

技工學習叢書

# 電弧銲接

公曆一九五五年 叁月廿 六日



機械工業出版社

技工學習叢書

# 電 弧 銲 接

道勃雷寧著

蓬 碧 譯



機械工業出版社

1955

## 出版者的話

本書敘述電弧銲接操作技術，內容包括：電工學的基本概念，銲接前的準備工作，銲接的操作，電弧銲接用的銲條和設備，以及銲接質量的檢驗等；同時還介紹了蘇聯電銲工們在機器製造工業和建築工業各部門中的先進經驗。對於電銲工作的安全技術也有專門敘述。

本書可供從事電弧銲接的工人、小組長、工長們閱讀和參考。

蘇聯 И. Ф. Добрынин 著 'Дуговая электросварка'  
(Машгиз 1953 年第一版)

\*

\*

\*

書號 0690

---

1955 年 2 月第一版    1955 年 2 月第一版第一次印刷

850×1143<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 64 千字 2<sup>5</sup>/<sub>8</sub> 印張 0,001— 6,100 冊

機械工業出版社(北京盛甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

---

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號    定價 4,700 元(18)

# 目 次

|                |    |
|----------------|----|
| 原序             | 5  |
| 緒論             | 7  |
| 一 電弧銲接簡史       | 8  |
| 1 彼得洛夫發現電弧     | 8  |
| 2 賓納爾多斯發明的電弧銲接 | 9  |
| 3 斯拉維揚諾夫的銲接方法  | 10 |
| 4 電弧銲接在蘇聯的發展   | 12 |
| 二 電弧銲接的優點      | 14 |
| 三 電工學的基本概念     | 16 |
| 1 電流           | 16 |
| 2 表徵電流的主要數值    | 18 |
| 3 電流的作用        | 20 |
| 4 變流           | 21 |
| 四 銲接前金屬銲件的準備工作 | 22 |
| 1 矯正、劃線和修切鉗口   | 22 |
| 2 裝配           | 24 |
| 五 電弧銲接技術       | 26 |
| 1 如何進行電弧銲接     | 26 |
| 2 銲接接頭和銲縫的型式   | 29 |
| 3 銲接規範         | 33 |
| 4 銲道的銲着        | 34 |
| 5 多層銲接         | 35 |
| 6 合金鋼的銲接       | 36 |
| 六 電弧銲接的銲條      | 37 |
| 1 銲條金屬         | 37 |
| 2 銲條的銲藥        | 38 |
| 3 優質銲條         | 38 |
| 4 游離銲藥層銲條      | 40 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| <b>七 銲接的設備和工具</b> .....      | 45 |
| 1 主要設備.....                  | 45 |
| 2 輔助設備和工具.....               | 46 |
| <b>八 銲接時的變形</b> .....        | 48 |
| 1 金屬的收縮和結構的變形.....           | 48 |
| 2 防止變形的的方法.....              | 49 |
| <b>九 金屬結構的電弧銲接</b> .....     | 50 |
| 1 樑的銲接.....                  | 50 |
| 2 桁架的銲接.....                 | 52 |
| 3 鋼筋的銲接.....                 | 52 |
| 4 飯材結構的銲接.....               | 54 |
| 5 金屬構架的銲接.....               | 56 |
| <b>十 手工高速電弧銲接法</b> .....     | 59 |
| 1 短弧銲接法.....                 | 59 |
| 2 多條銲接法.....                 | 62 |
| 3 三相電弧銲接法.....               | 64 |
| <b>十一 銲葉層下自動和半自動銲接</b> ..... | 65 |
| <b>十二 銲接的缺陷及其消除方法</b> .....  | 70 |
| <b>十三 銲縫質量的檢驗</b> .....      | 71 |
| <b>十四 電銲工人的勞動組織</b> .....    | 73 |
| 1 工作前的準備.....                | 73 |
| 2 看圖.....                    | 74 |
| 3 工作場所的組織.....               | 75 |
| 4 先進技術經驗.....                | 78 |
| <b>十五 電弧銲接的安全</b> .....      | 81 |
| <b>參考文獻</b> .....            | 84 |

