



电焊工讀本

В. Л. 采格尔斯基 著

周光父 譯

冶金工業出版社

电 焊 工 讀 本

В.Л. 采格尔斯基 著

周 光 父 譯

本書系根据苏联劳动后备部教育書籍出版社（Всесоюзное учебно-педагогическое издательство трудрезервиздат）出版的、采格爾斯基（В.Л.Цетельский）著〔电焊工讀本〕（Электродуговая сварка）1954年修訂第二版譯出。原書經苏联部長會議所屬劳动后备管理总局教學方法处批准为工人技術学校教材。

原書是根据教學大綱編寫的，里面叙述了材料学基礎、电工学基本知識，交流和直流电焊机以及現代电弧焊技術和金屬切割等的基本知識。

書中还載有生產革新电焊工的焊接方法以及工作場所的組織等。

В.Л.Цетельский

ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА

Трудрезервиздат（Москва—1954）

电焊工讀本

周光父 譯

1955年11月第一版 1957年1月北京第三次印刷12,013册（累計19,564册）

$850 \times 1168 \cdot \frac{1}{32} \cdot 151,000$ 字 · 印張 $5 \frac{13}{32}$ · 定价（10）0.95元

冶金工業出版社印刷厂印 新华書店發行 書号 0376

冶金工業出版社出版（地址：北京市灯市口甲45号）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

目 錄

	頁數
序 言.....	7
第 一 章 金屬學原理	
第 1 節 金屬的性質.....	9
第 2 節 金屬和合金的內部結構.....	13
第 3 節 黑色金屬.....	14
第 4 節 鋼的熱處理.....	16
第 5 節 有色金屬.....	17
第 6 節 焊條.....	18
第 7 節 焊條鋼芯.....	19
第 8 節 焊條用的焊藥.....	20
第 9 節 優質焊條的製造工藝.....	22
第 10 節 關於焊條的國定全蘇標準.....	24
第 二 章 電工學基本知識	
第 11 節 電路.....	26
第 12 節 電的單位.....	26
第 13 節 歐姆定律.....	27
第 14 節 電流的功和功率.....	29
第 15 節 電流所產生的熱.....	30
第 16 節 電磁學.....	31
第 17 節 電磁感應.....	32
第 18 節 直流發電機.....	32
第 19 節 直流電動機作用原理.....	34
第 20 節 單相交流電的獲得.....	34
第 21 節 三相電流.....	35
第 22 節 旋轉磁場.....	35

第 23 節	交流電動機	36
第 24 節	變壓器	38
第 25 節	電氣測量儀表	39

第 三 章 圖紙上的焊縫圖例

第 26 節	焊接結構的圖紙	40
第 27 節	焊縫的符號	40

第 四 章 電焊設備和器械

第 28 節	電弧	43
第 29 節	對焊機和焊接器械的要求	44
第 30 節	直流焊機基本電氣結線圖	45
第 31 節	單站式直流焊機	48
第 32 節	帶有獨立傳動裝置的焊機	51
第 33 節	多站式直流焊機	54
第 34 節	焊接變壓器的基本結線圖	55
第 35 節	焊接變壓器	57
第 36 節	振盪器	65
第 37 節	焊藥下焊接用自動焊頭的構造	67
第 38 節	軟管焊接設備	74
第 39 節	焊接設備的基本操作規則	76

第 五 章 手工電弧焊工藝

第 40 節	電弧的焊接性質	78
第 41 節	採用直流電及交流電焊接	79
第 42 節	熔化	80
第 43 節	引弧	81
第 44 節	運條（焊條的運動）	82
第 45 節	焊各種位置的焊縫	84
第 46 節	用厚藥焊條施焊	92
第 47 節	支承焊法（深熔法）	92
第 48 節	束狀焊條焊法	94
第 49 節	三相弧焊	94

第六章 焊接接頭和製造及安裝金屬結構的焊接

第 50 節	焊接接頭	96
第 51 節	對接接頭	96
第 52 節	搭接接頭	97
第 53 節	T 形接頭	98
第 54 節	焊縫類型	98
第 55 節	焊接規範	99
第 56 節	安裝焊接	103

