

科學圖書大庫

實用鎔鋁技術

編著者 張永耀

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

實用鎔鋁技術

編著者 張永耀

徐氏基金會出版

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尙有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林君經氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

顧 序

銲工作為機器製造及修理之重要工作方法。因其具有較大之形體變化及成本較低之優點，已有逐漸取代鑄造之趨勢。晚近太空工程及電子工業之蓬勃發展，更促使銲工作日新月異。

張君永耀精研銲工作垂十餘年。學有專長，經驗豐富。近以所著「實用銲技術」一書索序於余。深感本書資料新穎，所介紹之各種最新銲方法，在理論及實作方面均有詳盡之敘述。所提供之技術資料及數據，實用而完備，為本書之一大特色。作為從事銲工作人員之參考書及訓練技術人員之教本至為允當。

我國正處於工業發展階段，亟需各業專家將其經驗所得，著述公之於世，藉技術之交流以提高工業之水準。而期迎頭趕上潮流，故本書之付印，實具有深遠之意義，特此為序。

臺灣機械公司總經理顧光復

民國六十年十月廿五日

自序

事實告訴我們，今日的機械、造船、鐵路、汽車、橋樑、電器、電子、核子、航空、太空、以及種種製造與翻修工業，均脫離不了熔焊技術。自第二次世界大戰之後，由於配合工業之進展，歐美各先進國家對熔焊之研究發展，更是不遺餘力。因此焊接技術與設備，源源推出。而陳舊不適合需要者，則在日漸淘汰之中。其進步之神速，真可謂一日千里。

回顧我國工業雖在力謀起飛之中，然以熔焊而言；因受種種條件之限制，目前一般仍停留在老舊的氣焊與電焊（馬達焊）時代，實為美中不足。編者為了配合時代需要，不揣陋昧，就多年來實際工作經驗。參以與美國 G. E. 公司多位焊接技術代表共同研究之結果，廣為蒐集最新資料編成是書，以期對國家工業之發展，稍盡微薄。

本書共分二十二章，自最原始之軟焊（錫焊），硬焊（銅焊、銀焊）乃至最新之惰氣屏蔽電弧焊（Inert-Gas Shielded-Arc Welding），電離氣電弧焊（Plasma-Arc Welding），超音波焊（Ultrasonic Welding），電子束焊（Electron Beam Welding），雷射焊（Laser Welding）等均分章一一介紹。讀者可觀其推陳出新之演進，而收取精求宏之實效。

每章中除介紹簡單基本原理及設備構造外，大部份篇幅均為實際操作資料與規範。此等資料乃全世界熔焊學者及專家經驗之累積，殊堪珍貴。既可作為機械工程人員參考之用，而採作工職、工專學生之教本尤為適宜。

本書之編成，前後費時兩年有餘，文字力求簡明，其理論則深入淺出。所附圖樣，均經編者慎重選擇，細心繪製，清晰實用，以求達本書之普遍適用性。

本書承蒙張宗賜先生與羅祚循學長核稿，王大庚學長指導，牟海濤，安盛齊兩先生協助，復承謝韶星，雷華盛兩位先生與馬利恩（Gerad R. Marion），吳志（Norman J. Woods），克利曼（John W. Klemman）三位美籍熔焊專家賜助最新資料，使本書得以迅速付印，謹此致謝。

由於本書內容涉獵甚廣，而本人學識疏淺，誤漏之處，或有不免，聊備磚陳，以期玉見，是為序。

湖南寧鄉、張永耀、於岡山健鷹村

目 錄

自 序.....	
第一章 緒論	1
壹、概述.....	1
貳、基本焊接棒的種類.....	2
參、施焊的基本位置.....	6
肆、焊接的基本要求.....	8
伍、熱效應及熱消散.....	8
第二章 軟焊 (Soldering)	13
壹、概述.....	13
貳、軟焊的基本原理.....	13
參、軟焊接棒的設計.....	15
肆、焊前清潔.....	16
伍、軟焊劑.....	17
陸、軟焊料.....	20
柒、一般金屬的軟焊性.....	27
捌、軟焊的加熱方法.....	28
玖、軟焊後之處理.....	30
第三章 硬焊 (Brazing).....	31
壹、概述.....	31
貳、硬焊的基本原理.....	31
參、硬焊接棒的設計.....	32
肆、硬焊料.....	34
伍、硬焊劑.....	37
陸、硬焊的一般工作步驟.....	39