## 原 序

蘇聯人民以巨大的勞動熱情，來實現新的斯大林五年計劃。在蘇聯的各個角落裏，都可以看到創造性的和平勞動的輝煌景象。

蘇聯共產黨第十九次黨代表大會所通過的1951~1955年蘇聯發展五年計劃指示，規定了機器製造業及金屬加工業的產品額大約應增加1倍。

在第五個斯大林五年計劃中，提出大量增加蒸汽渦輪、水力渦輪及蒸汽鍋爐的生產。冶金設備的產量約增加85%，煉油設備增加2.5倍，巨型金屬切削機床增加1.6倍；汽車要增產20%，拖拉機要增產19%；製造金屬結構的工廠的能力將增加到不小於2倍，以迅速增產裝配好的鋼筋混凝土的骨架結構。

在第五個五年計劃的指示上規定：在國民經濟的所有部門中要繼續進行技術改進，並且在生產上還要更廣泛地運用完善的技術程序。在高度技術基礎上使社會主義生產不斷增長和不斷完善，是組成社會主義基本經濟法則的一部分；這是斯大林同志在他的新的、卓越的著作[蘇聯社會主義經濟問題]中所講述的。

在蘇聯的工業中，都廣泛地運用了先進的技術操作過程，其中最顯著的就是金屬的電鋸。電弧鋸接和接觸鋸接是生產率最高的連接金屬的方法。蘇聯的工程師、技術人員及工人採用了電鋸，在短期間內為第一座斯大林共產主義建設——以烏·伊·列寧命名的伏爾加—頓河通航運河製造了複雜的設備及建造了主要的建築。電氣工業的工作人員與電鋸工人友好合作地掌握了偉大的共產主義建設用的鋸接水力渦輪的製造方法。古比雪夫水力發電站和斯大林水力發電站的建設者們以加速度來完成大量的鋸接工作。為了勝利的完成第十九次黨代表大會關於第五個五年計劃的指示，在蘇聯的工廠、建築工程中全部廣泛地展開了社會主義勞

動競賽。許多電焊工人盡力提高自己的能力，以完善地掌握電焊技術。

在社會主義國家中，在每個人民面前展開了創造性發展的廣闊前途，使他們可能最有效地使用自己的力量和知識。每個工人如果能夠有系統地提高自己的知識，研究先進的工作方法，學習高生產率的焊接經驗，他將成為斯大哈諾夫工作者。

斯大哈諾夫式焊工們與科學家及工程師們一起，不斷地發展焊接的科學和技術，改善自己的勞動，力求高度的生產率。

在本書讀者中將可以找到不止一個電焊工人，在他自己頑強的勞動中，不久也將在工作中提出巨大的改進，在電弧焊接技術方面開闢了新的道路。

本書綜合了革新家們的經驗，對於許多年青的電焊工人幹部，在提高他們的普通教育及技術知識方面有所幫助。這本書講述了電弧焊接，這種焊接是在目前工業及建築工程上比其他焊接方法運用得更廣泛的一種方法。本書內敘述和介紹了手工電弧焊接的基本技術和操作方法，並引述了電焊工人勞動組織的先進經驗的例子。

## 緒 論

在目前已知道的銲接金屬方法當中，電弧銲接是一種最常用的方法。

電弧銲接的過程是以利用電弧的熱量為基礎的。電弧是在150年前(1802年)被偉大的俄國物理學家彼得洛夫院士所發現的。在電弧銲接時，金屬銲件相連接的邊緣被電弧所熔化(圖1)。被銲件

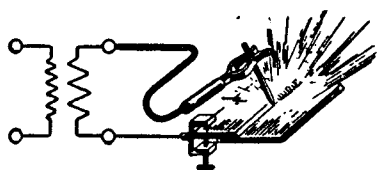


圖1 電弧銲接。

連接地方的熔化金屬冷卻以後，形成牢固的銲縫。

接觸銲接(電阻銲)是利用電流通過金屬時所產生的熱量為基礎的。在這種情況下，被銲件固定在具有兩個夾

鉗的特種機器上，並被引導相碰(接觸)。在夾鉗上通以電流，電流通過金屬時，遇到電阻●，結果就產生熱量，將金屬加熱。在零件連接的地方，由於表面接觸得不密合，當電流通過時，這些地方的電阻要比金屬本身的電阻大得多。所以，在這些地方，加熱也最厲害。當銲件接觸地方的金屬加熱到塑性狀態或者熔化時，就將電門關掉，利用特種的設備將被連接的零件壓緊，使它銲成一個整體。