第七章 焊接時的變形和應力

第 57 節	變形和應力的種類	107
第 58 節	內應力和防止內應力的方法	108
第 59 節	扭曲和防止扭曲的方法	109

第八章 焊藥下自動焊和半自動焊

第 60 節	弧焊過程的機械化	112
第 61 節	焊藥下自動焊的工藝和規範	113
第 62 節	焊藥和焊條鋼芯	122
第 63 節	焊縫的缺陷和預防的方法	124
第 64 節	自動焊裝置	125
第 65 節	半自動軟管焊	127

第九章 特殊鋼的焊接

第 66 節	低合金鋼和特殊鋼	133
第 67 節	焊合金鋼的焊條	134
第 68 節	焊合金鋼的一般規則	135

第十章 生鐵的焊接

第 69 節	生鐵冷焊法	138
第 70 節	生鐵熱焊法	141

第十一章 有色金屬的焊接

第 71 節	一般知識	143
--------	------	-----

第 72 節	銅和銅合金的焊接	143
第 73 節	鋁的焊接	144

第十二章 焊縫的檢查和驗收

第 74 節	焊接的缺陷	146
第 75 節	檢查焊縫的方法	147
第 76 節	外部檢查	148
第 77 節	密緻性試驗	149
第 78 節	機械強度試驗	150
第 79 節	內缺陷的測定	150

第十三章 用電弧切割金屬

第 80 節	用碳精電極切割	153
第 81 節	用金屬焊條切割	153

第十四章 電焊工作的勞動組織及定額制定

第 82 節	焊工的工具	154
第 83 節	焊接工作室及其設備	157
第 84 節	焊工在室外的工作場所	158
第 85 節	工作場所的組織與焊接工作成本的降低	159
第 86 節	焊接工作定額的制定	163

第十五章 安全技術

第 87 節	焊弧的輻射及防護的方法	168
第 88 節	防止被電打傷	169
第 89 節	防止燒傷	170
第 90 節	其他安全技術措施	171

序 言

用電弧焊接金屬是俄羅斯的發明。

電弧現象是 B.B. 彼德羅夫院士在 1802 年發現的。

1882 年，俄羅斯發明家 H.H. 賓納爾多斯首先應用電弧來焊接金屬。他建議用炭精電極和金屬之間形成的電弧來熔化金屬，並將其焊好。這個焊法，現在還在某些情況下採用，叫做賓納爾多斯法，或者叫做用炭精電極的焊法。

稍後一些時，另一個俄羅斯發明家 H.Г. 斯拉維揚諾夫就採用了金屬焊條和所焊金屬之間的電弧來焊接金屬。這個焊法，叫做斯拉維揚諾夫焊法，或者叫做用金屬焊條的焊法。

在沙皇俄國，由於工業很不發達，金屬的電弧焊接並沒有獲得廣泛的應用。

電弧焊的廣泛應用，只是在偉大十月社會主義革命以後才開始的。

最初，電弧焊主要只在鐵路工廠和機務段用來進行修理。

以後，在許多大工廠裡製造新製件時，開始採用電弧焊。例如，尼古拉耶夫市造船廠首先着手給德涅泊水電站工程製造鐵路槽車和金屬結構；列寧格勒「電力」工廠着手製造電機的焊接部件，用以代替鑄造部件等。

電焊也在蘇聯最大的建築工地，如德涅泊水電站、馬格尼托戈爾斯克及庫茲涅茨克冶金聯合工廠等地應用。

從 1930 年起，在蘇聯，電弧焊比其他任何國家都要發展得快些。在最近 20—25 年來，由於焊工、工程師和學者們忘我的創造性勞動，焊接已在我國獲得巨大的成就。

蘇聯科學院冶金研究所電焊試驗室、烏克蘭科學院所屬巴頓電焊研究所、中央機器製造工藝科學研究院（ЦНИИТМАШ）、莫斯科巴烏曼高等技術學校、以及列寧格勒和基輔綜合工學院等，都在進行

電弧焊方面的科學工作。

電弧焊能够代替鉚接、鑄造，在某些情況下，還可以代替氣焊，並能降低生產成本及加速生產。例如，以電弧焊代替金屬結構的鉚接，可以減少金屬消耗量 15—20%。同時，還不需要各種墊板及角板，而這些在鉚接接頭中，却是佈置鉚釘所需要的。接合部件的斷面可以減小，因為部件並沒有被鉚接釘眼而減弱。電弧焊需要的勞動力的數量也較少，並能縮短進行工作的時間。

