

板 金 鎔 接 作 業 法

目 次

一 鎔接設計..... 1

1 鎔接接合處..... 1

2 鎔接構造的要素..... 2

3 鎔接接合處的種類..... 5

4 開溝的形狀..... 7

5 鎔接記號..... 10

6 殘留應力與歪彎..... 15

二 瓦斯鎔接作業..... 17

1 乙炔..... 18

2 氧氣..... 22

3 吹管..... 24

4 鎔接棒與熔劑..... 25

5 瓦斯鎔接作業..... 27

三 電弧熔接作業..... 29

- 1 電弧熔接作用..... 30
- 2 電弧熔接棒..... 31
- 3 電弧熔接機..... 36
- 4 電弧熔接作業..... 41
- 5 特殊電弧熔接法..... 46

四 抵抗銲接作業..... 54

- 1 電氣抵抗的銲接作用..... 55
- 2 點銲接機..... 56
- 3 接合銲接機..... 60
- 4 閃光相觸銲接機..... 61

五 銲接缺陷的檢查..... 65

- 1 銲接的缺點..... 67
- 2 缺陷的原因及其對策..... 69
- 3 銲接部的檢查..... 69
- 4 銲接技術檢定試驗..... 80

板金銲接作業法

一 銲接設計

銲接要適用工作物，要先考慮使用銲接是否適當，選定銲接方法及銲接前後的處理方法，決定接合處的尺寸，形狀，配置等，同時也要檢討其檢查方法。像這種對銲接的種種問題綜合的研討，我們稱之為銲接設計。在這些所研討的事項中，銲接接合處的種類，形狀及剩餘應力與彎曲等問題，是屬狹義的銲接設計，亦屬與銲接作業有直接關係的事項也。

1 銲接接合處

銲接（Welding）是使2個金屬片接觸，將其接觸部分加熱到銲融點或銲融點左右來接合。銲融接合時，銲接部要加上同質或純粹的金屬，補充其不足的金屬質，並以潤飾加強。用半銲融狀態接合時，接觸部要壓力接合。銲接由其加熱方法分為瓦斯銲接，電氣銲接，鉛熱劑銲接，電氣銲接由其原理分為電弧銲接及抵抗銲接。

銲接接合處的利害得失與鉚釘接合處相同，鉚釘接合處根本就是機械的接合，銲接接合處（Welded joint）卻是冶金學的剛性銲接。所以由銲接可製出完全的水密，氣密。例如油船就全面採用銲接。因為構造物的重量可因而減輕，換言之，就是可節省鋼材，這是銲接接合處的特點。不需像

鉚釘接合處鋼板要重疊起來，也不需要輪緣，因此建築構造全部採用鉚接，可比鉚釘構造節省鋼材 10 ~ 15 %，鉚接工程不需穿孔，鑿鉚釘頭凹窪，鉸鉚釘，擊成氣密作業，其機械設備很簡單，而且作業日數亦可縮短。

鉚接的短點，是被加熱的鉚接部冷卻時，因收縮而發生歪彎，會使鋼材內部殘留應力。防止歪彎，要預測收縮度及變形量再設計，但特別複雜的構造時，卻甚難正確測出。欲除去或減輕所殘留的應力，應在鉚接後施以燬、烘，因此需甚長的時間及頗多的經費。鉚釘的接合處，有的部分因受很大的力以致應力集中，使一部份的鉚釘發生破壞而鬆弛時，其他的鉚釘開始負起荷重，並充分緩和應力的集中，但鉚接接合處，一旦發生龜裂，會影響殘留應力，急速破壞進行的危險存在。

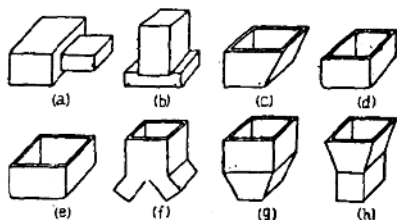
任何作業，技術者的技術與經驗是最重要固不待言，尤其鉚接方面更特別需要。技術未臻成熟，鉚接部會發生種種缺點，而其缺點卻需經煩瑣的檢查始能發現。可靠的鉚接接合處需操作者具有高度的技術與責任感，始可臻於此要求。

