

130

金屬熱加工與焊接  
(焊接部分)

1955 秋



## 金屬熱加工和焊接

## 焊接部份： 第一章 焊接概論

## §1. 焊接的歷史和發展

利用加熱方法，把二個金屬工件很堅固地結合或為一個整體工件，這種工作才法即稱為焊接。

焊接加工方法起源很古，約幾千年前人類已經開始使用了，如鋼鐵工件之鍛接，即屬於焊接法的一種。但近幾十年來焊接加工方法又有了飛躍的進步成為所有金屬加工製造和修護人員都應該認識學習的一種專門技術。

焊接加工方法中最早被人類所熟悉和使用的——種就是鍛接，而鋼鐵的鍛接我國在春秋戰國時就已有相當的成就，如刀劍之鍛製，鉄鍊鋼環的接合都需要有優良的鍛接技術才行。但由於幾千年來封建社會的阻礙統治剝削，致使祖國勞動人民的偉大創造經驗不能很好地加以總結其提高發展，而一直陷於停滯不前的地步。

電弧焊氣焊接觸焊等發明和使用都已有幾十年的歷史所以這是一門年青的技術科學，在1800年俄國卓悉的物理學家彼得格夫院士發明了電弧現象，奠定了電弧在工業上應用之基礎，1882年俄國發明家貝納爾多斯利用碳極電弧來連接金屬，並在1885年取得了專利權，1888年俄國工程師斯彼維亞諾夫發明了金屬極電弧焊接法，並製成了直流通電機供焊接使用，這是世界上第一台電焊發電機，從歷史說明蘇聯是電弧焊使用之發源地，但在帝俄時代，俄國的電焊發展也是非常微弱的，只有在修理工作中才使用這種加工法，但在十月革命勝利後蘇聯就大力發展了焊接工業，如在1924年由尼基琴院士領導了製造出第一部電焊機，到了1930年焊接技術才基本上奠定了應用的基礎，1935年在蘇聯的斯達哈諾夫運動發明了厚板焊條的使用並保證了焊接質量使焊接更廣泛地应用到重要工件上，由於焊接技術的進步，使符合社會主義建設的利益，使電弧焊工作也走上自動化的道路在蘇聯由巴頓院士領導下對自動焊接技術與設備作了很多研究，並取得了成就和廣泛被應用。

氣焊是利用可燃氣體作燃料的，其中最常用的乙炔氣，其發明應用的歷史也是比較短的，1892年應用電弧熔煉法在石才法發明後於1895年法國化學家賈鐵斯發現了氧炔焰並研究了它之性能，直到1901年第一台焊槍才製造成功，以後就應用到工業上去，但

當時由於載重運輸不便，致使用氣這較差，直到發現氦氣可壓縮在鋼瓶內貯存運輸時，氣焊才較普遍的應用到工業上。

接觸焊更利用電流熱來定極頭的一種方法，它是1887年俄國工程師瓦納爾多斯所發明的，但在舊俄時代由於二葉板鋼水車路後就沒有得到廣泛應用，不過接觸焊有它特殊化裝如材料組織容易自動化工作裝極頭外觀和原裝好，所以現在也廣泛地應用和迅速發展。

我國在解放以前由於半封建半殖民地社會制度，所以工業基礎是非常薄弱的，反對階級的統治，壓迫和剝削勞動人民以及帝國主義國家對我國的瘋狂侵略，就嚴重的打擊，阻礙和破壞了我國工業的發展，致焊接加工法中只有氣焊被採用在修理了台，而電弧焊接法等就很少使用，但在解放後，在黨和毛主席正確領導下，蘇聯對我國大公無私的幫助使我國經濟建設由歧途走向發展而焊接技術也被重視和廣泛的採用在機器製造工作中，如在機器製造船舶，火車車輛，起重機，礦山機械，鍋爐，掘土機動機，造路機與飛機，汽車機件中廣泛地利用焊接來代替鉚接或其他連接法，另外我國對焊接材料裝設備也開始大量的製造生產，如東北某廠已煉造成功了焊條鋼成份C808的鋼材，且利用本國原料製造出了342型焊條質量達到蘇聯標準，另外DCU-45自動焊藥也已試製成功另外電焊設備方面很多種如廠種有進行生產特別是上海電焊機廠仿製了許多蘇聯電焊機，如CYF型電焊機，CTAH型焊接變壓器，共英斯機等，另外今後還準備或進行或製MTM型英焊機，ACNΦ型對焊機，MUT型縫焊機裝ABC自動弧焊機等這樣就可大力發展其支持焊接技術的廣泛使用，但另一方面我們不可忘記焊接技術還是一門比較年青科學，還存在很多問題急待我們今後的研究和解決，如提高焊接技術水平，架新焊接的生產組織，發展焊接生產的自動化應用與大力採用與減輕工人體力勞動和操制應力變形，廣泛研究製造焊條，焊藥和各種焊接機器給焊接技術開闢更廣泛的發展前途。

### 5.2. 焊接的應用和優點：

焊接是一種永久性接合零件的方法，由於它有時，省工省料之優點，故可以代替鉚接或鑄件使用，而氣割，電弧切割等也可代替銼床，剪床的工作，故創造了焊接廣泛使用之零件，焊接不但能用於製造或切割且也可用在修理工作中，使極脆的零件變成有用，這也是具有很大經濟意義的工作。

