

第七章 熔接 WELDING

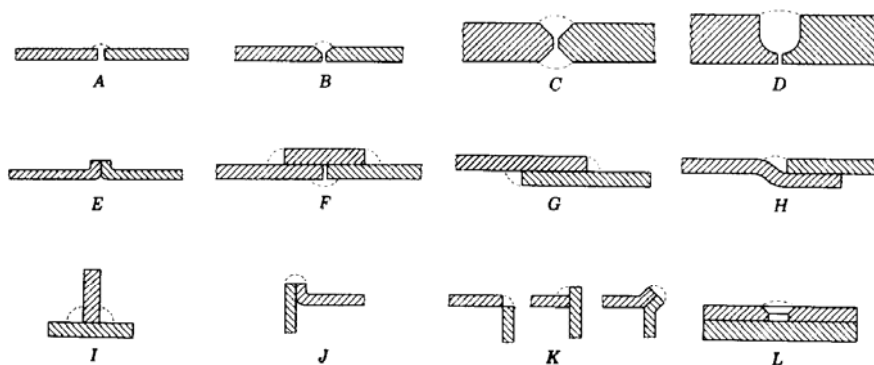
何謂「熔接 Welding」？

熔接是使兩塊金屬結合成為一體的一種方法。熔接可依所使用設備、加熱或加壓方法予以分類如下：

- 軟焊與硬焊熔接法：火炬加熱法、爐內加熱法、感應加熱法、電阻加熱法、浸蘸法、紅外線加熱法
- 鍛造熔接法：手工操作法、機器操作法（滾軋法、鏈鍛法、模鍛法）
- 氣體熔接法：氧—C₂H₂熔接法、空氣—C₂H₂熔接法、氫—氧熔接法、加壓氣體熔接法
- 電阻熔接法：點熔接法、凸出熔接法、接縫熔接法、對頭熔接法、閃光熔接法、碰擊熔接法、高週波熔接法
- 感應熔接法
- 電弧熔接法：碳精電極電弧熔接法、金屬電極電弧熔接法、原子氫電弧熔接法、惰性氣體遮蔽電弧熔接法、自動電弧熔接法、電弧點熔接法、潛電弧熔接法、嵌柱電弧熔接法、移轉式電弧切割法、電氣熔渣熔接法
- 特殊熔接法：電子束熔接法、雷射熔接法、摩擦熔接法、發熱熔接法、流動熔接法、冷熔接法、超音波熔接法、爆炸熔接法、擴散熔接法

熔接接頭型式有那些種？

圖示為各種常見的熔接接頭型式：A.對頭熔接 B.單V型 C.雙V型 D.U型 E.凸緣熔接 F.單蓋板對頭熔接 G.搭接 H.隼接搭接 I.T型熔接 J.邊接熔接 K.角熔接 L.柱塞或鉚釘式熔接



Types of welded joints. A, Butt weld. B, Single vee. C, Double vee (heavy plates). D, U-shaped (heavy casting). E, Flange weld (thin metal). F, Single-strap butt joint. G, Lap joint (single- or double-fillet weld). H, Joggled lap joint (single or double weld). I, Tee joint (fillet welds). J, Edge weld (used on thin plates). K, Corner welds (thin metal). L, Plug or rivet butt joint.

一、軟焊與硬焊熔接法

軟焊（Soldering）與硬焊（Brazing）熔接法係在兩金屬接合件間介入第三種熔融金屬，並待其凝固後將二者接合起來的一種接合法。其中，所使用的第三種（焊接）金屬的熔點在 430°C （ 800°F ）以下者，稱為軟焊，焊接金屬在 430°C （ 800°F ）以上者，稱為硬焊。

（一）軟焊

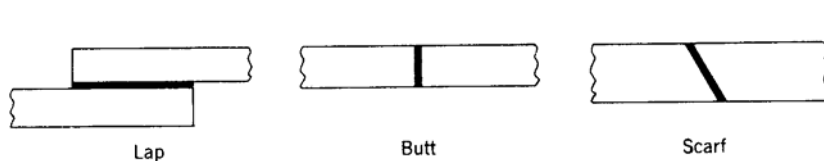
軟焊的被焊接件（基本金屬）皆為高熔點的金屬，故焊接時的基本金屬皆未達到熔化狀態，而於焊接時也不互相熔合，因此，為了增加接合的強度，往往佐以機械方法，而所用的軟焊金屬，多為鉛及錫的合金，稱為焊錫（Solder），其在適當的溫度下，流動性佳，且可滲入接縫的深處。

至於其加熱方式雖有火炬加熱法、爐內加熱法、電阻加熱法及浸蘸法等多種，但對於常見的小件或薄金屬熔接，則以採用焊烙鐵為宜。由於軟焊操作係使焊錫熔化，流入縫內，因此，熔接面上的清潔與否甚為重要。

（二）硬焊

硬焊的焊料多為熔點溫度在 430°C （ 800°F ）（仍低於基本金屬）以上的非鐵金屬，在焊接時令填充金屬（焊料）熔化，並藉微細管作用（Capillary Action）將其吸入焊縫內；此外，亦有將填充金屬熔化後，直接堆積於焊接處者（稱為硬焊熔接法）。實施硬焊時，必須使用特殊焊劑，以清除金屬面上的氧化物，並增加焊料的流動性。

圖示為常用的焊接接合型式：搭接（Lap）、對頭接（Butt）與斜接（Scarf）。



二、鍛造熔接法

鍛造熔接是人類最早使用的熔接法，此法是將金屬加熱至塑性狀態，然後加壓使其接合，其中，在鍛造前須先將接合面鍛成適當形狀（原則是中間部份略為隆起）。

由於鍛造熔接工作緩慢，且在接合面上大有可能形成一層氧化物，為了防止氧化物的生成，可在加熱時覆蓋較厚的炭層，或在鍛造前以適當的熔接劑（通常為硼砂及氯化銦的混合物）灑在接合面上。

