

焊接原理及應用

王 方 編 譯



首都出版社 出版

焊 接 原 理 及 應 用

王 方 編 譯



首 都 出 版 社 出 版

焊接原理及應用

25 開 254 面 187 千字 定價 16,500 元

編譯者 王 方

出版者 首都出版社

印刷者 慈成印刷工廠
北京宣外上斜街西口
電話(三)二七九五號

發行所 首都出版社

北京右驛馬後宅甲36號
電話(二)〇二一八號

1954 年 1 月初版 1954 年 4 月再版

2,001—4,000 册

北京市書刊出版業營業許可證出字第〇三三號

目 次

第一章 焊接方法與切割方法通論.....	1
1. 概論.....	1
2. 焊接的種類.....	1
3. 切割分類.....	13
第二章 焊接時應注意的事項.....	15
4. 一般注意事項.....	15
第三章 金屬的性質、熱處理與鑑別法.....	17
5. 鋼與鐵的製造.....	17
6. 鑄鐵.....	20
7. 熟鐵.....	22
8. 鋼.....	23
9. 合金鋼.....	26
10. 非鐵金屬.....	29
11. 金屬的熱處理.....	33
12. 柔化處理.....	33
13. 硬化處理.....	34
14. 回火處理.....	34
15. 表面硬化處理.....	35
16. 普通金屬的鑑別方法.....	36

17. 灰口鑄鐵與可鍛鑄鐵	37
18. 鑄鋼	38
19. 鍛鋼	38
20. 熟鐵	39
21A. 低碳鋼	39
21B. 高碳鋼	40
22. 合金鋼	41
23. 鋁	43
24. 銅	44
25A. 黃銅與青銅	44
25B. 鋁青銅	44
26. 摩奈爾金屬	45
27. 鉛	45
28. 鋅的硬磨鑄件	45
第四章 氧乙炔焊與電弧焊概論	47
29. 焊接接頭的種類	47
30. 對接接頭	48
31. 疊接接頭	50
32. 丁字接頭	51
33. 拐角接頭	52
34. 邊緣接頭	53
35. 焊接中的冷縮與熱脹	54
36. 鑄件中的冷縮與熱脹	58
37. 接頭中的內應力	59
38. 預熱	60

第五章 氧乙炔焊接的設備及其使用方法	62
39. 概論	62
40. 應注意的事項	63
41. 氧乙炔焊接的設備	67
42. 乙炔氣的製法	69
43. 乙炔氣桶	71
44. 氧氣及其製造	73
45. 氧氣桶	74
46. 調節器	74
47. 氧乙炔焊的焊接嘴	76
48. 焊接嘴頭與混合塊	78
49. 橡皮管	78
50. 焊接工具的毛病	79
51. 焊接器具的使用	81
52. 火焰的調節	84
53. 火焰的種類	85
54. 焊接嘴與焊條的握持法	88
第六章 銅焊（銀焊）與軟焊	96
55. 銅焊與銀焊	96
56. 軟焊	101
第七章 各種金屬的氧乙炔焰焊接法	104
57. 概論	104
58. 鐵金屬的熔接與銅焊	106
59. 非鐵金屬的熔接焊、銅焊與銀焊	119
60. 表面焊銅法	131
第八章 氧乙炔焰切割	133

61. 切割原理與方法	133
第九章 氧乙炔火焰的其他用途	139
62. 概說	139
第十章 電弧焊接概論	142
63. 概說	142
64. 施行電焊時應注意的事項	147
第十一章 電弧焊接的設備	151
65. 概說	151
66. 電焊機的種類	151
67. 其他設備	156
第十二章 焊條電極棒的種類及其用途	160
68. 電焊時所用的極性	160
69. 焊條電極棒的種類及其用途	161
第十三章 電弧焊接的程序	164
70. 電弧的性質	164
71. 焊接電流、電壓的控制及其他	166
72. 電弧的發生	168
73. 圓緣焊接	169
74. 電弧的長短	171
75. 各種接棒位置的焊接方法	172
76. 電弧焊接的熱影響	186
第十四章 各種金屬的電弧焊接與電弧切割	188
77. 鐵金屬的電弧焊接	188
78. 非鐵金屬的電弧焊接方法	194

