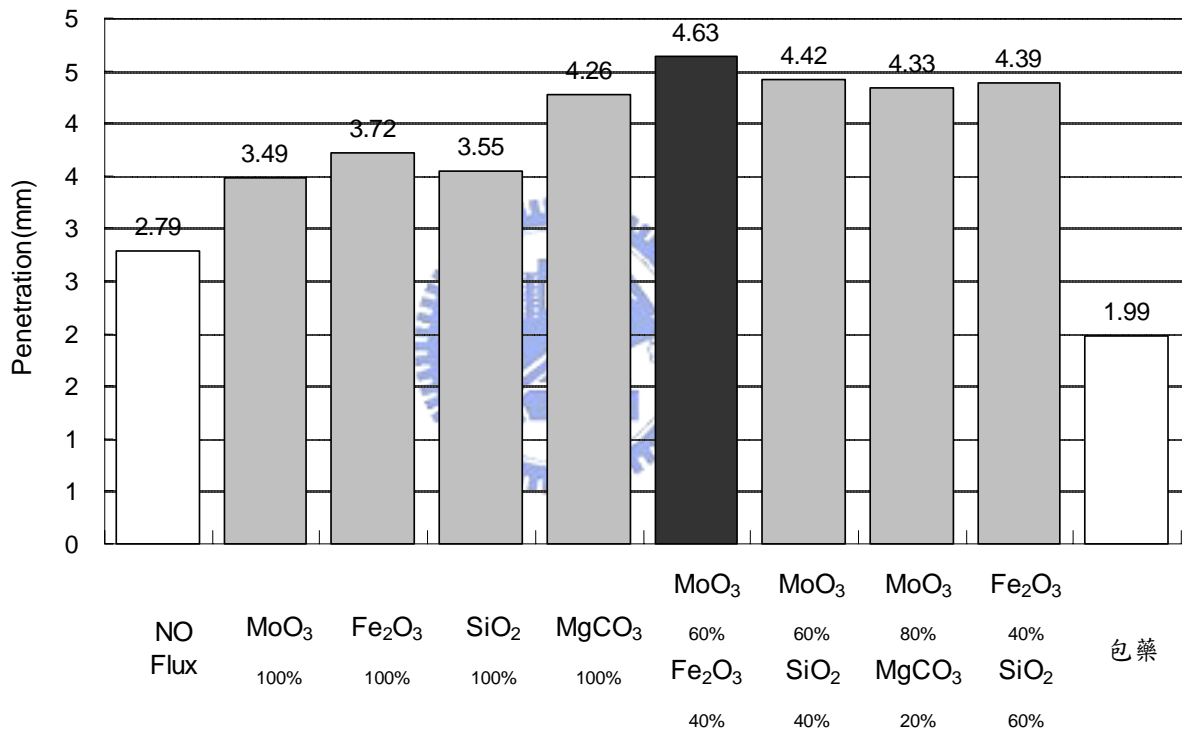


圖 4-12 裸線、助銲劑(單一及混合)及包藥銲線對

銲道熔透深度影響長條圖

#### 4.7 助錒劑對錒道微硬度之影響

在施錒的過程中，母材因電能轉換成熱能而熔化，在凝固的過程中，速度的快慢為影響母材錒接處晶粒之大小的原因之一，溫度越高處，凝固較慢，晶粒亦較粗大，同樣的硬度亦較軟，反之亦然。

圖 4-13 為裸錒、單一助錒劑、混合成分助錒劑及包藥錒線對錒道微硬度之影響，從圖中可知以  $MgCO_3(100\%)$  對微硬度值之影響最高約 274.8Hv，另外  $Fe_2O_3(100\%)$  最差為 200.6 Hv，No flux 為 228.3 Hv，包藥錒線為 243.7Hv。