2 鉚接構造的要素

整個構造物由其構成要素組合本不待言。故鉚接構造可分解其單位構造。因此要剖折鉚接構造，首先需研究構成要素，並有調查其工作上的難易，強度、容積、載板之必要。鉚接構造上最重要的形狀，分為基本形及輔助形。基本形分為平面基本形，曲面基本形與混合形三種。

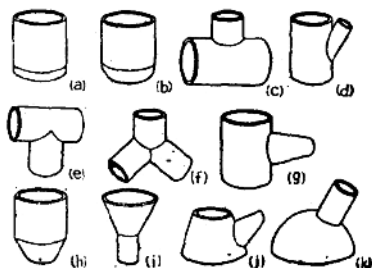
平面基本形最為廣域使用的是角柱，繼之則是立方體與角錐。※ 1 圖是一般所用的平面基本形與其組成之示例。圖 (a) 是 2 個帶鋼或角棒鋼所鉚接應用於把手的形狀。圖

(b) 亦然，被採用的簡單之軸受。圖(c)是切斷成斜面的角錐容器。圖(d)是底的長邊呈略圓的角柱容器。圖(e)是各稜的底略圓的角柱形容器。圖(f)有二個出口，圖(g)有角錐形出口的角柱容器，圖(h)是角錐形容器，而有角柱形出口。

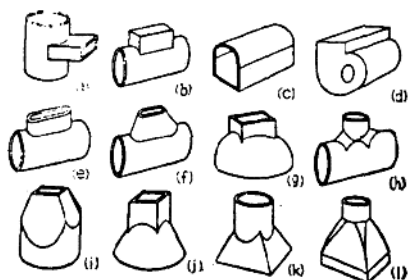


1. 圖 平面基本形

曲面基本形以圓柱，圓錐，球形這些形狀組成為主。球形的作業最困難，都用 $\frac{1}{4}$ 球或半球組成較多。※ 2 圖是曲面基本形的示例。混合形是由前二者所組成。※ 3 圖為其示例。

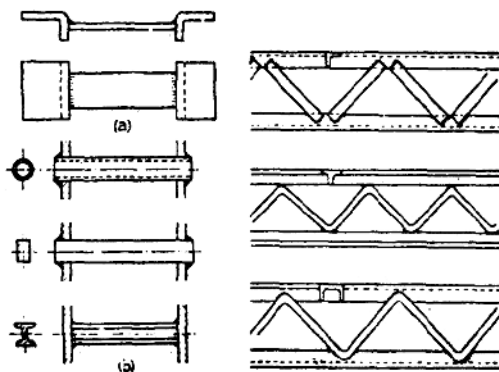


2 圖 曲面基本形



3 ■ 混合形

輔助形是以基本形的銲接，加強支架的接合處。銲接構造一般的剛性均劣，因此採用輔助形是否適合，於銲接構造是屬非常重要的事。※ 4 圖 (a) 是平行的 2 張鋼板，折彎緣的樣用鋼板結合的示例，圖 (b) 是棒鋼，形鋼、鋼管



4 圖 吊柱

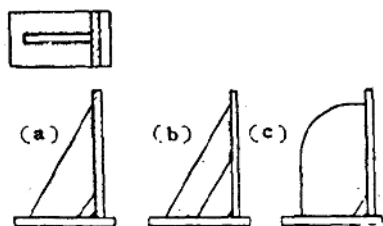
5 圖 柱樑

的支架 (Stay) 之示例。※ 5 圖是 2 支角鋼，槽鋼與用扁鋼、棒鋼所作的支架來銲接加強拉或標的示例。

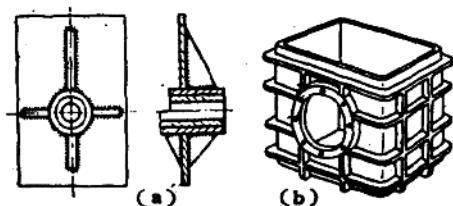
輪緣的本體及水槽的側板，以銲接肋材 (Rib) 輔助的較多。肋材的形狀如 ※ 6 圖 (a) 所示，一般均作三角形，但有時作圖 (c) 的形狀，將直角的邊角剪除以便易於銲接。