79. 電弧切割	196
第十五章 焊表面硬化法	199
80. 用氧乙炔焰、電弧法施行焊表面硬化法	199
第十六章 焊接接樁的物理性質試驗	206
81. 接樁的物理性質檢驗	206
附錄：氧乙炔焊接中缺點的發生與防治	212
電弧焊接中缺點的發生與防治	218
各種焊接溫度	225
各種金屬硬化溫度	225
各種金屬回柔溫度	225
各種氣體燃料的發熱量及溫度表	226
各種金屬及合金的熔點	226
氧乙炔焊接綱要	228
電弧焊接綱要	234

第一章 焊接方法與切割方法通論

1. 概 論

用瓦斯火焰或電弧將欲焊工作物的接棒部分加熱到塑體或熔融的狀態，使互相熔接於一起，稱為焊接。焊接時需要焊條與否，與工作物的厚薄及接棒的形狀有關。普通說來，差不多任何金屬，都可用以下各節所述的方法焊接；但經特別處理的金屬（如經熱處理後的機件及落鍛件），因其特別處理所獲得之性質，常受焊接熱的影響而破壞，故經特別處理的機件在修理或製造時，不應用焊接方法；如必欲用焊接方法時，則必須運用適當的技巧，並須使用適宜的特別焊條。

2. 焊 接 的 種 類

焊接的方法很多，氧乙炔焊及電弧焊將在以後各章中詳細討論，本章只將各種焊法略述於下。

（一）鍛接焊法 將金屬的欲焊部分置於鍛爐中（鐵匠所用的爐稱鍛爐），加熱燒至半流動狀態後，取出用錘擊打，使其焊接於一起。鍛爐所用的燃料，多為煤炭、焦炭或木炭。熟鐵及低碳鋼通常可用鍛接焊法焊接；合金鋼及大部分非鐵金屬，則不宜用鍛接

法焊接。

(二) 吹管法 將金屬的欲焊部分置於高溫的火焰上，加熱至熔融狀態，此種熔融狀態的金屬，即自動流動熔接一起，不用再加壓力，如錘擊及擠壓等，故吹管法 (Torch or blow pipe method) 為非壓力焊法的一種，應用甚廣。其高溫之火焰是由某兩種氣體經吹管後混合燃燒而生 (常用氣體為乙炔與氧，或氫與氧)。

(三) 電焊法 將電能轉變為熱能，用以焊接金屬，可分下列三種：

(1) 電弧焊 (Electric arc welding) 利用電弧的高溫將金屬的欲焊部分熔化後，二塊欲焊金屬即自動焊合一起，不須使用壓力，故電弧焊亦是非壓力焊法的一種。各種金屬只要在電弧所能熔化的範圍內，都可用電弧法焊接，故此法在製造及修配工業上，應用很廣。電弧法又可分為金屬弧焊及碳弧焊。

a. 金屬弧焊 (Metal arc process) 金屬弧焊是電焊中最重要的一種，金屬焊條與電綫連接為電弧的一極，欲焊的金屬工作物亦與電綫連接作為電弧的另一極。二極間電弧所生的高熱，不但將欲焊工作物的接榫部分熔化，同時，金屬焊條本身亦受熱熔化，滴於工作物的接榫上，如使焊條 (電極之一) 沿接榫焊縫移動，則欲焊的工作物即互相熔接於一起。

b. 碳弧焊 (Carbon arc process) 此法電弧的兩極都是碳或石墨電極，兩電極間的電弧使工作物熔化後熔接一起。用此法焊接較厚的工件時，必須另備焊條使用。

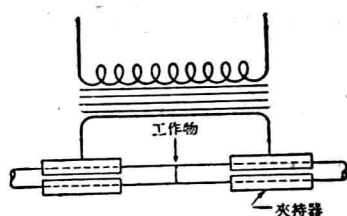
單碳極弧焊 此法只用一個碳或石墨電極，其另一極則為欲焊的工作物 (即工作物本身)，通電時，兩極間的電弧將工作物

接棒部分熔化焊接一起。此法與上述碳弧焊相同，焊接較厚的工作物時，亦須另備焊條使用。

(2) 電阻焊 (Electric resistance welding) 利用電流阻力來焊接的稱為電阻焊。此法是使欲焊工作物與電阻很小的銅質粗導線串連，當低壓的強電流(安培數很高)通過時，因在欲焊工作物的接棒部分電阻很高，故即產生高熱，使焊接面熔化後熔接於一起。普通電阻焊所用的電焊機，多為單相交流電，使用單相變壓器 (Single phase transformers)，變壓器的原綫圈 (Primary coils) 及次綫圈都繞於粗重的鐵心上；次綫圈較粗，所繞的圈數較少 (普通只繞一週或二週)，原綫圈接於電源，次綫圈的兩端各接於夾持器，欲焊的工作物即夾於夾持器之中 (見第 1 圖、第 2 圖)。