三、氣體熔接法

氣體熔接 (Gas Welding) 俗稱「氣焊」，包括使用各種單獨或組合氣體燃燒時所得的火焰，加熱金屬予以熔接。其中，最常使用的氣體有 C_2H_2 、氫、天然氣及氧氣等。

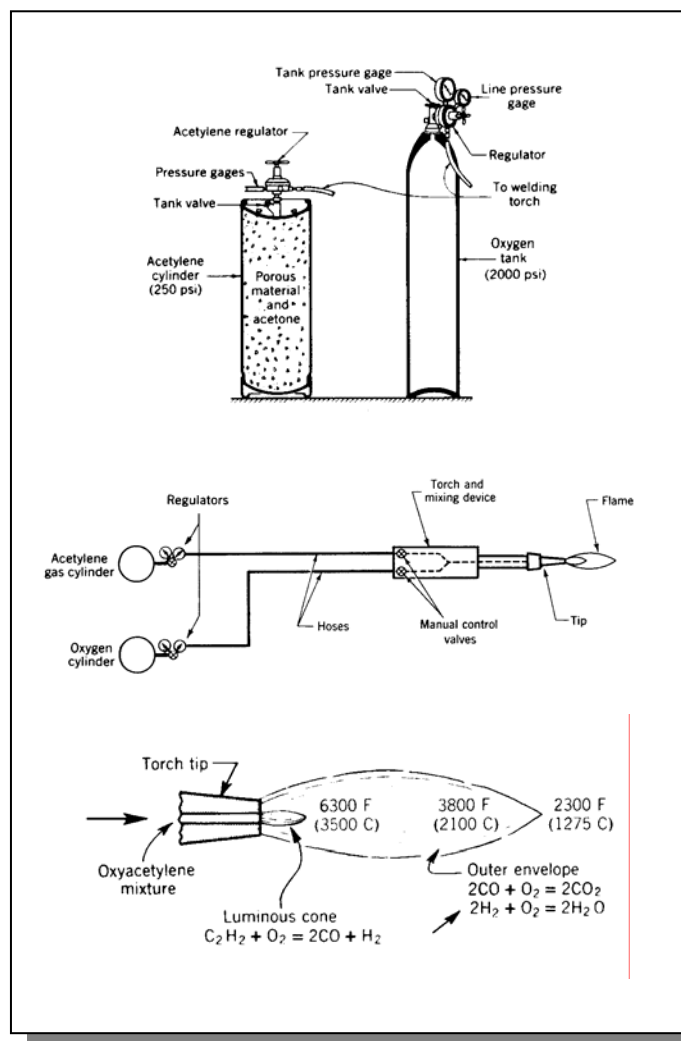
(一) 氧- C_2H_2 熔接法

氧- C_2H_2 熔接法 (Oxyacetylene Welding) 是用 C_2H_2 氣在氧氣中燃燒所得的火焰，使金屬熔化，另加或不加填充金屬的熔接法，至於是否需要填充料，則視熔接縫的情況而定；一般而言，本法是將被熔接金屬加熱到熔融狀態，而不需要使用外加壓力。

圖示為氧- C_2H_2 火炬及氣體供給的示意圖，兩種氣體的壓力，皆經其各個調整器，而在火炬的握柄上，則有流量控制閥以調整氣體比例。

圖示為中性火焰化學反應及其溫度示意圖。若 C_2H_2 的供應量超過中性火焰所需時，外圍青藍色火焰及內部光亮錐體之間會多出一白色錐體，且多出來的白色錐體部份的長度越長，表示氧氣的供給越不足，稱為還原或碳化焰 (Reducing or Carburizing Flame)，主要用於鋁鎂合金、鎳及某些合金鋼的熔接。

若氧氣供應過多，則光亮的錐體較短，且外圍火焰的顏色較深，稱之為氧化焰，主要用於黃銅與青銅的熔接。



(二) 氫-氧熔接法

由於氫氧火焰的溫度較 C_2H_2 為低，故本法的主要用途僅限於薄板或低熔點合金的熔接，或若干種硬焊工作，而所使用的設備則與氧- C_2H_2 熔接法者相同，只不過將 C_2H_2 換成氫氣而已。此外，由於本法所產生的火焰顏色無明顯變化，在氣體比例的調整甚為困難。

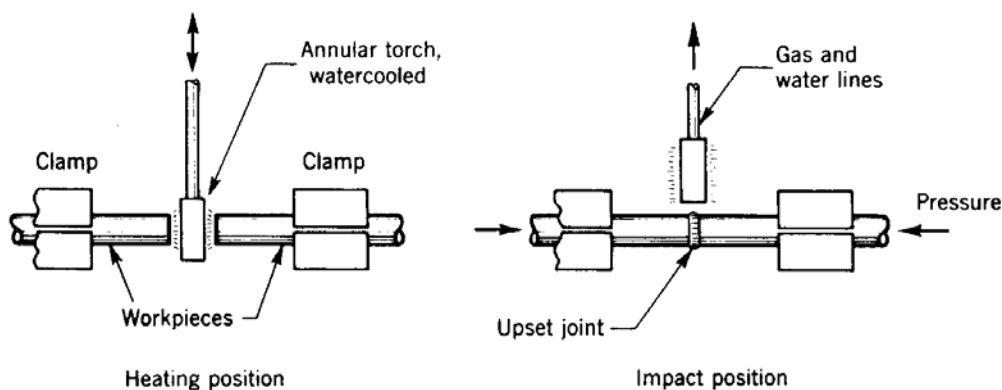
(三) 空氣— C_2H_2 熔接法

本法所使用火炬的構造與本生燈相似，空氣的供給係直接來自大氣，並依需要量調節進氣量。由於火焰的溫度較低，所以本法僅適用於低溫的金屬。

(四) 加壓氣體熔接法 (Pressure Gas Welding)