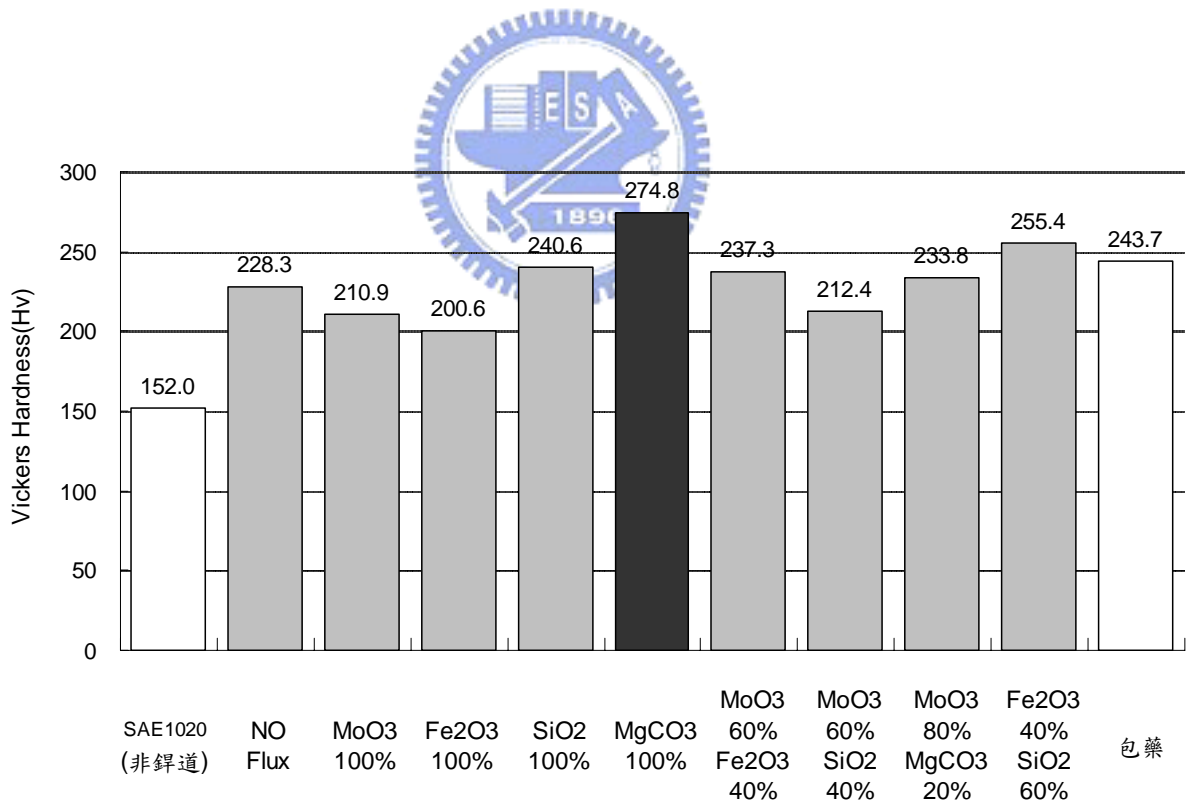


圖 4-13 裸錒、助錒劑(單一及混合)及包藥錒線對

錒道微硬度之影響長條圖



#### 4.8 助銲劑對電弧型態之影響

關於助銲劑對 MIG 銲道成形之影響行為與作用機制，在此可藉由電漿電弧柱收縮現象來加以探討與分析。

在 MIG-Flux 銲接過程中，可明顯發現電漿電弧柱會產生收縮現象，而此電漿電弧柱收縮現象可有效集中電弧熱量，進而使銲道熔透深度增加。如圖 4-14 所示，由於電漿電弧中心區域的溫度要遠高於分子解離溫度，因此活性助銲劑在電漿電弧的高溫作用下，活性助銲劑中的原子將會被電離成電子與正離子。而在相對溫度較低的電漿電弧柱外圍區域，活性助銲劑中被蒸發的物質仍會以分子或解離原子的形態存在，且解離原子將會大量地吸附電漿電弧柱周邊區域中的電子而形成負離子，使得電漿電弧柱周邊區域中作為主要導電物質的電子數急劇減少，亦即會降低電漿電弧柱之導電能力或縮小電漿電弧柱之導電面積，進而迫使電漿電弧柱產生收縮現象。至於此現象可有效集中電弧熱量，進而使銲道熔透深度增加。