電阻焊在航空工業及自動車製造工業上應用較多，故一般用的電阻焊機的種類亦不少，現簡述如下。

a. 對接電焊機 (Butt welding machine) 將工作物頭對頭焊接一起，稱為對接焊接。電流通過工作物的接觸面時，電阻最大，所生的熱足能將接觸面的金屬熔化而生成良好的焊接接棒。此種電焊機由一個變壓器及二付夾持器組合而成，如第 1 圖所示；變壓器的強電流綫圈(次綫圈)的兩端各與夾持器連接，其中一付夾持器保持固定，另一付則可用槓桿使之左右移動，欲焊的兩塊工作物夾牢於夾持器中，施焊時只須將電開關閉合，移動夾持器槓桿即可。

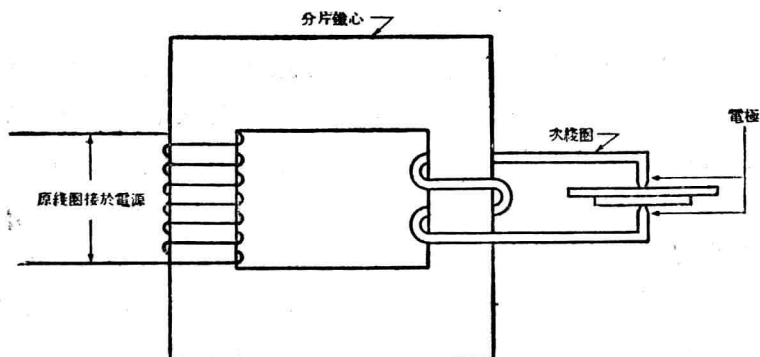


第 1 圖

個變壓器及二付夾持器組合而成，如第 1 圖所示；變壓器的強電流綫圈(次綫圈)的兩端各與夾持器連接，其中一付夾持器保持固定，另一付則可用槓桿使之左右移動，欲焊的兩塊工作物夾牢於夾持器中，施焊時只須將電開關閉合，移動夾持器槓桿即可。

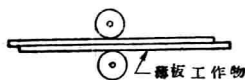
b. 點焊機 (Spot welding machine) 第 2 圖所示，是一點焊機的

圖解，將欲焊的薄板工作物置於點焊機兩棒形電極之間，電極為銅



第 2 圖

製，可壓緊於工作物上，電流通過時，在電極與工作物間的接觸點電阻最高，產生高熱，接觸點上的金屬即熔化，因而二片工作物在此接觸點能焊連起來。如將二棒形電極用轉動兩小輪代替，電流通過時，將欲焊工作物移動，則轉動小輪即繼續轉動，並保持與工作物繼續接觸，則此二塊工作物即沿此接觸直線焊接起來，如第 3



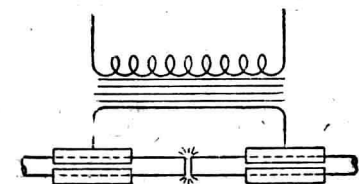
圖所示。

第 3 圖

c. 閃光焊機 (Flash welding machine)

閃光焊機與對接電焊機相似，所不同的只是施焊步驟。

閃光焊機工作時可分三步：第一步使工作物欲焊部分接觸，略



第 4 圖

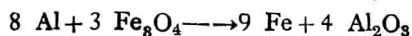
加壓力使之輕輕擠在一起；第二步使其離開，則在空氣隙有火花發生，焊接面上的金屬即開始熔化；第三步加壓力再使焊接面緊緊擠

在一起，當擠緊時，熔化金屬中的氧化物等雜質即被擠出，形成一良好的焊接接棒。如第 4 圖所示。

(3) 原子氫弧焊 原子氫弧焊亦是電弧焊的一種，所不同的，原子氫弧焊所用的電極為一雙鎢極。交流電通過時，二鎢極之間發生電弧，使一縷氫氣自電弧中間經過，則氫氣因受高溫影響，吸收大部分熱量後，即自分子狀態劈離為原子狀態，此原子狀態的氫氣與較冷的工作物接觸時，因溫度降低，立即重新接合成分子狀態，放出其劈離為原子時所吸收的熱量，將欲焊工作物的焊接面熔化後焊接一起。同時此氫氣流即圍繞於工作物接棒的周圍，防止熔化金屬與大氣中的氧或氮直接接觸，而產生不良影響。故用原子氫弧焊法焊成的接棒，其延展性及機製性都比其他焊法焊成的較好。

