

最新金属接合技术

Modern Metal Joining
Techniques

Malcolm Schwartz

寺井 隆 著

寇立人中 译



复汉出版社

科學技術用書

最新金屬接合技術

Modern Metal Joining
Techniques

Mel M. Schwartz 著

工學博士 寺井 清

饒煥欽・寇立人中譯

復漢出版社印行

日文譯序

熔接，自誕生以來已歷 4 分之 3 世紀了。其間已確實經過了許多變革。現在如將包含這些變革之熔接發展過程，雖然顯得粗略，但如將其作概略的觀察時，即將強烈的感到一種規範性的氣息，那就是所謂熔接本身誕生之經過，多少是由於周圍環境之要求所促成，其顯著之傾向，則為由最初之氣體熔接變遷為電弧熔接，且同以電弧熔接為主體之技術，亦由手熔接發展為自動熔接，以致技術發展之特性，亦逐漸形成探索的形式。當然，在某一技術發明後之過程，將周圍環境之要求納入規範以內，由於其為技術發展上不可缺少之要素。所以在實際上映在我們眼中的乃係具有探索性與規範性混同的回饋（Feed Back）之特性。

當然，熔接時，在技術誕生之初期，其所看出之探索性之傾向，為其技術內容愈高度化也就愈為顯著，因此，作為具有活用技術以追求工業利益之義務的我們這些生產技術者，則必須努力於確立可用技術以期能儘早一天把握新技術之機構與本質。

本書由此一意義出發，正好在時勢潮流企劃之下，構成佳著，故敢於不辭辛勞著手譯書。由於著者為太空開發之老練家，並多年從事與此有關之熔接技術，所以本書之內容雖祇限於此一方面之學問，但亦足可作為防止本書不致成為如便覽類枯燥乏味之存在之最大理由，例如本書雖對磨擦熔接項付之闕如，但我們絕不致有遺憾的感覺。

最後對許可為日本青年技術者翻譯本書之 D.R. Schwartz 在陳述向其致謝之經緯之同時，並對擔任協助出版之產報小川出版部長及川崎重工業技術研究所各位，謹致其由衷之感謝。

日文譯者述

1974年11月

譯序

本書係太空時代之新焊接方法，共九章，第一章爲電子線熔接，第二章爲電漿（弧）熔接，第三章爲電毯焊接，第四章爲雷射熔接。第五章爲熔融 SPOT 熔接（MIG，及 TIG ARC），第六章爲輻射加熱式焊接，第七章爲發熱反應焊接及發熱 Flux 接合，第八章爲真空焊接，第九章爲擴散熔接。

我們看到以上的焊接名稱，已知其爲太空時代的新技術，美國爲了發展太空事業，曾投下了億萬萬金圓，然而天下沒有耕耘而不收穫的事業，果然繼月球探險，星際探險之後，給國計民生帶來了新的希望，然而以我們中國人之聰明才智與吸收發展之能力，對於這種技術之引進，想已迫在眉睫了吧！

這是一種新的學問，而非祇是一種新技術，蓋所謂技術按西方之分析法，則分爲 Hard Ware（機械設備之硬體）與 Soft Ware（人之腦力之軟體），兩者在運用之比重上，其機械方法愈精良，則人之腦力部份所佔之比例亦愈大。當讀者在研究本書的時候，當可察覺其爲百分之百的試驗報告，並經過比較取捨，始歸納爲焊接方法之因子。這些因子大部份或全部爲金屬之物理的、化學的、冶金的性質之記錄，像這樣的記錄，無一非新金屬接合法之重要因子。所以如不掌握此種因子，則簡直無法着手，誠如原著者在本書中所謂，如不善加研究而冒然將電子線熔接設備引進，以期望其發生魔術的奇蹟，那實在是不顧後果之行爲。

但書中也曾提及某政府機關引進了電子線熔接設備專門用以修理報廢之飛機配件，因而每年節省了巨萬外匯。問題不在於其設備費之是否昂貴，而在於其生產之價值，假如其生產之價值超過其設備費用，相信任何民間工業皆得採而用之。