由圖 4-14 可得知，試驗片 NO.6  $\text{MoO}_3(60\%)+\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)$ 、NO.7  $\text{MoO}_3(60\%)+\text{SiO}_2(40\%)$ 、NO.8  $\text{MoO}_3(80\%)+\text{MgCO}_3(20\%)$  及 NO.9  $\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)+\text{SiO}_2(60\%)$  共 4 種試驗片電弧形態確認結果，電弧因添加活性混合助銲劑後有明顯收縮現象，同時熔融填料也較能深入對接間距

內，因此，熔透深度增加。另外，NO.10 包藥鉚線部分則完全無法熔透。









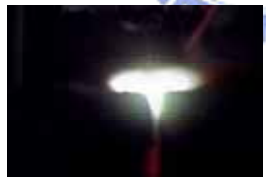

NO	Flux	成份	電弧型態	NO	Flux	成份	電弧型態
1	NO Flux	—		6	MoO <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60% 40%	
2	MoO <sub>3</sub>	100%		7	MoO <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	60% 40%	
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	100%		8	MoO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub>	80% 20%	
4	SiO <sub>2</sub>	100%		9	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	40% 60%	
5	MgCO <sub>3</sub>	100%		10	包藥	—	

圖 4-14 裸線、助鉚劑(單一及混合)及包藥鉚線電弧形態

#### 4.9 助鉚劑對拉伸試驗之影響

由於鉚接熔透深度之影響，在選擇製作拉伸試驗片必須以熔透深度達 4mm 以上。經過初步篩選結果試驗片 NO.5 MgCO<sub>3</sub> (100%)、NO.6 MoO<sub>3</sub>(60%)+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(40%)、NO.7 MoO<sub>3</sub>(60%)+SiO<sub>2</sub>(40%)、NO.8

MoO<sub>3</sub>(80%)+MgCO<sub>3</sub>(20%)、NO.9 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(40%)+SiO<sub>2</sub>(60%)、原素材(即未經過銲接製作成拉伸試驗片)再加上 NO Flux(因熔透深度僅 2.79mm，為了達到比較效果，截取銲道末段過熱區，熔透深度達 3.6mm 處製作拉伸試驗片)共 7 種試驗片作為拉伸試驗確認，如圖 4-15 可發現，添助銲劑銲接拉伸試驗結果與未經過銲接之素材抗拉強度比較之下，其中以 MgCO<sub>3</sub>(100%) 980 kgf/mm<sup>2</sup> 明顯可達到同素材之抗拉強度水準且明顯高於 NO Flux 793kgf/mm<sup>2</sup> 更好效果，而 MoO<sub>3</sub>(60%)+SiO<sub>2</sub>(40%) 696kgf/mm<sup>2</sup> 及 MoO<sub>3</sub>(80%)+MgCO<sub>3</sub>(20%) 678kgf/mm<sup>2</sup> 則因添加混合型助銲劑而降低抗拉強度。