I. 焊接與鉚接的比較：在組合零件加工中焊接是比鉚接  
优越的，其表現

(1) 焊接工作不須鑿鉋孔，一般也不需要加鋼板或蓋板，故  
比鉚接節省金屬達20%

(2) 焊接的強度比鉚接強，故能發揮材料負荷的作用

(3) 焊接工作比鉚接省工，即省可省着劃線，鉋孔，鑽孔工  
時且也可節省某些費用

(4) 焊接接頭外觀平滑且緊密性好，或在流體中運動可減少  
阻力且不漏氣漏水

(5) 焊接工作比鉚接容易自動化操作，故改善了鉚接的不好  
工作條件

(6) 焊接使用的設備比鉚接簡單且容易維護

II. 焊接與鑄造比較：鑄造生產一般在大批生產時有它优越  
性的，如成鑄金屬模鑄造等，但在某些情況下為了施工方便及避  
免產生應力裂縫致鑄造零件比較多耗費材料，若用焊接鋼材零件  
代替鑄件有它优越性

(1) 節省材料：因鑄鋼的強度約為鋼的三倍，剛性的為鋼  
的二倍半，故若兩零件代替鑄件一般可節省材料20%左右。

(2) 在鑄造截面較大才較粗大至三寸時，鑄件為了避免冷  
透其收縮不均，故通常要吹大小截面三寸寸，使施工方便，但浪  
費材料，而焊件則可用不同厚度的鋼材焊接，所以節省材料，  
其機械加工時同，因而降低了成本。

(3) 焊件製造方法較鉚接簡單，不需冒木殼或砂殼等設備

(4) 減少加工時間：鑄件的表面多有毛刺和牙的，故有所需  
經過機械加工，至於鑄鋼的焊件，外表都較光潔，故可節省加工  
時間。

且，焊接在航空工業上三應用：在航空工業中焊接也是一種  
極重要且廣泛使用的施工技術，在常用的各種金屬，如碳鋼，  
合金鋼，不銹鋼，鋁合金，銅合金等都可進行焊接，而飛機發動  
機和各種重要零件或零件如機身，機翼，起落架，油料系統，  
發動機機架，排氣管，機輪軸及輪等部常用焊接結構的，另外在  
製造飛機或發動機中所使用的工具，器具等也很多是由焊接結構造  
成的。

II. 焊接施工法之特殊用途：焊接的特殊用途是其他加工  
法所不能代替的我們可從下述例子中看出

(1) 在工具製造中為了節省貴重金屬材料，我們常用硬質合

金或高碳鋼邊刀頭，而用中炭鋼或合金鋼邊刀桿承受不同工作負荷，至於要使刀頭與刀桿結合起，而兼優良的性一加工就是焊接。

(2) 右端焊接品通常是用鋼板焊接的，它要承受很大的力並與耗腐蝕性。雖然所接品炭鋼未來這可以有很大強度，但抗腐蝕性差，可以作在接品裡襯一層不銹鋼板與普通鋼板焊接起這樣使器皿又具有一定強度且耐腐蝕。

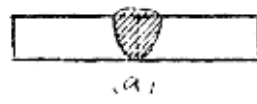
此外如某些零件之鑄鋼耐腐合金其也是焊接的結構用途。

### §3. 焊接之定義和分類：

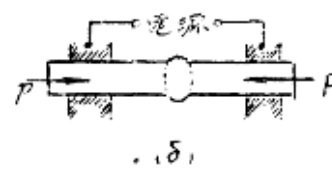
1. 焊接之定義：「焊接是相同或不相同的金屬利用加熱或加壓力，促使金屬間之原子起連結和擴散作用，而牢固接合在一起的方法。」

同種金屬的焊接一般基本上有下列三種形式，即熔焊、壓焊及冷焊。

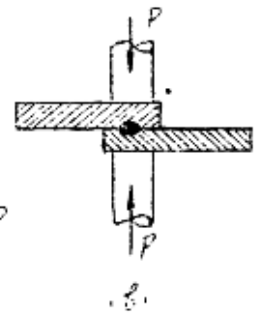
(1) 熔焊：同種金屬利用局部加熱到熔化狀態來連接起時稱之，如圖(a)



(2) 壓焊：焊件的連接過程是藉局部加熱並施加壓力而完成的，如圖(b)



(3) 冷焊：焊件的連接過程是不加熱，而只靠加壓力來完成的如圖(c)