接觸銲接分爲三種：對銲(圖2甲)，點銲(圖2乙)和縫銲(圖2丙)。

如果金屬連接部分的接觸面積全部銲接，例如鋼筋條的銲接，這就叫做對銲。

在點銲時，兩塊被銲件疊在一起，通過電流加熱，並在兩個銅

---

● 關於電阻和其他表徵電流的數值，將在第3章內詳細說明。



極的壓力下，就在一點銲接起來了。如果在點銲時，將點子靠得很近，一點緊接一點，這樣就可以得到連續的銲縫。換上一個旋轉的滾輪電極就很容易得到這種銲縫。這種類型的接觸銲接叫做縫銲。

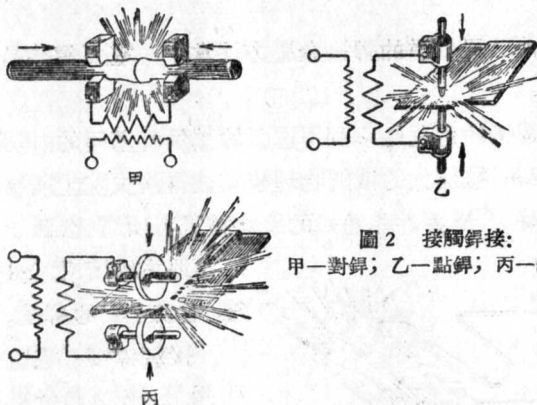


圖2 接觸銲接：  
甲—對銲；乙—點銲；丙—縫銲。

## 一 電弧銲接簡史

### 1 彼得洛夫發現電弧

俄國是電弧銲接的祖國。就是在俄國，有位卓越的俄羅斯學者彼得洛夫(В. В. Петров)發現了電弧。

彼得洛夫在1802年5月17日舉行了他的第一次公開試驗。[當時有醫學界和許多知名之士在場]這是彼得堡的[北方公報]雜誌關於這件事的描寫。經過一年，[關於電流-電壓實驗的報告，這是物理學教授彼得洛夫所發現的……]一書出版了。在這本書裏，作者首先敘述了電弧的發現，這種電弧是當電流通過時，產生在兩根炭精棒之間的(圖3)。

在俄國發現的電弧，很快的傳到西歐。

1804年，彼得堡科學院懸賞徵求以「光的性質」為題目的優秀作品。在這些作者中指出：「這個

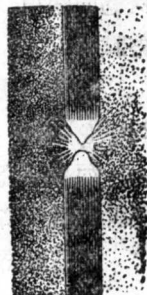


圖3 炭精棒之間的電弧。

研究將有益於電光的推廣，這種電光是像太陽光一樣的光輝燦爛，閃耀奪目。得獎的作品被印成法文及德文公佈。

科學院並沒有提到彼得洛夫的名字，而去敘述西歐關於這個偉大發現方面的學說。在很長時期內，在國外認為電弧是英國學者台維所發現的。其實台維注意到這個現象要比彼得洛夫實驗晚 8 年。台維稱這種電弧為「伏特電弧」，用來紀念意大利學者伏特。蘇聯的學者重新恢復了真象，證明了俄國的科學家在這個偉大的、重要的發現方面的優先地位。

## 2 賓納爾多斯發明的電弧銲接

彼得洛夫的發現被學者、工程師及發明家們所關心着。經過長時期頑強的勞動，並戰勝了無數技術上的困難，我們的同胞，偉大的發明家雅勃洛契柯夫（П. Н. Яблочков）研究電弧作為光源終於成功了。1876 年在倫敦的精密物理儀器展覽會上，他在觀眾面前表演了不尋常的「電光」。這個電光是由電弧所發出的。

