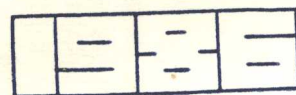


台港及海外中文报刊资料专辑



工业技术

第 5 辑



86.5
贵州省图书馆

书目文献出版社

工 业 技 术 (5)

——台港及海外中文报刊资料专辑 (1986)

北京图书馆文献信息中心剪辑

书目文献出版社出版

(北京市文津街七号)

国防科工委印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 1/16开本 5 印张 128 千字

1987年3月北京第1版 1987年3月北京第1次印刷

印数1—2,000册

统一书号: 15201·17 定价: 1.30元

[内部发行]

出版说明

由于我国“四化”建设和祖国统一事业的发展,广大科学研究人员,文化、教育工作者以及党、政有关领导机关,需要更多地了解台湾省、港澳地区的现状和学术动态。为此,本中心编辑《台港及海外中文报刊资料专辑》,委托书目文献出版社出版。

本专辑所收的资料,系按专题选编,照原报刊版面影印。对原报刊文章的内容和词句,一般不作改动(如有改动,当予注明),仅于每期编有目次,俾读者开卷即可明了本期所收的文章,以资查阅;必要时附“编后记”,对有关问题作必要的说明。

选材以是否具有学术研究和资料情报价值为标准。对于某些出于反动政治宣传目的,蓄意捏造、歪曲或进行人身攻击性的文章,以及渲染淫秽行为的文艺作品,概不收录。但由于社会制度和意识形态不同,有些作者所持的立场、观点、见解不免与我们迥异,甚至对立,或者出现某些带有诬蔑性的词句等等,对此,我们不急于置评,相信读者会予注意,能够鉴别。至于一些文中所言一九四九年以后之“我国”、“中华民国”、“中央”之类的文字,一望可知是指台湾省、国民党中央而言,不再一一注明,敬希读者阅读时注意。

为了统一装订规格,本专辑一律采取竖排版形式装订,对横排版亦按此形式处理,即封面倒装。

本专辑的编印,旨在为研究工作提供参考,限于内部发行。请各订阅单位和个人妥善管理,慎勿丢失。

北京图书馆文献信息服务中心

目 次

焊 接

报导各国焊接研究现况	晁成虎	1
电子束焊接法	洪荣哲译	13
电离气电弧焊接法	陈永璋译	19
熔接自动化概论	蒋启明	24

铸 造

电脑在铸造上的应用	黄文星	28
缩状球墨铸铁之特性	简明进译	31
扁钢胚连铸机异钢种连连铸浇铸技术之开发及其效益	邱酉霖等	38

塑胶技术

揭开塑胶蠕变的面纱	孙国清 江智荣	48
-----------	---------	----

刀具与切削

切削刀具之新发展	陈江龙	59
不锈钢之切削加工	彭及声译	64
难削材加工现况	彭及声译	70

实 务

实务新得		76
1. 车床仿削附件	吴国铭译	76
2. 利用车床加工直槽		76
3. 拔取盲孔中衬套的方法		76
4. 利用刨床加工圆弧状轮廓		77
5. 迅速加工中心孔的方法		78
6. 附“柄”车床夹盘		78
7. 改装钻床以免钻头折断		78

文 摘

金工文摘		
1. Computer-Aided Design for Zinc Die Casting Dies		79
2. Understanding the Impact of computer-Integrated Manufacturing		79
3. 模具材料选用热处理及应力分析试验方法	苏添福	79
4. 非晶质光感测器及其应用例	叶思武	79
5. 轴对称锻模设计CAD/CAM装套软件	蔡行知	80
精密下料技术用之模具系统及种类	邱先拿	80

報導各國銲接研究現況

晁成虎

一、前言

銲接，在製造加工中的重要性僅次於切削和組合加工⁽¹⁾，現在有許多銲接方法約 200 種。銲接時的加熱和銲完後的凝固等複雜理論，引起外國學術界和工業界的興趣，都不遺餘力的研究。今天我國的銲接水準，雖有熱心人士的大力提倡、機械月刊也開闢專輯、中船公司引進自動銲接、台大、交大和中山大學的銲接研究等等都在努力，但不容諱言的，仍與國際間銲接技術進步的脚步無法配合。筆者謹以銲接界新兵的角色，盡最大的努力，為銲接前輩們和即將踏進銲接界的後學們提供一個見識世界銲接現況的機會，期能使大家對國際間銲接研究有個概括性的了解。

本文首先介紹國際間較著名的各國銲接研究機構，並對各國銲接研究作一概括的說明。接著解說國際性銲接學會 (International Institute of Welding, IIW) 的組織。銲接理論、銲接方法、銲接構造物等的研究方向也值得作一番介紹。最後則是對未來銲接專業訓練的趨勢作些建議。

二、各國公設的中央銲接研究機構

根據日本大阪大學教授 Arata 於 1980 年提出的調查資料⁽²⁾，對各國政府所設立的銲接研究機構作了一個比較，如表 1。蘇俄設於基輔的巴頓電銲學會 (Paton Electric Welding Institute) 可能是世界上最龐大的銲接研究機構，但因缺乏詳細資

料，無法列入表中。東德的銲接學會也是如此。

西德設有德國銲接協會 (German Welding Association)，但因其銲接研究和技術都分散在各大學及工業界進行，所以也不列入表中。

美國沒有政府設立的銲接研究機構，研究工作全由大學、學會和工業界分別進行。美國較知名的學會有：Welding Research Council (WRC)，American Welding Society (AWS)，Welding Division of the American Society for Metals，研究機構則有：Welding Technology Applications Center (AWTAC)，Edison Welding Institute in Columbus, Ohio。

三、各國銲接研究概況

(一) CMEA 會員國⁽³⁾

未來的 5 ~ 10 年中，這六個 CMEA (Council of Mutual Economic Assistance) 會員國 (保加利亞、匈牙利、東德、羅馬尼亞、蘇俄和捷克) 在銲接工程上的發展趨勢可用圖 1 來說明。線①表示銲接構造物的製造，其每年的增加量超過 3 百萬噸，且在未來幾年將持續成長。線②則表示銲工數量，成長率就沒那麼高了。

蘇俄已成功克服了材料上的問題，發展出多層管的製造技術。而且，可以預期的是，此種多層管製品和結構的應用將會增加。聚合材料 (polymeric material) 的銲接及膠接構件也將在不久

表1 各國公設的中央銲接研究機構分析

中 名	預算*	專門人員†	英文名稱
銲接學會	8525	200	The Welding Institute
捷克銲接研究學會	6720	200	Welding Research Institute of Czechoslovakia
丹麥銲接學會	4000	60	Danish Welding Institute
銲接學會—大阪	2150	50	Welding Research Institute — Osaka
加拿大銲接學會	1500	30	Welding Inst. of Canada
比利時銲接學會	1075	20	Belgian Weld. Inst.
法國銲接學會	486	23	French Inst. of Welding
南斯拉夫銲接學會	400	20	Yugoslavian Welding Inst.
義大利銲接學會	270	40	Italian Weld. Inst.
澳洲銲接學會	54	8	Australian Welding Inst.
印度銲接學會	?	30	Indian Weld. Inst.