書中所言者百分之百爲各種焊接所需之條件，我們現在取其學者們試驗並運用之成果，加以研究，實係事半功倍之唯一方法，況且科學是世界性的，誰努力學習就爲誰所有，所以這實在是吸收外來學識之正常途徑，先行研

究其學問，然後引進其設備，乃係順理成章之程序，這與在陌生情況之下引進新設備，然後再研究其使用方法相比，其相去實不足以道里計也。所以譯者們深望能儘早一天，將此種新技術引進國內，故不惜焚膏繼晷利用業餘，草譯是書，願與國人共勉。

其次關於對本書研究經過及撰譯方法，亦願在此提出報告希望讀者指正，其第一最重要之點，則為譯述之用語問題這不能含混，亦不能按個人好惡加以更動，必須使其成為原書之考貝，方不致徒勞無功。

第一為關於“焊”字之運用，焊接技術在中國已有兩千餘年，自古代之釵鈿及用具，已知焊接技術。即在電焊、氣焊發明以前，中國與世界各國在焊接技術水準上是平等的。譬如我們說“到銀匠爐打首飾去”外國亦係如此說並如此做，蓋此時人類已知銀焊並已知鍍金術了。以後隨着銅器之發達，一切用具均係銅製品，每個家庭用具不外為銅製品，如銅壺、銅火盆、銅火鍋，這時之製造方法為“銅焊”亦即本書中所說的 Furnace Brazing（爐內硬焊）因其融點較高故稱之為硬焊，同時這種方法，因不須對母材加熱或熔融而祇使用較母材融點為低之焊材即可予以焊接，故又稱之為冷焊。其後一直到了民國初年外國製之鍍鋅洋鐵（白鐵皮）輸入中國，這時每個家庭使用之工具則為白鐵皮製品，如茶壺、腊台、漏斗均係使用融點更低之焊材如鉛錫合金予以焊接。這種鉛錫合金焊接法，在本書中西方人稱之為 Soldering（焊接），對前述之 Brazing 之黃銅焊接，則稱之謂軟焊。譬如我們說“到錫鐵舖買茶壺去”這錫鐵就是鉛錫合金之焊材，所以日本人稱焊接為鐵接，完全是從中國學去的，不過在日本現在鐵字已被淘汰而祇用其音，此一鐵字中國現在雖已不用，但是在小學生國語字典裏還是可以查到。繼此以後則西方人發明了 Welding（電焊、氣焊）日本人譯作溶接，中國仿作熔接，由此可知日本之溶接係由 Welding 譯出，並非中國焊字之轉譯，蓋因中國亦將 Welding 譯作焊接，所以看似焊接等於熔接，其實這不過數字上之等式而已，所以我們應該瞭解使用熔接名詞時必須將其限制在 Welding 範疇之內，充其量亦祇能將 Melting Joint（融接）（如 MIG，TIG）包括在內，不能超出此一範圍。其他如電毯焊接、輻射加熱式焊接、發熱反應焊接、真空焊接，這些方法的西方技術發明國家限定字義均為 Soldering，所以我們將其一律譯作焊接。其次在本書中熔接與融接可以通用，而熔接有時亦作接合之用，有時在焊接中亦使用之並非舛謬也。蓋就中國焊字言之，涵蓋太廣，幾乎已變為形容詞，亦即兩張金屬，無論用任何方法將其接合在一起均稱之謂“焊”，如此汎用，在本書中，很難交待清楚，所以我們已

立下了一個標準即凡是原文爲Welding 者一律譯爲熔接，Melting Joint 則譯爲融接，Soldering or Brazing 一律譯爲焊接加以管制之。

其次爲金屬元素名詞，以及冷僻之專門術語，爲了研究方便起見則一律使用英文原文並附註中文，其中因有時使用太頻或辭句冗長時則將中文捨去，但仍可在卷末由譯者編排之字彙中查出之。蓋現在已知之金屬元素及其代號均納入本書之內，以如此龐大數量，恐怕很少人能根據金字邊的金屬元素單字在倉卒之間指出其原文，否則以現在國內之中文工具書亦很難查出其原文原意，所以，以我們的直覺唯一的辦法即是逕行使用原文（英文），這是世界性語言，研究試驗非用原文不可。我們認爲凡做一件事，欲其發生效應，必須依靠良知，當習慣法成爲進步之障礙時，則必須使其向良知屈服，況且習慣並非制度，當其成爲不良之慣性作用時，即不應受到任何約束，正是，苟日新，日日新，又日新，深願以自強不息之精神，作利用厚生之前驅。