雅勃洛契柯夫的工作人員，天才的發明家賓納爾多斯（Н. Н. Бенардос）把注意力集中在電弧的其他特性——它能熔化金屬的特性上面。賓納爾多斯由於發明了電弧銲接金屬的方法而出名。1886 年，他在俄國獲得了「用電流直接作用來連接或分解金屬的方法」

的專利權（圖 4）。

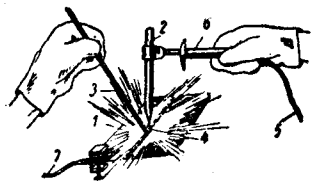


圖 4 用炭精棒的金屬電弧銲接：  
1—銲件；2—炭精棒；3—金屬棒；  
4—電弧；5和7—導線；6—夾鉗。

發明家將被銲件 1 跟絕緣導線 7 相連接；絕緣導線是與蓄電池電源接連的，與蓄電池接連的導線 5 與炭精棒相連接。手藉特種夾鉗 6 的幫助握住這根炭精棒。發明家在

一剎那間將它的末端與銲件接合處互相接觸，於是就產生了電弧 4。電弧在炭精棒及金屬銲件之間燃燒，並熔化銲件的邊緣，在銲件接合處形成很小的、沸騰的液體金屬熔池。賓納爾多斯將金屬棒 3 的一端沉入電弧火焰中去，這就是

叫做填充金屬。由於電弧產生的大量熱量，使金屬棒的一端不斷地熔化而形成沸騰的熔化金屬而流到銲件的熔池中去。這種熔池一個靠著一個的依次形成，凝固後便可以將分開的金屬銲件連結成爲一個整體。

由於這個發明，賓納爾多斯在 1885~1886 年獲得了特權。這種權利在今天我們稱爲專利權。他不僅在俄國獲得這種權利，並且在法國，比利時，英國，意大利，德國，美國，丹麥，瑞士，奧地利，匈牙利，挪威及西班牙等國也獲得這種權利。

賓納爾多斯改進了炭精棒銲接的方法。這個方法就是我們通常所說的炭精極法。在 1880~1890 年他創造並實現了所有主要的電弧銲接方法：熔化的和不熔化的電極<sup>●</sup>，直接作用和間接作用的電弧<sup>●</sup>，沒有保護的電弧和在保護氣體中的電弧<sup>●</sup>。他證明在水中也可以採用電弧銲接和電弧切割。他首先創造了自動及半自動電弧銲接的原理。1887 年賓納爾多斯創造了接觸銲接的主要型式——點銲和縫銲。

### 3 斯拉維揚諾夫的銲接方法

過了若干年後，另外一個俄國的發明家——工程師斯拉維揚諾夫(Н. Г. Славянов)對於彼得洛夫的發現發生了興趣。對於銲接鋼鐵和鑄鐵銲件經過無數次的試驗，斯拉維揚諾夫改進並發展了賓納爾多斯的方法。

斯拉維揚諾夫集中他自己的注意力來研究熔化的金屬銲條的

- 
- 在用不熔化的電極電弧銲接時，是用炭、石墨或鎢來做電極，它們實際上是不熔化的，只有在空氣中氧化時有少許的蒸發和燒蝕；在用熔化的電極電弧銲接時，是用鋼，銅，生鐵或其他金屬和合金來做電極。
  - 直接作用的電弧，就是電弧在電極和銲件之間燃燒，也就是電弧與銲件之間有聯系；間接作用的電弧是電弧在兩個或幾個電極之間燃燒，而與銲件無關。
  - 沒有保護的電弧銲接是電弧直接在空氣中燃燒，與這相反的是在保護氣體中的電弧銲接。電弧在氫氣，氮氣或其他惰性氣體中燃燒，這些氣體可以保護熔化的金屬熔池和電極以免受到空氣的氧化，就是避免和空氣中的氧氣相化合。