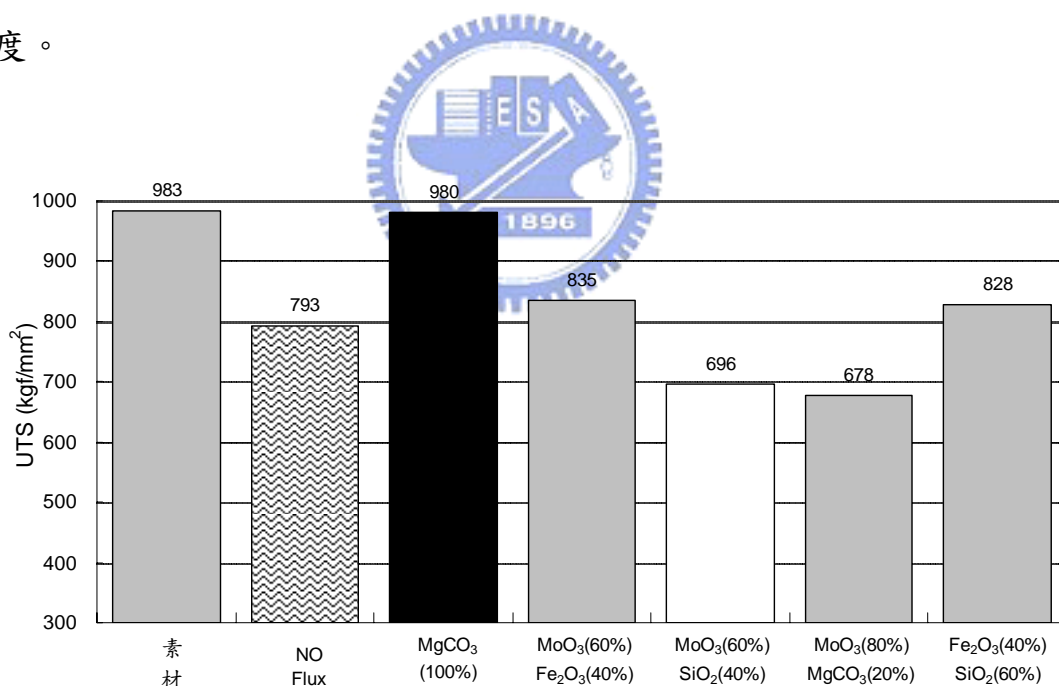


圖 4-15 抗拉強度比較長條圖

如圖 4-16 及 4-17 所示為拉伸試片收縮斷面圖、收縮率長條圖，由圖中可得知，收縮率隨著抗拉強度降低而增加，MgCO<sub>3</sub>(100%)收縮率最小 57.5%；MoO<sub>3</sub>(60%)+SiO<sub>2</sub>(40%)收縮率最大 81.1%。

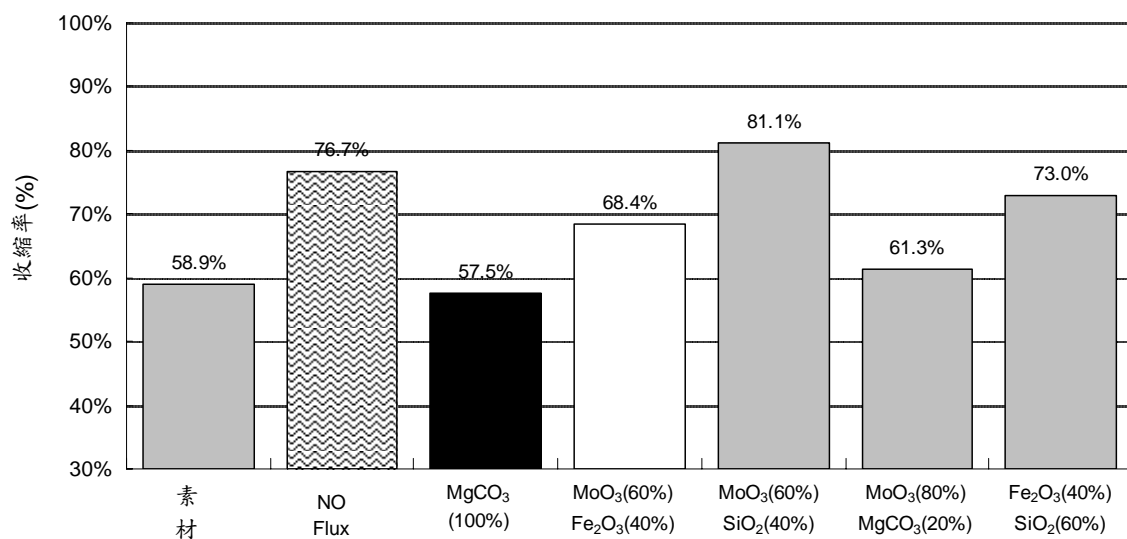


圖 4-16 收縮率比較長條圖



NO	Flux	成份	收縮率	拉伸試驗片斷面積
1	素材	原SAE1020未 銲接素材	58.9%	
2	NO Flux		76.7%	

圖 4-17 拉伸試驗收縮斷面積


NO	Flux	成份	收縮率	拉伸試驗片斷面積
3	MgCO <sub>3</sub>	100%	57.5%	
4	MoO <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60% 40%	68.4%	
5	MoO <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	60% 40%	81.1%	
6	MoO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub>	80% 20%	61.3%	
7	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	40% 60%	73.0%	

圖 4-17 拉伸試驗收縮斷面積(續)