※ 7 圖 (a) 是側面嵌裝軸承以 4 支肋材加強的。而壓力容器的側板或門扇則如圖 (b) 之狀，以帶鋼的肋材，銲接成棋盤目的外形。

3 銲接接合處的種類

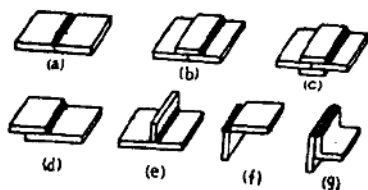


6 圖 加強板



7 圖 軸承與側板加強板

銲接接合處如※8圖所示，由母材的組合方法，可分成下列七種類。



8圖 銲接接合處の種類

- (a) 銲接接合處 (Butt joint)
- (b) 片面加強接合處 (Single strap joint)
- (c) 雙面加強接合處 (Double strap joint)
- (d) 重疊接合處 (Lap joint)
- (e) T型接合處 (Tee joint)
- (f) 邊角接合處 (Corner joint)
- (g) 邊緣接合處 (Edge joint)

以上七種又可用銲接種類分為下列4種 (見※9圖)

- (a) 銲接銲接 (Butt weld)
- (b) 邊角補肉銲接 (Fillet weld)
- (c) 邊緣銲接 (Edge weld)
- (d) 填物銲接 (Plug weld)

銲接銲接是銲接口與母材面成直角或接近直角的銲接，因此T型的銲接也包含在內。喉嚨 (Throat) 是銲接棒熔融所生熔着鐵的突起而被除去的部份。

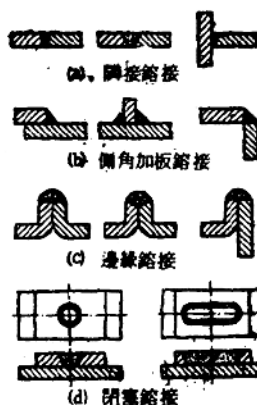
邊角補肉銲接是喉嚨方向與母材作 45° 或近 45° 之角度的銲接，重疊接合處，加強板接合處，T型接合處及邊

角接合處均屬之。

邊緣銲接是重疊的板材由邊緣銲接，採用邊緣接合處，都是在特別的情況。

填物銲接是重疊的母材一方所開的孔，填入熔着鐵而銲接，其孔徑要在板厚的2倍以上。孔有的作橢圓形，其周緣作 30° 左右的角度。這也是除特別情況外不用的銲接。此如※10圖所示又可為斷續銲接與連續銲接。連續銲接是沿銲接綫不中斷一氣喝成的銲接，斷續銲接是銲接綫隔以一定的

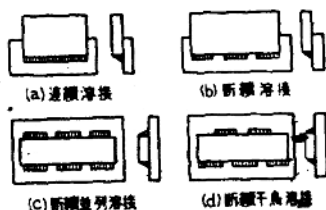
間隔斷續的銲接。使用加強板連接的接合處，T型接合處等，兩面均係斷續銲接，由其配置方法又可分為斷續並列銲接與鋸齒形銲接。



9 銲接的種類

4 開溝的形狀

母材的銲接部，削於若干角度，此稱為開溝（Groove）。開溝是銲着金屬的填埋，其銲量因開溝的形狀而異。因此在開溝前，有從板厚研究其經濟方法的必要。無節制的開溝，不但銲接金屬的量

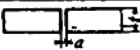


10 銲接的式樣

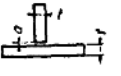
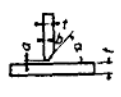
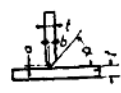
增加，而且還會削弱接合處的強度。磷接接合處開溝的形狀是按 ※ 1 表所列的 5 種類為標準。數字是表示適當的角度及母材的界隙。開溝的形狀要適應板厚而變化，厚板 V 型時，銲填的銲着金屬容積增加，會發生彎歪，底的部份易生不充分的銲接。板厚在 16 mm 以上時需製成 X 形。作 X 形的板如越厚則開溝的容積增加，底部甚難銲接，因此重要的工程需作 H 形。還有，板厚不能由表，背銲接時，其重要部份要採用 U 型。T 形接合處的開溝如 ※ 2 表所示，有平刃形，片刃形，兩刃形三種。