電弧銲接(見圖 1)。斯拉維揚諾夫採用熔化的金屬銲條來代替炭精電極,這樣便去除了銲縫金屬碳化的可能性,此外,還去掉了另外填充金屬的需要。金屬棒同時可以作為燃燒電弧的電極,也可以

作為銲縫的填充金屬。



阿歷克山·阿歷克山大洛維契·烏歷沙夫

斯大哈諾夫式電銲工,由於他在以列寧命名的伏爾加-頓河通航運河,齊姆瓦斯加水力發電站和旱地灌溉工程的建築工程中和促成通航方面的特別卓越的功績和忘我的工作而榮膺社會主義勞動英雄的稱號。

為了減少空氣中的有害雜質混進熔化金屬中,斯拉維揚諾夫提出在銲接的地方撒上玻璃粉末。這樣,電弧就在薄層玻璃粉末下面熔化金屬銲條和被銲金屬。金屬棒的熔化金屬滴流到熔池去和銲件的熔化金屬相混和。一部分玻璃粉末也熔化,在銲縫金屬上面蓋了一薄層熔渣,它可以預防受到空氣的有害影響。同時,發明家創造了自動調整器,這種調整器叫做電流調整器。斯拉維揚諾夫用金屬銲條不僅能够很成功地完成鋼質銲件的銲接,同樣也可以很成功地完成鑄鐵、青銅和黃銅銲件的銲接。

斯拉維揚諾夫稱他自己的發明為“電氣熔鑄金屬”。最初他利用電弧熔鑄小的東西,主要的是用來修理機器零件或修補鑄件廢品。

1890~1891年斯拉維揚諾夫獲得了在俄國,奧地利,匈牙利使用他自己的發明的專利權,並且在比利時,美國,意大利和瑞士宣佈他的專利權。1892年,在彼得堡舉行的第四屆電氣技術展覽會中授予他優良的獎狀。1893年在芝加哥舉行的全世界展覽會中,他得到獎狀和金質獎章。

賓納爾多斯和斯拉維揚諾夫的新發明很快地爲俄國的各大工廠和世界上各大國的生產企業單位所採用。

早在 1887 年，在考茨洛夫斯克—沃龍涅什斯克—拉斯到夫斯克鐵路的沃龍涅什斯克機車工廠和奧爾洛夫斯克—維契彼斯克鐵路的洛斯拉夫來斯克工廠內，賓納爾多斯的方法得到實際上的應用，用來整修車架和車輪。這裏，賓納爾多斯參加了安裝電弧銲接設備的工作和調整了電弧銲接的操作過程。在頓河上的羅斯托夫城符拉其卡夫卡斯克鐵路工廠和在高路脫維涅地方的卡洛明斯克機器製造工廠，在莫斯科的哥曹那工廠（現在的「鐮刀斧頭工廠」），和俄國其他的企業中都用賓納爾多斯的方法來製造和修理各種金屬的零件。

斯拉維揚諾夫的銲接方法在機器製造工業、建築工業和運輸工業上獲得很廣泛的應用。發明家本人在別爾姆斯克大砲工廠中，用他自己的方法在三年半的時間中做了一千五百多種不同的銲接工作。

另外，這兩個發明家都想用自己的銲接方法來修理莫斯科克里姆林宮上的大鐘。每人都擬定和發表了新異的修理和抬昇大鐘的計劃。

但是，那個時候的情形對於有天才的俄國人的創造性和實際性工作是不利的。不僅他們，其他許多發明家在實現他們的理想時也沒有得到沙皇政權的支持。

#### 4 電弧銲接在蘇聯的發展

很長的時期內，尤其在沙皇時代，不顧到電弧銲接對於工業所具有的重大價值，一直阻礙着它的推廣和發展。到了十九世紀末葉，在全世界上工作的只有幾百部電弧銲接設備，其中約有十部是在俄國的工業企業中。

在偉大的十月社會主義革命後，電弧銲接才像其他所有的技術一樣，開始獲得了它原來應有的充分的發展。目前在全蘇聯差不

多沒有一個工業及建築部門，不廣泛地採用電弧銲接來製造金屬零件和金屬結構。尤其在複雜的建築中，電弧銲接應用得特別廣泛：工業及民用建築的構架，水力發電站，海洋及江河的船舶，貯藏器，輸送管，鍋爐，起重機，掘土機，聯合機等。在修理和恢復金屬結構的工作中，電弧銲接往往是簡易而不可缺少的。