如圖 4-18 為拉伸試驗之應力-應變圖。

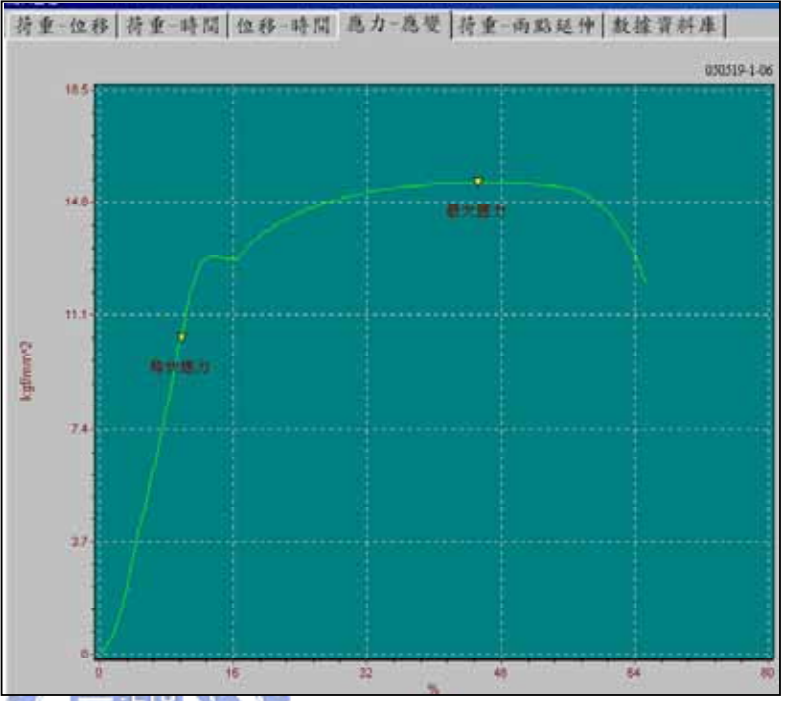
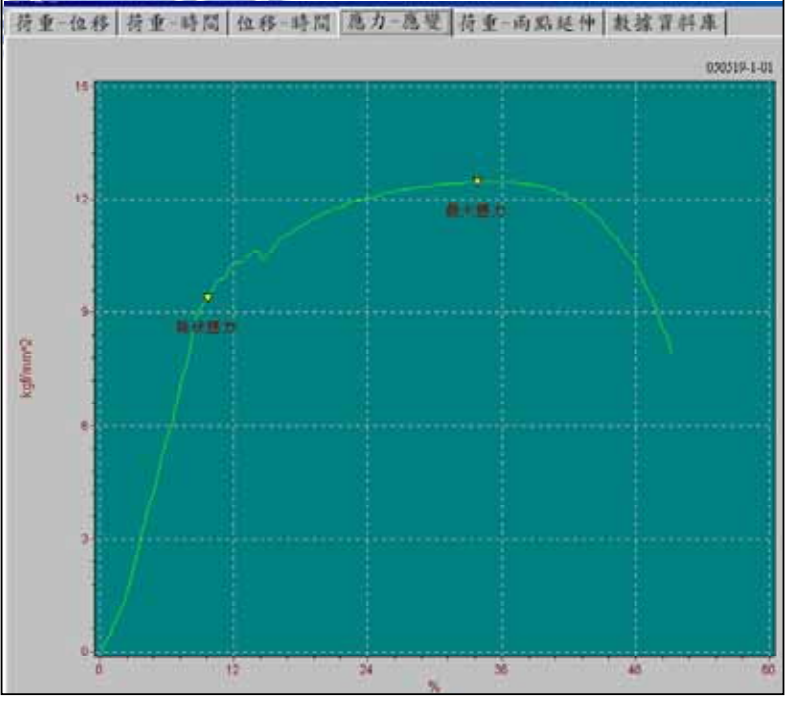
NO	Flux	成份	拉伸試驗片斷面積
1	素材	原SAE1020未 銲接素材	
2	NO Flux		