* 研究經費預算單位為千美元。

† 指從事研究工作的專門人員。

的將來廣泛應用。此外，特殊構造材料的銲接技術，如不經熱前處理的銅的銲接、銅—鋁—鋁合金的爆炸銲接 (explosion welding)⁽³⁾⁽⁴⁾、異種金屬及合金間的摩擦銲接 (friction welding) (註1)、麻田散鐵系的不銹鋼和耐熱鋼的銲接技術等，都有所進展。

非破壞性檢驗 (NDT) 也極受重視。舉例來說，匈牙利已應用聲波發射技術 (acoustic emission technique) (註2) 發展出機動裝置，來測試建造中或使用中的構造物。在氣體遮護銲接 (gas shielded welding) 中，二種或三種成份的氣體混合物已廣泛使用。以氬為主體的四種成份的混合氣也正在研究中。此外，在氣體遮護銲接工作上，使用添加少量稀土族元素 (如鈾, Ce) 而製成的銲條，可以有效地減少銲濺物 (spatter)。

狹窄間隙潛弧銲接 (narrow gap submerged arc welding) (註3) 已使用製造厚壁銲件，尤其是在發電廠中。再者，低合金鋼及高合金鋼所使用的銲藥 (flux) 也已開發成功。

電熱熔渣銲接 (electroslag welding) (註4) 的發展也不容輕視。最近此項技術應用銲接經過重滾磨的框架，以及應用在製造核子裝置和水利發電廠。

在建造較大型的氣體管路及油管時，閃光對接

銲 (flash butt welding) (註5) 是個重要技術之一。當然，CMEA 在電子束銲接、雷射銲接和摩擦銲接的自動化和機械化上也有進展。

(二) 歐洲^(a) (不含北歐)

在歐洲，大部分的銲接方法皆已被使用，而特

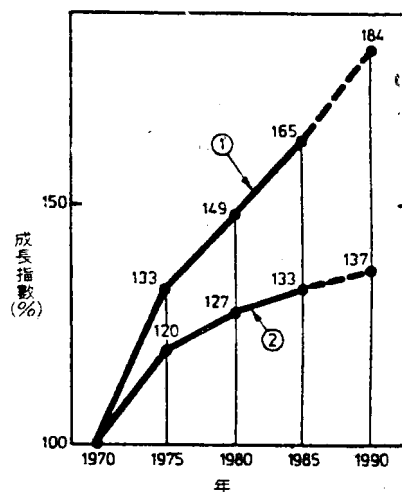


圖1 CMEA 會員國的銲接構造物製造數量及銲工數量

別受到注目的是：自動化及機械化的電弧銲和電阻銲及固態銲接（solid state welding）等方法。

歐洲有個非營利機構的大本營：歐洲銲接合作委員會（European Council for Cooperation in Welding, ECCW），由八個銲接學會所組成，進行教育、訓練和研究發展等工作。

由於歐洲國家寧可花大筆金錢投注於CNC設備，對自動銲接就不那麼熱衷⁽¹⁰⁾，所以銲接自動化和機械化的腳步走得比美、日慢。因為有許多關於氣體方面的研究發展都是在歐洲進行，所以氣體銲接和切割的實力則比美、日略勝一籌⁽⁹⁾。

(三) 北歐

北歐國家⁽¹¹⁾的工業型態以中小企業為主。中小企業的優點是極具彈性和易於接受新知，但缺乏充裕的資金來從事R & D甚為遺憾。他們主要依賴學會和大學等機構提供已發展完善的銲接技術。

丹麥、芬蘭、冰島、挪威、瑞典等北歐國家，其相互間的工業、經濟、文化等關係密切，因此共同設立北歐礦冶委員會（Nordic Council of Minister）來處理彼此感興趣的問題，也使專題研究經費更為充裕，人力和設備也更能有效運用。根據分析，北歐國家在銲接研究上的先後順序如下：

- ① 自動銲接
- ② 銲接構造物的CAD/CAM
- ③ 銲接接合處的機械性質
- ④ 到日本去學習訪問

(四) 遠東地區

遠東地區各國家⁽¹²⁾中，以日本、澳洲的銲接研究體系較具規模。以下予以分別介紹：

日本並沒有公立的銲接研究學會，來進行從銲接基本理論乃至於發展開發等一系列的研究工作。但是，這些研究皆在大學的研究所、相關的公立機構及企業界各自獨立進行。大阪大學，設有銲接工程學系及銲接研究所，可說是執日本銲接研究之牛耳。銲接工程學系從西元1940年開始招生以來，至今約畢業2,000名學生。銲接研究學會（Welding Research Institute）則是在1972年由日本國家科學委員會協助設立的。此外，尚有20所國立及公立大學開了與銲接相關的課程。

日本這個島國民族，非常注重實用性，在銲接

技術上也有此種趨勢。他們的研究方向偏重於如何把銲接技術成功地應用到生產和製造上⁽¹⁰⁾，根據Gross的報告指出，英國、蘇俄、美國、西德等國銲接技術的實力尚稍遜日本一籌⁽¹¹⁾。

澳洲⁽¹³⁾，並沒有統一的銲接研究機構。但早在六〇年代，即已成立澳洲銲接研究協會（Australian Welding Research Association, AWRA）來支助其國內各大學及研究所的研究工作。AWRA並且建立了一套專題明示系統（project panel system）來結合各項獨立的研究，以及對各界提供各種有用的資訊。

(五) 非洲

在非洲地區，較為進步的國家就屬南非⁽¹²⁾了。南非銲接學會（South African Institute of Welding, SAIW）成立於西元1948年，而且是國際銲接學會（International Institute of Welding, IIW）於1948年草創時的12個基本團體會員之一。南非的銲接活動主要著重在教育和訓練上。其銲接研究則對南非所產的鋼種的銲接性投注較大心力，以適合本身需要。南非也像澳洲一樣，建立了一套專題明示系統來統籌整理各種資訊。

(六) 西半球

西半球包括了南美洲、北美洲、中美洲和加勒比海羣島。整個西半球的銲接活動比例如圖2，光是美國和加拿大就佔了85%。圖3中，(a)表示在美國各種研究基金的來源，(b)則表示各種銲接研究經費的比例。西半球的大部分國家，皆屬於資本主義