其次在這裏有一個字義要加以指出，因爲這個字在本書中佔極爲重要的地位，那就是Atomosphere（大氣）之第二字義“氣霧”，這是在大氣下由人工造成之“氣體環境”這包括真空，或在真空中注入不活性氣體“氬”或“氬”甚至於包括Gas Shield（氣幕）在內，亦即指在大氣下依人工造成之有別於大氣之氣體環境而言。

第二章電漿（弧）熔接，係屬於融接範疇之內，這是美國現在時行之學問，國內大學亦在熱烈研究，其所敘各點，具體而微，一開始即將其理論與原理交待清楚，惟語句中之技術氣息太濃，每一句話均代表了許多動作與試驗，故有反覆涵詠之必要。其所引用之名詞，則以現在學校中教科書上以及國立編譯館出版之物理，化學名詞爲準，不以個人之爲惡爲取捨，權使讀者困惑無從查詢也。

第三章電極焊接，這是在焊接之母材上或上下兩方、數以具有柔軟可撓性之電極，除其所用材料，氣氛有詳盡之敘述外，至於其功能則在於使其成爲Heater，以盡其充當烙鐵之功能，故原文使用Soldering，中文譯爲焊接。

第五章爲熔融Spot 熔接（MIG及TIG），國內現在間有使用，故頗感熟悉，又因過去關於此種技術曾有譯介，故知其均不及本書之詳盡透徹而具體，因此深希國內擁有此種設備之技術者、學者，及研究者，能取本譯本參考當必有所助益也。

第六章爲輻射加熱式焊接，其原理係以石英燈輻射，以充當Heater，對於原理，裝置，材料，應用敘述甚詳，是一種值得研究之新學問，原文係

Soldering 故譯爲焊接。

第八章真空焊接，寫的細膩而精采，其要點爲焊材（ Filler Metal ）之研究，這是發展焊材合金之性質之珍貴資料，對於新金屬之焊接，頗具有啓發性質，實爲研究焊接合金之最佳資料。

第九章擴散熔接，係以時間，溫度，壓力爲因子，以產生擴散，並進而引起接觸面之合體接合法。此一章所佔篇幅最多，亦係較難理解的一章，然而如能細細咀嚼，則字字珠璣，蓋因原文均係各節自行獨立，如非假以時間，歸納整理，頗有使人難以掌握其梗概之感也，總之本章敘述實非等閒之學問，故不能以等閒之方法攝取之也。

本譯本在完稿後予以修正之際，深以爲如此新穎而不尋常之學問，竟能在工作之餘，粗能達意，私心頗慰，就本書新技術而言，在適者生存競爭激烈之現世，除加以急起直追，刻意研究，引近發展以外，則別無選擇，至於撰譯如能發生拋磚引玉之作用，實望外之喜也。

最新金屬接合技術／目次

第 1 章 電子BEAM熔接 (電子線熔接)	1
1-1 電子 Beam 熔接法之原理與理論	2
1-2 電子 Beam 裝置之基礎	5
1-3 理論	6
1-4 電子 Beam 原理	7
1-5 電子 Beam 熱能之計算	9
1-6 高壓裝置與低壓裝置之比較	10
1-7 機構及主因子	11
1.7.1 電子鎗	11
1.7.2 加速電壓	14
1.7.3 Beam 電源與 Beam 收斂	14
1.7.4 固定型及可動型電	
1.7.5 子鎗	15
1.7.6 真空與大氣	16
1.7.6 熔入深度——熔接部形狀——深度與幅——變形	17
1-8 裝置型式與設備	21
1.8.1 高電型裝置	22
1.8.2 低電型裝置	27
1.8.3 安全性	29
1.8.4 關於設備之考察	30
1-9 經濟性——優點——缺點	34
1.9.1 優點	34
1.9.2 界限	37
1.9.3 經濟性	38
1-10 材料	41
1.10.1 Aluminium (鋁) 與其合金	50
1.10.2 Beryllium (鈹) 與其合金	48
1.10.3 銅與其合金	49
1.10.4 Columbium (鈮) 與其合金	49
1.10.5 Magnesium (鎂) 與其合金	49
1.10.6 Molybden (鉬) 與其合金	50
1.10.7 Nickle (鎳), Cobalt (鈷), 鐵基超合金	51
1.10.8 Stainless (不銹) 鋼, 析出硬化型	