柒、各種金屬材料之硬焊.....	42
第四章 鍛接焊 (Forge Welding)	45
壹、概述.....	45
貳、鍛接焊基本原理.....	45
參、一般接合典型.....	47
肆、鍛接材料.....	48
伍、熔接劑.....	48
第五章 熱料焊 (Thermit Welding)	51
壹、概述.....	51
貳、熱料焊基本原理.....	51
參、熱料.....	52
肆、熱料焊設備.....	53
伍、施焊技術.....	58
陸、熱料焊的應用.....	59
第六章 氣焊 (Gas Welding)	61
壹、概述.....	61
貳、氣焊之基本原理.....	61
參、可燃氣體與助燃氣體.....	62
肆、火焰之調整.....	65
伍、氣焊基本裝備.....	69
陸、氣焊之基本操作技術.....	76
柒、氣焊之應用.....	79
第七章 電阻焊 (Electric Resistance Welding)	85
壹、概述.....	85
貳、電阻焊基本原理.....	86
參、點焊 (Spot Welding)	88
肆、縫焊 (Seam Welding).....	94
伍、浮凸焊 (Projection Welding).....	96
陸、端壓焊 (Upset Welding).....	100

柒、閃光焊 (Flash Welding).....	101
捌、衝擊焊 (Percussion Welding).....	105
第八章 塗料屏蔽金屬弧焊 (Flux-shielded Metal-Arc Welding)	107
壹、概述.....	107
貳、塗料屏蔽金屬弧焊之基本原理.....	108
參、塗料屏蔽金屬弧焊設備.....	110
肆、塗料電焊條.....	112
伍、磁性干擾的吹弧現象.....	116
陸、施焊技術.....	118
柒、一般焊接缺點原因及其防止方法.....	120
第九章 潛弧焊 (Submerged Arc Welding)	127
壹、概述.....	127
貳、潛弧焊基本原理.....	128
參、潛弧焊設備.....	128
肆、多極潛弧焊.....	131
伍、潛弧焊的應用.....	133
陸、施焊技術.....	133
第十章 氬原子焊 (Atomic-Hydrogen Welding)	139
壹、概述.....	139
貳、氬原子焊的基本原理.....	140
參、氬原子焊設備.....	141
肆、氬原子電弧火燄的特性及操作.....	142
伍、氬原子焊的特性與應用.....	143
第十一章 惰氣鎢極弧焊 (Inert-Gas Tungsten-Arc Welding)	147
壹、概述.....	147
貳、惰氣鎢極弧焊的基本原理.....	147
參、惰氣鎢極弧焊設備.....	151
肆、惰性氣體之使用.....	154
伍、填充料焊條的選擇.....	157

陸、施焊技術.....	157
柒、惰氣鎢極弧焊的應用.....	160
第十二章 惰氣金屬弧焊(Inert-Gas Metal-Arc Welding)	165
壹、概述.....	165
貳、惰氣金屬弧焊的基本原理.....	165
參、惰氣金屬弧焊設備.....	166
肆、屏蔽惰性氣體.....	169
伍、惰氣氣流之控制.....	174
陸、焊絲之選擇.....	176
柒、電弧長度.....	178
捌、施焊技術.....	179
第十三章 電離氣電弧焊(Plasma-Arc Welding)	183
壹、概述.....	183
貳、電離氣電弧焊的原理.....	183
參、電離氣電弧焊與惰氣鎢極弧焊的比較.....	184
肆、電離氣電弧焊設備.....	186
伍、電離氣電弧焊之操作技術.....	188
陸、電離氣電弧焊的應用.....	190
第十四章 超音波焊(Ultrasonic Welding)	195
壹、概述.....	195
貳、超音波焊接基本原理.....	195
參、超音波焊設備.....	196
肆、施焊技術.....	202
伍、超音波焊接特性.....	204
陸、超音波焊的應用.....	207
第十五章 電子束焊(Electron Beam Welding)	211
壹、概述.....	211
貳、電子束焊基本原理.....	211
參、電子束焊設備.....	212