加壓氣體熔接法是在熔接件的熔接部份用氧— C_2H_2 火焰加熱到熔接溫度，而後用壓力予以結合之，常用的方法有二：

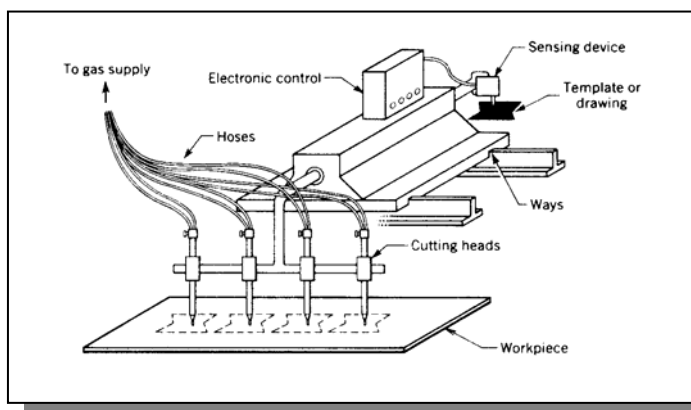
- 閉合法：使兩接合件緊密結合，加熱時同時加壓；此法所使用的火焰為多頭水冷式，火嘴的構造為環形，圍繞於熔接頭的周圍，適用於圓桿形的對頭熔接。
- 開口式（如圖所示）：火焰嘴的構造是一種扁環形體，兩面皆能發出許多小火焰，熔接時置於兩對接頭間，使熔接面加熱而熔化，待熔化均勻後，抽出火炬，迅速加壓衝擠，並俟凝固後解除壓力。



(五) 氧— C_2H_2 火焰切割 (Oxyacetylene Torch Cutting)

火焰切割的原理是利用氧與鐵及鋼的親和性關係，常溫時，這種親和性關係進行緩慢，但是在高溫下，這種關係就進行的非常快速。一般而言，當鋼鐵被加熱至 $870^{\circ}C$ ($1600^{\circ}F$) 時，將純氧流吹到高溫的表面上，鋼鐵就已經變成鐵的氧化物。

右圖為火焰切割機示意圖，其中連接火把的三個管子接頭，一為連接預熱氣體，一為連接氧氣，另一則為連接壓縮空氣。



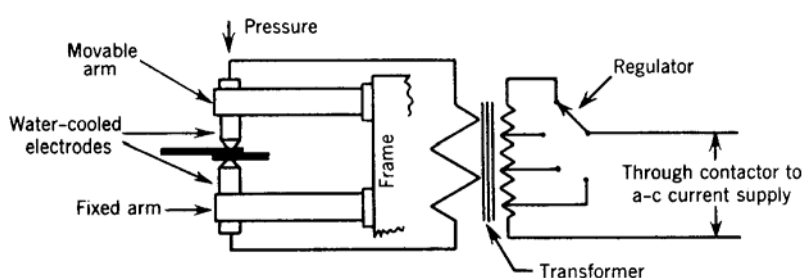
四、電阻熔接法

電阻熔接 (Resistance Welding) 可回溯至十九世紀之末，由 Elihu Thompson 所發明。其於熔接時，令相當大的電流通過加壓的接合處，使局部的金屬加熱到適當的可塑性而接合。

熔接機的構造是利用一單相變壓器將 120 或 240 伏的電壓降至 4 到 12 伏，而電流則增加到足以使接合處 (該處的電阻最高) 升到適當高溫的容量，並在適當的控制下，使金屬達到可塑的狀態而完成接合。其中，通電時間的長短與通電前後的配合措施極為重要，一般而言，在通電前必須於接合處施加壓力，而通過若干時間後亦必須保持壓力直到冷卻為止；至於通電時間的長短與施加壓力的大小，必須相互配合。

(一) 點熔接法 (Spot Welding)

如圖所示。將兩片或兩片以上的金屬板搭接起來，置於兩個電極之間，然後加壓到適當的壓力，稍停後 (稱為擠壓時間) 通以低電壓高安培的電流，通電後金屬接觸面上的溫度迅速升高，達於熔接溫度，此時接觸點因金屬的可塑性狀態與擠壓作用而完成接合。

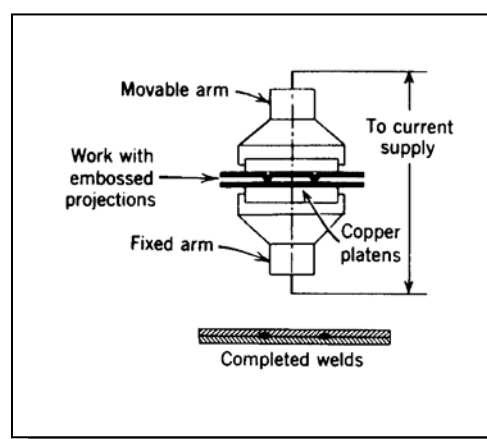


點熔接是電阻熔接中最為簡單的一種，對於厚度不大的鋼板甚為適用，只要施工操作與時間能配合適當，皆可得到良好的熔接；此外，在施工前，鋼板面必須清潔，不得有氧化或油漬存在，因為油漬的存在，會增加接觸面的電阻，減少熱能，同時也會使熱量集中，減少熱的平均分配與有效運用。點熔接機可以分成三種：

- 固定單點式：分為搖臂式與直接加壓式。
- 可攜帶單點式：用於大型工作件的裝配工作。
- 多點式。

(二) 凸出熔接法 (Project Welding)

右圖所示，凸出熔接與點熔接相似，熔接前熔接件的板或片，先在壓力機或衝床法上以模子衝出凸起的點或線，然後置於兩個平銅板電極之間，加壓通電後，僅於凸出處局部加熱，產生熔接效果。