圖 4-19 拉伸試驗應力-應變圖

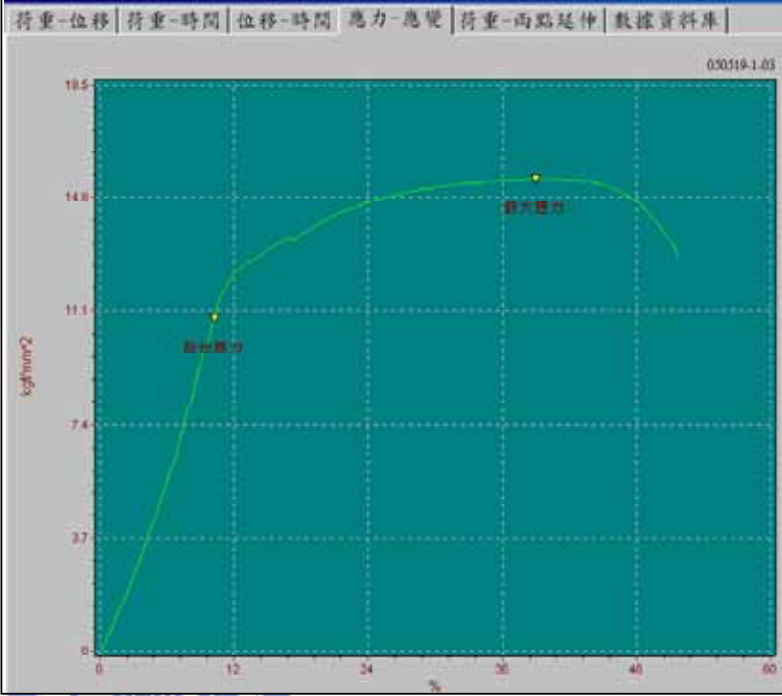
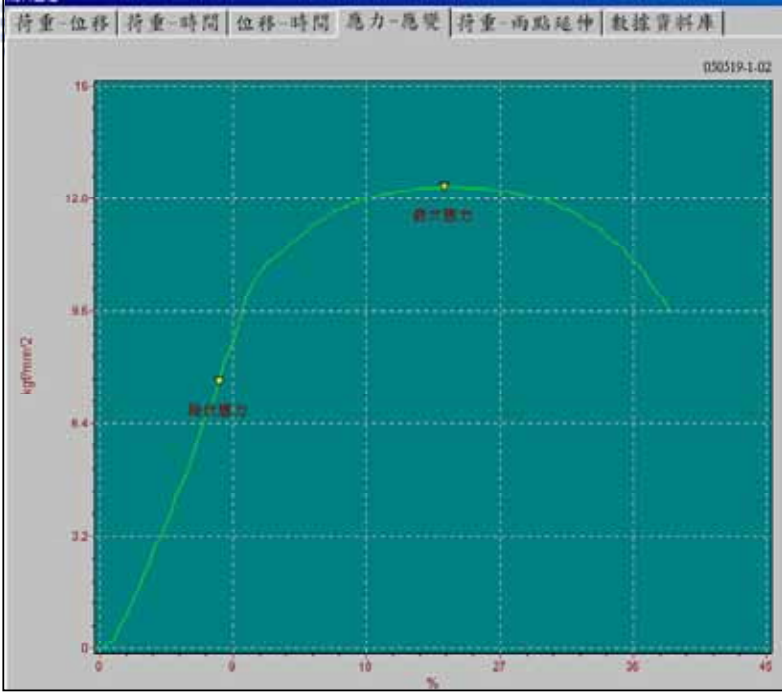
NO	Flux	成份	拉伸試驗片斷面積
3	MgCO <sub>3</sub>	100%	 <p>050519-1.03</p> <p>Yield strength: 11.1 kgf/mm<sup>2</sup></p> <p>Tensile strength: 14.8 kgf/mm<sup>2</sup></p>
4	MoO <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60% 40%	 <p>050519-1.02</p> <p>Yield strength: 8.4 kgf/mm<sup>2</sup></p> <p>Tensile strength: 12.0 kgf/mm<sup>2</sup></p>

圖 4-19 拉伸試驗應力-應變圖(續)

NO	Flux	成份	拉伸試驗片斷面積
5	MoO <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	60% 40%	
6	MoO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub>	80% 20%	

圖 4-19 拉伸試驗應力-應變圖(續)