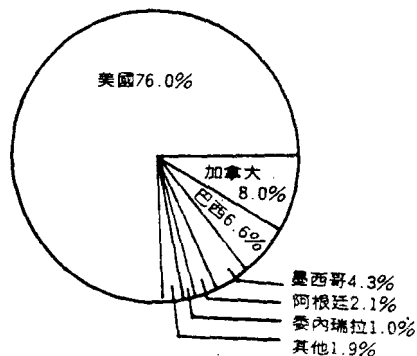
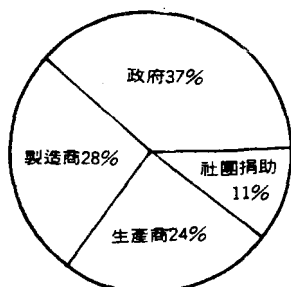
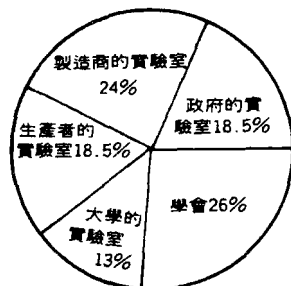


圖2 西半球的銲接活動



(a) 基金的來源



(b) 基金的開支

圖 3 美國的銲接研究經費

的經濟型態，若投資報酬率愈高，各種支助來源的管道也愈暢通。私人企業不惜投入大筆心力以取得市場佔有率的強勢。製造商爲了增加產量和提高品質，也千方百計地發展新的產品和新的銲接方法。如果投資報酬率高，在羣雄爭霸戰中，將使研究水

準快速提升。但是，此種研究戰可能造成研究工作的重覆，而且爲了求得短期內達成研究上的突破，把研究重點放在實用性而非科學性的探討上，形成研究深度不夠的缺點。在美國，此種企業研究深度不夠的缺點，便由各大學來彌補。美國共有 33 所大學從事銲接方面的研究⁽¹⁾並與 URC (University Research Council) 和 WRC 維持合作，各大學銲接研究的外來資助如表 2。

四、國際銲接學會

國際銲接學會 (IIW) 這個國際性的組織，在國際銲壇上具有領導性作用，也吸引了較具工業水準的國家，以社團名義加入。以下筆者將對其組織、分工情形等作一詳述。

整個國際銲接學會所進行的工作，是由十幾個委員會來負責推動。這些委員會又可歸類成四個大群，如圖 4。國際銲接學會目前共有卅八個會員團體。在每個委員會中皆有這些團體所推舉的代表，每年集會一次，共同商討委員會未來的研究方向。最後再由每五年一期的主席自行由代表們所推出的議案中選擇，決定委員會所將執行的工作。

1. 第一群——銲接方法、銲接設備及消耗性銲接用品 (註 6)

組成第一群委員會的各委員會包括：

I 接合、切割、平面切削

表 2 美國各銲接實驗室的外來資助金額一覽表

銲接實驗室	企業界，千美元	官方，千美元	總額
Ohio State University	800	700	1500
Colorado School of Mines	550	700	1250
Carnegie Mellon University	100	780	880
Univ of Illinois at Urbana	415	400	815
Massachusetts Inst of Tech	160	600	760
Lehigh University	300	350	650
Oregon Graduate Center	350	150	500
Rensselaer Polytechnic Inst	80	350	430
Univ of Wisconsin	140	110	250
Univ of California at Berkeley	5	200	205
University of Tennessee	120	80	200
Univ of Tulsa	20	115	135
Utah State University	75	30	105
Univ of Alabama at Birmingham	25	65	90
Univ of Pittsburgh	45	25	70
Univ of Illinois at Chicago	80	0	80
Clarkson University	55	0	55
總計	3320	4655	7975
百分比	42	58	100

I 電弧銲

III 電阻銲及其他相關方法

IV 特殊銲接方法

XII 銲藥及氣體遮蔽電銲

研究群 212 —— 銲接物理的研究

(1) 委員會 I

這個委員會正在研究軟銲用的銲藥和銲條，另有一個小組則正對傳統式硬銲及真空硬銲作檢驗報告。在熱噴銲 (thermal spraying, THSP) (註 7) 和平面切削方面的研究包括各種測試結合強度 (bonding strength) 和塗層均勻性的方法，以及各種平面切削的方法。

(2) 委員會 II

正持續進行的工作包括了銲接金屬的組成、影響其顯微鏡組織的因素和夾雜物在銲接金屬內所扮演的角色等。根據匯集了二十三個實驗室的研究結果顯示，由於氧氣和氮氣在銲接金屬內異質分佈 (heterogeneous distribution)，無法對試樣訂出標準，故在銲接金屬內氧、氮含量對性質的影響的分析上，仍不很精確。

至於氫含量對銲接金屬的影響 (註 8)，由於已研究多年，現已形成 ISO 標準 3690 的制定依據。

國際銲接學會的一種決定沃斯田鐵銲接金屬中肥粒鐵指數⁽¹⁵⁾的方法，已推廣使用。此外，在包覆

銲條上也有一套簡便的國際規格表。

(3) 委員會 III

這個委員會的研究範圍包括電阻銲接及相關的銲接方法，如閃光銲、MIAB (註 9) 及摩擦銲。有許多國家都想對銲塊 (weld nugget) (圖 5) 的生長和形成的影響因素詳加探討⁽¹⁶⁾，以便提高銲接品質。銲條的有效期限及其對銲接工作所造成的影響，業已在一些論文中提出了建議。ISO 目前正準備對熱影響區的硬度提供一套預測公式⁽¹⁷⁾。

(4) 委員會 IV

這個委員會的研究主題是電子束 (註 10)、雷射、電漿等銲接方法。經由十所銲接學會和工業實驗室的共同合作，目前已完成了在同等光束和銲速下 Al-Zn-Mg 合金的銲接研究。實驗報告指出，使用光束會擺動的雷射銲接，對厚件的銲接有所助益。未來對於電子束銲接的研究方向為：使用高能量光束在厚件銲接上的性質及問題，以及這些高速光束在工作件上的交互作用的探討。

(5) 委員會 VII

這個委員會的工作重點是潛弧銲、電熱熔渣銲、MIG、TIG 等方法，以及應用到自動化、機器人所需的電源和控制系統等。探討熔渣與金屬間的複雜作用，是個長期持續的工作。從有關銲線、銲藥、母材、銲接參數 (parameter) 等知識的組合中，找出能夠預測銲接金屬的成份的方法，一直是個頗值得研究的專題。