一般鋼材的銲接接合處的強度，是使用高級的銲接金屬，就熟練的技術來說，關於靜的強度，可達到母材或以上的程度。但是，銲接部接二連三地受荷重時，其疲勞強度比母

1 表 開溝的形狀

開溝的形狀		尺寸的比率
I 形		$t = 1 \sim 5 \text{ mm}$ $a = 0 \sim 1 \text{ mm}$
V 形		$t = 3 \sim 15 \text{ mm}$ $\alpha = 60^\circ \sim 90^\circ$ $a = 1 \sim 3 \text{ mm}$ $b = 1 \sim 1.5 \text{ mm}$
U 形		$t = 15 \sim 35 \text{ mm}$ $a = 1 \sim 3 \text{ mm}$ $b = 2 \sim 3 \text{ mm}$ $R = 0.6t$
X 形		$t = 15 \sim 40 \text{ mm}$ $\alpha = 60^\circ \sim 90^\circ$ $a = 1 \sim 3 \text{ mm}$ $b = 2 \sim 3 \text{ mm}$
H 形		$t = 20 \text{ mm 以上}$ $a = 1 \sim 3 \text{ mm}$ $b = 2 \sim 3 \text{ mm}$ $R = 0.6t$

2 表 T 接合處開溝的形狀

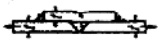
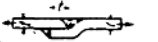
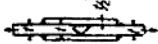
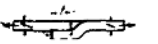
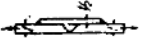
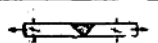
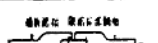
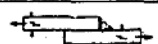
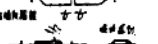
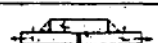
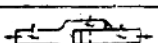
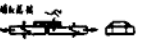
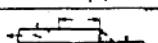
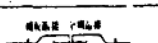
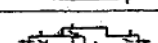
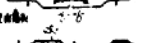
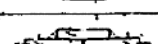
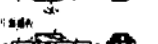
開溝的形狀		尺寸比率
平刃形		$t = 1 \sim 5\text{mm}$ $a = 0 \sim 2\text{mm}$
片刃形		$t = 5 \sim 30\text{mm}$ $a = 0 \sim 2\text{mm}$ $b = 1 \sim 3\text{mm}$ $\alpha = 30' \sim 45'$
兩刃形		$t = 20\text{mm}$ 以上 $a = 0 \sim 2\text{mm}$ $b = 2 \sim 3\text{mm}$ $\alpha = 30' \sim 45'$

材小（微乎其微），這是銲接部易發生的缺陷，影響疲勞強度甚大。

銲接接合強度的表示方法是，由母材強度的比率所表示的方法與直接銲接強度表示法。前者是以如 80 % 或 90 % 這類來表示，其決定比率是因銲接工的技能程度而定，或由檢查及試驗法的種類而定。銲接工技能由檢定考試區分為一級、二級、三級，舉例說一級銲接工所銲接的是 90 %，二級銲接工所銲接是 80 %，三級銲接工是 65 %，由檢查及試驗法種類的決定方法是，將其種類，構造物分為一級、二級、三級、對各級制定一定範圍的比率。表示直接銲接強度的方法，是以構造物的材質，引張強度，剪斷強度用 Kg/cm^2 之單位表示，也可用為計算銲接部的強度。至於一般鋼材的銲接部，前已說過，其靜態強度可採與母材等值。

以同一條件在同一情況所銲接時，其強度因銲接接合處的種類之不同而異，自是當然的事。※ 11 圖是 V 型銲接接

合處的強度作100%，其他的接合處則以其為標準而作若干%。

銲接部的形狀	效率	銲接部的形狀	效率
	120% (約)		132%
	160%		135%
	80%		120% (約)
	100%		
	50%		90%
	50%		75%
	60%		45%
	100%		
	120%		150%
	120%		125%

11 圖 銲接接合處的強度比率

5 銲接記號

銲接接合處的開溝形狀，尺寸，銲接部的表面形狀在圖面表示出來要使用銲接記號。※12～※14圖，是JIS Z 3021～1961所規定的銲接記號。如圖所示，由圖面銲接部畫出記號線，在繪出線側作箭形指標，並在相反側附上短