### II. 焊接的分類：

金屬的焊接法種類繁多，如氣焊、電焊、錫焊、烙焊、接觸焊等等，但為了便於了解各種焊接法之作用，而一般焊接可有以下幾種分類法

(1) 依據焊接時所用熱源不同來分類：

A. 利用化學熱：即燃料燃燒熱、燃燒熱或其他化學變化生熱，如錫焊、氣焊

B. 利用電力熱：即電弧、電阻、電感熱等都不出熱，如電弧焊、接觸焊

(2) 依據被焊件加熱的程度分類：-

A. 被焊金屬受熱達到熔化狀態，如氣焊、電弧焊

B. 被焊金屬受熱軟化或硬化狀態，如烙焊、接觸對焊、氣壓焊；

B. 根據金屬是否熔化也不熔化，又有焊料熔化，如鐵焊

3. 依據焊接時所用壓力來分類：

A. 不用壓力：即焊接過程中不施加有壓力，如氣焊，電弧焊。

B. 用壓力：即焊接過程中須加有壓力才能接合牢固，如鐵焊，壓鑄焊。

4. 依據焊接中是否使用焊料來分類：

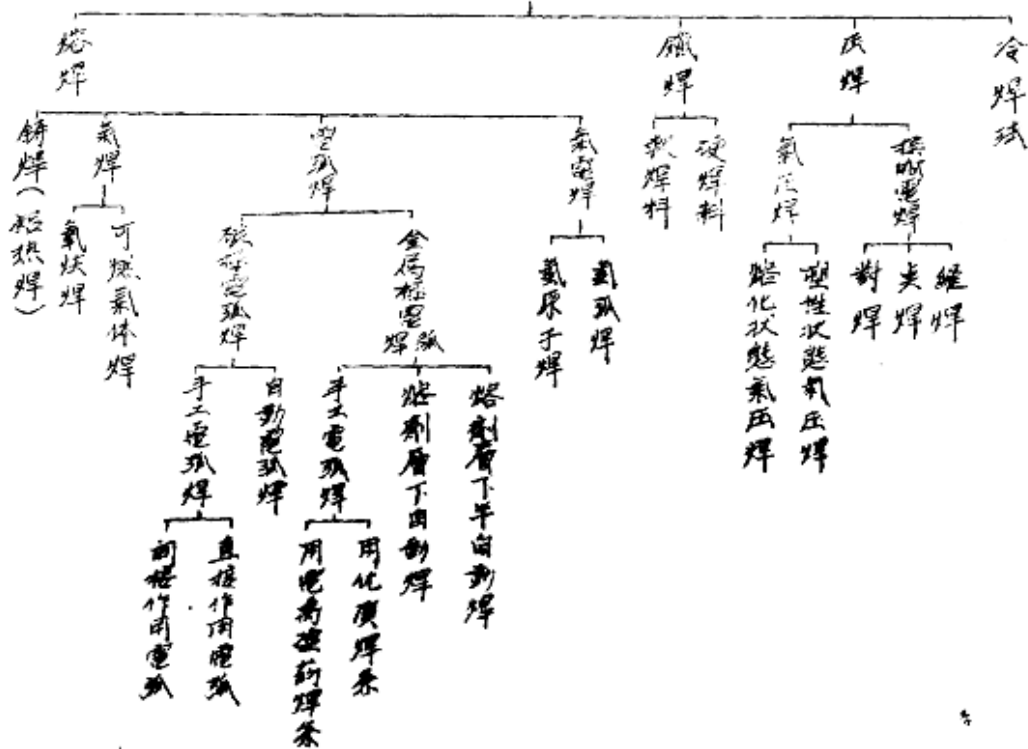
A. 不用焊料：如鐵焊，壓鑄焊等。

B. 用焊料：而焊料和被焊金屬材料相同或近似，如氣焊，電弧焊。

C. 用焊料，但焊料和被焊金屬材料不同，而焊料更廣泛取用，如鐵焊。

在以上分類法中每一類中可以有或種不同的焊接法，而一種焊接法也可能同時屬於好幾類，故為更簡便起見列式下未形式。

### 金屬的焊接



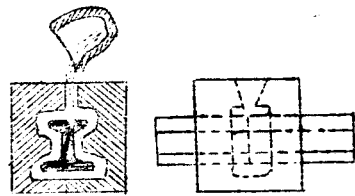
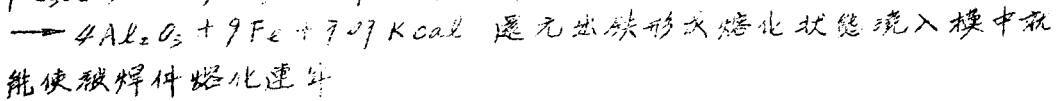
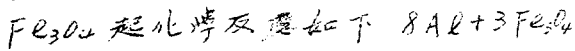
由於壓焊，氣焊，電弧焊與氣電焊等工作原理，在下述各章研作較詳細的介紹，故這裡也不加以解釋了，而只對冷焊，釧焊與鑄焊作簡單說明。

1) 冷焊法：先將被焊件之表面精細地清潔過，然後使二零件表面相接觸，放在壓力机上加壓，而在壓力作用下，使被焊件表面之原子相互擴散而接合牢，用這種方法一般可鍛，鋼等鑄板，但在工業上用途不大

2) 鐵焊：是有一種熔點比被焊金屬低之焊料，加在金屬焊件的焊接面上，當加熱時，焊料先熔化，故在它冷卻凝固後粘在焊接面上，使焊件互相連接成爲一體，這種焊接法能焊到窄圓筒接頭，故常用於絕緣，刀具及儀器製造中。

3) 鑄焊：即把燃燒熔化之焊料流到焊口處使被焊件熔化接合起，常用之焊料爲鋁粉與氧化鐵

( $Fe_3O_4$ )，將它們放在坩鍋中，在表面舖一層引火劑——鐵粉和氯化鉀，當用火焰或燒紅之鐵條去點火時則它們先開始燃燒產生高熱，使鋁與



#### §4. 各種焊縫和焊接接頭：

在金屬焊接中，焊縫與焊接接頭之形式很多，而這裡介紹的是氣焊和電弧焊之通用形式

##### I 金屬焊縫之基本分類：

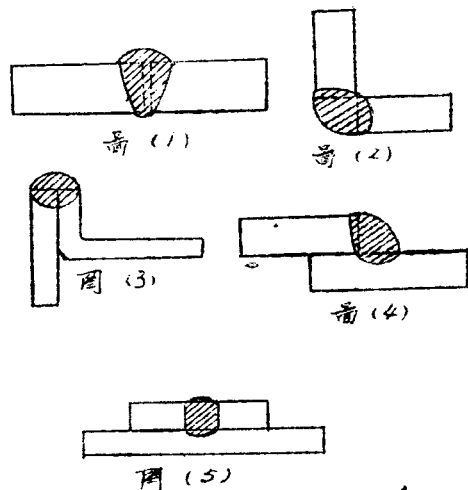
1) 对接焊縫：二個焊件平放在同一平面上焊接起時稱之如圖(1)