已有 8 個國家正共同合作將遮蔽氣體依氧化電位而予以分類，使遮蔽氣體標準化。目前已出版了 Ar-CO₂-O₂ 三成份混合物的圖表。

(6) 研究群 212

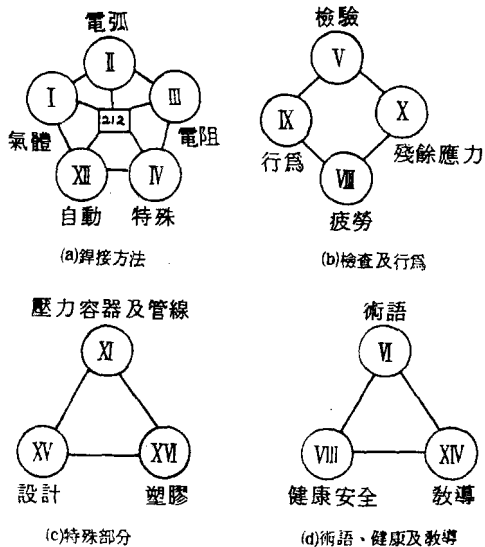


圖 4 IIW 委員會的四大羣組

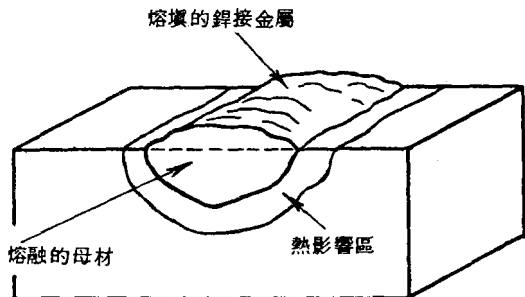


圖 5 銲道的截面即為銲塊 (weld nugget)，截面面積就是銲塊面積 (weld nugget area)

這一研究群已出版了一份「銲接物理」的手冊。他們的研究專題包括：高速旋轉的MIG電弧⁽¹⁰⁾、電弧熱傳導的數學模擬、電弧銲接所需的資料系統、包覆銲條的運動分析、MIG銲接的金屬傳導等。

2. 第二群

第二群的目標擺在銲件可靠性的控制上，由四個委員會組成，茲分述如下：

(1)委員會V：銲接評估和控制

過去幾年來，這個委員會已對銲件的檢驗和品質保證（quality assurance, QA）（註11）等程序有了良好的規劃。未來的重點將是如何把非破壞性檢驗（NDT）技術應用到特殊銲接測試，而不是只把心力集中在測試技術本身上。

(2)委員會IX：銲接時的材料問題

這一委員會屬IIW中的冶金機構，主要負責銲接冶金的更深入了解，發展各種測試銲接性的方法，及對各種不同金屬銲接的指引等。

近來的研究方針為：C-Mn鋼及低合金鋼的冷裂敏感度（cold cracking sensitivity），銲道下硬度和碳當量的重要性⁽¹⁷⁾，應力消除裂縫敏感性（stress relief cracking susceptibility）的分析，銲接金屬內微觀組織和形成機構、術語和量化等，以及微量添加元素的影響等。

(3)委員會X：殘餘應力、應力消除和脆性破裂

共有五個小組來執行這一委員會的工作，其重點為：

- 一缺陷對脆性破裂的重要性
- 一破壞力學理論
- 一破壞力學的可能性
- 一應力、應變及其他在銲接時所產生的效應等的數值分析
- 一量測應力、應變等的實驗方法

這個委員會想利用破壞力學理論來保障銲接構造物的安全，明瞭應力消除處理的效果和分析銲件中裂縫形成（crack initiation）及裂縫傳播（crack propagation）的特徵。

依據破壞力學理論，我們把能夠使材料斷裂的最大應力強度係數（stress intensity factor）稱為破壞韌性（fracture toughness）。在同時兼具彈性和塑性的破壞領域中，我們常以CTOD（

crack tip opening displacement）或J值（J-value or J-integral）來作為破壞韌性的衡量標準⁽²⁰⁾。委員會的學者們，便將此兩種衡量標準應用到銲接構造物上，並加以比較。

(4)委員會VII：銲接構件及構造物的疲勞

他們以使用疲勞設計曲線、估計缺陷對疲勞裂縫形成的重要性、分析微觀組織或應力分佈對疲勞裂縫傳播的影響及利用已有的規格等各種方法來減少銲接構造物的疲勞破壞。

3. 第三群——銲接合處的設計和強度

這一群包含了下列三個委員會：

XI：壓力容器、鍋爐及管線

XV：銲接的基本設計和製造

XVI：塑膠的銲接

為了使大家對第三群的工作較有簡捷的概念，表3提示了他們的研究主題，並說明如下：

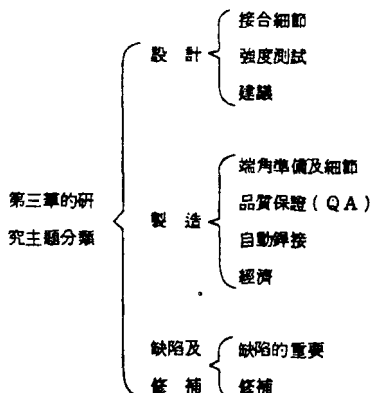
(1)設計

委員會XI和XV皆希望在壓力容器的銲接中，將各種接合細節對強度、製造、檢驗等產生的益處提出建議。

銲接接合處的應力分析一直是個進行研究的專題。由於缺口（notch）對於疲勞強度和韌性具有決定性的影響，所以缺口附近的應力集中的理論探討，是非常重要的。

疲勞也是個重點專題。此外，水底銲接接合的機械性質探討，將是未來的研究方向。管狀接合（tubular joints）的設計和計算問題，也正在進行

表3 IIW第三羣有關銲接接合處的研究主題



中。

(2)製造

品質保證最主要的問題是如何訂定品質的等級，因為事實上有許多的銲接應用並不需要很高的品質。但是，隨著科技的進步，愈精良的構造物就需要愈良好的銲接品質。目前委員會XV和XII正協力合作，欲對銲件的缺陷數量訂定可接受的限制，以確保品質。

為了配合自動銲接所帶來的經濟性，有些銲接台型式勢必稍作修正調整，並對各種接合的自動銲接銲接性作一比較。

(3)缺陷及修補

評估缺陷的第一步工作是先予以描述和量化。當然，我們得將銲件作一特定形狀及大小的試片，方能算出缺陷的數量。發展模擬試片中缺陷數量的方法的責任，便落在委員會的肩上了。

4. 第四群——設備、健康、規格化、文件化、術語

第四群的各委員會概述如下：

(1)委員會XIV：銲接設備

，這個委員會的主要活動是：

一交換各種銲接時所產生的問題和技術設備上的疑問等資訊。

一為銲工、技工、工程師等校訂摘要。

一校訂各種教學方法。

一使銲工勝任職務。

(2)委員會V：健康及安全

目前的活動重點是對如何避免傷害和維持長期健康提出建議。

(3)委員會VI：

這委員會的首要任務是出版銲接及相關方法的多國語文集台手冊（Multilingual Collection of Terms, MCT）。他們準備在IIW的所有會員團體使用的語言中選用15種以上來印在MCT上。演變至今，約有200種左右的銲接方法。