鋼，低合金，超高 張力鋼，Ring Edging(輪緣)鋼	53	Al)/ 7 Al - 2 Cb - 1 Ta / 6 Al - 6V - 2 Sn / 8 Al - 1 Mo - 1 V	60
1.10.9 Tantal (鉭) 與 其合金	59	1.10.13 Tungsten (鎢) 與其合金	61
1.10.10 Titanium (鈦) 與其合金	59	1.10.14 Zirconium (鈷) 與其合金	62
1.10.11 純 Titanium (A - 70) - A - 110 AT (5 Al - 2.5 Sn) - C 120 AV (6 Al - 4 V)	59	1.10.15 非金屬 —— Cera- mics (瓷)	62
1.10.12 B 120 VCA (13 V - 11 Cr - 3		1.10.16 異種金屬	65
		1.10.17 以太空鎔熔接之材 料	67
1-11 接手設計 —— 試驗結果	68	1.11.3 試驗結果	71
1.11.1 接手設計	68		
1.11.2 接手間隙	71		
1-12 應用與未來之可能性	73		
1.12.1 原子能機器	74	船 —— Booster (火箭輔助推進器)	78
1.12.2 海洋機器	75	1.12.5 電子工程學	79
1.12.3 Motor —— 車輪 —— 齒輪 —— En- ging	75	1.12.6 修補熔接	79
1.12.4 飛機 —— Missile (飛彈) —— 太空		1.12.7 其他	82
		1.12.8 未來	84
1-13 冷陰極或 Plasma (電漿) 之電子 Beam (電離 Gas)	89	經濟性	93
1.13.1 Plasma 電子 Beam 之機構與最 近之進步	89	1.13.3 材料 —— 試驗結果 —— 將來性	94
1.13.2 裝置 —— 特長 ——			
1-14 部份真空電子 Beam 熔接 (PVW)	96		
1.14.1 部份真空法之機構 與初期之研究	97	1.14.2 裝置 —— JIG (補 助工具) —— 優點	

經濟性.....	98	——將來.....	100
1.14.3 材料——試驗結果			
1-15 大氣壓電子 Beam 熔接之機構與原理及其成長.....	103		
1.15.1 大氣中電子 Beam (參數).....	109		
機構與原理及其成長.....	105	1.15.3 裝置之優點與缺點.....	112
1.15.2 變數與熔接之 Parameter		1.15.4 材料，試驗結果，適用與其將來性.....	114

第2章 PLASMA ARC熔接 (電漿弧焊).....124

2-1 理論與原理.....	125		
2.1.1 Arc (弧) 之形態.....	125	2.1.2 Arc柱.....	126
2-2 主因子及機構.....	127		
2.1.1 Key Hole Ac-tion (鍵孔作用).....	128	2.2.2 收斂.....	128
2.2.3 Plasma Gas	130	2.2.4 Arc形狀.....	130
2-3 裝置與附屬品.....	130		
2.3.1 Torch (吹管).....	131	2.3.4 補助工具.....	133
2.3.2 控制裝置.....	131	2.3.5 施以特殊化之裝置.....	133
2.3.3 電源.....	132		
2-4 優點——缺點——經濟性.....	134		
2-5 材料及其性質.....	139		
2.5.1 Aluminium (鋁) 及銅.....	139	2.5.4 Titanium (鈦) 及 Titanium 合金.....	140
2.5.2 Nickle (鎳) 及 Nickle 合金.....	139	2.5.5 其他.....	140
2.5.3 鋼 (熱作加工型鋼) 及 Stainless (不.....			
2-6 接手設計.....	140		
2.6.1 對縫熔接部.....	140	2.6.3 隅角熔接.....	141
2.6.2 「T」型 Slot (切孔) 或 Plug (塞孔) 熔接部.....	141	2.6.4 Plasma Needle Arc (電漿針弧) 熔接接手.....	142