開始在蘇聯的工業中廣泛的採用斯拉維揚諾夫方法進行電弧銲接的是伏洛格金(В. П. Вологдин)教授。1920年他在符拉奇浮斯倒克的一個工廠的銲接車間中，有組織地採用這個方法來修理船舶。這個工廠的經驗很快地推廣到其他國營企業中。電弧銲接開始被利用在修理鐵路運輸車輛和機械製造上。1926~1927年電弧銲接開始被應用來製造新的鋼結構。大量的銲接工作被用來建築我們第一批巨大的冶金工廠——瑪格尼托哥爾斯克，庫茨涅茲克，亞速夫斯大爾。到第一個五年計劃的末期，銲接在蘇聯已成為最通行的一種金屬加工方法了。在1905年科學院院士米脫開維契指出：可以用交流電來完成電弧銲接。

在以後的年代裏，電銲工用電弧銲接完成了巨大的工作，像建築了遠東的強大的工業中心——新的社會主義城市——共青團城，建築了“第二巴庫”石油塔，建築了白海—波羅的海斯大林運河和莫斯科運河。電銲工人在這些年代裏，參加了敷設世界上最好的以卡岡諾維奇命名的莫斯科地下鐵道的地道，參加了虹橋建築的銲接和參加了機器的製造。

爲了鞏固蘇聯的工業和擴展社會主義建築，在蘇聯國內銲接的工作量將迅速地增加。1940年在蘇聯有十萬多銲工在工作着，在工廠和新建築上操作着上千個銲接機器，整年消費着成萬噸的銲條，每年生產着二百萬噸以上的新的銲接結構。

在偉大的衛國戰爭的年代裏，電弧銲接有了更廣泛地應用：在建造新的機器製造工廠和冶金工廠的建築方面，在製造武器，坦克，軍艦和彈藥方面，同樣地也被應用在恢復被破壞的建築方面。在戰後的年代中，電弧銲接在蘇聯還是很廣泛的被採用着。

具有巨大熱情的蘇聯人民正着手建築世界上最大的水力發電站，通航運河和灌溉運河，在生活中實現偉大的斯大林改造自然的計劃。

電鋸工人和掘土機駕駛員、剷土機駕駛員、混凝土工人和鋼筋工人一同頑強地勞動着，在規定的期限內完成了第一個偉大的斯大林共產主義建築——以列寧命名的伏爾加-頓河通航運河和齊姆良斯加水力樞紐站。

爲了偉大的建築——古比雪夫、斯大林格勒和卡霍夫斯克水力發電站、土爾庫明斯克大運河、南烏克蘭運河和北克里木運河——電鋸工人和鑄工工人、安裝工人和其他工種的工人現在正在合作製造掘土機、起重運輸機、輸送鋼管、客船和載重船。

## 二 電弧銲接的優點

[利用俄國的發明(電鋸)]，科學院通訊院士沙傑林(M. A. Шал-телен)寫道，[有可能來完成那些以前都是認爲不能完成的建築和工作。這種發明同時也簡化了生產工作，並且有力地縮短了它的生產時間。用別的方法需要幾天才能完成的工作，用它只要幾小時就可以完成了。可以不誇張地說，在許多情況之下，使用電鋸可以根本改變機器製造技術、金屬房屋結構的建築技術和造船技術]。●

圖5所表示的是用銲接和鑄接來完成同樣的金屬結構的連接部分。最簡單的比較也充分地可以顯示出銲接結構的優點。它在強度方面並不低於鑄接結構，並且在大多數情況下，更超過它；同時銲接結構在製造方面就大大地簡化了。鑄接結構既沒有連接飯，也不需鑄釘，製造時只要花較少的金屬、勞動及工具。