(四) 熱料焊法 (Thermit welding) 熱料焊法自 1896 年發明以來，應用日廣，尤其是焊接很厚很重的鑄件或工作物，用其他焊法一層一層地焊上去，不但曠時費工，且不能得到良好的結果，但如用熱料焊法，則結果甚好，在日常工業上如焊接或修理機器架、大軸、輪船的尾架、鐵路路軌、電車或起重機道軌、裂斷的鋼滾或修補大牙輪損壞的牙時最常使用。

熱料焊法所用熱料為磁性氧化鐵（四氧化三鐵 Fe_3O_4 ）與鋁粉的混合物，其化學反應方式程式如下：



即 8 個分子量的鋁與 3 個分子量的四氧化三鐵化合後，可以產生 9 個分子量純鐵與 4 個分子量的氧化鋁熔渣。化學反應以後的溫度，在理論上來講，是在 5000°F 以上，但在化學反應進行時，部分熱量為坩鍋所吸收，所以實際溫度僅為 4500°F 左右，比普通熔融鋼液的

溫度約高一倍。此種化學反應進行緩慢，無任何爆炸性，約需 30 秒鐘左右的時間，反應才能完成。又四氧化三鐵與鋁粉的混合物在 2000°F 至 2100°F 左右的溫度時，才能開始發生化學作用，故此種熱料在貯藏時很安全，無任何危險。如欲使此種混合熱料發生化學變化，必須使用點火粉點燃。因上述反應為放熱反應，故一經點燃，化學反應即永遠繼續下去，直至反應完成為止。點火粉的成分大部分為過氧化鋇 (Barium peroxide)，可用火柴燒燃。過氧化鋇的點火粉存放時必須妥為保護，以免火星跳落其中；又點火粉必須保持乾燥，一旦受潮之後，即不能恢復其原來的點火性質。

鋁除能將鐵的氧化物還原成鐵外，亦能將其他多種金屬的氧化物還原成自由金屬。茲將各種金屬氧化物的種類及其被鋁還原時的化學反應列表於下。

反應以前混合物的成分		反應完成後生成的物質	
金屬氧化物	鋁	鋁的氧化物 (熔渣)	自由金屬
$3\text{Fe}_3\text{O}_4$	8Al	$4\text{Al}_2\text{O}_3$	9Fe
Fe_2O_3	2Al	Al_2O_3	2Fe
$3\text{Mn}_3\text{O}_4$	8Al	$4\text{Al}_2\text{O}_3$	9Mn
Cr_2O_3	2Al	Al_2O_3	2Cr
WO_3	2Al	Al_2O_3	W
$3\text{V}_2\text{O}_5$	10Al	$5\text{Al}_2\text{O}_3$	6V
3TiO_2	4Al	$2\text{Al}_2\text{O}_3$	3Ti
3NiO	2Al	Al_2O_3	3Ni

MoO ₃	2Al	Al ₂ O ₃	Mo
3SiO ₂	4Al	2Al ₂ O ₃	3Si
B ₂ O ₃	2Al	Al ₂ O ₃	2B
3CO ₃ O ₄	8Al	4Al ₂ O ₃	9Co

上表中所列的錳、鋁、鉻、矽等元素，能改進鋼鐵的性質，所以在施行熱料焊時，爲了改善接樁金屬的強度及其他物理性質起見，所用的熱料除含有鐵的氧化物外，尚須含少量的其他金屬元素的氧化物。普通熱料焊焊成的接樁，其成分分析如下：

碳(C)...0.25~0.35% . 錳(Mn)...0.40~0.60% .

矽(Si)...0.09~0.20% . 硫(S)...0.03~0.04% .

磷(P)...0.04~0.05% . 鋁(Al)...0.07~0.18% .