從 1949 年起，所有高爐的建造，都利用電弧焊進行。

進一步順利地發展電焊技術的最重要的條件，就是要有大批精通這門技術的幹部。

主要的電焊工人幹部，都要在勞動後備系統的工藝學校和技工學校培養。

這本教科書的目的，就是用較少的篇幅，使學員們獲得必要的理論知識，這些知識定能幫助他們較迅速和較全面地掌握電焊工這門職業。

第一章 金屬學原理

第1節 金屬的性質

現代機器製造業用的材料，主要是金屬和它們的合金，因為這些東西具有使機器堅固和生產效率高所必需的品質。

金屬可分為黑色金屬和有色金屬。鐵和它的合金，即鋼和生鐵，屬於黑色金屬。

銅、鋁、鎳、鉛、錫等等和它們的合金，如青銅、黃銅和鋁矽合金等，都屬於有色金屬。

金屬的品質是由它們的機械性質和物理性質決定的。

確定金屬機械性質的主要指標就是：強度、硬度、塑性和衝擊韌性。

金屬在專門的拉斷機（壓力機）上作試驗，以確定強度。

把要試驗的金屬的試樣夾在拉斷機夾鉗鉗口中間，拉斷成兩截。

拉斷試樣的力 P （公斤），可在拉斷機的測量刻度盤上讀出來。用試樣的橫斷面積 F （平方公厘）除力 P 所得的數值叫做強度極限，用字母 σ_b （讀西格馬卑）表示，它表明這種金屬的強度（公斤/平方公厘）。

金屬硬度試驗方法，經常是把直徑不大的（從 2.5 公厘到 10 公厘）硬鋼球壓入要試驗的金屬表面。

利用專門的壓力機進行壓入。

硬度按下式計算：

$$H_B = \frac{P}{F},$$

式中 H_B —硬度（公斤/平方公厘）；

P —鋼球壓入金屬所用的力（公斤）；

F —球狀印痕的表面面積（平方公厘）。

为了不致每次都要計算，編有一些表，一知道金屬上面鋼球的印

痕，就可以按這些表迅速地查出金屬的硬度來。

要想迅速測定硬度，還可用圖 1 上所畫的手動測定器。這種測定器有鋼球 1、擊桿 2、標準塊 3 和彈簧 4；標準塊的硬度是事先在固定壓力機上測定好了的，彈簧則把標準塊壓住。