種類	溶接部	實形	圖示	種類	溶接部	實形	圖示
I形路接的種類	箭頭的方向側或前側			U形路接的種類	箭頭的方向側或前側		
	箭頭的反方向側或對面側				箭頭的反方向側或對面側		
	兩側				開溝深度27mm時		
	縫間隔2mm時				開溝角度25° 縫半徑6mm 圓角半徑6mm時		
	縫間隔2mm時			H形路接的種類	兩側		
V形路接的種類	箭頭的方向側或前側				開溝深度25mm 開溝角度25° 縫半徑6mm時		
	箭頭的反方向側或對面側				箭頭的方向側或前側		
	開溝深度 開溝角度60° 縫間隔2mm時				箭頭的反方向側或對面側		
	接面使用墊板 板厚12mm, 開溝 角度45°, 縫間 隔4.8mm, 裝施				接合處, 接面使用墊板 開溝角度45° 縫間隔4mm時		
X形路接的種類	加工時切削的方法			K形路接的種類	兩側		
	兩側				箭頭的方向側 開溝深度6mm 箭頭的反方向側 開溝深度45° 縫間隔2mm時		
	開溝深度, 箭頭 的方向側16mm, 箭 頭的反方向側3mm, 開溝角度, 箭頭 的方向側60° 箭頭的反方向側90° 縫間隔3mm時, 切 削部份的加工				接合處, 開溝 深度10mm, 開溝角度45° 縫間隔2mm時		

12圖 銲接符號的列入例(1)

種類	溶接部	實形	圖示	種類	溶接部	實形	圖示
丁形路接の種類	箭頭の方向側或前側			邊角補板路接	箭頭の方向側或前側		
	箭頭の反方向側或對面側				箭頭の方向側或前側		
	補板厚さ2mm・隅部角度35°・端半径13mm・端間隔2mm				両側		
雙面丁形路接の種類	両側			邊角補板斷續路接の種類	脚長6mm 不平等時、短脚當先、長脚後部、並用括弧特則註明		
	補板厚さ2mm・隅部角度35°・端半径13mm・端間隔3mm				溶接長さ500mmの場合		
	箭頭の方向側或前側				兩側脚長6mm時		
凸出X、V形路接の種類	箭頭の反方向側或對面側			邊角補板斷續路接の種類	兩側脚長互異時		
	両側				箭頭の反方向側或對面側		
	箭頭の方向側或前側				箭頭の方向側或前側		
凸出K形路接の種類	箭頭の方向側或前側			邊角補板斷續路接の種類	両側		
	箭頭の反方向側或對面側				並列斷接・溶接長さ50mm・角部150°時		
	両側				圓錐形斷接・前脚長6mm・對面脚長5mm・溶接長50mm・角部150°時		
					圓錐形斷接・前脚長6mm・對面脚長5mm・溶接長50mm・角部150°時		

13 圖 路接符號的列入例(2)

缺陷	原因	对策
風洞	1. 銲接棒的不良 2. 母材的汚損 3. 運棒的時間不足 4. 電弧的長度不適當 5. 銲接電流過大	1. 使用適當的銲接棒 2. 除去母材表面的不潔(油、銹、水分等) 3. 充足運棒時間 4. 保持適當電弧長度 5. 調整適當的電流
浮膜被覆	1. 銲接棒不適當 2. 運棒速度太快 3. 開弄或線路的間隔不足 4. 銲接電流太小	1. 使用適當的銲接棒 2. 使浮膜不致捲入並保持適當的運棒速度 3. 線路間隔要寬 4. 使銲接部發熱，提高銲接電流
銲着不足	1. 不適當的銲接棒 2. 開弄或線路的間隔不足 3. 銲接電流太小 4. 運棒速度太快	1. 選擇銲着良好的銲接棒 2. 順應棒徑，溝道、線路間隔要廣 3. 銲接電流提高 4. 運棒速度要慢
凹窪	1. 不適當的銲接棒 2. 銲接電流太大 3. 母材過熱 4. 不良的運棒方法	1. 選擇適當的棒徑、被覆的銲接棒 2. 降低銲接電流 3. 保持適當的電弧長度 4. 採正角度、過度盡量避免
龜裂	1. 銲接性不良的母材 2. 不適當的銲接棒 3. 接合處拘束力太大 4. 施工準備不足 5. 銲着金屬的驟冷 6. 銲接波紋形狀不良	1. 使母材發熱不使其驟冷 2. 使用銲融度低的銲接棒 3. 注意銲接構造及銲接順序 4. 母材的銲接波紋不宜過細 5. 冷卻速度要慢，防止急冷 6. 避免過度的電流銲接
線狀組織	1. 銲着金屬驟冷 2. 母材的材質不良 3. 適當銲接棒的選擇 4. 運棒速度過快	1. 使母材發熱防止急冷 2. 選擇良好的母材材質 3. 使用Si, Al少的銲接棒 4. 運棒速度要快，使其充分銲融
白點	1. 不適當的銲接棒 2. 銲接速度過快 3. 使用吸濕性的銲接棒 4. 母材表面的汚損	1. 防銲着金屬不含氫 2. 使母材發熱，銲接速度要慢 3. 再乾燥銲接棒 4. 清掃母材的表面