用此種熱料焊成的接樁，其牽引強度約爲 72000 磅/平方吋，彈性限度約爲 36000 磅 / 平方吋左右。

普通的鑄鋼，是由生鐵冶煉而成，故其中含有不少雜質。鑄鋼冷凝時，所含的雜質則聚集於結晶顆粒的周圍，雜質的強度甚小，故鑄鋼在受力時，常沿結晶顆粒邊緣裂斷，鑄鋼強度之所以不如鍛鋼的原因即在於此。但由熱料焊法所生成的鋼質，表面上看來是一種鑄鋼，但此種鋼是由金屬氧化物還原而來，純度很大，結晶顆粒的周圍很少雜質存在，損壞時，亦由鋼的結晶顆粒中間斷裂，強度很大，故由熱料焊焊成接樁的金屬性質極與鍛鋼相似。

焊接時因需要性質不同，熱料的配合法亦不一樣，通常可分下列幾種：

(1) 普通熱料 由鋁粉與氧化鐵混合而成。

(2) 焊接鍛鋼熱料 於普通熱料中加少許鎳、鉻及馬丁鋼碎屑即可。

(3) 焊接鑄鐵熱料 於普通熱料中加入少許高矽鐵及馬丁鋼碎屑即可。

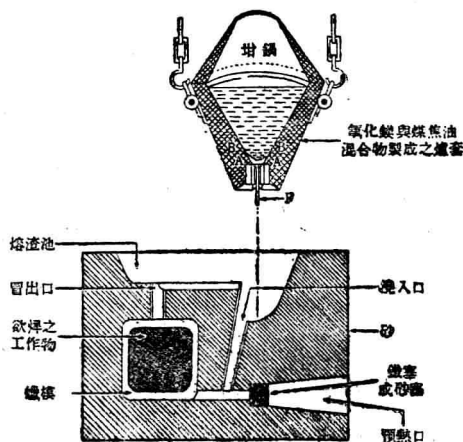
(4) 焊接耐磨機件熱料 於普通熱料中加入適量的其他合金元素即可。在焊接鋼錐或修理齒輪的牙時常用這種熱料。

熱料焊法可分為加壓力焊法及非壓力焊法兩種（見第 5 圖）：

(1) 加壓力焊法 將反應後的熱料傾入砂型之後，利用熱料的高熱將砂型中欲焊工作物的焊接面加熱到半流動狀態，然後將工作物自砂型中取出，施壓力於工作物擠壓之，使其熔接一起。

(2) 非壓力焊法 將熱料傾入砂型中，利用熱料的高熱，將砂型中的工作物焊接面熔化，同時熔融熱料即停留於工作物兩焊接面中間，使其熔接一起，待冷後才將工作物從砂型中取出。

在加壓力焊法中，熱料只當作熱源使用，並不焊入於工作物的接棒中；在非壓力焊法中，熱料不但當作熱源使用，而且熔化鋼汁亦停留於接棒部分作為焊接金屬，此即為二者的區別。



第 5 圖

熱料焊工具的使用方法與接樑的製作：

(1) 坩鍋 如第 5 圖的上方所示的是坩鍋，其外部為薄金屬製成的外壳，外壳內部套一層氧化鎂與煤焦油的混合物 (Magnesia-tar)，坩鍋的底部放一氧化鎂質耐火磚 A A，耐火磚 A A 之中，套以氧化鎂的耐火圓筒 B B；圓筒 B B 的中空通道，即為熱料由坩鍋流入模中的途徑；B B 圓筒與耐火塊 A A 之間常襯以一層硬紙。B B 圓筒每使用一次以後必須更換，更換時只須將圓筒輕輕向上敲擊，使其退下即可。B B 圓筒的中空通道內有一堵塞桿 F（上部呈圓盤狀）懸於 B B 圓筒之中，將通道堵塞，堵塞桿上面有一石棉的墊片及金屬圓盤，圓盤之上則鋪有一層耐火碎砂。

(2) 坩鍋中混合熱料的加入 未加入以前，應先將鉛粉與鐵的氧化物徹底混合均勻，然後將少量的熱料輕輕置於碎砂之上鋪平，再將其餘的混合熱料傾入坩鍋之中。熱料熔化以後，用手鏟或平頭小錘將堵塞桿 F 輕輕向上一擊，則熔化的鋼質熱料即經由 B B 圓筒中的通道流入砂型中。

坩鍋用過數次以後，底部可能發生磨損，加入混合熱料時應特別小心，以免熱料熔化後自動從磨損的縫隙中流出；坩鍋如損壞太甚，可重新用氧化鎂與煤焦油混合物塗過。

(3) 預熱器 (Preheater) 預熱器多用壓縮空氣和煤油（或汽油）做燃料。預熱器上有針形氣門，以調節空氣與燃料油的混合比例，使燃料油能夠完全燃燒。每套熱料焊設備之中最好準備兩個預熱器（一個也可）。在焊接雙樑式的工作物時，一預熱器用以預熱欲焊之樑，另一預熱器則用以使與欲焊樑平行的另一樑加熱，使其膨脹，以免在接樑冷卻時發生變形。