

- (3) 不同強度等級的碳鋼和低合金鋼或不同低合金鋼之間銲接時，可按異種銲接頭中強度等級較低的鋼材來匹配相應的銲材。但應保證銲道和接頭強度高於強度較低鋼材的強度，而塑性、韌性應不低於強度較高而塑性較差的鋼材性能。其銲接技術包括銲接參數，預熱溫度、銲後熱處理等應按其中銲接性較差的鋼種確定，以防產生銲接裂紋。
- (4) 銲接中碳鋼時，由於其含碳量高，產生裂紋的傾向大。因此，應選用低氫系銲條或銲道金屬具有良好塑性和韌性的不銹鋼銲條。
- (5) 鑄鋼一般含碳量較高，且厚度大，形狀複雜，銲接時易產生裂紋。因此，應選用抗裂性能好的低氫系銲條，必要時還應採取相應的技術措施如預熱、緩冷等。
- (6) 對鋼板厚度大，銲道尺寸較大，銲道長且平銲位置較多的鋼結構銲接，儘量選用高效鐵粉銲條，對立銲位多或大管道銲接等，儘可能地選用專用銲條，如立銲下進銲條、管道專用銲條等，可提高銲接生產效率，並利於銲接品質的提高。
- (7) 對有耐腐蝕(如耐大氣腐蝕、耐海水腐蝕等)要求的結構，應選用為其配套的專用銲材或熔填金屬化學成份與其相近的銲材。
- (8) 對低合金高強度鋼的銲接結構，若強度高，結構鋼性大，接頭應力高，銲道容易產生裂紋的條件下，從使用性考慮，有時可選用強度等級比母材低一個等級的銲材，即按等韌性的原則。
- (9) 在酸性銲條和低氫系鹼性銲條都可滿足性能要求的條件下，應儘量選用酸性銲條。
- (10) 對使用性相同的銲材，應選用價格低的銲材。
- (11) 在滿足使用性能和操作性能的前提下，應適當選用規格大、效率高的銲材。

## 7.2 銲接施工注意事項

各種低合金鋼由於所含元素不同，強度等級不同，銲接性差異很大。對強度等級低( $\sigma_s \leq 390\text{MPa}$ )的低合金鋼，由於碳當量低；塑性及韌性好、銲接性較好，一般不需要採取特殊的技術措施。對於  $\sigma_s \geq 440\text{MPa}$  級低合金高強度鋼，銲接時熱影響區易出現麻田散鐵組織，硬度明顯增加、塑性、韌性降低，耐腐蝕性能惡化，冷裂紋傾向較大，為此，對每種鋼種應制定具高的銲接程序。現就注意要點簡介如下：

- (1) 儘量選用低氫系銲條。只有在強度等級較低或耐大氣腐蝕的薄板銲接結構，才可選用其它類型的銲條。
- (2) 為了避免產生延遲裂紋，應儘量減少銲道金屬的含氫量。如銲條使用前必須烘乾。低氫系銲條一般  $300\sim 400^\circ\text{C}$  烘乾 1 至 2 小時，必要時最高可提高到  $450^\circ\text{C}$  等。
- (3) 預熱可防止冷裂紋，減少銲接應力，與適當的線能量配合還可改善銲接接頭的組織和性能，對於常用的低合金高強度鋼，可按下式確定預熱溫度。

$$T(^{\circ}\text{C})=1440 \times P_c(\%) - 392$$

$$P_c = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn+Cu+Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B + \frac{\delta}{600} + \frac{[H]_D}{60}$$

式中 C、Si、Mn、Cu、Cr、Ni、Mo、V、B---鋼中元素含量

$\delta$ ---板厚 (mm)

[H]D---擴散氫含量(甘油法；mL/100g)

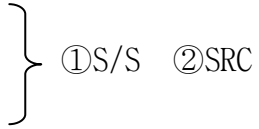
層間溫度一般應等於或略低於預熱溫度

- (4) 鐸後熱處理可消除鐸接部位的殘餘應力，改善鐸接接頭性能，並有除氫作用。後熱溫度不能高於調質鋼等鋼材的回火溫度，一般為 580~620°C，具體溫度應根據鋼材的材質來確定，保溫時間可按每 25mm 板厚保溫 1 小時來確定。
- (5) 厚板高強度鋼鐸接時，必須保持一定的預熱溫度和層間溫度，預熱帶的寬度(指局部預熱時)為板厚的 5~6 倍。定位鐸可選用強度稍低於母材，而塑性、韌性好的低氫系鐸條。定位鐸道不宜太短約為 40~60mm 以防定位鐸道的裂紋。鐸接時量採用對稱，分段、退鐸法進行，以減少局部應力。鐸後熱處理時，溫度約 200~250°C，保溫 2~5 小時，覆蓋緩冷。對於中、高碳鋼的鐸接，其主要困難在於中、高碳鋼的含碳量高，故鐸接時容易引起金屬的硬化及鐸接熱影響區的裂紋，因此應儘量選用性能與鋼材相近而韌性較高的低氫系鐸條，並參照上述要點進行鐸接。