2.6.5 Mismatch(錯縫)	142
2-7 應用與將來之可能性	142
第3章 電毯焊接	148
3-1 理論與原理	148
3-2 機構與其優點	149
3-3 裝置及附屬器具之發展	151
3.3.1 Flexible (可撓性)電毯焊接裝置	152
或Platinum (鉑)絨	152
3.3.2 真空毛毯焊接	152
3.3.4 Single Retort	
3.3.3 Ceramic (瓷)	(單體蒸餾毯) 153
3-4 優點及經濟性	155
3.4.1 優點	155
3.4.2 經濟性	156
3-5 材料	157
3-6 接手設計及試驗結果	158
3.6.1 面材之選擇	158
Core (蜂巢式心材)	160
3.6.2 焊接合金之基準	160
3.6.3 Honey Comb	160
3.6.4 周圍部之細節	160
3.6.5 安裝方法及界限	160
3-7 適用及將來性	162
第4章 LASER (雷射)	164
4-1 Laser 之理論及原理	165
4.1.1 理論	165
4.1.3 雷射熔接之原理	168
4.1.2 反向分析	167
4-2 主要因子與機構	170
4.2.1 Laser 物質	176
4.2.4 對熔接之優點	180
4.2.2 Pumping	178
4.2.5 熔接條件之選定	181
4.2.3 效率	179
4-3 裝置之Type與補助工具	181
4.3.1 裝置	181
4.3.3 Laser Head	183
4.3.2 補助工具	182
4-4 優點與缺點及經濟性	183

4-5	熔接材料，開角形狀，及接手性能	185
4.5.1	Wire Member 接	188
	(同類)之熔接	185
4.5.2	Wire與Ribbon	
	(帶形)金屬之熔接	189
4-6	Laser 熔接之通用與將來性	191

第5章 熔融SPOT (點) 熔接(MIG及TIG ARC) 197

5-1	熔接法之主要原理與機構	197
5.1.1	交流及直流	200
5.1.2	Arc之發生與安定	201
5.1.3	熱傳導	202
5-2	電極消耗式與非消耗式	203
5.2.1	預熱	203
5.2.2	電極之移動	203
5-3	再現性與保持性	205
5.3.1	Arc長度	205
5.3.2	Gas Shield (氣幕)	205
5.3.3	Nozzle (噴咀)	205
5.3.4	熔接用Backing (背墊)	208
5.3.5	熔加材之添加	208
5-4	裝置，優點與經濟性	209
5.4.1	裝置與控制	209
5.4.2	經濟性	210
5-5	材料，接手設計及將來性	212
5.5.1	材料	212
5.5.2	接手設計	217
5.5.3	應用	218

第6章 輻射加熱式焊接 222

6-1	理論，原理，主要構成	222
6-2	裝置及補助工具	225
6-3	優點	226
6-4	材料，特性與將來	227

第7章 依發熱反應之焊接及發熱FLUX (熔劑)接合 229

7-1	原理，主要變數及機構	229
-----	------------	-----

7.1.1 發熱反應之焊接法	229	7.1.5 發熱 Flux (熔劑) 接合	234
7.1.2 發火溫度	231	7.1.6 發熱——黏着材料 接合	235
7.1.3 反應持續時間	233		
7.1.4 可以實質利用之 Energy (能)	233		
7-2 裝置, 補助工具, 經濟性	236		
7.2.1 依發熱反應之焊接	236	7.2.2 發熱 Flux 之接合	237
7-3 材料——接手設計及檢查	240		
7.3.1 耐火金屬	240	7.3.4 輕合金 Aluminium (鋁), Magnesium (鎂)	241
7.3.2 超合金 Rene 41	241		
7.3.3 Stainless (不銹) 鋼與析出硬化鋼	241		
7-4 應用及將來之可能性	242		