2) 角接焊縫：二個焊件放在一起，中間夾角近於 $90^\circ$ ，而接合處二二件之焊縫

3) 捲邊焊縫：即將二個工件疊在一起，把對齊側面焊住，就稱捲邊焊縫，如圖(3)；

4) 搭接焊縫：二個被焊件疊在一起，把一件的邊焊到另一件的面上時稱之如圖(4)；

5) 鑲接焊縫：二個被焊件疊在一起，在一個工件上能有孔然後研穿焊住，如圖(5)。



且 焊接接頭之通用形式：如一條焊縫能把兩個被焊件很牢固的接合住，則這條焊縫就形成了焊接接頭，但是一個焊接接頭不一定又包含一條焊縫，也可能是由二條或二條以上的焊縫組合成，至於常用之接頭種類如下

1. 对接接頭：用对接焊縫連接二個被焊件的接頭稱对接接頭，但由於材料厚薄與工作需要不同改分下列形式

A. 捲邊对接接頭：如圖(A)，即利用捲邊金屬被熔化而形成对接接頭，而這種接頭又應用很薄的材料

B. 平頭对接接頭：一般適用於較薄的材料，在焊接時須加填充金屬（即焊料）如圖(B)用於板厚小於 3MM 時

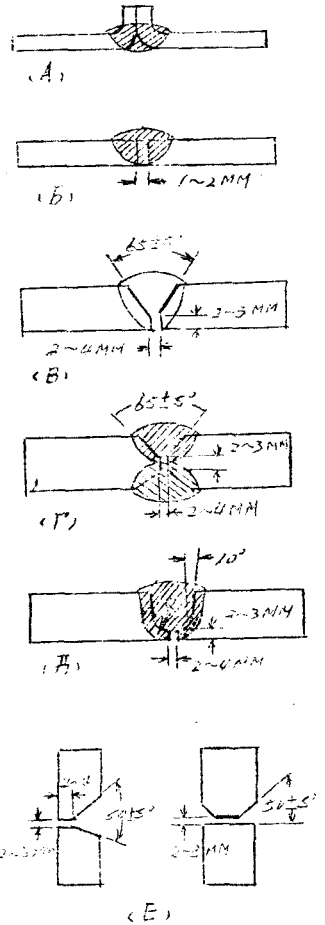
B. V形对接接頭：一般適用於厚小於 30MM 之接頭，由於焊縫尚有破口，故可保證焊透，而破口尺寸如圖(B)，有時要焊兩面。

Γ. X形对接接頭：一般用於板厚在 12~40MM 間，它必須進行兩面焊接，故能充分保證焊透，若在又作中，一面容易焊接，而另一面較困難焊接時，則X形也可做成不對稱，即在難焊的一面破口深度可以小些，而另一面可相應的深些，通常對稱的X形如圖(Γ)。

Д. U形对接接頭：適用於板厚在 20MM 以上的，這種接頭破口形式比V形能節省填充金屬之消耗量，其尺寸見圖(Д)

E. 單斜对接接頭和雙斜对接接頭：一般在橫焊時才使用這種接頭形式，其破口尺寸如圖(E)

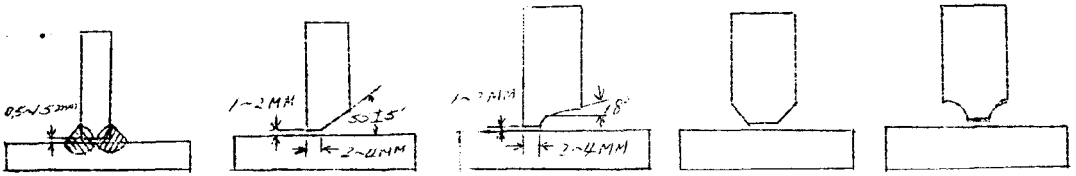
右圖各個破口尺寸是適用於電弧焊，至於在氣焊時，其他尺寸變化不大，只破口角度大些  $70^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，見表



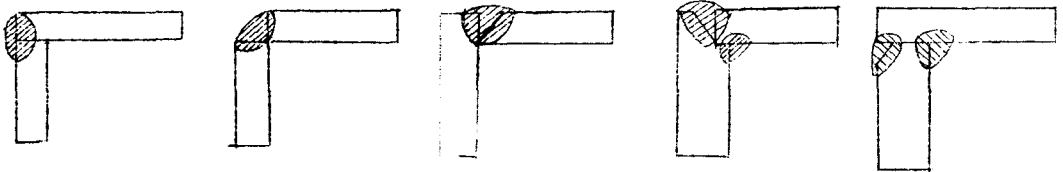
接頭形式	鋼板厚度	破口間隙	鈍邊厚	破口角度	對稱
捲邊对接	1~2 mm	—	卷起 2 mm	—	
平頭对接	2~5 mm	1~3 mm	—	—	
V形破口对接	5~15 mm	2~4 mm	2~3 mm	$70^{\circ}$ $90^{\circ}$	焊一面或二面
X形破口对接	>15 mm	2~4 mm	2~4 mm	$70^{\circ}$ $90^{\circ}$	焊兩面



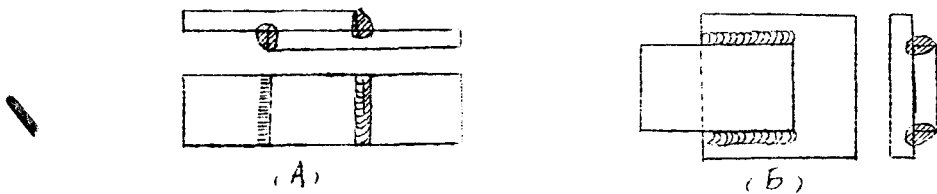
(2) 丁字接頭：即二被焊件是相對於垂直位置，由於焊接能很好保證質量，故應用範圍廣。一般理論上板厚小於12MM時可不須破口，但實際應用上仍有些差異，至於破口形式有下列幾種。