## 8 鋼結構鐸接方法與鐸材的選用

### 8.1 鋼結構工程之分類：

- (1) 廠房：
  1. 重型工廠：煉鋼廠、發電廠、煉油廠、化學廠、水泥廠、大型電子廠等。
  2. 中型工廠：中小型軋鋼廠、鋼結構製造廠、紡織廠、紙廠等。
  3. 輕型工廠：小型電子廠、食品廠、成衣廠等。
- (2) 橋樑(斜張橋、箱型橋、H/I 型橋、U 型橋、桁架型)：
  1. 大跨距：跨海鋼橋、跨江鋼橋、跨河鋼橋等。
  2. 中跨距：道路高架橋、鐵路鋼橋、捷運鋼橋等。
  3. 小跨距：人行路橋、造景用鋼橋等。
- (3) 大樓：
  1. 超高層：30 層以上
  2. 中高層：15~30 層
  3. 一般：一般住宅、辦公室、保齡球館、車站等。


- (4) 港機設備：
  1. 碼頭貨櫃吊車
  2. 陸用貨櫃吊車
  3. 碼頭卸煤、卸谷、麥機
- (5) 儲槽：
  1. 油槽、天然氣桶槽。
  2. 倉庫
  3. 輸送機及支架
- (6) 其他：
  1. 體育場、活動中心
  2. 道路收費站
  3. 停機坪、修機坪
  4. 管線(輸油、輸氣、輸水)
  5. 隧道鋼架、活動鋼模。
  6. 機械體

## 8.2 鋼結構用鋼材品質分類及特性

品質分類	常用規格	特性與用途	備註
一般結構用鋼	SS400、SS300、A36、SM400、SN490B.C、A283/A、B、C	適用於一般切割、彎曲、銲接加工等，組合成普通強度需之結構體。常用於廠房、機械板面、鋼結構、水道管等。	
高強度結構用鋼	SM490、SN490B.C、A572Gr50、60、65、SS490	此類係添加微量合金之高強度鋼，不僅強度高，且適用於銲接。一般用於大樓結構、橋樑	
耐候性結構用鋼	A588、A242、ACR-AEN AP、COR-TENA、B	此類鋼板加鋼、鉻或磷、使鋼板表面形成保護膜，以阻止銹蝕之進行。一般常用於橋樑、煙窗、耐候結構體等	

## 8.3 鋼構工程常用銲接方法：

- (1) 遮護金屬電弧銲接 SMAW(俗稱手銲)
- (2) 氣體遮護金屬電弧銲接 GMAW(俗稱 CO<sub>2</sub>)
- (3) 包藥銲線電弧銲接 FCAW
- (4) 電熱熔渣電弧銲接 ESW(Electro-Slag Welding)  
 消耗性電熱熔渣 CES(Consumable Electro-Slag)  
 非消耗性火咀電熱熔渣 SESNET(Simplified Electro-slag Welding Process with Non-Consumable Elevating Tip)
- (5) 電熱氣體電弧銲接 EGW(Electro gas Welding)
- (6) 潛覆電弧銲接 SAW
- (7) 電弧植釘銲接 Stud ARC Welding

8.4 鐸接方法及鐸材選用：

製作流程 / 鐸接方法 / 鋼材規格 / 鐸材選用

(一) 大樓工程：

製作流程 B-H/BOX		鐸接方法		鋼材規格	適用鐸材	備註	
一次加工	鋼板切割開槽 (缺陷 NOTCH 鐸補)必要時		SMAW (小線徑鐸條)		請參照附件	請參照附件	
	加工 (鋼板對接/必要時)		點鐸/打底 CO <sub>2</sub>		請參照附件	請參照附件	
			SAW		請參照附件	請參照附件	
	組立 (假鐸)	B-H	SMAW		請參照附件	請參照附件	
		BOX	CO <sub>2</sub>		請參照附件	請參照附件	
			FCW		請參照附件	請參照附件	
	鐸接	B-H	SAW		請參照附件	請參照附件	
		BOX	內 隔 板	SMW	請參照附件	請參照附件	U 型鐸接
				FCW	請參照附件	請參照附件	
				EGW	請參照附件	請參照附件	
ESW				請參照附件	請參照附件		
SESNET				請參照附件	請參照附件		
偶角	SAW	請參照附件	請參照附件				
二次加工	連接板/加勁(SmalL piece) 板鐸接		假鐸	SMW	請參照附件	請參照附件	
				CO <sub>2</sub>	請參照附件	請參照附件	
				FCW	請參照附件	請參照附件	
			CO <sub>2</sub>		請參照附件	請參照附件	
			SMW		請參照附件	請參照附件	
			FCW		請參照附件	請參照附件	
工地安裝	工地鐸接		SMW		請參照附件	請參照附件	
			FCW		請參照附件	請參照附件	
備註							