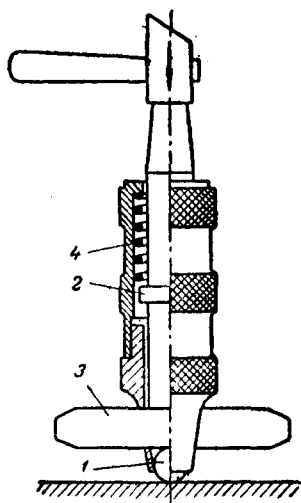


圖 1 手動金屬硬度測定器
示意圖

測定硬度時，可把測定器的鋼球緊靠所試驗的金屬表面上，用手鎚在擊桿上打一鎚，結果不但在所試驗的金屬上，而且在標準塊上，都形成鋼球的印痕。硬度可按下列近似公式計算：

$$H_B = H_s \frac{d_s^2}{d_0^2},$$

式中 H_B —被試驗金屬的硬度；

H_s —標準塊的硬度；

d_s —標準塊上印痕的直徑（公厘）；

d_0 —被試驗金屬上印痕的直徑（公厘）。

用手動測定器試驗硬度，非常簡單和迅速。在硬度數字和強度極限之間，

有着直接的依存關係。

下列數據大致可以利用：

對於軋製鋼， $\sigma_b = 0.36H_B$ ；

對於鑄鋼， $\sigma_b = 0.35H_B$ ；

對於灰口生鐵， $\sigma_b = \frac{H_B - 40}{6}$ ；

對於銅 $\sigma_b = 0.41H_B$ 。

——為要獲得有關金屬塑性的概念，金屬試樣也可在拉斷機上來拉伸。

把試樣原來長度和拉斷時的長度來比較一下。金屬的塑性程度，

叫做伸長率，用字母 δ （讀德爾塔）表示，按下式計算：

$$\delta = \frac{l_1 - l}{l} \cdot 100\%,$$

式中 l —試樣的原來長度（公厘）；

l_1 —拉斷時的長度（公厘）。

關於金屬的塑性，也可按金屬試樣的彎曲試驗結果來判斷（圖2）。

試驗焊縫金屬質量時，常常採用這個方法。

金屬的伸長率，可以說明靜負載時金屬的塑性。靜力試驗時具有合格性質的金屬，當抵抗迅速增長的外力——衝擊時，却可能不合格。

衝擊韌性說明金屬抵抗衝擊（抵抗動負載）的能力。

衝擊彎曲試驗，是測定金屬抵抗衝擊負載性質的一種最普遍的方法。

這個試驗是在擺式衝擊機上進行的（圖3）。

把帶有缺口的試樣（圖4）放到衝擊機座上。把擺從它的上部位置鬆開，擺便從與缺口相對的一邊沿着弧線衝擊到試樣上，並在缺口的地方把試樣打斷。

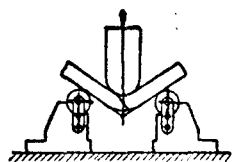


圖 2 彎曲試驗示意圖

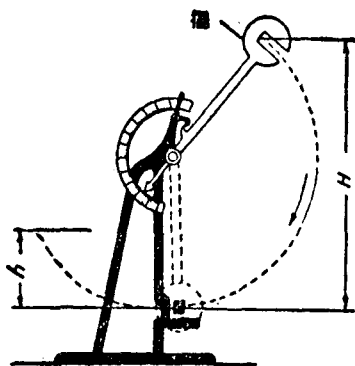


圖 3 擺式衝擊機示意圖

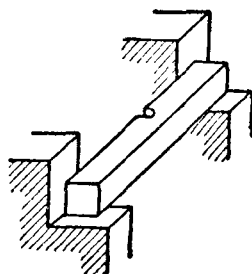


圖 衝擊彎曲試驗用試樣

要計算金屬的韌性，首先要按下列公式計算出擺的重錘打斷試樣時花費了多大的功（ A ）：

$$A = P(H - h),$$

式中 P —擺重（公斤）；

H —衝擊前擺的提昇高度（公尺）；

h —衝擊後擺的升起高度（公尺）。

然後，按以下公式計算衝擊韌性數值：

$$a_k = \frac{A}{F},$$

式中 a_k —衝擊韌性（公斤公尺/平方公分——即每平方公分公斤公尺）；

F —試樣的橫斷面積（平方公分）。

確定金屬物理性質的主要指標就是：密度、可熔性、導電性和熱膨脹。

密度表明單位體積中金屬的量。要計算金屬的密度，就要按以下公式算出金屬的比重：

$$\gamma = \frac{P}{V},$$

式中 γ —比重；

P —該金屬試樣的重量（克）；

V —試樣的體積（立方公分）。

金屬的比重各不相同。鋼的比重等於 7.8；鉛等於 11.4；鋁等於 2.6。

金屬的可熔性用金屬的熔化溫度，也就是該種金屬從固體狀態變成液體狀態的溫度來表明。