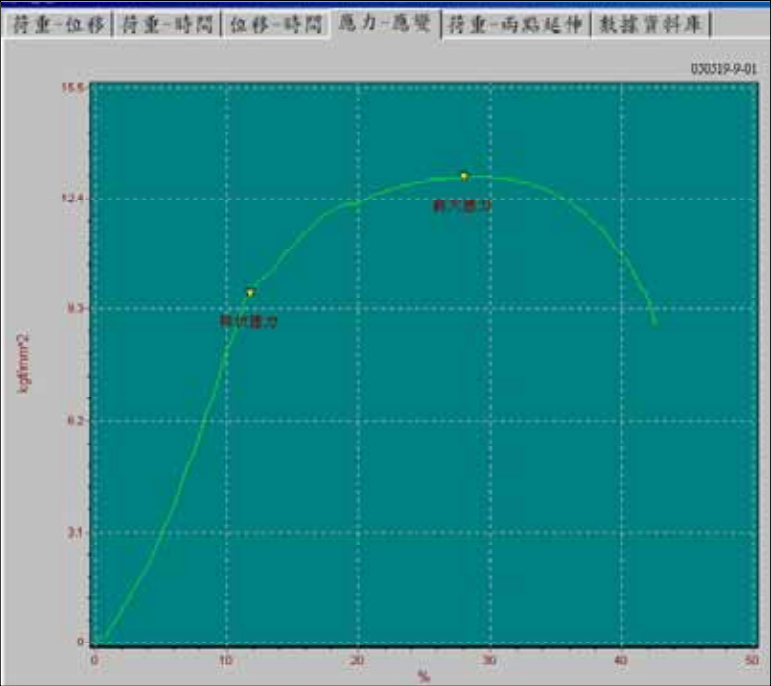
NO	Flux	成份	拉伸試驗片斷面積
7	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	40% 60%	

圖 4-19 拉伸試驗應力-應變圖(續)

## 第五章 結論

綜合以上實驗結果可歸納出下述結論：

1. 在銲接實驗過程中，使用田口方法所獲得初始最佳參數條件，再以此參數條件展開後續之實驗有利於整體實驗的準確性提高。
2. 對銲道外觀之影響而言，在所有的銲道中有過熔(undercut)現象較嚴者為添加助銲劑  $\text{MgCO}_3$  (100%)、 $\text{MoO}_3$ (60%)+ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (40%)及  $\text{MoO}_3$  (80%) +  $\text{MgCO}_3$  (20%)；較輕微者為添加助銲劑  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (40%)+ $\text{SiO}_2$ (60%)。
3. 對銲道形態之影響而言，以  $\text{MoO}_3$  (100%)助銲劑、 $\text{MoO}_3$ (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%)+ $\text{MgCO}_3$ (20%)助銲劑及  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (40%)+ $\text{SiO}_2$ (60%)助銲劑成效最佳，對低碳鋼銲道成形的作用效果最為顯著，可達到完全熔透的最佳銲道穿深效果。
4. 對銲道熔融面積之影響而言， $\text{MgCO}_3$ (100%)對銲道熔融面積最大，包藥銲線銲道熔融面積最小者。
5. 對銲道深寬比之影響而言，對深寬比影響最大為  $\text{MoO}_3$ (60%)+ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (40%)，其比值可達到 0.53。No flux 之深寬比為 0.31，包藥銲線之深寬比為 0.23 為最小者。
6. 對銲道深度之影響而言，以  $\text{MoO}_3$ (60%)+ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (40%)之混合助銲劑效果