14圖 銲接符號的列入例(3)

水平線，其上再畫以記號。此時，繪出線普通是與水平線成 60° 。閱圖可明瞭，箭形側或其正面側要銲接時，在水平線下作記號。箭形的相反側或正相反側要銲接時，在水平線上作記號。由表背兩側銲接時，在水平線上下畫記號。

開溝之尺寸皆按各圖所示，母材間隔與開溝角度要畫在記號中，開溝之深度沿水平線記入。

邊角補肉銲接記號與尺寸，其腳長是畫於記號的左側，不等腳時，是先作小腳的尺寸，再畫大腳的尺寸，用括弧圈起。斷續的邊角補肉銲接，其溶接部份的長度及其節距都記於記號之右側。

填入銲接的記號與尺寸，其銲接深度也是記於記號的左側，孔徑或寬 $\times$ 長與節距是畫在記號之右側，銲接深度是記入記號之下。

波形接紋（Bead）是銲接後，銲接部的表面所出現的波形，此種現象也需以記號標出。補肉時，是用二個並連的圓弧為記號，補肉的高度，寬 $\times$ 長也要記於其內。

除以上的銲接記號外，銲接波紋的表面形狀，潤飾方法，銲接作業的部分及表示全周銲接的輔助記號也要記入。銲接波紋的表面形狀，是平凹或凸之分別，照※14圖所示，由基線的邊側 90° 畫線並記入，潤飾方法，斬模作C，鉋作G，車M表示，記於開溝記號之下。至於，現場銲接，全周銲接，全周現場溶接之記號，記在抽綫與畫綫之交點，全周銲接若很明顯將其省略亦可。

像以上的銲接記號之種類非常多，所以記入方法須十分熟稔是十分需要的。

6 殘留應力與歪彎

溶接之際，母材加熱與鎔着金屬而起的膨脹，收縮，其結果使母材產生歪彎的現象。膨脹、收縮的影響，比母材和鎔着金屬大。鎔着金屬被加熱到鎔解溫度與母材鎔着後，在冷卻時會發生收縮。一般說來，母材的膨脹、收縮是局部的。

因此只需由鎔着金屬研討，長形使用鎔接波紋鎔接的薄鋼板如※15圖(a)所示，因鎔着金屬的收縮，沿鎔接波紋方向會向上彎曲。鎔接單側的T形接合處如圖(b)所示，由鎔着金屬的收縮，直立部從鎔接方向被引張成傾斜。

※16圖(a)是鋼板以一定間距隣接，不受拘束地自由放置，由一端鎔接，鋼板漸漸被引張的示例。圖(b)是厚鋼板用V形開溝鎔接，開溝的溝方向板會彎曲。此種歪曲，非但受鎔接波紋的膨脹、收縮、母材的局部膨脹，收縮也有影響。

欲不發生歪彎，母材可受外力拘束而鎔接，母材因而產生應力，此稱為拘束應力。拘束應力除去其拘束就消失，但會發生歪彎。母材不受外力拘束，自由地鎔接也會產生應力。此種在自由狀態所發生的應力，稱為殘留鎔接應力。鎔接

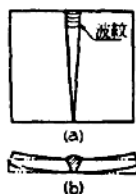


(a)



(b)

15圖 鎔接所發生的歪曲



(a)



(b)

16圖 鎔接所發生的歪曲