五、銲接研究的各種方向

(一)銲接理論的研究

首先，我們來考慮銲接過程中，會碰到那些理論，值得詳加探討⁽²²⁾。依物理學的角度來看，銲

接理論包括了研究銲條、弧柱和銲件等的熱流、質量流和金屬移傳、電荷的流動，帶電粒子間的交互作用，表面性質及電磁性等。在化學上則包含金屬與氣體間的交互作用，銲渣的功用及因氣體溶解（H, O, N等）而產生的機械性質變化。就冶金學而言，則著重凝固（solidification）和固態裂縫。

電腦和數值分析等技術，在銲接研究中佔有重要地位。比如運用有限元素法來分析銲接應力和應變、熔池中的輻射和熱流研究、高能量電子束的散射和金屬中氫的擴散等問題，皆有良好的效果。

由於碳當量（carbon equivalent, CE）是綜合碳和其他元素所組成的衡量指標，對於預測銲接接合的機械性質頗具功效⁽²³⁾。可以預期的是，適用於各種材料的碳當量公式，會不斷地被提出。

熱影響區（HAZ）中結構的完整性對銲材性質的影響，可說是比在母材中更為重要。所以各種鋼材銲接性的研究重點，是擺在熱影響區性質的增強上。就以油管銲接來說，由於銲時冷卻速率極快，所以便開發出極低碳鋼（0.02%）來因應需要。

(二)銲接方法的研究方向

銲接界一直對高能量的銲接方法保持高度的興趣。如使電子束銲接更廣泛地應用在大氣壓下，為

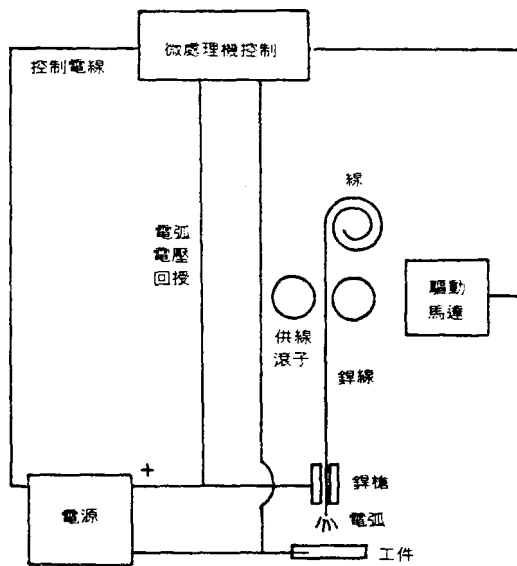


圖6 GMAW銲接與微處理機結合後的電路圖

雷射銲接加上銲線等各種構想皆源源而生。

自動銲接，是銲接界的寵兒，是今日之星而且將持續不衰⁽²⁵⁾。為銲接設備裝個微電腦⁽²⁴⁾，可以監督電弧的溫度、動力問題（arc dynamics）、電壓等變數，再依電弧電壓（arc voltage）的狀況來控制餵線速度（如圖6）。如果再加上機器人來操作，那麼銲接參數可以連續改變，就更令人欣賞了。目前，CAD/CAM/CIM正受到相當大的關注，如果想使銲接加入其中成為系統的一環，就得想辦法做到更高級的控制，如更佳的銲道追蹤（seam tracking）和回授系統。

(三) 銲接構造物的研究方向

以銲接來作為構造物的製造方式，確實是個頗令人稱道的技術，因此各國皆不遺餘力地研究如何使構造物銲接後更安全耐用。諸如港灣結構、管線、核能設備、橋樑、航空太空工業等。

六、未來銲接專業訓練的趨勢

美國俄亥俄州立大學副教授 Papritan 於 1984 年對教育界和工業界進行問卷調查後，完成了一份調查報告⁽²⁶⁾，並對未來銲接課程及銲接方法的重要性提出建議如下：

現在及未來的銲接課程建議

- (1) 電腦知識
- (2) 銲接保證（即 QA, QC）
- (3) 銲接規格
- (4) 銲件保存收藏
- (5) 冶金學
- (6) 銲接應用
- (7) 熱的控制
- (8) 藍圖繪製

建議目前銲接方法的訓練內容：

- (1) 電熔渣銲接
- (2) 機器人銲接
- (3) 電子束銲接
- (4) 雷射銲接
- (5) 電漿電弧銲接
- (6) 自動銲接

建議未來銲接方法的訓練內容：

- (1) 機器人銲接
- (2) 電子束銲接

- (3) 雷射銲接
- (4) 電漿電弧銲接
- (5) 自動銲接
- (6) 埋柱電弧銲接（stud arc welding）

建議現在及未來的硬銲訓練內容：

- (1) 電阻硬銲
- (2) 電爐硬銲（furnace brazing）

建議現在及未來的切割訓練內容：

- (1) 雷射弧束切割
- (2) 電漿電弧切割

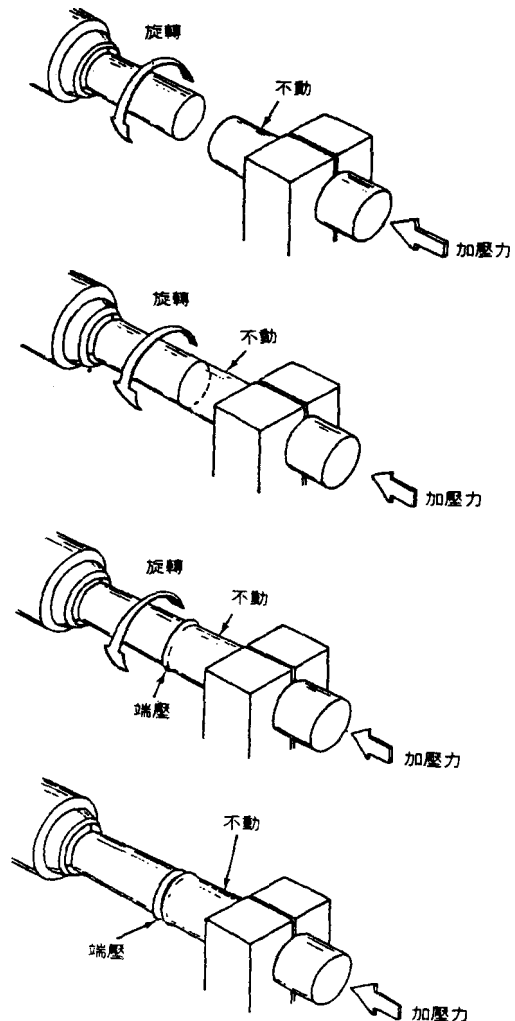


圖 7 摩擦銲接

七、結論

記得數年前，國內曾一度有成立銲接學會之說，但時至今日依舊不見學會踪影。似乎談論銲接的重要性，如何提升銲接水準時，人人皆能說善道，攘臂爭先；一旦觸及問題的核心，則又互相牽制或裹足不前。依筆者管窺之見，在目前的工業體制下，即使成立了銲接學會，也不一定能夠對銲接水準有多大的助益。但若不成立，則國內整個銲接水準與國際銲接水準間的差距，將以等比級數持續拉長。今年七月時，某報曾報導經濟部有意委託工研院成立銲接實驗室，進行銲接研究，這是個令人振奮的消息，但願那不是新聞噱頭。筆者僅為一介學生，不敢妄言振興銲壇之道。只能從交大、清華兩校圖書館中查閱有關資料，提供各國的努力成果給前輩們參考，看看他人前進的步伐，想想自己落後。更希望能激勵各大專院校學弟們，結合機械、電腦、材料智能，投入銲接研究的行列。