肆、高壓低電流與低壓高電流的比較.....	217
伍、電子束焊之特點及應用.....	218
陸、非真空室電子束焊法.....	222
第十六章 雷射焊 (Laser Welding)	227
壹、概述.....	227
貳、雷射焊的基本原理.....	228
叁、雷射焊設備.....	229
肆、操作技術.....	231
伍、雷射焊的應用.....	231
陸、雷射焊的優點與缺點.....	236
柒、雷射焊與電子束焊的比較.....	236
第十七章 金屬噴焊 (Metallizing)	239
壹、概述.....	239
貳、金屬噴焊基本原理.....	239
叁、金屬噴焊方法：.....	240
一、金屬絲火焰噴焊法.....	241
二、金屬粉火焰噴焊法.....	242
三、金屬絲電弧噴焊法.....	242
四、金屬粉電離氣噴焊法.....	242
肆、噴焊前之準備工作.....	244
伍、金屬噴焊的應用.....	246
陸、噴焊材料.....	249
第十八章 氧氣切割 (Oxygen Cutting)	251
壹、概述.....	251
貳、氧氣切割基本原理.....	252
叁、氧氣切割設備.....	253
肆、切割技術.....	256
伍、割口與阻距.....	257
陸、氧氣切割對切割材料之影響.....	260
柒、難於氧化金屬材料的切割.....	261

捌、氧氣切割的其他用途.....	263
玖、水底切割.....	266
第十九章 電弧切割 (Electric-Arc Cutting)	269
壹、概述.....	269
貳、電弧切割基本原理.....	269
參、碳極電弧切割 (Carbon-Arc Cutting).....	270
肆、塗料金屬電弧切割 (Covered Metal-Electrode-Arc Cutting).....	271
伍、氧氣電弧切割 (Oxygen-Arc Cutting).....	274
陸、高壓空氣碳極電弧切割 (Air Carbon-Arc Cutting).....	275
柒、惰氣鎢極電弧切割 (Gas Tungsten-Arc Cutting).....	277
捌、惰氣金屬電弧切割 (Gas Metal-Arc Cutting).....	280
玖、電離氣電弧切割 (Plasma-Arc Cutting).....	282
第二十章 焊接棒的檢試方法	287
壹、概述.....	287
貳、目視檢驗法.....	288
參、聽聲檢驗法.....	288
肆、滲液顯示檢驗法.....	289
伍、磁化檢驗法.....	291
陸、放射線檢驗法.....	291
柒、超音波檢驗法.....	293
捌、渦流檢驗法.....	297
玖、酸蝕試驗法.....	298
拾、彎曲試驗法.....	300
拾壹、拉力試驗法.....	304
第二十一章 焊接安全	305
壹、概述.....	305
貳、個人安全.....	305
參、場地安全.....	310
肆、氣焊安全.....	313
伍、電焊安全.....	316

陸、雷射焊安全.....	318
第二十二章 焊接符號	321
壹、概述.....	321
貳、焊接符號的組合.....	321
參、一般規定.....	321
肆、填角焊 (Fillet Welds).....	325
伍、塞孔焊 (Plug Welds).....	327
陸、長槽焊 (Slot Welds).....	328
柒、槽溝焊 (Groove Welds)	328
捌、背襯焊 (Back Or Backing Welds).....	330
玖、熔透焊 (Melt-thru Welds).....	332
拾、表面焊 (Surfacing Welds).....	332
拾壹、邊緣焊 (Flange Welds).....	333
拾貳、電阻點焊 (Resistance-spot Welds).....	334
拾參、浮凸焊 (Projection Welds).....	335
拾肆、電阻縫焊 (Resistance-Seam Welds).....	336
拾伍、閃光或端壓焊 (Flash or upset welds).....	338
附 錄	339
第一表、各種金屬及合金的重量、比重及熔化溫度表.....	339
第二表、一般金屬材料之顏色標註符號.....	341
第三表、各種金屬材料火花鑑別法.....	342
第四表、各種金屬切面鑑別法及使用之焊接方法.....	344
第五表、一般金屬及合金之主要適當焊接方法.....	345
第六表、各種不銹鋼的焊接法之比較表.....	346
第七表、瓶內氧氣壓力與其體積量對照表 (70°F).....	347
第八表、各種溫度下瓶內氧氣壓力與體積表.....	348
第九表、各種氣體重量及體積對照表.....	349
第十表、美國標準片板規號數與厚度 (吋) 對照表.....	350
索 引	353