鐵的熔化溫度為 $+1528^{\circ}$ ，銅為 $+1083^{\circ}$ ，錫為 $+232^{\circ}$ ，水銀為 -39° 。

金屬的熱膨脹用金屬的綫膨脹係數和體膨脹係數來表明。綫膨脹係數就是每加熱 1° 金屬長度的增長值與原來長度的比。體膨脹係數

就是每加熱 1° 金屬體積的增長值與原有體積的比。體膨脹係數相等於綫膨脹係數的 3 倍。

各種金屬有不同的綫膨脹係數。

鐵的綫膨脹係數等於 0.000012。這就是說，長 1 公尺的鐵桿加熱 1° 時伸長 0.012 公厘，而加熱 100° 時伸長 1.2 公厘。

銅的綫膨脹係數等於 0.000017，鋁為 0.000023。因此，有色金屬在加熱時膨脹程度大，在焊這些金屬時，這點應當考慮到。

第 2 節 金屬和合金的內部結構

上面談的金屬性質，並不是固定不變的，可根據獲得金屬和加工的條件而變更。

例如，同樣的金屬，可以根據其鍛系自由冷卻或在冷卻時受到軋製和鍛製而有不同的性質。

研究證明，金屬和合金性質的改變與組成金屬和合金的顆粒（原子和分子）相互佈置情況的改變，有密切的關係，而且這些改變，可以在已知的條件下發生。

組成金屬的顆粒（原子和分子）的這種或那種佈置，叫做內部結構或組織。

金屬組織的研究，可用不同的方法進行，其中最好的就是利用顯微鏡的研究方法。

爲了在顯微鏡下觀察金屬的組織，通常要準備磨片，也就是準備被研究金屬的試樣，試樣的一個表面要加工得很平，並仔細地磨光。

在磨片上用肉眼或放大鏡觀察到的金屬結構，叫粗視組織，而用顯微鏡才看得見的結構，叫顯微組織。研究粗視組織，就能夠確定有沒有夾雜物、雜質、氣孔和裂縫，而研究顯微組織，就可能確定金屬組織成分（結構的成分）的種類和型式，及其尺寸和體積等。

實際上，「金屬」這個名稱也用於由若干種金屬組成的或包括金屬與非金屬物體綜合的複雜的物體。這種物體名叫複雜的金屬或合金，例如生鐵和鋼。

含碳 0.83% 的鋼的顯微組織是珠光體。

珠光體是一種機械混合物，由鐵素體和滲碳體組成，也就是由純鐵（鐵素體）和碳與鐵的化合物（滲碳體）組成。珠光體的機械性質，也就是含碳0.83%的鋼的機械性質是這樣：強度（ σ_s ）——80公斤/平方公厘，硬度（ H_B ）——200公斤/平方公厘，塑性（ δ ）——15%。

含碳不超過 0.83% 的鋼的顯微組織是鐵素體和珠光體。含碳超過 0.83% 的時候，鋼的組織成分就是滲碳體和珠光體了。

第3節 黑色金屬

黑色金屬——鋼和生鐵，是鐵和碳的合金，它們彼此之間的區別只在於其中含碳量。

鐵和碳的合金，含碳量在 1.7% 以下的叫做鋼，而含碳量超過 1.7% 的叫生鐵。

鋼和生鐵的熔化溫度，是由含碳量來決定的。含碳越多，熔化溫度就越低。

含碳量也影響金屬的可焊性，鋼的含碳量越高，就越難焊。

鋼可按各種特徵來分類，也就是：

- 1) 按生產方法，可分為馬丁爐鋼、貝賽麥鋼和電爐鋼等；
- 2) 按化學成分，可分為低碳鋼（含碳 0.25% 以下），中碳鋼（含碳 0.3—0.55%），和高碳鋼（含碳 0.60% 以上）；
- 3) 按用途，可分為結構鋼及工具鋼；
- 4) 按製造方法，可分為鑄造鋼及軋製鋼。

製造機器、機床及建築金屬結構等，採用碳素鋼，其中有鋼板及各種斷面的型鋼，如角鋼、工字鋼及槽鋼等。

碳素鋼是根據 ГОСТ * 380—50 製造的，牌號為字母 [CT]（鋼），其右附有數字，表示該種鋼的含碳量百分比。例如，牌號 Cr 1 的鋼，含碳 0.12% 以下，Cr 2 —— 0.15% 以下，Cr 3 —— 0.22% 以下，Cr 4 —— 0.27% 以下等等。