第8章 真空焊接 245

8-1 真空焊接之理論與原理	246		
8.1.1 真空	246	8.1.3 流動	252
8.1.2 硬焊接	247		
8-2 機種及重要因子	257		
8.2.1 母材之性質	257	8.2.4 接手設計	264
8.2.2 焊料之性質	259	8.2.5 時間與溫度	264
8.2.3 表面處理	261		
8-3 裝置及補助工具	265		
8.3.1 裝置	265	ld)	269
8.3.2 發熱體	267	8.3.4 補助工具	271
8.3.3 輻射熱幕 (Shield)	267	8.3.5 止流與分離材	274
8-4 優點——缺點——經濟性	275		
8-5 材料	276		
8.5.1 Beryllium (鈹) 及其合金	277	8.5.4 Magnesium (鎂) 及其合金	281
8.5.2 Aluminium (鋁) 及其合金	278	8.5.5 Molybden (鉬) 與其合金	282
8.5.3 Columbium (鈮)			

8.5.6 鋼——Stainless ——析出硬化型 Stainless鋼.....286	與Titanium (鈦)).....300
8.5.7 超合金.....286	8.5.17 Beryllium 氧化 物與耐熱性 Graph- hite(石墨).....300
8.5.8 TD-Nickle(鎳)及TD-Nickle - Chrome(鉻)292	8.5.18 Columbium 及其 他耐熱金屬.....301
8.5.9 Tantal (鉭)及 其合金.....292	8.5.19 Titanium (鈦) 及其合金與鋼,耐 熱金屬及與其他材 料之焊接.....301
8.5.10 Titanium (鈦) 及其合金.....294	8.5.20 Stainless (不銹)鋼與Tantal (鉭) 及Tantal - 10% Tungsten (鎢)之接合.....302
8.5.11 Tungsten (鎢)295	8.5.21 Ceramic (瓷) 與金屬及Graph- ite (石墨)與金 屬.....302
8.5.12 Ceramic (瓷)296	
8.5.13 Graphite (石墨).....297	
8.5.14 異種金屬及Cer- amic 之組合.....299	
8.5.15 Beryllium(鈹) 與Stainless鋼.....299	
8.5.16 Beryllium(鈹)	
8-6 接手設計及機械的性質.....303	
8.6.1 焊接接手狀況.....303	8.6.2 焊接接手試驗.....306
8-7 輕金屬之性質.....307	
8.7.1 Beryllium(鈹)307	).....308
8.7.2 Aluminium (鋁	8.7.3 Titania (鈦).....309
8-8 鋼及超合金之性質(Nickle, Cobalt, 鐵).....310	
8-9 耐熱金屬之性質(Columbium-鈷, Morybdan-鉬, Tantal-鉭- Tungsten-鎢).....311	
8-10 適用及將來之可能性.....314	

第9章 擴散熔接..... 324

9-1 熔接法之理論與原理.....325
9.1.1 定義.....332

9-2	接合過程之Mechanism (機械結構), 與其有關之重要因子.....	333
9.2.1	變形熔接.....	333
9.2.2	表面污染.....	334
9.2.3	Energy障壁.....	334
9.2.4	彈性應力.....	335
9.2.5	變形之程度.....	335
9.2.6	擴散熔接.....	338
9.2.7	金屬表面.....	338
9.2.8	塑性流動.....	340
9-3	擴散熔接 Parameter	343
9.3.1	表面處理.....	343
9.3.2	溫度.....	345
9.3.3	時間.....	346
9.3.4	壓力.....	347
9.3.5	冶金之因子.....	347
9.3.6	活性劑.....	349
9-4	擴散熔接裝置.....	350
9.4.1	誘導加熱與抵抗加熱.....	350
9.4.2	具有2個鋪設台之抵抗加熱裝置.....	351
9.4.3	Autoclave (高壓蒸鍋) — 氣體加壓式 —	353
9.4.4	電毯加熱.....	353
9.4.5	高溫加熱 (高溫Roll 接合)	355
9.4.6	依高溫Pack (壓裝器) 之Roll 熔接.....	356
9.4.7	真空擴散接合及熔接.....	356
9.4.8	真空及氣霧爐.....	358
9.4.9	高溫試驗裝置.....	358
9.4.10	石英 Lamp 之加熱.....	358
9.4.11	Press (壓力機) 或 Dies (壓模) 壓接.....	358
9.4.12	裝置.....	359
9.4.13	擴散熔接之將來.....	360
9-5	擴散熔接之經濟性與其界限.....	361
9-6	材料.....	365
9.6.1	Beryllium (鈹) 與其合金.....	365
9.6.2	Aluminium (鋁) 與其合金.....	366
9.6.3	Plasma Spray (電漿噴射)	368
9.6.4	Clad (金屬合板) 材與Plasma Spray	370
9.6.5	Colobium (鈦) 及其合金.....	370
9.6.6	Chrome (鉻) 與其合金.....	372
9.6.7	銅及其合金.....	372
9.6.8	Cobalt (鈷) 及 Nickel (鎳) 基.....	