第一章 緒論

壹 概述

將兩件或兩件以上的金屬工作物，在其接榫局部位位置加致適當溫度，使之熔化，或半熔化狀態加施壓力，或僅使填加之焊料熔化，而工作物基體金屬在其熔點溫度以下，使之結合於一體，謂之焊接。切割的目的恰與焊接相反，係利用燃燒氣體或電弧等之熱源，將一塊金屬切分為二，謂之切割。

從古代獵具、兵器及裝飾品上看來，證明很早已有焊接方法。羅馬的史學家浦萊尼 (pliny) 先生，曾有過，以 60 % 鉛與 40 % 錫合金，或 40 % 鉛與 60 % 錫合金用以焊接鉛管的記載。焊接起源雖早，但發展很遲緩。例如氣焊，電阻焊及電弧焊等，可說二十世紀時才正式發展，二次世界大戰後，由於航空、太空及核子等工業的需要，促使焊接技術突飛猛進，發明很多新穎焊接及切割方法。茲分述如下：

一、焊接方法：

現在的金屬焊接方法甚多，茲就一般應用較廣泛者及發展史略的先後，列舉如下：

- (一)、軟焊 (Soldering)
- (二)、硬焊 (Brazing)
- (三)、鍛接焊 (Forge Welding)
- (四)、熱料焊 (Thermit Welding)
- (五)、氣焊 (Gas Welding)
- (六)、電阻焊 (Resistance Welding)
- (七)、塗料屏蔽金屬弧焊 (Flux-Shielded Metal-Arc Welding)
- (八)、潛弧焊 (Submerged-Arc Welding)
- (九)、氫原子焊 (Atomic-Hydrogen Welding)
- (十)、惰氣鎢極弧焊 (Inert-gas tungsten-Arc Welding)
- (十一)、惰氣金屬弧焊 (Inert-Gas Metal-Arc Welding)

- (四)、電離氣電弧焊 (Plasma Arc Welding)
- (五)、超音波焊 (Ultrasonic Welding)
- (六)、電子束焊 (Electron Beam Welding)
- (七)、雷射焊 (Laser Welding)
- (八)、其他焊接方法，除以上十五種焊接方法，均詳細分述如後外，尚有冷壓焊 (Cold-pressure Welding)，摩擦焊 (Friction Welding)，擴散焊 (Diffusion Welding)，爆炸焊 (Explosive Welding) 及集光焊 (Arc-Image Welding) 等方法。

二、切割方法：

- (一)、氧氣切割 (Oxygen Cutting)
- (二)、電弧切割 (Electric Arc Cutting)
 1. 碳極電弧切割 (Carbon-Arc Cutting)
 2. 塗料金屬電弧切割 (Covered Metal-Electrode Cutting)
 3. 氧氣電弧切割 (Oxygen-Arc Cutting)
 4. 惰氣鎢極電弧切割 (Gas Tungsten-Arc Cutting)
 5. 惰氣金屬電弧切割 (Gas Metal-Arc Cutting)
 6. 電離氣電弧切割 (Plasma-Arc Cutting)

三、金屬噴焊 (Metallizing)

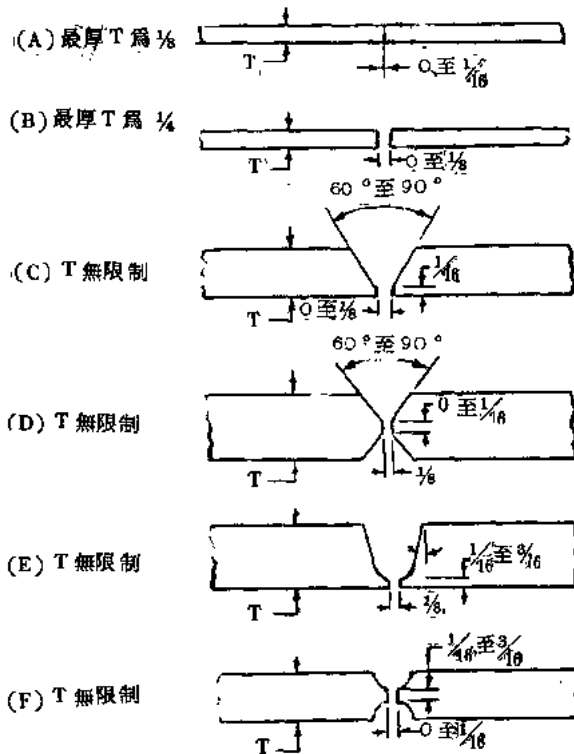
- (一)、金屬絲火燄噴焊法。
- (二)、金屬粉火燄噴焊法。
- (三)、金屬絲電弧噴焊法。
- (四)、金屬粉電離氣噴焊法。