鋼材規格及適用鐸材請參照附件

(二) 橋樑

製作流程		銲接方法	鋼材規格	適用銲材	備註		
一次加工	切割/開槽 缺陷(Notch)銲補必要時		SMAW (小線徑銲條)	請參照附件	請參照附件		
	加工鋼板對接(必要時)		假銲	CO <sub>2</sub>	請參照附件	請參照附件	
				SAW	請參照附件	請參照附件	
			SAW		請參照附件	請參照附件	
	組立 (假銲)	B-H	SMAW	請參照附件	請參照附件		
		B-I	CO <sub>2</sub>	請參照附件	請參照附件		
		Block	FCW	請參照附件	請參照附件		
	銲接	B-H	SAW	請參照附件	請參照附件	四隅角	
		B-I					
		Block	SAW	請參照附件	請參照附件	四隅角	
			FCW	請參照附件	請參照附件	內隔板	
二次加工	銲接(Small piece)		FCW	請參照附件	請參照附件	加勁板	
			CO <sub>2</sub>	請參照附件	請參照附件	連接板	
			SMAW	請參照附件	請參照附件	Small piece	
工地安裝	工地銲接(必要時)		SMAW	請參照附件	請參照附件		
			FCW	請參照附件	請參照附件		
備註							

附件：鋼材規格及適用銲材對照表

附錄：各種銲接方法照片

附件：鋼材規格及適用鐸材對照表

鋼材規格及鐸材選用 JIS

組別	適用鐸材	適用鐸材					備註
	鐸接方法 鋼材符號	手鐸	CO2	包藥鐸	潛弧鐸	電渣鐸	
(一) 一般結構用	SS330 (SS34)	AWS E60XX (E6019)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E6XT-X (E61T-13)	AWS F6XAX-EXXX (F6A2-EL8)		
	SS400 (SS41)	AWS E60XX (E6019)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E6XT-X (E61T-13)	AWS F6XAX-EXXX (F6A2-EL8)	AWS FES70-ES-G-EW	
	SS490 (SS50)	AWS E70XX (E7016, E7018)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E7XT-X (E71T-1)	AWS F7XAX-EXXX (F7A2-EM12K)	AWS FES70-ES-G-EW	
	SS540 (SS55)	AWS E80XX (E8016, E8018)	AWS ER80S-X (ER80S-G)	AWS E8XT1-X (E81T1-G)	AWS F8XAX-EXX-X (F8A4-EG-G)	AWS FES70-ES-G-EW	
(二) 鐸接結構用	SS400	AWS E60XX (E6019)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E7XT-X (E71T-1)	AWS F7XAX-EXXX (F7A2-EM12K)	AWS FES70-ES-G-EW	
	SS490	AWS E70XX (E7016, E7018)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E7XT-X (E71T-1)	AWS F7XAX-EXXX (F7A2-EM12K)	AWS FES70-ES-G-EW	
	SS520	AWS E70XX (E7016, E7018)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E7XT-X (E71T-1)	AWS F7XAX-EXXX (F7A2-EM12K)	AWS FES70-ES-G-EW	
	SS570	AWS E90XX-X (E9016-G)	AWS ER80S-X (ER80S-G)	AWS E8XT1-X (E81T1-GC)	AWS F8XAX-EXX-X (F8A4-EG-G)		
(三) 耐候性鐸接結構用	SMA400	AWS E70XX-X (E7018-W1)	AWS ER80S-X (ER80S-G)	AWS E8XT1-X (E81T1-W2C)	AWS F7XAX-EXX-X (F7A2-EG-G)		
	SMA490	AWS E70XX-X (E7018-W1)	AWS ER80S-X (ER80S-G)	AWS E8XT1-X (E81T1-W2C)	AWS F7XAX-EXX-X (F7A2-EG-G)		

鋼材規格及鐸材選用 CNS

組別	適用鐸材	適用鐸材					備註
	鐸接方法 鋼材符號	手鐸	CO2	包藥鐸	潛弧鐸	電渣鐸	
(一) 一般結構用	SM400 SN400 SMA400	E43XX E50XX DA50XX-X	YGWXX	YFW-XXX	FS-XXX- YS-XXX AWS F6XAX-EXXX F7XAX-EXXX		
(二) 鐸接結構用	SM490 SM520 SMA490 SN490	E5016 E5026 DA50XX-X	YGWXX	YFW-XXX YFA-XXX	FS-XXX- YS-XX AWS F7XAX-EXXX Or F7XAX-EXXX-XX		
(三) 耐候性鐸接結構用	SM570 SMA570	EXX16 EXX26 DXX18 DA5816-W	YGWXX	YFW-XXX YFA-XXX	FS-XXX- YS-XX AWS F8XAX-EXX-XX		