(3) 角接接頭：由於焊接其裝配都較困難，故一般若能用了丁字接頭，則尽可能用了丁字接頭代替三層板帶角接接頭形式有下列幾種



(4) 搭接接頭：這種接頭比較耗費焊材和填充金屬，由於裝配要求低故有時還常用且方便，這種接頭形式有兩種(A)即橫縫搭接接頭，而(B)為縱縫搭接接頭圖如圖示



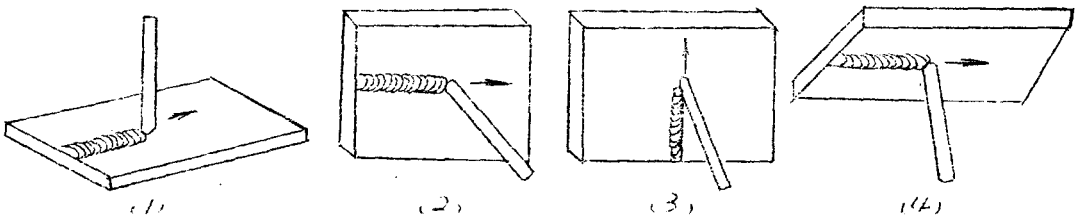
III, 焊縫的位置：金屬焊件之焊縫可能處在種種不同的位置，在焊件尺寸較小或重量較輕時，則可以任意搬動工件，使各種位置的焊縫都轉到最易於進行焊接位置來工作，但在工件笨重或不可搬動時，則焊縫位置就難以改變，而必須在各種位置進行焊接工作，故按照位置則焊縫可分為下列四類：

(1) 平焊縫：亦稱仰焊，平焊縫的軸線是近於水平的，而焊縫的表面是近於水平面且向上，熔化的焊條從上面滴入破口，而形成焊縫如圖(1)

(2) 橫焊縫：它的軸線是近於水平的，但焊縫之表面則垂直於水平面，故橫焊即垂直的焊件上焊一條橫縫，如下圖(2)

(3) 立焊縫：它的軸線是近於垂直的，而焊縫的表面也是垂直於水平面的。如下圖(3)

(4) 仰焊縫：它的軸線是近於水平的，而焊縫表面也是近於水平面但向下，故焊工須仰面才能進行焊接工作，故稱仰焊如圖(4)



上述四種位置焊縫之焊接技術，難易相差很大，在平焊時由於焊工工作姿勢正常且熔化的金屬向下落入工件熔池，故工作最方便，至於其他則工作較難，必須適當地控制熱量，才能使金屬熔接，特別是仰焊，由於工作姿勢最不正確，故工作最難，所以在焊縫工作中有可能則應盡量使焊件轉到平焊位置進行焊接工作。

### 5.5. 焊接的冶金反應和金相組織變化：

1. 焊接的冶金過程：熔焊工作即在被焊件進行局部加熱，使金屬熔化，同時加進熔化的焊料，使混合均勻，當散熱後就冷凝成爲堅固的焊件，所以在熔焊中至要三過程是：加熱熔化，散熱和凝固，此普通金屬冶金有些相似，但也有它之特殊

A. 時間很短促：即金屬從熔化到凝固所經歷時間很短，只有幾秒鐘，故將影响到物理化學反應未及

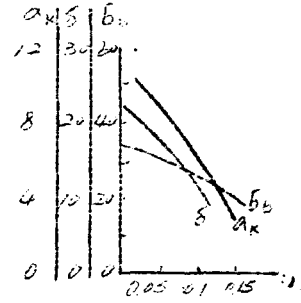
B. 金屬熔化的體積很小：在熔化的金屬周圍都是固體的冷金屬，致使熔化的金屬的冷卻速度加快，影响了化學反應不易達到平衡

C. 工作溫度特別高：在此高溫下易使 $O_2$ 與 $H_2O$ 吸熱分解成爲原子狀態的氧和氫而促進了化學反應，另外溫度高也可能使金屬蒸發或燃燒

由於焊接冶金之特殊故在不同焊條時，冶金反應是不同的，如在光焊條焊接中若不加以保護，則焊條廣泛地與空氣接觸，就可能引金屬氧化或氮化，使機械性能降低

(1) 氧化：氧在高溫時會吸熱分解成爲原子氧 $O_2 \rightarrow [O] + [O]$ ，其活性能很強在極高溫度易與鐵化合生成 $Fe + O \rightarrow FeO + Q$  而 $FeO$ 可經

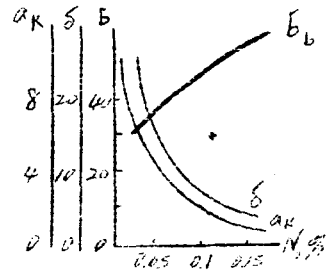
解於鐵水中，直到飽和為止（飽和量隨溫度而變）但在冷卻時 FeO 在鐵中溶解度要減小，故會析出成  $Fe_3O_4$  [ $4FeO \rightarrow Fe_3O_4 + Fe$ ] 由於熔化合金屬冷卻快，致化學反應不易達到平衡，而使 FeO 在 Fe 中形成過飽和狀態存在而  $Fe_3O_4$  因不溶於鐵水，故會浮起，或積成渣，至於 FeO 存在鐵中對機械性能影響很大見右圖，另外也使金屬之抗腐蝕性降低所以在焊接過程中應該尽可能地避免金屬被氧化，另外在焊接中 C, Mn, Si 等元素也易被氧化，而影響鋼材性能，故也應注意之