註1：摩擦銲接是屬於固態銲接方法⁽⁴⁾，主要利用摩擦生熱的原理來產生接合效果。其作動程序如圖7，把母材用銲接機的夾頭夾住後，帶動旋轉。另一母材在另一端固定不動，並施加壓力。當兩母材接觸時，摩擦熱產生適當高溫後，銲接機停止轉動，並加端壓（upset）使母材順利接合。雖然摩擦銲接機的價格不低，但因具有快速產生高品質銲接成品，不需銲接金屬和銲藥等優點，故仍不可輕忽。將銲接接合處施加後熱處理可使其機械性質更佳，而預熱處理的影響則不明顯⁽⁵⁾，摩擦銲接可分類如表4⁽⁶⁾。

表4 摩擦銲接的分類

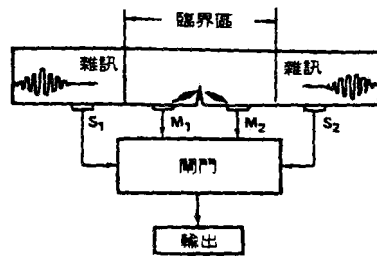
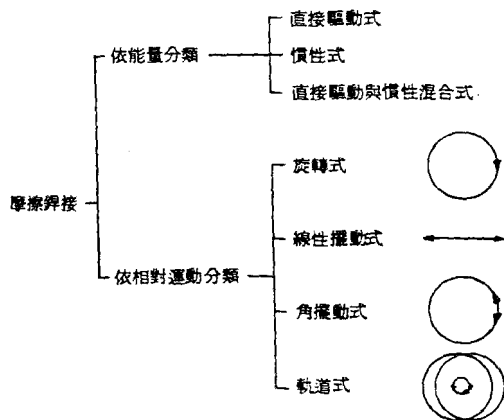
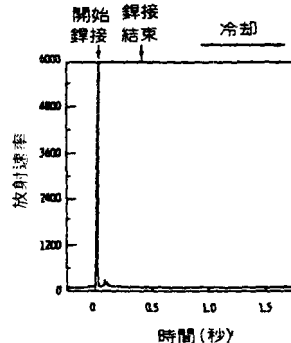
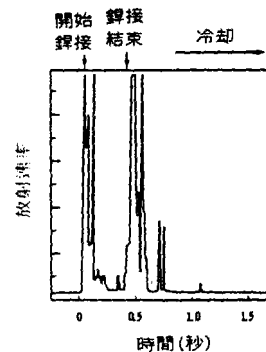


圖8



(b)參考銲接



(b)生成微裂縫的銲接

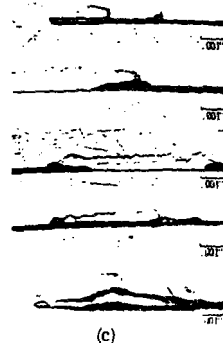


圖9

註2：聲波發射檢驗 (acoustic emission testing, 或 acoustic emission technique, AET)，是一種施用於零件上的非破壞檢驗。當零件受到負荷而產生塑性變形或形成裂縫時，經由聲波信號便可檢測出來。整個聲波放射系統的示意圖如圖8，當雜訊 (noise) 來自臨界區以外的地點時，將不被接受。這些雜訊信號首先抵達從動感測器 S_1 ， S_2 ，使閘門關閉。然後，雜訊繼續進入臨界區，主動感測器也察覺出了雜訊，但因閘門已關，致使信號無法輸出到記錄器。因此，只有在臨界區發射出來的聲波才能為主動感測器所感應，通過閘門，輸出到記錄器中。經過千分之一秒後，從動感測器也察覺了同樣的信號而關閉閘門，但為時已晚，信號已記錄好了。經由記錄器所記錄的圖形如圖9，把(a)和(b)作一比較，便可知在(b)中所顯示的零件產生了裂縫。(c)則表示在高放射率下所呈現的裂縫形狀。

註3：狹道銲接⁽¹¹⁾ (narrow gap welding, NGW)是種銲接技術而非銲接方法。其仍使用各種銲接方法 (如 GMAW, SAW, EBW, LBW) 來操作，但銲接接合為深窄成方形的溝槽，故稱為 GMAW-NG, SAW-NG……等。狹道銲接與傳統銲接最主要的差異在於送線和遮蔽氣體的技術更為複雜。但因其操作費用較低、接合處熔填率更高、更佳的機械性質、更少的變形和殘餘應力等優點，故自1957年開始，狹道銲接便受到相當程度的重視。

註4：電熱渣液銲接的作動情形如圖10，銲條經由導管的引導而深入銲接接合處的底部。電流經導管傳到銲條使產生電弧，並使銲藥熔化。熔化了了的銲藥會導電，並將電流傳至母材。於是，導管、銲條、母材皆部分熔化，且此比重銲藥大，一起往下沈積，慢慢固化而達到接合效果。

註5：閃光銲接是屬於對接式的電阻銲接方法。其程序可用圖11來說明。當兩夾頭通入電流後，母材也傳了電，有了電阻。隨著距離的接近，母材兩端所產生的閃光和發熱情形會愈強烈。當光和熱使母材達到熔點時，施加端壓壓力便可使兩母材接合。

註6：消耗性銲接用品⁽¹²⁾包括銲條、銲線、銲藥和遮護氣體等。正確地選擇消耗性銲接用品，對於銲接方法的產能 (process productivity) 具有決定性的影響。而各製造廠商因測試程序不盡相同，所提供的產能資料也就不盡可靠。在實驗室裏