**鋼材規格及鐸材選用 ASTM**

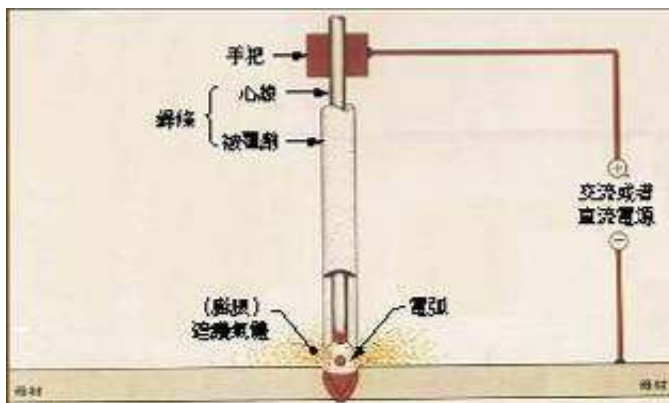
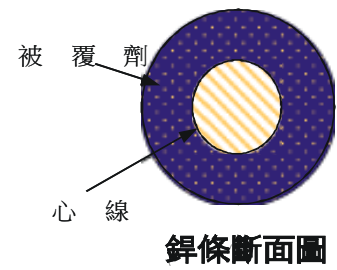
組別	適用鐸材	適用鐸材					備註
	鐸接方法	手鐸	CO2	包藥鐸	潛弧鐸	電渣鐸	
鋼材符號							
一般結構用	A36	AWS E60XX (E6019)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E7XT-X (E71T-1)	AWS F7XAX-EXX (F7A2-EM12K)	AWS FES70-ES-G-EW	
中低強度結構用	A283 Grade A						
	A283 Grade B						
	A283 Grade C	AWS E60XX (E6019)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E7XT-X (E71T-1)	AWS F7XAX-EXX (F7A2-EM12K)		
	A283 Grade D	AWS E60XX (E6019)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E7XT-X (E71T-1)	AWS F7XAX-EXX (F7A2-EM12K)		
低合金結構用	A572 Grade 42						
	A572 Grade 50	AWS E70XX (E7016, E7018)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E7XT-X (E71T-1)	AWS F7XAX-EXX (F7A2-EM12K)	AWS FES70-ES-G-EW	
	A572 Grade 60	AWS E90XX-X (E9016-G)	AWS ER80S-X (ER80S-G)	AWS E8XT1-X (E81T1-GC)	AWS F8XAX-EXXX-X (F8A4-EG-G)		
	A572 Grade 65	AWS E90XX-X (E9016-G)	AWS ER80S-X (ER80S-G)	AWS E8XT1-X (E81T1-GC)	AWS F8XAX-EXXX-X (F8A4-EG-G)		
橋樑結構用	A709 Grade 36	AWS E60XX (E6019)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E7XT-X (E71T-1)	AWS F7XAX-EXX (F7A2-EM12K)		
	A709 Grade 50	AWS E70XX (E7016, E7018)	AWS ER70S-X (ER70S-6)	AWS E7XT-X (E71T-1)	AWS F7XAX-EXX (F7A2-EM12K)		
	A709 Grade 50W	AWS E80XX-W (E8018-W2)	AWS ER80S-X (ER80S-G)	AWS E8XT1-X (E80T1-W2C)	AWS F7A4-EW-W		
高強度低合金鋼	A588 Grade A	AWS E80XX-W (E8018-W2)	AWS ER80S-X (ER80S-G)	AWS E8XT1-X (E80T1-W2C)	AWS F7AX-EXXX-W (F7A4-EW-W)		
	A242 Type 1	AWS E80XX-W (E8018-W2)	AWS ER80S-X (ER80S-G)	AWS E8XT1-X (E80T1-W2C)	AWS F7XAX-EXXX-W (F7A4-EW-W)		

註：請參考中華民國鋼結構協會發行：結構用鋼材之規格與性能手冊

附錄：各種銲接方法照片



# 手 銲 接



銲接示意圖

\* 銲道形狀

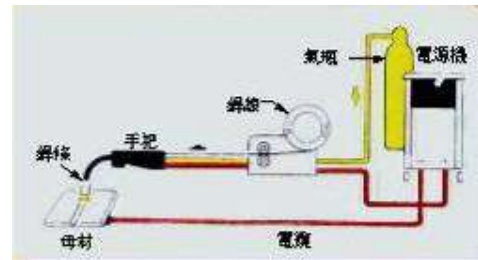
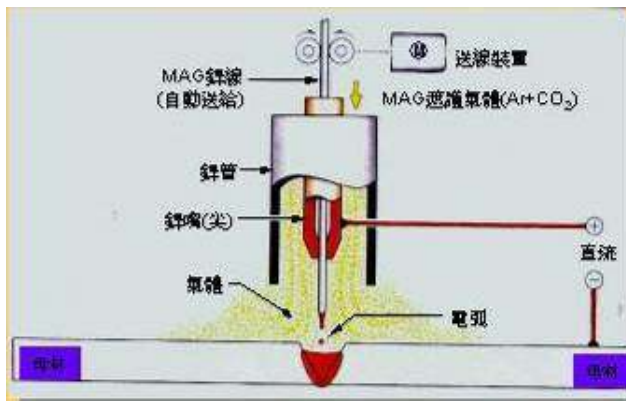
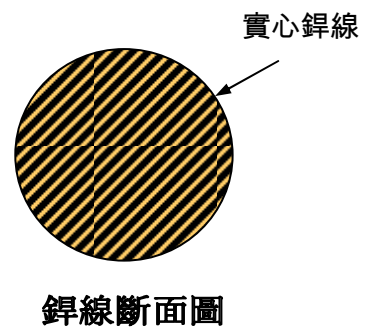