碳對鋼和生鐵的機械性質影響最大。其中含碳越多，它們的硬度和強度就越高。

* ГОСТ 是國定全蘇標準的意思，380 是標準的號碼，50 表示該標準的批准年限。

除碳以外，在鋼和生鐵裡面還有其他的雜質，如硫、磷、錳和矽等。

硫和磷都是有害的雜質。硫使鋼具有紅脆性，也就是使鋼具有在熱狀態下形成裂縫的趨向。磷使鋼容易在冷狀態形成裂縫，也就是使鋼具有冷脆性。

硫和磷是在鍊鋼爐（馬丁爐和貝賽麥爐）裡面鍊鋼時摻雜到鋼裡面去的。

要鍊出完全不含這些雜質的鋼，現在還做不到。

按ГОСТ，鋼裡面硫和磷的含量，每種不許超過0.04—0.08%。

錳是一種有用的雜質，因為在金屬熔化的時候，它能積極和氧化合，使鐵還原。此外，錳和硫化合，能把硫部分地清除到熔渣裡面去。

為了提高強度、耐熱性、以及其他特性（如耐蝕性），有時，把不同數量的其他金屬，例如鎳、鈳、鉻、鉬等加到鋼裡面去。這種鋼叫做合金鋼或者特殊鋼。

通常，這種鋼要比普通低碳鋼難焊些。

製造機器和機床，除用鋼以外，還用生鐵。生鐵可分為三種，即灰口生鐵、白口生鐵、和可鍛生鐵。

灰口生鐵是在熔煉後緩慢冷卻和硬化時獲得的，折斷處呈灰色，碳處於遊離狀態，成石墨狀。

這種生鐵能很好地用切削工具加工。它用來鑄造各種機器零件。

灰口生鐵能滿意地用電弧焊接。

如果生鐵迅速冷卻，且其中含錳量超過1%，則碳並不成石墨狀分解出來，而仍舊與鐵相化合（碳化鐵）。結果就獲得了白口生鐵。這種生鐵既脆且硬，難於加工。

可鍛生鐵是由白口生鐵鑄件獲得的，其法為將鑄件在800—950°的溫度下，在專門的爐子裡均熱，這時，碳從化合狀態，過渡到成石墨狀的遊離狀態。生鐵便獲得韌性。

可鍛生鐵這個名稱是假定的，因為這種生鐵並不能鍛造。

焊可鍛生鐵時，焊縫區要變成白口，所以焊起來是很困難的。

生鐵的牌號，也用假定字母和數字來表示。字母表示生鐵種類，如 C₄ 表示灰口生鐵，K₄ 表示可鍛生鐵，數字則表示生鐵的機械性質。例如，C₄12—18，表示這樣的灰口生鐵，平均抗拉強度極限為 12 公斤/平方公厘，抗彎強度極限為 18 公斤/平方公厘；K₄ 37—12，表示這樣的可鍛生鐵，強度極限為 37 公斤/平方公厘，伸長率為 12%。

第 4 節 鋼的熱處理

鋼的性質如硬度、韌性、脆性等等，在很大的程度上都由鋼的熱處理來決定。

利用加熱到一定的溫度以及隨後的冷卻，可以大大改變鋼的硬度和其他性質。鋼的這種處理過程，叫做**淬火**。鋼的淬火能力，是由其內的含碳量來決定的。含碳量低於 0.25% 的鋼，實際上不能淬火。

當鋼迅速冷卻時即最初溫度以每秒 120° 的速度下降時，奧氏體（鐵和碳的均勻溶液）來不及分解為鐵素體和滲碳體。在這種條件下，就形成名叫**馬丁體**的組織。馬丁體的特點是硬度和强度高，而塑性低。所以，對於要求硬度大的製件，就力求獲得帶有馬丁體組織的鋼。

為了減少已淬過火的鋼的脆性和硬度，採取**回火**。為此，可把鋼（製件）加熱到不低於 720° 的溫度，並在這個溫度下，保持一些時候，然後冷卻。

焊接含碳量超過 0.25% 的碳素鋼時，在直接靠近焊接處的地區，可發現淬火現象，這是因為熱迅速傳到被焊零件材料的原故。

為了避免這種現象，在焊接含碳量超過 0.25% 的鋼時，可採用預熱，以消除焊接處和基本金屬之間的溫度差額。

在給切削工具及鑿子進行熱處理的時候，廣泛地應用鋼的**淬火**和**回火**。

要消除內應力、拆除鉚釘、以及減小鋼的硬度，經常採用名叫**退火**的熱處理。

退火就是把鋼慢慢地加熱到 800—950°，在這種溫度保持一些時，隨後慢慢冷卻（和爐子一起冷卻）。由於退火的結果，鋼就具有一些