測試產能的優劣，主要依據三個變數：

1. 銲接工作效率 (duty cycle 或 operating factor) :

$$\text{銲接工作效率} = \frac{\text{電弧時間}}{\text{總時間}} \times 100\%$$

2. 熔填率：

每單位電弧時間內所熔填的銲接金屬重量，單位為 kg/arc hr。

3. 熔填效率：

$$\text{熔填效率} = \frac{\text{銲接金屬的估重}}{\text{銲條所消耗的重量}} \times 100\%$$

(銲條所消耗的重量 = 銲條的單位重量 × 耗損的銲條數量 - 殘餘的銲條尾端的總重量) 此一變數，只在手工金屬銲接中方才需要，其他如氣體遮蔽及自遮蔽的銲藥包覆電弧銲 (flux core arc welding, FCAW) 則用不著。

註7：熱噴銲是使用熱源，將金屬或非金屬材料熔化後將此熔化材料噴出，在母材上形成銲層的方法。銲層材料可以是粉末、陶瓷桿或線材。依所使用熱源的不同，熱噴銲法可分為電弧噴銲 (electric arc spraying, EASP)、火焰噴銲 (flame spraying, FSP) 及電漿噴銲 (plasma spray, PSP) 三

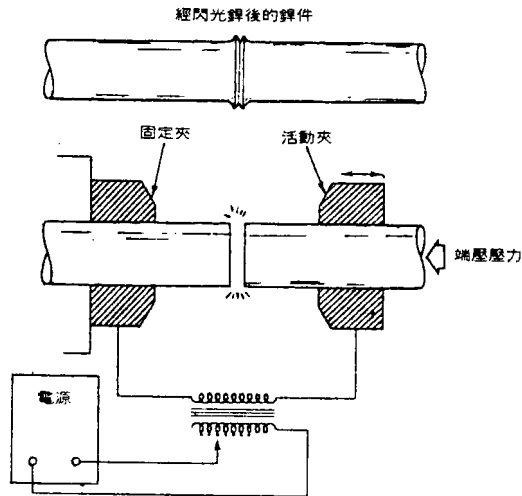


圖 11 閃光銲接

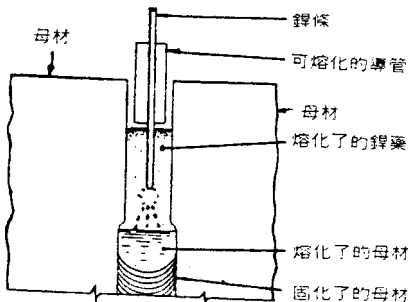


圖 10 電渣液銲接

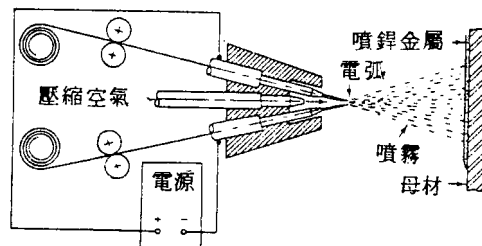


圖 12 電弧噴銲

註8：由於氫在銲接金屬中會產生遲延裂縫 (delayed cracking)，故受到重視⁽¹⁴⁾。目前已有的測量擴散性氫氣 (diffusible hydrogen) 方法有：美國銲接學會 (AWS) 所提出的甘油法 (glycerin method)，雖行之多年但不精確；國際銲接學會 (IIW) 的水銀法 (mercury method)；日本發展出來的氣體層析法 (gas chromatograph method) 和 Lincoln 電子公司提供的水銀法等四種。

註9：磁軀式電弧對接銲 (magnetically impelled arc butt welding, MIAB)⁽¹⁵⁾ 是種應用在管材的對接上的銲接技術。由於外加磁場的作用，使電弧在兩銲件端點附近產生快速流動，而形成銲接所需的熱量。其原理可用圖13 來協助說明。外加徑向磁場和弧電流兩者的交互作用，產生了合力，使電弧在兩中空銲接欲接合的端點中間形成，而且以平均約 400 Hz 的頻率繞著銲件實心部分的中線打轉。等過了一段適當時間，獲得了足夠的熱量後，再以約 69 MPa 的壓力銲接。

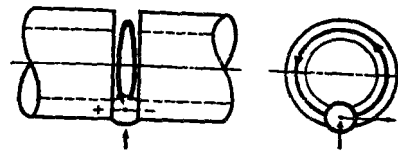


圖 13 磁軀式電弧對接銲的原理

註10：工技院目前擁有一部 Torvac 108M 電子束銲接機，其他單位和業界也有較小型的 Torvac 公司生產的 EB 銲機。

註11：品質保證 (QA)⁽¹⁶⁾ 或品質管制 (quality control, QC)⁽¹⁷⁾ 或者兩者的結合：QA/QC 系統在銲接技術中愈受重視。QA 大部分應用在潛弧銲、MIG 和 CO₂ 銲接上⁽¹⁸⁾。經由電子儀器的幫助，可明確指示三個主要變數：電壓、電流 (MIG 為送線速度) 和走速，以保證銲接品質。

***** 參考資料 *****

1. 李傑，「機器人在銲接施工上的應用」，機械月刊 111 期，1984/10, p104~119
2. J.H. Gross, "The-Status of welding technology in the United States", Metal Construction: Incor. the British Welding Journal 15 (2), 1983, p.74~79.
3. Richard Smith, "Welding research in the world", Metal construction, 16(11), Nov. 1984, p. 685~695.
4. 周省人，「金屬的爆發加工」，機械月刊 114 期。p240~246
張坤樹，「爆炸銲接之原理與應用」，材料科技創刊號，逢甲大學材料系發行。
5. Howard B. Cary, "Modern Welding Technology", 東南書報社，1979.
6. E.D.Nicholas, "Radial friction welding", Welding Journal, 62(7), July 1983, p.17~29.
7. V.Y. Malin, "The state-of-the art of narrow gap welding", Welding Journal, 62(4), April 1983, p 22~ Part I. 62(6), June 1983. p37~46.
8. Atsusbi HASUI, Hideki TANAKA, "Friction Welding of Cr-Mo Steel and Carbon Steel", Transactions of the Japan Welding Society, Vol. 10 No. 1 April 1979 p.30~35.
9. Peter C Hobart, "The future of the European welding industry", Metal Construction, Jan. 1983, p11~13.
10. Sue Elliott, "Welding Technology", Japan 83' Metal Construction Sep. 1983. p569~573.
11. S.A' David, "Trends in welding research in the USA", American Technical Publishers Ltd, 1982.
12. welding Journal, 64(1) Jan. 1985. p19~28.
13. 鍾自強，「銲接沃斯田不銹鋼的問題及解決方法」，機械月刊。1981/10 p222~239
14. Clarence E. Jackson, "Control of some weld metal properties for quenched and tempered steels."
15. P.J. Boothby, "Predicting hardness in steel HAZS", Metal Construction 17(6), 1985. P.363~366.
16. 莫亞楠，「雷射銲接更光明的展望」，機械月刊，114 期。p172~177
17. K.I.Johnson, R.C. Crafer and J.A. Edson, "Advances in laser and MIAB welding techniques", welding Journal, 62(2), Feb. 1983, p15~20.
18. Hertzberg, "Deformation and fracture mechanics of engineering materials", 美亞 2nd edition, p. 310~321.
19. Dieter, "Mechanical Metallurgy", 東南, 1983.
20. J.F. Lancaster, "Metallurgy of Welding", 馬陵, 1980.
21. 鄧善恩，「碳當量評估鋼材銲道硬度及冷裂敏感性」，機械月刊，1984/10, P120~132.
22. "Microprocessors move into weld process control", Welding design & Fabrication, June 1985, p59~61.
23. "Computers in Arc Welding—the next industrial revolution", Metal construction, Part Ia: at. 1984, p633~636 ~Part 26. Mar. 1985 P.158~163.
24. J.C. Papritan, "The trends of welding training in Vocational education—Part I, II: The Curriculum. Welding Journal, 64(4); April 1985.