## 氣體遮護金屬電弧銲接

註：混合氣在日本  $\text{CO}_2$  含量  $\geq 5\%$  稱 MAG， $\text{CO}_2 < 5\%$  稱 MIG

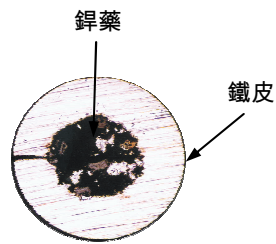
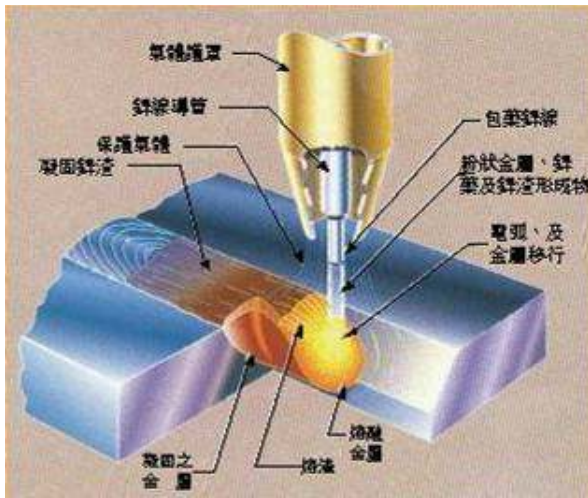