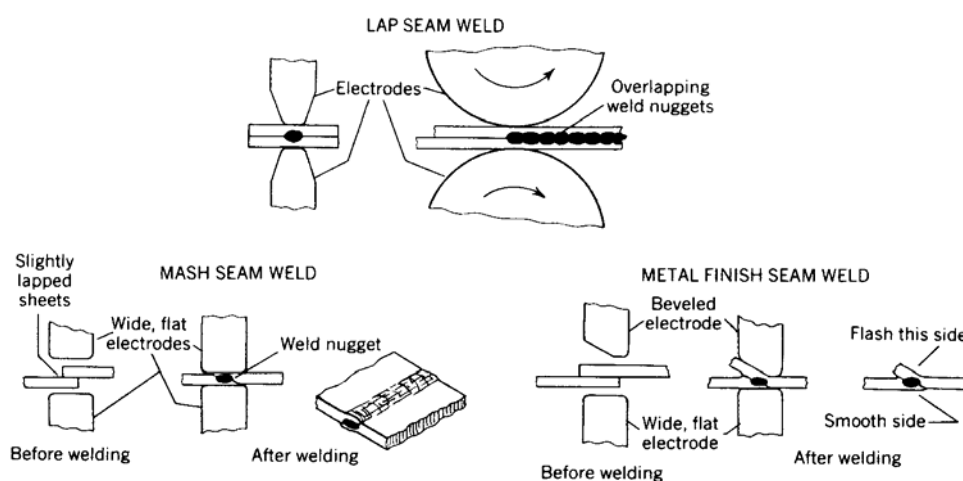
(三) 接縫熔接法 (Seam Welding)

接縫熔接也是電阻與電流的合併應用。其將兩個搭接的板或片，用連續不斷的方式熔接起來，也就是相當於密集而中間無間隔的點熔接，是一種積點成線的熔接法。

熔接機的電極是兩個盤形的滾子，工作物置於兩個滾子之間，在一定的壓力下通以電流，在滾子轉動的同時，工作物向前推行，而成為接縫的熔接。由於所使用的電流並非直流電，且為間歇式的通電，因此熔接後自然形成密集的点熔接。

圖示為三種工業用途上常見的接縫熔接：

- 搭接縫熔接又稱滾壓點熔接 (Roll Spot Welding)
- 壓平縫熔接 (Mash Seam Welding)
- 光製縫熔接 (Finish Seam Welding)

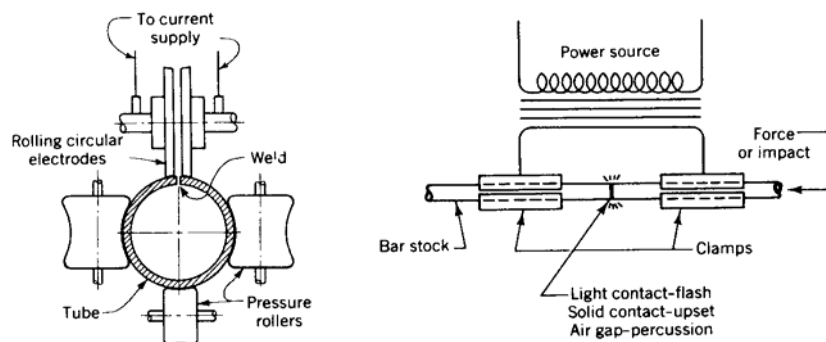


(四) 對頭熔接法 (Butt Welding)

對頭熔接是將兩個切面尺寸相同的金屬板片或桿料夾持住，使兩者互相抵壓並通以大電流；此時，由於接觸面上的電阻而生熱，並在壓力之下達到熔接的目的。

這種熔接並未使金屬完全熔化，而僅是達到較高的可塑性狀態，但在壓力之下，仍然可以得到很好的熔接頭，不過在接合處會有微微被擠粗的現象，稱為端壓或鍛粗 (Upset)，此一缺點可在事後利用輪磨、滾軋或其他加工法予以去除。

下圖左所示的對頭熔接是一種特殊的應用例，其係以兩側的壓力滾子在對接縫上施加壓力，而兩個直立的盤形滾子則作為電極用。



(五) 閃光熔接法 (Flash Welding)

對頭熔接與閃光熔接二者在外觀與應用上雖然甚為相似，但二者的加熱方式則大有不同（上圖右）。

所謂閃光熔接者，兩工作件在對頭處的接觸甚為輕微，而在通高壓電時，接觸面間會產生火花，當兩者慢慢靠近時，溫度已達鍛造溫度，然後用 35~170MPa 的鍛造壓力使兩者產生密實的熔接。

一般而言，小截面積者可採用對頭熔接，大截面積者則採用閃光熔接，但大小之間則僅能以經驗判斷之。

(六) 碰擊熔接法 (Percussion Welding)

碰擊熔接亦如閃光熔接，熱的來源係由電弧而來，而不是如對頭熔接（靠電阻而來）。

此法中，工作物的一端固定，另一個夾持於受重壓力彈簧的滑動件上，熔接前，彈簧受壓使兩者分離，熔接時，移去阻止器，使活動件受彈簧的推力迅速向固定件移動，當兩者在很小的距離時（約 1.6mm），產生一突然的放電作用，其間的電弧使溫度升高至可熔接狀態，而後在碰撞壓力下完成熔接工作。其中，放電時所需的電能來源有二：

- 靜電法 (Electro-Static Method)
- 電磁熔接機 (Electromagnetic Welder)

(七) 高週波熔接法

此法主要是用於製造各種結構鋼材，其電源為 400KHz 的高週波，熔接速度甚高，但輸入的功率甚低，因此熱量損失少，金屬結晶畸變的機會也低；此外，此法在接觸面產生極高的溫度，熔接前不需要特別處理，也不需要使用熔劑接 (Fluxe)，甚至亦可將不同的金屬熔接起來。