12. C. Smallbone, "Education and Training in Welding Technology in a developing -The Republic of South Africa", Welding Journal Jun. 1983, p22~34.
13. D. Swetnam, "Process productivity: a basis for the selection of welding consumables", Metal Construction, Vol 17(5), 1985, p 298~301.
14. R.C. Shutt and D.A. Fink, "New Considerations for the Measurement and understanding of diffusible hydrogen in weld metal",

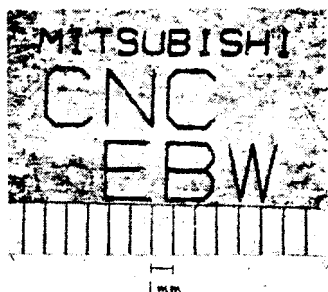
pp25~29, 64(5), May 1985, pp33~37.

27. J.C. Needham, "Can QA apply to arc welding procedures", Metal Construction, Vol 15(9) Sep. 1983, p490~493.
28. Thomas W. Powers, "Quality assurance suppliers unite to advance NDT technology", Welding Journal, 64(1) Jan. 1985, p51~52.
29. P.L. Cook, "Quality control systems for pipeline welding—a model and quantitative analysis", Welding Journal, 64(3), Mar. 1985, p39~.

(晁先生現就讀交通大學機研所碩士班)

(原載：機械月刊雜誌〔台〕 1985 年 124 期 107 — 118 頁)

(上接第 18 頁)



照片 9 高速刻字

(四) 高速、精密電子束加工

電子束本質上已具有高能量密度特性，及高速、高精密控制特性，若再加以電腦的控制機能，除可做微細銲接外，亦可做其他各種電子束加工。照片 9 是利用束波之高速偏向控制刻字之例。字的大小為 1 mm，刻字速度為 10 字 / 秒。利用電子束的高速偏向控制亦可用以做淬火、冷激 (chill) 化等金屬表面改質的工作。甚至可用脈動束波 (pulse beam) 做高速穿孔或顯微切削，利用局部加熱特性

做微細軟銲、點銲等工作。

四、結論

電子束銲接法是已確立信賴性高的技術，其適用範圍正急速擴張。相信藉電子束多樣的熱加工技術之開發，可使電子束的加工法更能加速開發使用。

1

***** 參考資料 *****

- 1) A. H. メレカ, 寺井訳: 電子ビーム溶接—原理と實際—, 座報出版, (1972 年)
- 2) 菅田編: 電子・イオンビームハンドブック, 日本學術振興會 第 132 委員會, 日刊工業新聞社, (1974 年)
- 3) 安永, 佐々木, 大峯, 原, 大野: 量産部品用電子ビーム溶接機, 三菱電機技報, Vol. 55, No. 2 (1981) pp. 26~30
- 4) 原, 桂田, 土谷, 山本, 大峯: 航空機産業向け CNC 電子ビーム溶接機, 三菱電機技報, Vol. 58, No. 5 (1984) pp. 47~52
- 5) 原, 中村, 福田, 大野, 村上: コンピュータ制御式新形電子ビーム溶接機, 三菱電機技報, Vol. 58, No. 9 (1984) pp. 45~50
- 6) 村上, 佐々木, 石見, 安永: 電子ビーム溶接における溶接線自動検出とワーク自動位置決め, 第 43 回電子ビーム溶接研究委員會資料, EBW-342-B4, (1984 年)

(本文譯自日本「機械設計」1984 年 12 月號,
28 卷 14 號)

(作者簡介從略)

(原載：機械月刊雜誌〔台〕 1985 年 124 期 100 — 106 頁)

電子束鐸接法

洪榮哲 譯

電子束 (electron beam) 鐸接法，是在真空中將經過加速後產生高速，直徑收斂為 $0.1 \sim 1 \text{ mm}$ 之電子束撞擊於物體上，藉電子束之動能轉換為熱能，而使物質熔融的方法。主要特徵有：

- 1 熱源之能量密度高達 $10^6 \sim 10^8 \text{ W/cm}^2$ ，為電弧熱源之 1000 倍以上。

- 2 與雷射之熱源相似，束波能量在被鐸接物表面反射，不被金屬蒸氣電漿吸收，熱源能傳至被鐸接物，效率佳。

- 3 鐸接的參數，可利用電磁界做高速且精度高的控制。

等⁽¹⁾⁽²⁾。由於這些優越的特性，所以在各種的鐸接法中，足以達到熔融寬度最窄，熔入深度最深的結果，而且可以利用電腦實現高速、精度高、機能高的加工。目前電子束鐸接法已在重視產量及有信賴性的汽車相關工業，或要求品質優異、精度高之鐸接的太空、航空、核能工業方面日益普及，電子零件或精密零件業也已開始採用。

本文針對機械零件之鐸接設計上，使用電子束

鐸接法之必要的基本特性、設備之構成、各種的適用例等做概略介紹。

一、電子束鐸接法的基本特性

(一) 鐸接原理

將具高能量密度的收斂電子束照射於被鐸接物，使照射部分瞬間熔融，氣化而產生空洞，繼續以電子束照射於空洞底部使之形成深的穿孔。此種穿孔狀態之維持視其熔融物質之蒸氣壓、表面張力、重力等之平衡情況而定，但若移動電子束的照射點，前方的物質在熔融而穿孔之周圍運動，與後方配合，即可形成熔融寬度狹小而熔入極深（熔入比大）的鐸道。

電子之質量較氣體分子更小，撞擊後易於散亂，所以電子束鐸接之用以產生電子束的電子鎗室及鐸接室應置於真空中。如圖 1 即示，鐸接室的真空度對於鐸入形狀之關係。加速電壓為 60 kV 時，為達到熔入比大的鐸道，鐸接室之真空度必須在 $5 \times$