銲接示意圖

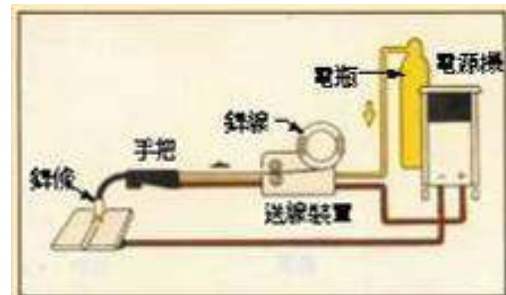
\* 銲道形狀



# 包藥銲接電弧銲接



包藥銲線斷面圖



銲接示意圖

\* 銲道形狀



# 包藥鋁線電弧鋁接 FCAW

船上應用



小型拖車



TT-BAR L.W



L.W





圖1 移動門型支架



圖2 稱裝放置平台



圖3 支架及平台可輕鬆移動



圖4 大袋錫材TM-70C新裝



圖5 錫於鋅粉底漆鋼板之錫道與優異剝離性



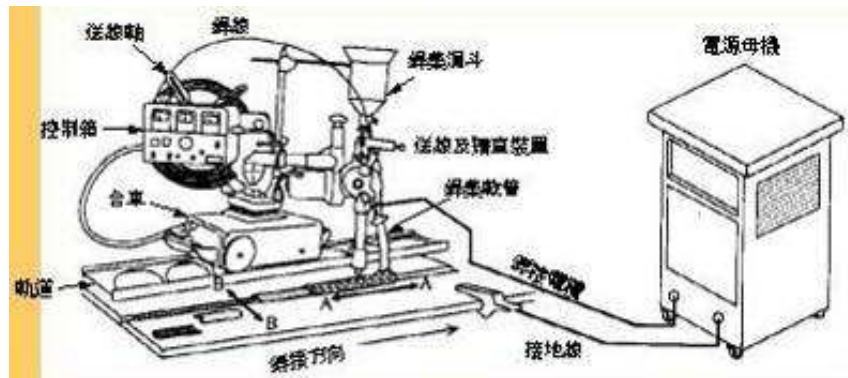
圖6 兩架自走台車同時銲接



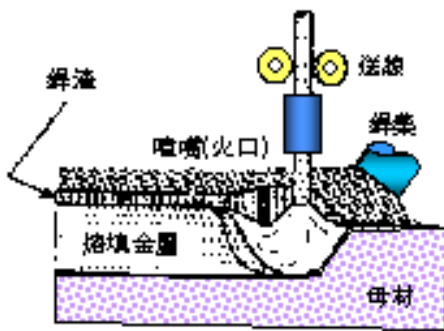
圖7 自走台車交錯銲接情況



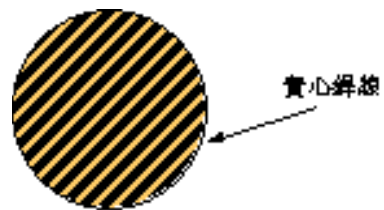
# 潛弧銲接



銲接示意圖



A-A 斷面圖



銲線斷面圖

\* 銲道形狀

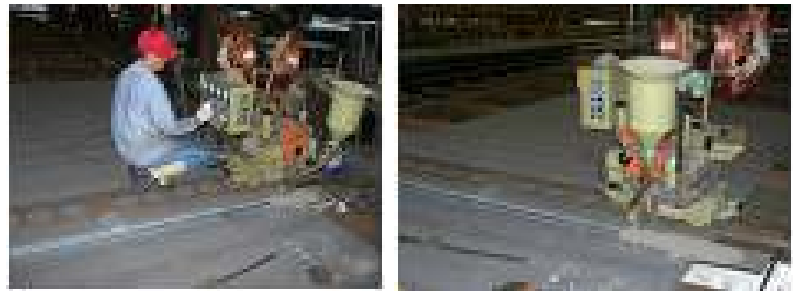
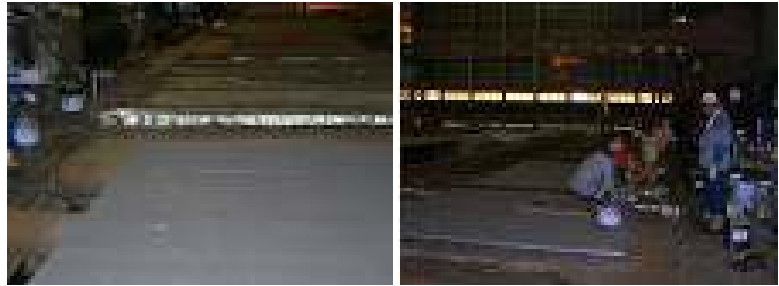