爲了證實這一點，可以從實際工作中舉出幾個例子來說明電弧銲接比鑄接在生產率和經濟價值方面的優越性。

在我們工廠中曾經建造一個巨大的煉鋼爐。爐的高度約有40

● [俄國電氣技術]，272頁，國立動力書籍出版社，1949年。

公尺，最寬地方的直徑是 9 公尺。爐子的有效體積是 1300 立方公尺。建造這麼巨大的結構需要將近 800 噸的金屬結構。這個結構的絕大部分首先要採用電弧銲接來裝置。這樣就可以使煉鋼爐在很短的期限內——三個半月發生作用。這與以往用鉚接來建造煉鋼爐的經驗相比較，在這種可以使用銲接來建造的情況中，每噸金屬結構可以節省到 120 公斤鋼。

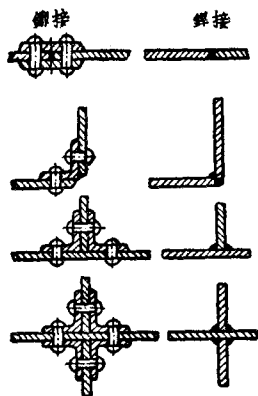


圖 5 鉚接結構和銲接結構。蓋·奧爾忠尼啓則重型機器製造工廠

中，三噸氣錘的支架從前是用鉚接法製造的。這種鉚接的支架重 10.5 噸，製造時要花 320 工時。而當這種支架開始用銲接方法製造以後，每一個支架的重量減輕了 2 噸，製造一個支架只需要 166 工時。這就節省了鋼材約 20%，工作時間節省了約 50%。

科學家曾經計算過，如銲縫的承受面積是 56 平方公分，承受的力量是 62 噸，所花的工時是 42 分鐘。如果同樣面積的鉚接結構要承受同樣的力量，在這個結構上規定要有 10.7 個鉚釘，需要花費的工時是 1 小時 42 分鐘，也就是電弧銲接的 2.4 倍。

使用電弧銲接的結果大大地節省了金屬材料和工作時間，更重要的是減低了金屬結構的製造成本。

電弧銲接可以運用到各種工業部門和建築部門新品種的成品

● 嚴密性——氣體和液體的不滲透性。



和建築上去。譬如，由於使用了電弧銲接才有可能設計和製造厚壁鍋爐、耐高壓管子和其他許多的結構。

電弧銲接大大簡化了鑄造、壓製等其他工種的金屬加工法。鑄造大的零件(例如掘土機的挖斗)時，常常由於鑄件的廢品而引起在金屬及勞動力方面很大的損失。這種缺點能夠很容易的排除，只要將這種巨大的鑄件分成若干普通的、簡單的部分，然後把它們用電弧銲接連接成一個整體。而在鑄造這些零件時將不會出廢品。此外，電弧銲接還可以製造由單獨零件所製成的結構。這些零件將是鑄造的、鍛製的、輾壓的或者壓製的。在很多場合下，採用這種方法是極有利的，譬如銲壓銲接的鋼質零件比鑄造的平均可以減少一半重量，並且在製造時手續也較為簡便。

電弧銲接在製造工作上減低了設備的費用，提高了生產過程的技藝。它代替了銲接和部分的鍛製工作，排除了流行在鍋爐製造工人、鍛鐵工人之間的聽覺遲鈍的職業病。

### 三 電工學的基本概念

#### 1 電 流

電銲工人爲了精通自己的業務，應該學習電工學的基本原理——科學。它可以給我們各種知識、原理，使我們能夠在各種實際工作中使用電氣。我們在這裏只不過簡單地介紹一下在電銲時所必需明瞭的電流和一些與電銲有關的問題。

偉大的俄國科學家羅蒙諾索夫曾經以無可辯駁的論證，嚴正地指出，任何物質是由很多數量的微小粒子，在強力的顯微鏡下也看不見的小粒子——原子所組成的。在很長的時期內，科學家們認爲原子是最小的、不可分割的粒子(物質)。但是，在上一世紀末葉，確定了原子是由原子核和電子所組成。在各種物質中，原子所含有的電子數量也不相同，例如鋁的原子含有 13 個電子，但銅原子却含有 29 個電子。