(2) 氮化：在高溫時氮也易分解成為原子狀態，如  $N_2 \rightarrow [N] + [N]$  氮原子與鐵之親和力強易結合成  $Fe_4N$  或  $Fe_2N$  若來不及析出則存在於鐵中，至於氮進入鐵中之方法

a. 在高溫時鋼中 Mn 與 Si 先與 N 化合成 SiN，當溫度下降時則氮原子會析出在 550°~700°C 時就與鐵化合成  $Fe_4N$  或  $Fe_2N$ ，當再冷卻時，若冷速快則氮化物未及析出存在其中，但過一段時間後它又可能析出影響金屬機械性能

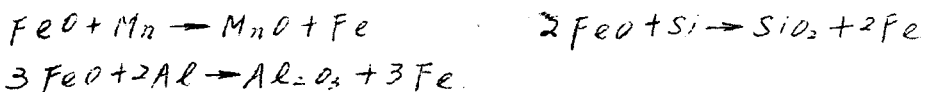
b. 在高溫原子狀態的氧與氮化合， $N + O \rightarrow NO$ ，而此 NO 可溶於鐵水中，在冷卻時 NO 會析出，當冷卻到 1000°C 左右 NO 不穩定將分解為 N 和 O 這種原子狀態的氧和氮與鐵起作用生成 FeO 和  $Fe_4N$  等



在焊接金屬中含氮時，對金屬之機械性能有影響，一般使 δ 與 αk 值降低，而 σb 與 σT 增大如上圖示。

(3) 焊接過程中去氧方法：在焊接過程中要防止金屬被氧化、氮化，最好辦法是對熔化的金屬進行保護避免它和空氣接觸，另外我們也可加進某些元素或化合物去氧這就使用焊藥，熔劑之目的常用方法

a. 利用还原劑如 Si, Mn, Al, Ti 等元素脫氧如



b. 由於金屬氧化物呈碱性的所以若加進去酸性氧化物，

則將起化合物中和作用，變成渣而去除，如  $SiO_2 + FeO \rightarrow FeO-SiO_2$   
 $2FeO + SiO_2 \rightarrow (FeO)_2SiO_2$

II. 焊接接頭的金相組織變化：在焊接時焊縫與焊件靠近焊縫附近的區域因受電弧或火焰的熱力作用致金屬組織與機械性能都起了變化特別是被焊件靠近焊縫的區域影響最大，熱影響區，在該區域中會產生不好的組織結構，嚴重地降低了接頭之機械性能。

在熱影響區內尚可分為下列幾個組織區域 (1) 不完全熔化區 (2) 過熱區 (3) 正火區 (4) 部份相變區 (5) 再結晶區 (6) 藍脆性區至於熱影響區組織情況見藍圈 (1)。在熱影響區內的各種組織情況在金屬熱處理課中詳細解說過，故這裡不再加以介紹。但在焊接中最忌的是過熱區，晶粒粗大或形成魏氏組織，都引起該區域的機械性能下降，如降低塑性及對沖擊載荷之抵抗力，所以在焊接過程中我們應爭縮小熱影響區之範圍，如越小則焊接接頭就愈有效，一般熱影響區之大小是隨接頭形式，焊接方法，規範與材料之化學成份等而變，至於各種焊接法中以氣焊之熱影響區最大，而電弧焊熱影響區較小。

### §3. 焊件之應力變形和防止方法：

I. 焊接應力和它的防止方法：焊接應力是屬於內應力的一種，在焊件形成原因則可分為二類 (a) 溫度內應力，(b) 殘餘內應力

溫度內應力：在焊接過程中，焊件局部加熱而引起焊件內產生內應力時稱之

殘餘內應力：在焊接完成後，焊件冷卻後遺留在工件之內應力稱之。

在焊接工作中，被焊件受局部加熱的，且溫度很高，焊後冷卻快，所以溫度內應力與殘餘內應力都會產生的，故對焊件的材料強度有影響，當外力與內應力方向相同時，則破壞性最大，是種現象，對脆性材料影響最大，所以應想辦法防止之，其方法

(1) 從設計工作上着手

A. 尽可能避免或減少使用交叉的焊縫

B. 選用塑性好的金屬材料做被焊件

(2) 改善金屬組織減小內應力

A. 在焊後趁焊件未冷時，用手錘強擊地均勻地敲打焊縫，可使金屬組織細密，減少內應力和變形。

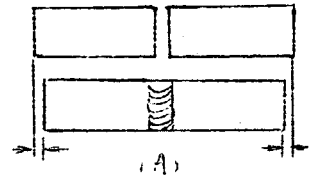
6. 高溫回火：即將整個工件加熱到  $200 \sim 650^{\circ}\text{C}$ ，保溫 3~4 小時，然後慢慢冷卻以取銷原子成份間之緊張狀態，減少了內壓力，一般它多用於中炭鋼，高炭鋼。

B. 局部回火：即對焊件中內壓力最大之位置進行局部回火，如管子接頭有時用此法，但它並不太好，因又可能引起新之內壓力產生

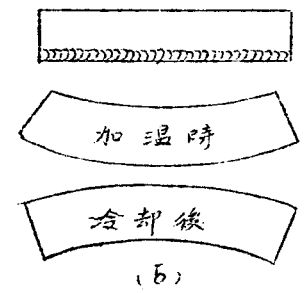
II. 焊件之變形和它防止方法：金屬與任何物體一樣有熱脹冷縮之物理性能而在焊接過程中之加熱和冷卻的循環，也就引起了焊件之熱脹冷縮現象，這樣焊件常會變形，而與原來之尺寸不同了。

在焊接中討論焊件之變形主要是研究焊接留下之殘餘變形常見之焊件殘餘變形種類有下列幾種

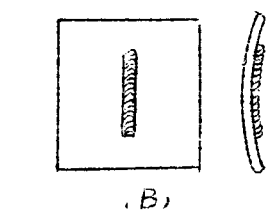
A. 收縮變形：由於焊件局部加熱與冷卻時引起收縮變形，它在縱向與橫向都會產生，如圖(A)是對接接頭之橫向殘餘變形之情況，一般金屬之收縮變形與焊件之尺寸形狀，焊接方法，焊件溫度和金屬物理性能有關。