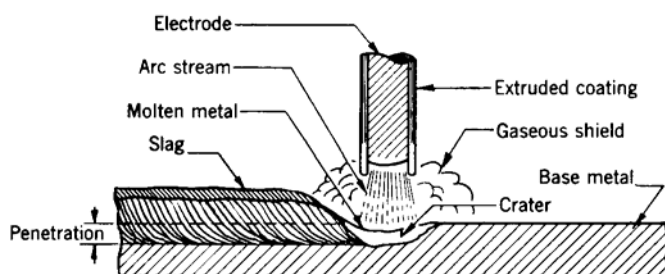
五、感應熔接法

感應熔接法（Induction Welding）的接合力是由接合處的感應電流及電阻而來，其熔接過程中通常均加以壓力（以輓子或其他方式加壓），以確定熔接的完善與否；此外，所使用的感應線圈並不與熔接件直接接觸，而熔接電流亦是由間接的感應而來，此電流通過導體時，瞬間產生高熱。

六、電弧熔接法

電弧熔接法（Arc Welding）是利用工作物與電極間電弧所產生的熱量，以達到熔接的目的。

熔接時，先使電極（Electrode）與工作物接觸通電，然後分開引起電弧，電弧的熱能使電極熔化而聚集在熔接處，以補充熔接縫上材料的不足，因此，電極本身即為填充金屬（Filler Metal）。



電弧熔接所使用的電極或熔接條（Weld Rod），又稱為焊條，可分為三種：

- 赤裸（Bare）：僅能用於熟鐵或軟鋼的熔接，且最好使用直流正極性連接法。
- 加用熔劑（Fluxed）：熔劑的作用在於除去氧化物，防止氧化物的生成。
- 重覆層（Heavy Coated）：使電弧及熔接的金屬都可得到充份的保護，而與空氣隔絕。

其中，塗敷覆層的作用如下：

- 造成保護性的氣層。
- 產生適當性質的熔渣，保護已熔化的金屬。
- 便於作頂面及定位熔接。
- 穩定電弧。
- 可在熔接縫中加入其他合金成份。
- 可達到金屬精煉的目的。
- 減少熔化金屬的濺散。
- 增加熔融金屬附著在母金屬上的效果。
- 除去氧化物及其他不純物。
- 影響電弧的穿刺深度。

- 影響熔接滴珠 (Weld Bead) 的形狀，使其美觀均勻。
- 減低熔接金屬冷卻的速度。

至於電極上所附覆層材料的成份，則視電極的用途而定，而變更覆層成份，也可改變電極的極性。而覆層材料的成份，約可分成有機物及無機物二種，不過有時也可以二者一起使用。而無機物又可分成熔劑化合物與組成熔渣的化合物等二種，這些組成材料可以歸納如下：

- 組成熔渣者： SiO_2 、 MnO_2 、 FeO 、 Al_2O_3 等（後二者的電弧穩定性較差）。
- 改良電弧特性者： Na_2O 、 CaO 、 MgO 、 TiO_2 等。
- 去氧作用者：石墨、鋁與木粉等。
- 粘結材料者：矽酸鈉、矽酸鉀與石棉等。
- 增加熔接強度者： V 、 Ce 、 Mo 、 Co 、 Al 、 Zr 、 Cr 、 Mn 、 W 等。

常見的電弧熔接法有：

- 碳精電極電弧熔接法
- 金屬電極電弧熔接法
- 原子氫電弧熔接法
- 惰性氣體遮蔽電弧熔接法
- 自動電弧熔接法
- 電弧點熔接法
- 潛電弧熔接法
- 嵌柱電弧熔接法
- 移轉式電弧切割法
- 電氣熔渣熔接法

（一）碳精電極電弧熔接法

碳精電極電弧熔接法是最早的電弧熔接法，其係利用碳精棒為電極，與工作物間產生電弧生熱，再用金屬條在電弧中熔化作為填充金屬。

其中，電弧的產生有雙碳極與單碳極二種，前者用兩個碳極組成電的迴路，而電弧則產生在兩電極之間，後者則使電弧產生在電極與工作物之間。

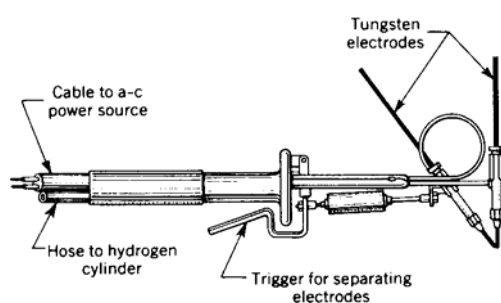
（二）金屬電極電弧熔接法

金屬電極電弧熔接法係由 Charles Coffin 所發明，係以金屬條代替碳精電極，並將本身熔化作為熔接所需要的填充金屬，因此，較之於碳精電極電弧熔接法簡單，且可以有較高的溫度。

此法在施工時，先用電極碰衝於工作物上，使電路完成通路，隨即離開一小段距離，以引發電弧。但所使用的電極若用金屬粉末製造，則不宜以碰衝來引發電弧，而只需要在工作物上輕輕一擦即可。

(三) 原子氫電弧熔接法

原子氫電弧熔接法是採用單相交流電源，使電弧產生在兩個鎢棒電極之間，並將氫氣噴射在所產生的電弧上；當所噴入的氫氣進入電弧之內時，其分子即分裂成原子，並在離開電弧後重新組合成分子，其間的合成作用將釋放出大量的熱量，有助於金屬的熔化與熔接施工。