貳 基本焊接接頭的種類

焊接兩件（或兩件以上）之工作件，其接合部位稱之謂焊接接頭 (Weld Joint)，其接頭由於欲焊的兩塊工作件相對位置的不同，而分為對接接頭 (Butt Joint)，搭接接頭 (Lap Joint)，T形接頭 (Tee Joint)，角接頭 (Corner Joint) 及邊緣接頭 (Edge Joint) 等五種基本型式，分述如下：

- 一、對接接頭：兩塊位於同一平面的工作物，使之面對面的焊接於一體，稱之謂對接接頭。由於工作物的厚度，材料的特性及施焊的方法等不同，該對接接頭又分為以下各種式樣，如第 1-1 圖所示。圖中(A)及(B)稱為方口對接接頭 (Square Butt Joint)。圖(C)稱為單面V型對接接頭

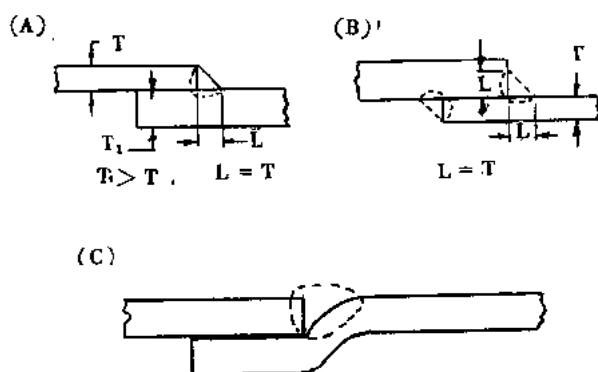
。(D)為雙面V型對接焊。(E)為單面U型對接焊。(F)為雙面U型對接焊等。同厚度之焊接件焊接時，雙面V型或雙面U型對接焊所使用的填加焊條數量，約比單面V型或U型對接焊少一倍，焊接較容易，而且受熱較均勻，變形也較小。



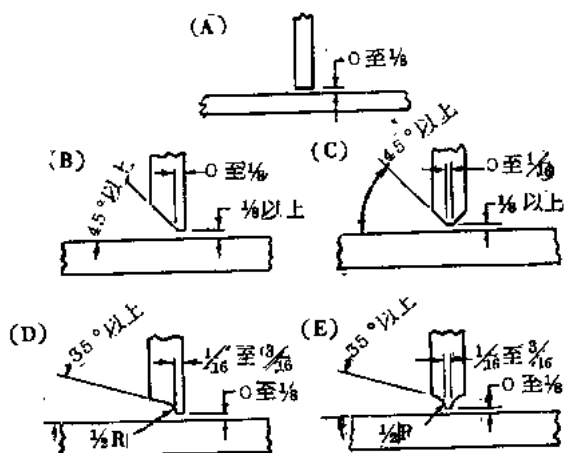
第1-1圖 各種對接焊式樣

二、搭接焊：其接焊係由不同在一平面內的兩個工作物，相互疊搭接合而成。其接焊形式，有以下三種，如第1-2圖所示。(A)型表示只可在一面施焊之搭接焊。(B)型表示工作物的上下兩面均可施焊的搭接焊。(C)型表示兩個工作物必須保持在同一平面內的搭接焊。該(C)型搭接焊的強度較(A)型為大，惟增加了焊前的準備工作。

三、T型接焊：T型接焊係由一工作物垂直於另一工作物的一種結合型式，其接焊的橫切面成為T形。T型接焊的一般型式，如第1-3



第1-2圖 搭接焊



第1-3圖 T型接焊