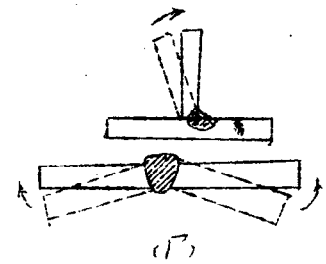
B. 彎曲變形：由於在焊接時產生對稱中心線不對稱之塑性變形，致焊後使焊件產生彎曲變形，這種變形原因是由於熱脹冷縮引起的，故在高溫時與焊後冷卻時之彎曲方向相反，如圖(B)



B. 焊件失去穩定性：在焊接薄板時，薄板常失去穩定性而凸出這現象如軸中心受壓力而產生縱向彎曲一樣，只不過本質上更複雜些，如薄板之焊接產生失去穩定性後其形式如圖(B)



金屬之焊件若產生殘餘變形，則常引起另件或構件之尺寸不準確或幾何形狀破壞，而不適合工作要求，因此在焊接工作中我們必須想辦法防止變形產生，而常用方法有下列各種，但應以預防為主



A. 預防變形之方法：

(1) 被設計上考慮 如將焊縫佈置在對稱之位置以減少變形

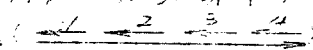




(2) 尽可能地減小焊縫之數目

(3) 如要減少失去穩定性則可選用剛性較好之材料或使用加筋板

(4) 使用夾具來限制焊件之變形

(5) 採用工件之反變形法如圖 (P)

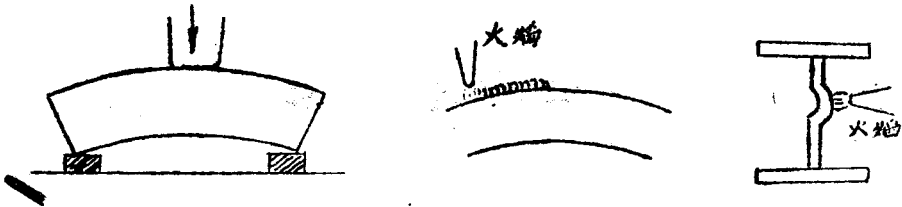
(6) 改善焊接工藝，如使用較小的坡口角度，加熱集中，焊速快，焊道薄且短，如多層焊，逐步退焊法：，回跳焊法：，以及對稱焊法：另外也可對被焊件進行全部或局部預熱來減少變形

5. 對已發生變形之工件進行糾正之法：

(1) 利用氧氬錘打焊件之局部變形處，但錘打會降低工件之韌性，故有不允許用

(2) 利用氣壓或水壓將焊件壓平或壓直，如圖 (A)

(3) 局部加熱，使焊件收縮扭轉變形，使變成正常如圖 (E)



## 第二章 氣焊材料和設備

## §1. 氣焊的定義和分類：

氣焊的性質是利用化學能產生熱量來進行焊接的，它的熱量來源，是由可燃氣體與氧混合燃燒產生火焰，放射光和熱而達到利用這熱量熔化工被焊件之接頭處，使金屬熔化，當凝固時就結合成為一個整體的焊接接頭。

氣焊的分類：在依據的條件不同時，則分類法也不同。

## 1. 依照使用之氣體燃料來分類

A. 氣炔焊：是利用乙炔氣與純氧混合燃燒的火焰來加熱，一般溫度較高，常用。

B. 氧氣焊：是利用氧氣和氧氣混合燃燒的火焰來加熱，溫度不很高，常用於薄板焊接。

B. 其他可燃氣體焊接：如煤氣，天然氣等，火焰溫度較低，故適用低熔金屬之焊接。

## 2. 依照焊接過程中是否加壓力來分類

A. 無壓氣焊：是熔焊的一種，普通氣焊都屬於這一類，在焊接中不帶加壓力的。

B. 加壓氣焊：即氣壓焊，焊接過程中必須對被焊件加壓力，才能形成牢固之接頭。

## §2. 焊接用的氣體與氣體製造：

焊接時所用的氣體總的說可分成二大類，即燃料（或可燃氣體）與助燃的氧氣，而氣焊是用火焰的溫度來熔化工金屬，所以對可燃氣體有下列幾點要求：

1. 可燃氣體燃燒時發熱量要高
2. 燃燒時火焰之強度要高
3. 火焰對焊件除了加熱外沒有其他化學作用
4. 氣體之安全性要好不易爆炸
5. 氣體之貯存和運輸要方便

在焊接中乙炔氣，煤氣，氧氣，汽油的蒸氣等，基本上都可符合可燃氣體之要求，但目前工作中最常用的是乙炔氣，現將這可燃氣之性質和製造法分述如下：

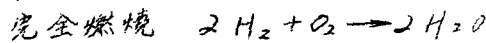
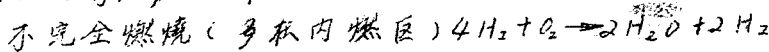
1. 氧氣的性質和製造：氧是一種無色無味無毒的氣體，在液體時帶有淺藍色，氧不能自己燃燒，只能助燃，任何東西燃燒時都不能缺少它，氧是以游離狀態存在空氣中，佔空氣體積之 21% 或重量之 23%。在 0°C 和一個大氣壓時，每公升氧氣重 1.429 克。