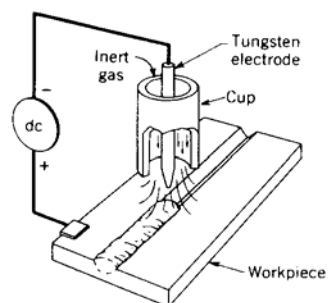


此法的操作方式與氧-C₂H₂ 熔接法相似，只不過是利用電弧代替火炬罷了。

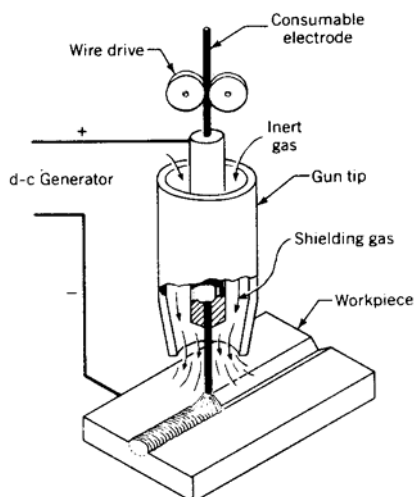
(四) 惰性氣體遮蔽電弧熔接法

惰性氣體遮蔽電弧熔接法 (Iner-Gas-Shield Arc Welding) 也是用電極與工作物間所產生的電弧的熱量，使金屬熔化而達到熔接目的的一種熔接法，不過使用的遮蔽氣體為氫、氬與二氧化碳等惰性氣體或其他混合氣體。其中，產生電弧的電極有二種：

- 鎢電極惰性氣體 (Tungsten-Inert-Gas TIG) (下圖所示)：以非消耗性的鎢條作為電極，並另以金屬線作為填充材料。

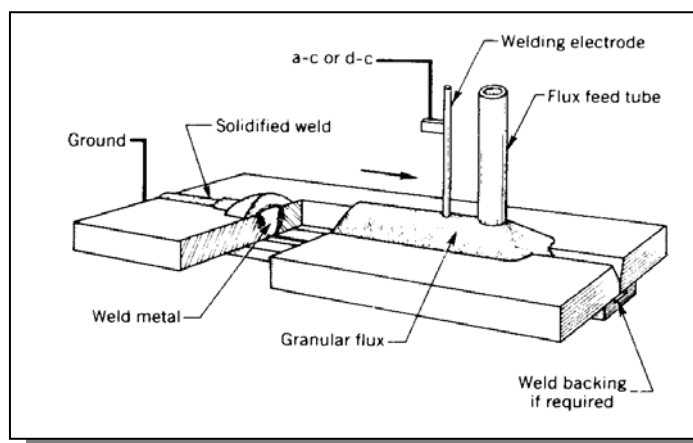


- 金屬電極惰性氣體 (Metal-Inert-Gas MIG) (下圖所示)：以消耗性的裸金屬作為電極，本身即為填充金屬。



(五) 潛電弧熔接法

潛電弧熔接法 (Submerged-Arc Welding) 又可簡稱為潛弧熔接，係指將電弧埋藏在某種物質之下，也就是在遮蔽之下實施熔接，而所用的遮蔽物質並非氣體，而是一種可以熔化的顆粒狀物質。右圖為本法的操作示意圖。



(六) 嵌柱電弧熔接法

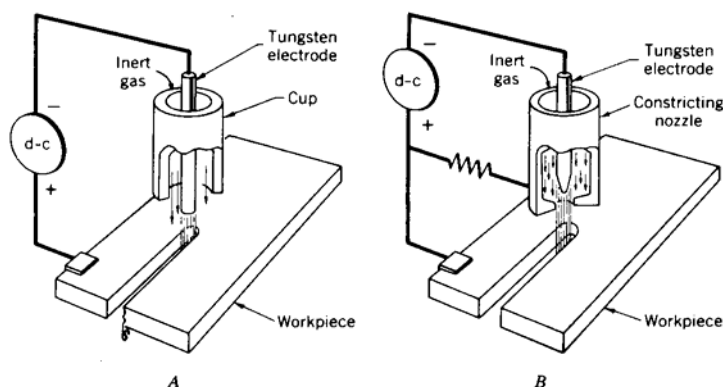
嵌柱電弧熔接法 (Stud Welding) 是一種直流電弧熔接法，其目的在於將一短柱，類似栽樁的方式，直立地熔接在一金屬板面上，必要時可以用螺紋桿代替短柱，以便由此再裝置其他機件。

此法所使用的工具的外形類似手槍，熔接的短柱裝在工具上，當扳機被扣壓時，短柱即自動脫離而推出，同時與工作物間產生強力的電弧，短柱除受電弧熔化外，也受背後彈簧的壓力而栽置於工作物上。

(七) 移轉式電弧切割法

當一種氣體通過鎢電極電弧時，氣體受高熱而離子化成為導體，這者離子化的氣體即稱之為電漿 (Plasma)。而所謂電漿火炬 (Plasma Torch) 者，是將這種氣體密集的拘束在一容器之內，使其通過小孔，造成一個電弧束流，而這個高溫的束流，即可代替一種火炬來使用，當電漿集中在一極小的面積上，因能量集中，溫度升高，使金屬迅速熔化，由於電漿氣流在離開噴嘴後迅速膨脹，使熔化的金屬被其吹去，而達到切割的目的。

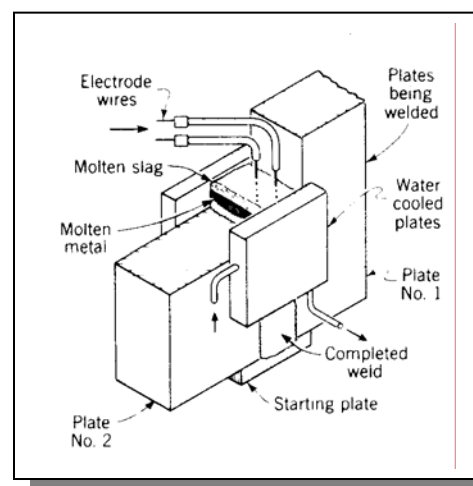
圖 A 所示為移轉式非限制性電漿火炬，電弧迴路由鎢電極與工作物所共同組成，工作物為陽極，鎢為陰極，電弧產生於鎢極與工作物之間，並在噴射氣流中形成。圖 B 所示為非移轉式限制式電漿火炬。