為最佳，包藥銲線銲道深度最差為。

7. 對銲道微硬度之影響而言，以  $\text{Fe}_2\text{O}_3(100\%)$  對微硬度值之影響最高，No flux 最低。
8. 對電弧型態之影響而言，試驗片  $\text{MoO}_3(60\%)+\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)$ 、 $\text{MoO}_3(60\%)+\text{SiO}_2(40\%)$ 、 $\text{MoO}_3(80\%)+\text{MgCO}_3(20\%)$  及  $\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)+\text{SiO}_2(60\%)$  電弧形態確認結果，電弧因添加活性混合助銲劑後有明顯生收縮現象，同時熔融填料也較能深入對接間距內，熔透深度增加。
9. 拉伸試驗之影響而言，添助銲劑銲接拉伸試驗結果，其中以  $\text{MgCO}_3(100\%)$   $980 \text{ kgf/mm}^2$  明顯可達到同素材之抗拉強度水準且明顯高於 NO Flux  $793 \text{ kgf/mm}^2$  更好效果，而  $\text{MoO}_3(60\%)+\text{SiO}_2(40\%)$   $696 \text{ kgf/mm}^2$  及  $\text{MoO}_3(80\%)+\text{MgCO}_3(20\%)$   $678 \text{ kgf/mm}^2$  則因添加混合型助銲劑而降低抗拉強度；伸長率亦有相同之趨勢。
10. 綜合以上說明可以獲得如圖 5-1 之雷達圖，可以清楚的看出各種助銲劑對銲道之影響。其中從銲道深寬比、銲道深度及抗拉強度三項重要指標判定，個人建議搭配 MIG 銲接製程以  $\text{MoO}_3(60\%)+\text{Fe}_2\text{O}_3(40\%)$  混合型助和劑及  $\text{MgCO}_3(100\%)$  單一助銲劑在本次研究各項表現都非常好，僅有和到外觀有過熔(undercut)現象，但可以從銲接參數調整克。
11. 使用田口方法進行最佳參數條件的取得確認，若能更進一步的考量助

鋁劑添加後，鋁接工作進行時相互間化學變化之關係，直接應用在獲得最終最佳鋁接參數，對於工業界將有所助益，有賴於後續研究者持續研究。

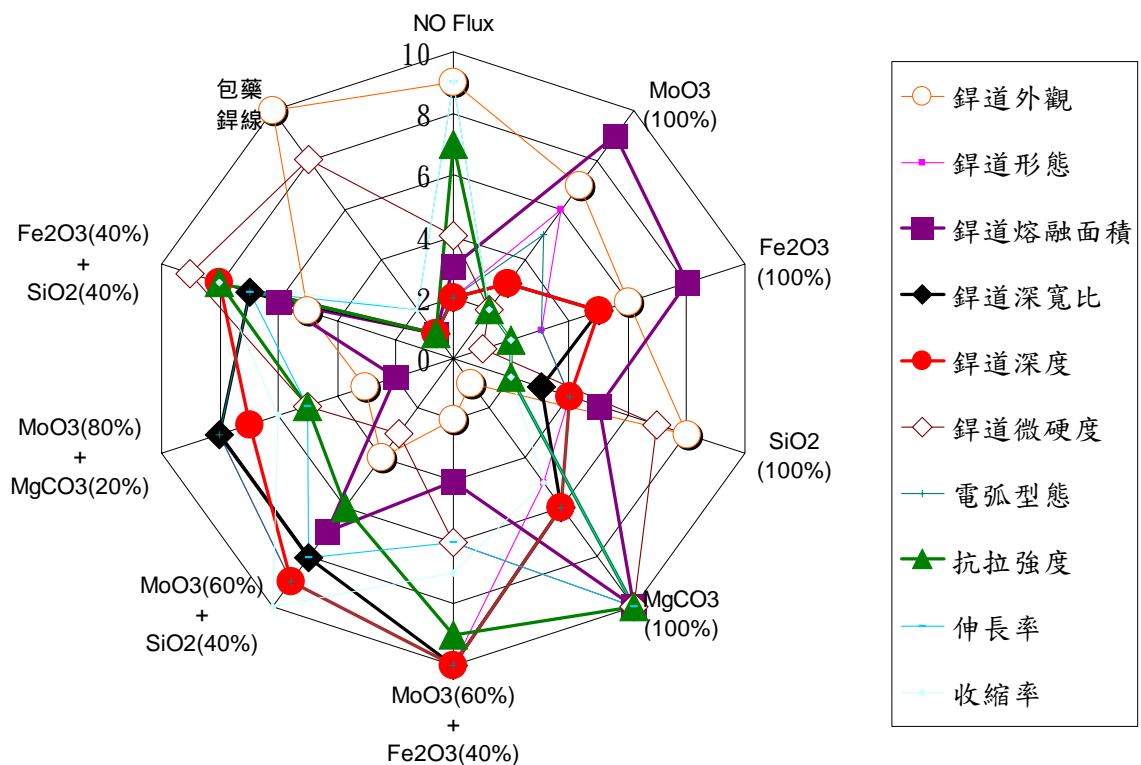


圖 5-1 各種助鋁劑對鋁道之影響雷達圖