# 潛弧銲接

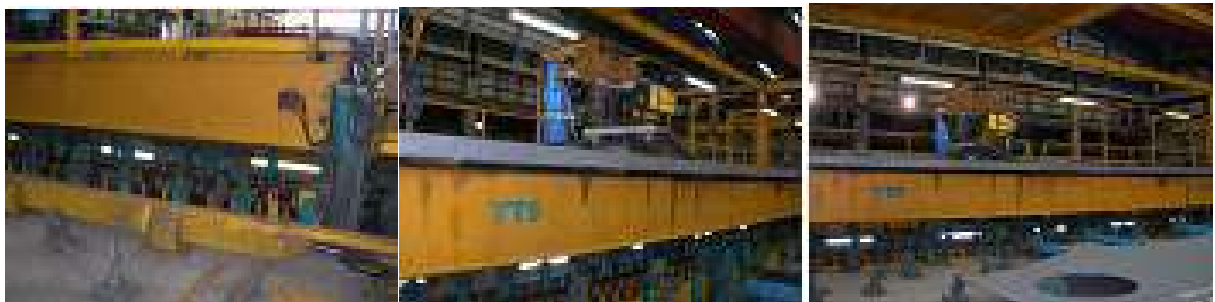
(1)造船三電極



(2)造船雙電極 RF1



(3)造船雙電極 FCB



(4)鋼構應用型鋼流程－SAW 銲接



# 潛弧銲接

(5) 管路銲接

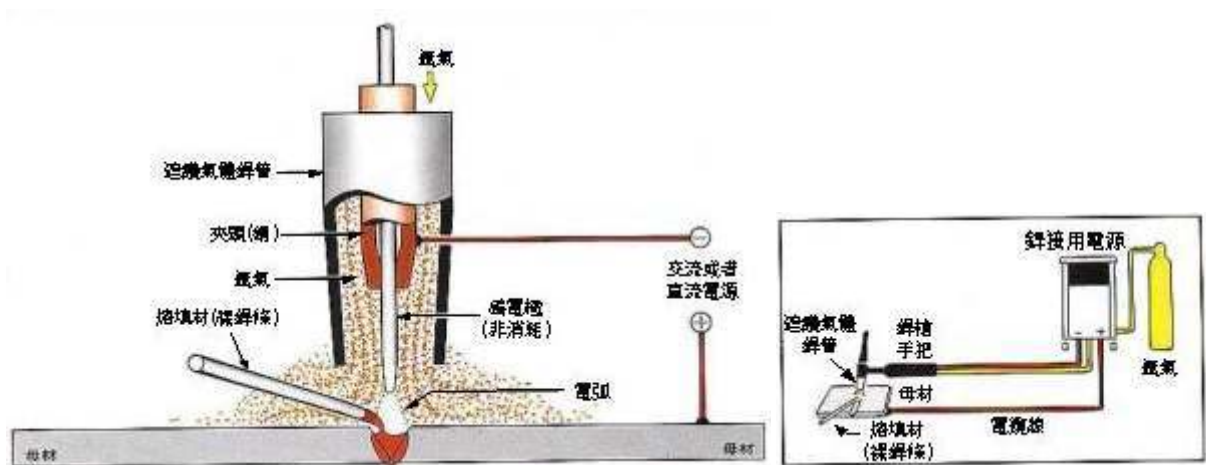


(6) 儲槽橫銲





# TIG 銲接



銲接示意圖

\* 銲道形狀

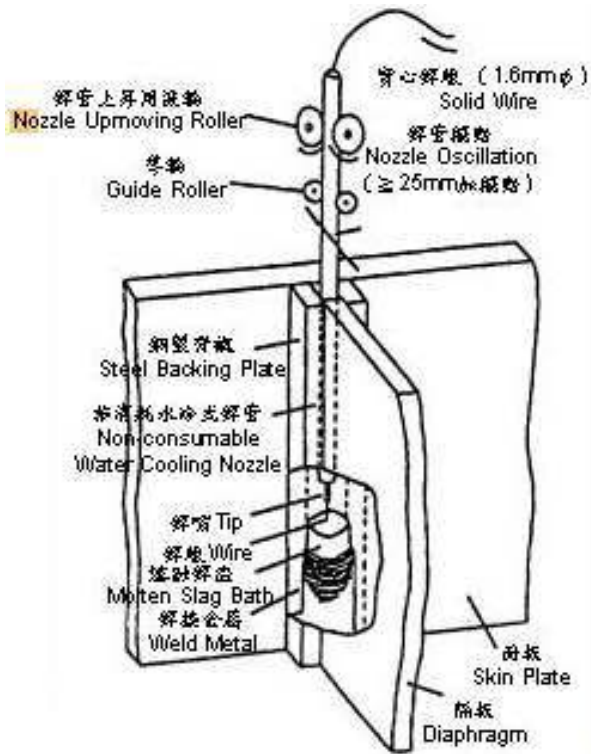


# GTAW(氬鐸)

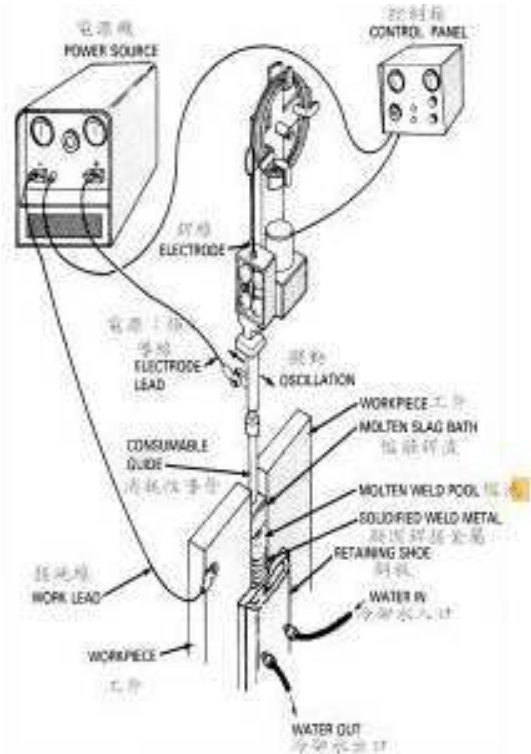
Auto TIG



# 電渣銲(ESW/SESNET)



非消耗性導管電渣銲銲接示意圖



消耗性導管電渣銲銲接示意圖



桶裝 TES-50G



實際銲接設備、試片組裝情形



鐸道形狀(未除渣)

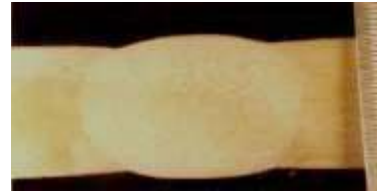


鐸道形狀(除渣後)