(八) 電氣熔渣熔接法

電氣熔渣 (Electroslag) 熔接法是用將電流通過一種導電性的熔融熔渣，並在熔渣中產生熱量，以使金屬電極及工作物熔化，達到熔接的目的。

圖示為電氣熔渣熔接法的簡圖，其中，電極係浸在液體熔渣之內，通過的電流所維持熔渣的溫度，足以使金屬電極與工作物的表面熔化；此外，熔接縫的兩側各有一個水冷卻板，除可防止熔融的金屬與熔渣外洩外，亦可維持熔接金屬與板的厚度相同。

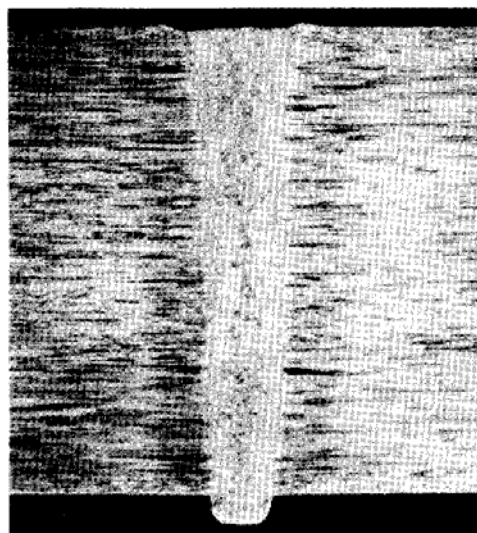
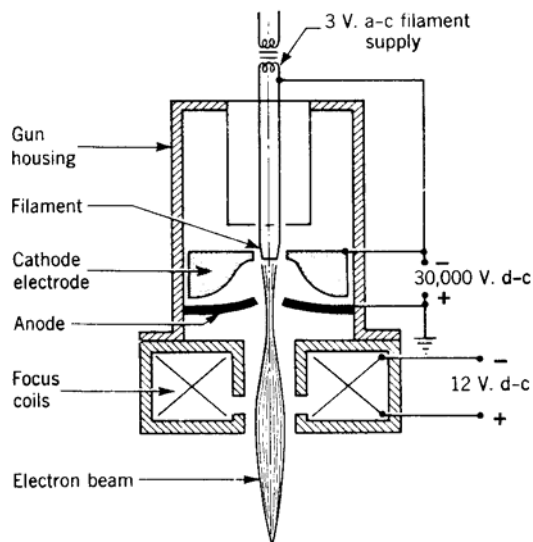


七、特殊熔接法

(一) 電子束熔接法

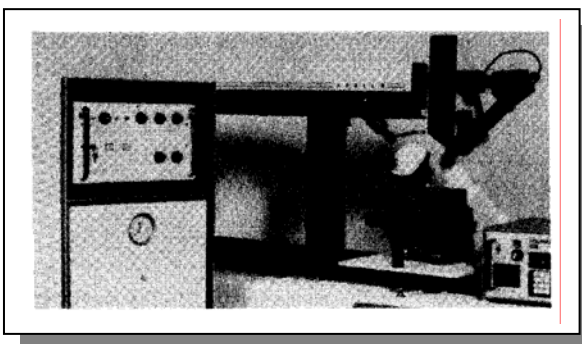
在電子束 (Electron Beam) 熔接法中，金屬的熔化是利用密集而高速的電子流衝擊生熱而來；其方式可以是工作物邊對邊的熔化熔接，也可以是使熔化作用貫穿過工作物，而造成類似點熔接或凸出熔接的結果；因此，此法需要另外加填料金屬，且熔接對象除了可以是普通金屬外，也可以是耐高溫、易氧化，及若干不適合用其他方法熔接的金屬。

左圖為電子束熔接法用電子槍構造的簡圖，電子槍必須全部密封在一高度真空的容器內。右圖為 2024-T4 鋁由電子束熔接完成後，放大四倍的照片。



(二) 雷射熔接法

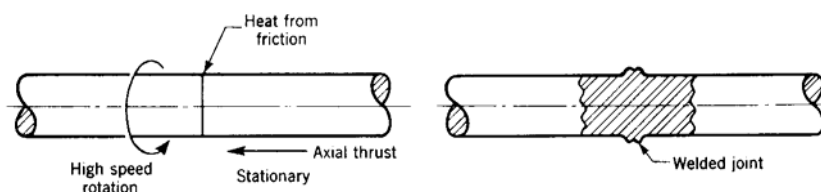
雷射光 (Laser) 是一種高度能量集中的光束，可在熔接時穿入很深的深度，而不會影響到相鄰的材料，因此，除了可用於極薄材料的熔接外，也可以用於厚材料的熔接；此外，由於其精密度極高，因此熔接設計的公差量可大為降低。右圖為 Apollom industrial laser (80-W，波長為 10.6λ)。



(三) 摩擦熔接法

摩擦熔接 (Friction Welding) 的熱能是由兩工作件間的相對滑動，摩擦而生熱的熔接法；此法主要用於兩圓形桿的對頭熔接，其中一件固定，另一件在軸向壓力下旋轉摩擦，當摩擦面溫度升到熔點溫度，臨近材料也達到塑性狀態，此時停止轉動，再以大於鍛造的壓力對壓，使其接合。其在熔接處會有鍛粗的現象產生，或有所謂飛邊 (Flash) 的情形，可以將熔接面上的表面氧化層或不純物帶出，有助於提高熔接品質。