在焊接中為了要使火焰溫度高，不要空氣中的其他氣體帶走熱量，故不用空氣助燃，而是由純氧來供應燃燒之需要，所以氧氣是氣焊必須的材料

氧氣在工業上用途是很廣泛的，它可用於氣體火焰加工（如氣焊，氣割，火焰表面淬火等），冶金工業，化學工業，航空與醫藥上之人工呼吸等

氧氣的製造雖可用化學方法或電解水方法得到，但產量少，成本貴，所以工業上用的氧氣是直接從液態空氣中蒸餾得到的，由於空氣中主要成份是氮和氧的沸點是 $-196^{\circ}\text{C}$ 氧沸點 $-183^{\circ}\text{C}$ 所以將空氣經過壓縮，膨脹，冷卻後使變成液體，然後再慢慢蒸餾液體空氣，使氮揮發完後剩下了氧時則餘下的是液體氧了，最後將液體氧經過氧化，乾燥，壓縮等過程將其裝在氧氣鋼瓶中，取出送應用，但裝瓶氧要求它純度高，如規定在99%以上（一般分餾液體空氣得到氧之純度可達到99.5%）若其他殘留氣體多，則將影響焊接工作，另外壓縮氧氣易爆炸，當它與脂肪，礦物油與細煤粉接觸時易引起燃燒產生熱壓力而爆炸。

II. 氧氣的性質和製造：氧氣是一種無色無味的氣體，它易燃燒，化學反應如下



氧的製造法可從電解水得到（用NaOH作電解質），但此方法只有在電力便宜之地方才適用，氧亦可用水蒸氣通過燒紅的金屬屑（鐵或銅）使分解得到氧和氫，氧可供金屬作用，而氫氣就可尋常使用。氧氣亦可從冷卻法得到，如水煤氣中各種成份之沸點，CO是 $-190^{\circ}\text{C}$ ，CO<sub>2</sub>是 $-79^{\circ}\text{C}$ ，N<sub>2</sub>是 $-193^{\circ}\text{C}$ ，H<sub>2</sub>是 $-252.8^{\circ}\text{C}$ ，故冷卻水煤氣，使CO，CO<sub>2</sub>首先變為液體而餘下就是氫氣了

氧氣火焰所含熱量較少且溫度不高的 $2000^{\circ}\text{C}$ 左右，所以一般只用於低熔點金屬如Al，Pb和銻鋼板之焊接，由於溫度低，故若焊厚件則燃燒加熱時間要長，致熱量損失也多，不經濟，所以在乙炔氣使用到焊樑工作後，則氧氣就逐漸被乙炔氣所代替了

II. 煤氣：是焦炭廠乾餾煙煤所得到的副產品，它的主要成份是H<sub>2</sub>，CH<sub>4</sub>，CO，煤氣火焰沒有什麼光輝，燃燒與氧氣似溫度不很高約 $2000^{\circ}\text{C}$ ，所以它只用於焊薄鋼板和低熔金屬，另外煤氣中常含有硫化物，它是有害成份，這就限制了煤氣在熔焊工作的使用。

III. 乙炔氣：性質和製造：乙炔[C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>]是一種不飽和的碳氫

化合物，在平常狀態是氣體，由於成份是C和H，故可以燃燒，發熱量很高，在完全燃燒時  $C_2H_2 + 2\frac{1}{2}O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O + Q$  而  $Q=12800$  千卡/立方尺，由於發熱量高，故火焰溫度高達  $3000^\circ C$  以上，這是比其他氣體燃料优越

純乙炔是沒有顏色與臭味的，對人體健康無害，但工業用的乙炔，都含有些什麼質如  $H_2S$   $PH_3$  等，它們有強烈的臭味且有毒，故對工人身體健康有害。

(一) 在焊接與切割工作中使用乙炔氣應注意與

1. 乙炔之爆炸性：乙炔運用不慎則易引起爆炸，影響爆炸之因素很多如壓力，溫度，容器之大小形狀和所含什麼質的性質等，至於引起爆炸之原因

A. 乙炔的聚合作用：當溫度升高或壓力增加時  $C_2H_2$  會聚合而形成新之化合物且放出熱量如  $3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 + 150,58$  千卡/克分子，而產生熱量不易散去，則使乙炔的溫度與壓力又繼續增加結果就產生了爆炸

B. 乙炔易與某些物質作用而引起爆炸：如產生  $Cu_2C_2$ ,  $Ag_2C_2$  它分解時會產生很大的熱，使氣體的體積膨脹而引起爆炸，所以乙炔設備禁止用純銅做，只可用銅合金，含  $Cu < 70\%$  才行

C. 乙炔與其他氣體混合之爆炸性：空氣與氧易增加乙炔之爆炸性，如在一個大氣壓時，若空氣中含  $7-13\%$  乙炔時，稍有火星，就會引起爆炸，很危險，所以在乙炔使用中要提高警惕，且必須注意工作地之通風問題。

(2) 乙炔的溶解度：乙炔可溶解在某些液體中，特別是有孔化合物液體，如在  $15^\circ C$  和  $1 atm$  時各種液體溶解乙炔的量如下

- 1 五升的水能溶解 1.15 五升的乙炔
- 1 五升的苯能溶解 4.0 五升的乙炔
- 1 五升的汽油能溶解 5.7 五升的乙炔
- 1 五升的丙酮能溶解 23 五升的乙炔

(3) 乙炔氣中存在什麼質之影響：常見什麼質之影響有下述幾種：

A. 空氣：若乙炔中含空氣多會引起爆炸和降低焊接質量，故一般乙炔器對空氣含量有嚴格限制，如固定式中應  $< 0.5\%$  空氣，而在輕便式中應  $< 1.5\%$  空氣

B. 水蒸氣：水蒸氣多會降低生產率，如含  $25-70\%$  水蒸氣時則生產率降低達  $3-10\%$

B. 磷化氫，硫化氫：由電石中  $CaS$ ,  $PS$  與水作用引起的。