# 電熱氣體電弧銲(EGW)



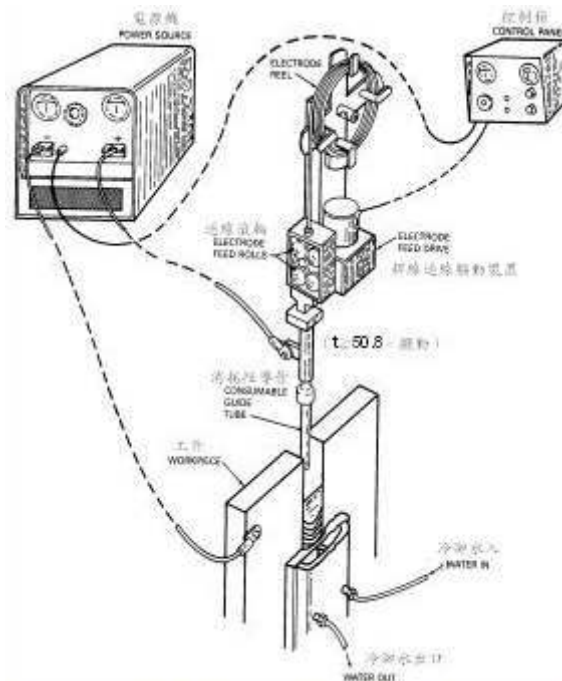
桶裝 TWE-721



銲道剖面



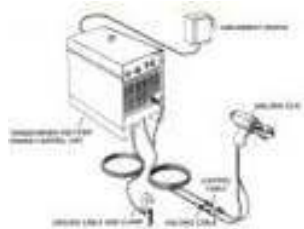
現場銲接操作



消耗性導管銲接示意圖

# 植釘鐸(SW)

## (1)電弧植釘鐸



## (2)電容放電植釘鐸



## (3)植釘工件

### 鋼結構植釘手工鐸



### 箱型柱流程



# 常用銲接法之優劣

優劣 銲接法	優 點	缺 點
SMAW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 電弧銲中最廣泛應用之一種</li> <li>• 設備相當簡單、低廉且移動方便</li> <li>• 較氣遮護電弧銲對風量的敏感性小</li> <li>• 除需受制於部份銲條類型與大小外，適於所有銲接位置</li> <li>• 可在其它銲法難以接近的場所施銲</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 電流不宜太高</li> <li>• 熔填速度(deposition rate)及效率低</li> <li>• 銲條常更換及清渣，電弧發生率(arc time)低</li> </ul>
GTAW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 熱源易控制，頗適薄板銲接</li> <li>• 幾乎適用於所有金屬</li> <li>• 對易形成耐高溫氧化物鋁、鎂、鈦、鋯等銲接特別有用</li> <li>• 銲接品質優良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 銲接效率低</li> <li>• 鎢極可能熔入造成夾鎢—形成硬、脆點</li> <li>• 保護氣體成本高</li> <li>• 設備銲接成本高</li> </ul>
GMAW FCAW-G	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 可連續銲接，效率高</li> <li>• 適全位置銲接</li> <li>• 熔填速度快</li> <li>• 極具經濟性(銲接費用便宜)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設備昂貴且移動性差</li> <li>• 抗風力薄弱(風速小於 2m/sec)</li> <li>• 電弧熱強烈</li> </ul>
FCAW-SS (自遮護)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不必使用氣體鋼瓶及氣體膠管</li> <li>• 受風量因素影響較小，宜現場(室外)銲接</li> <li>• 使用較大電流，烤填速度及移行速度增加，降低銲接成本</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不適薄板銲接</li> <li>• 點銲需使用低氫系銲條，有銲渣難清除現象</li> <li>• 煙塵產生量大，通風要良好</li> <li>• 行動範圍狹窄電弧熱強烈</li> </ul>
SAW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 高速銲接及熔填率高，縮短銲接時間</li> <li>• 滲透深</li> <li>• 品質穩定，銲道外觀優良</li> <li>• 沒有弧光外洩的情況</li> <li>• 銲接過程中，煙塵產生量極少</li> <li>• 在露天工地，有相當風力時，亦可適應</li> <li>• 一般技術、操作容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 僅能使用平銲及橫銲</li> <li>• 工件組立精度要求較高</li> <li>• 因入熱量大，所以銲道強度和熱影響區的韌性變的較差</li> <li>• 銲接前準備及設備較複雜、且昂貴</li> </ul>

# 各種銲接方法綜合比較表

各種銲接方法綜合比較表							
主要性能		銲接方法	G.M.A.W	F.C.A.W	S.A.W	S.M.A.W	備註
銲 接 特 性 分 析 欄	保護氣體	CO2	CO2 or 混合氣	—	—	*F.C.A.W 又可分為兩種 1.innershield 2.outershield 在此僅作第 2 項的介紹，至於 innershield 亦可另外做分析	
	適用電流	150~500A	250~600A	400~1500A	80~500A		
	機動性	易	易	稍易	簡單		
	操作性	需具備技術	需具備技術	必須通曉	一般技術		
	火花量	多	少	—	多		
	銲道外觀	普通	良	優良	普通		
	滲透深度	稍深	深	很深	淺		
	除渣情形	需敲渣	容易敲渣	易敲渣	需敲渣		
	風速 2M/Sec 以上	易生氣孔	易生氣孔	不易	較不易		
	適用線徑(mm)	φ0.6~1.6	φ1.2~2.4	φ2.4~6.4	φ2.6~8.0		
	操作功率	40%	45%	60%	30%		
	熔填速度	可	良	優良	普通		
	熔真效率	95%	88%	99%	60%		

## 選擇銲接法之考慮因素

- 銲接品質
- 銲接效率
- 銲接成本
- 銲件之材料、形狀、大小、厚薄、負荷狀況、施銲場所
- 可資利用的銲接設備、費用、時間及銲接人員素質