合金.....	372	與其合金.....	381
9.6.9 Molybdän (鉬)		9.6.13 Tungsten (鎢)	
及其合金.....	377	與其合金.....	382
9.6.10 鋼及與其有關之合		9.6.14 Zirconium (鋯)	
金.....	379	) 與其合金.....	385
9.6.11 Tantal (鉭) 與		9.6.15 金屬與Ceramics	
其合金.....	379	(瓷) 與材接手...	385
9.6.12 Titanium (鈦)			
9 - 7 對種種分野之應用.....			390
9.7.1 Honey Comb		)	391
Core (蜂巢式心		9.7.3 濃密化.....	393
材)	391	9.7.4 濃密化與Clading	
9.7.2 Clading (合板化		(合板化)	394
9 - 8 接手設計：試驗結果.....			394
9.8.1 耐熱Mono Cocr		) 反射板，或絕緣	
(單考克) 構造...	397	材Plus 加(冷却	
9.8.2 絕緣材Plus (加		構造)	397
9 - 9 應用及將來性.....			400
金屬元素，術語，料配件名稱對照表.....			414

第1章 電子BEAM熔接

(電子線熔接)

互100年間，具有Energy之自由電子與物質間之相互作用已施以科學的研究。恐怕現代原子核理論之大部份均受有此等研究之影響。這由唯物主義的觀點觀之，根據作為研究者努力結果之物理法則所開發之裝置，已續予現在工程學以極大之影響。其實例則有X線管與陰極線管。當操作此等裝置與其他電子Beam裝置時，認為尚有許多不適合之因子存在。不過在數百KeV以下之Energy時之電子Beam，如將運動Energy變換為熱Energy實係有效之手段。這種情況雖由以前既已深知，但在實際上以電子Beam為熱源並加以利用者實直至最近始予以認真考慮。

此一構想，已將熔接工業全體特性予以微妙的變化。在1940年代以前關於熔接幾乎全以藝術視之。這如其謂依賴熔接機本身，毋寧謂依賴熔接者之才能之處為多。然而在第二次世界大戰後，熔接已成為科學，今日之工業已將分子Amalgamate（汞齊化）與將兩種金屬融解並結成一體之理由，更續作較深之探求。其結果，則應用範圍推廣之熔接已較鉗接、螺釘、鉛錫焊與接合劑更應用於較多之方面。

熔接工業依其方法與應用面已有顯著之差異，由於據估計約有50種熔接法存在，這頗使業外者感到困惑。其中大部份所有之唯一共同點，則為使兩件金屬表面軟化，然後使氣體與電發生強熱以使接合部互相融合之一點而已。

如電子熔接Beam裝置，可利用於多方面之工作機械製造，以使其有實現之可能之發明與發展，已強烈的對組合工業使用電子Beam熔接催生。由於對物質之多種狀態，觀察其特有之過程以討論電子Beam之適用實係為的現象吧！如由大氣溫度至融點之固體狀態即可觀察其擴散與化學反應。擴散時，將施以已有之金屬原子與異種原子或含有分子同類之侵入型與換置