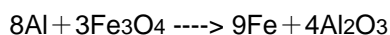
圖示為兩個圓桿以摩擦生熱作對頭熔接的施工情形。



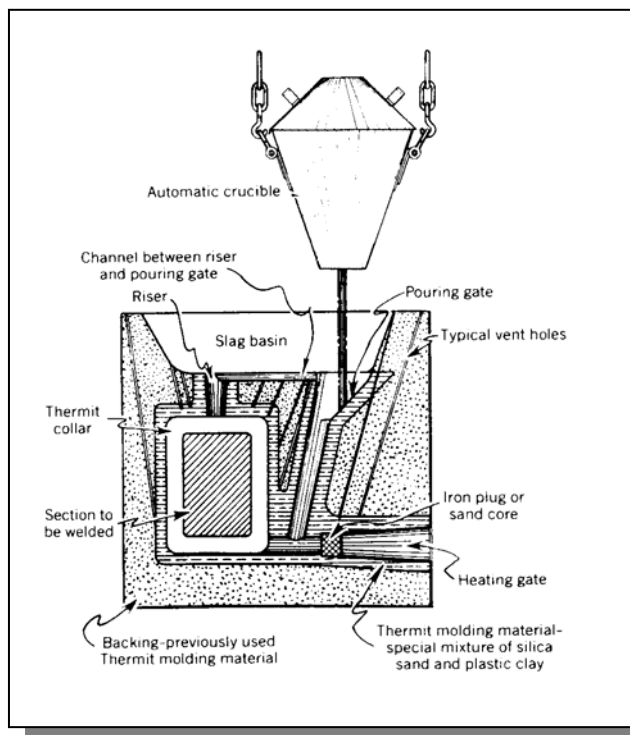
(四) 發熱熔接法

發熱熔接法 (Thermit Welding) 是各種熔接法中唯一使用發熱化學反應以產生高溫的熔接方法，其原理是利用鋁對於氧的高度親和力，在適當的情形下可以使若干金屬氧化物還原，而成氧化鋁，並產生大量的熱。

最常用的發熱劑為極細的鋁粒及氧化鐵的混合物，重量比為 1:3，而氧化鐵通常是用軋鋼廠的銹皮再經壓碎而成。其化學反應式為：



而所產生的溫度可高達 2,500°C。



右圖所示為發熱熔接法的全部設施圖。

(五) 流動熔接法

所謂流動熔接 (Flow Welding) 係使用熔融的填充金屬澆注於熔接處的表面上，待工作物升至熔接溫度時，令適當量的熔融金屬填充於該處，以完成工作物的接合。此法多用於厚截面非鐵金屬的熔接。

此法施工前，熔接面必須加以預熱，此外，為了確保熔接物的上邊緣能得到完整的熔接，所加入的填充金屬必須微微高過於熔接物的上面。

(六) 冷熔接法

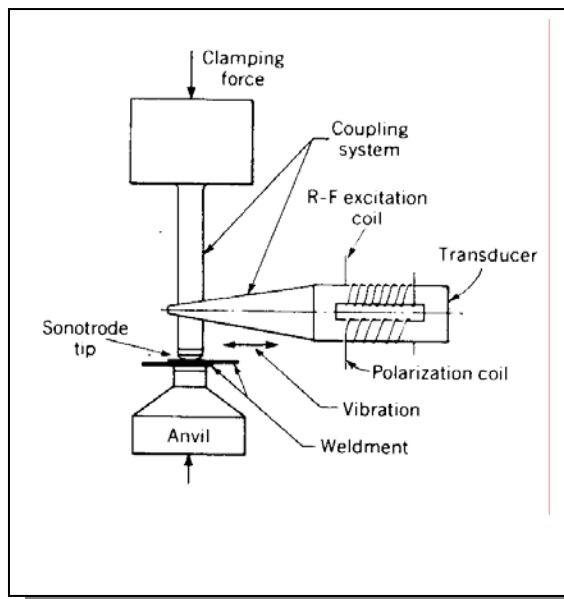
所謂冷熔接 (Cold Welding) 係指在室溫下，僅使用高壓令金屬熔接的一種方法。而所使用的壓力須足以使金屬面作塑性的流動，達到互相揉合粘結的目的，其間的金屬並未真正的熔化，但仍可確實達到原子與原子間的接合。

冷熔接的接合面間除了少數黑色部份可能為雜質、氧化物或空隙外，其餘部份皆能表現出極為優良的結合，因此在接合前，接合面必須使用高速鋼刷輪將氧化層或垢污等予以除去。

(七) 超音波熔接法

超音波 (Ultrasonic) 熔接法為固體狀態冷熔接的一種，通常用於相同或不同金屬的搭接熔接上。其方法是令一種高週波的振動能量輸送到兩個熔接面之間，使二者產生平行相對的高速振動，並在運動的同時，在兩平面上施加相對的壓力，以產生表面層上的剪應力。所產生的剪應力除了可將金屬面的氧化層剷除淨盡，使金屬間直接接觸外，更可因振動所產生的滑動，使金屬粒子相互揉合得到完美的熔接塊 (Weld Nuggets)。

圖示為超音波點熔接法的構造圖。其中，類似電阻式點熔接機的電極稱之為音極 (Sonotrode)，因其作用類如電極，但所傳送的能量為極高週波數的振動。



(八) 爆炸熔接法 (Explosive Welding)

爆炸熔接法一般稱為夾合法 (Cladding)，係以足夠大的衝擊或壓力使兩金屬接結在一起。

如下圖所示，其係將炸藥放在金屬上或附近，同時為了避免傷害待熔接金屬表面，在上板的上方覆置保護材料，如塑膠。

