

金屬的 現代焊接法

契 廉 諾 夫 著

机械工業出版社

金屬的現代焊接法

契康諾夫著

程景林譯



机械工業出版社

1958

出版者的話

本書敘述了苏联焊接过程發展史和目前的情况，同时也講到了苏联个别工業部門使用先进焊接工艺的成就。

本書簡要地介紹了一些新的焊接工艺过程，特別是焊剂下自动焊接。書中描述了苏联最新的焊接設備，也引用了一些有关材料的知識。

本書可供工人技术学校学生和焊接工作人員做參考讀物。

苏联 A. A. Чеканов 著 ‘Современные методы сварки металлов’ (Трудрезервиздат 1955 年第一版)

*

*

*

NO. 1709

1958 年 4 月第一版 1958 年 4 月第一版第一次印刷

787×1092¹/₃₂ 字数 80 千字 印張 3¹¹/₁₆ 0,001— 3,500 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10) 0.60 元

目 次

緒論	3
一 苏联焊接技术的新成就	11
1 电弧焊接的設備和焊条	11
一 电弧焊接的設備	11
二 电弧焊接的焊条	14
2 焊剂下自动电弧焊接	19
一 焊剂下自动电弧焊接的實質和优点	19
二 自动焊接的設備	24
三 自动焊接时所用的焊剂	30
四 焊剂下自动焊接的最新方法	34
(1) 細焊条的軟管电弧焊接 (35)——(2) 双弧和多弧焊接 (38)——(3) 垂直焊缝的焊接 (厚鋼板的电渣焊接) (40)——(4) 管子的焊剂下焊接 (43)——(5) 电鉚焊接 (45)——(6) 銅的焊剂下焊接 (47)	
3 三相电弧焊接	49
一 三相电弧焊接过程的實質	49
二 三相电弧焊接的应用	50
4 在保护气体中的电弧焊接	51
一 氬弧焊接	52
二 銅的氬弧和氮弧焊接	55
三 熔化电極焊接	55
5 接触焊	57
一 接触焊的特点和它的使用范围	57
二 接触焊的設備	59
6 金屬的水下焊接和切割	63
一 水下电弧焊接	64
二 水下电弧切割	66

4	
三	鋼材的水下氧-气切割68
7	金屬的气体火焰加工69
一	氧-气切割71
	(1) 氧氣裁断切割 (72)——(2) 厚鋼板的裁断切割 (75)——
	(3) [氧矛] 切割 (76)——(4) 表面切割 (77)——(5) 熔
	剂-氧氣切割 (78)
二	气压焊接81
三	表面淬火84
四	金屬噴鍍85
8	鑄焊和冷焊88
一	鑄焊88
二	金屬的冷焊89
二	焊接在苏联的使用范围91
9	建筑業中的焊接91
一	建筑結構的制造91
二	高爐的焊接93
三	石油和气体管道的焊接94
10	重型机器制造業中的焊接96
一	焊接在重型机器制造厂中的应用96
二	鍋爐制造中的焊接103
三	起重运输机械制造中的焊接106
四	采煤机器制造中的焊接107
11	运输机器制造業中的焊接109
一	車輛制造中的焊接109
二	機車制造中的焊接110
三	內河船舶制造中的焊接111
12	汽車和农業机器制造業中的焊接112
一	汽車制造中的焊接112
二	农業机器制造業中的焊接116

緒 論

在現代的建筑工程、机器制造和仪表制造業，以及修理工程中，焊接的应用是非常广泛的。苏联任何一个国民經济部門，不論在建設或运用中，沒有不使用焊接的。

[焊接]一詞的含意就是使用局部加热和利用分子的結合力，把金屬●零件制造成分不开接头的过程。在民用和工業建筑的結構中，在桥梁、輸电电綫鉄塔和支柱中，在蒸汽鍋爐、容器及油槽中，在挖土机的零件中，在飞机、汽車、拖拉机、各种農業机械、筑路机和化学机械的零件中，以及其他机器、器械和仪器中都有这种分不开的接头。在自行車、家用冷藏器、無綫电和許多其他日常用品的制造中，也都广泛地应用了焊接。

現代的电弧焊接方法首先在俄国出現。电弧焊接（俄罗斯卓越的發明）是由俄国彼得洛夫（В. В. Петров）院士和天才發明家工程师貝納尔多斯（Н. Н. Бенардос）及斯拉汶諾夫（Н. Г. Славянов）的劳动創造出来的。因此，前世紀末叶世界上最偉大的技术成就之一（电弧焊接）就是由俄罗斯杰出的学者和技师們用劳动来創造發明的。

帝俄时代的落后工業不能利用貝納尔多斯和斯拉汶諾夫的創作。只有十月革命以后，在苏联建立以先进技术装备起

● 焊接不仅能应用于金屬，而且能应用于很多其他的材料如玻璃和某些塑料等。

来的强大工業的过程中，貝納尔多斯和斯拉汶諾夫的發明才得到了迅速而有效的应用。

从十月革命以后的第一天起，苏联人民立即充实和發展了本国光荣同胞的偉大遺產，不屈不撓地改进了电焊技术。

在五年計劃的年代里，由于社会主义工業化的进展，焊接也得到了飞速的發展。从1929~1930年起，在最大的工業建設中，当制造工業建筑金屬結構、容器、冶金設備和敷設管道时，都广泛应用了焊接。

焊接工人們在苏联那些重要和最著名企業的飞速建設中起了極大的作用。如烏拉尔机器厂和諾沃克拉馬托尔重型机器制造厂、高尔基汽車厂、斯大林格勒和哈尔科夫拖拉机厂，馬格尼托哥尔斯克、庫茲聶茨、馬李烏波里和其他冶金工厂，以及許多發电站等。

在第一和第二个五年計劃的年代里，在制造高压鍋爐和容器、起重運輸設備及机械时和在机車制造業与造船業中，都已經开始广泛地使用了焊接。从1935年起，在〔紅色职工会国际〕工厂、列宁格勒的叶郭罗夫車輛制造厂、加里宁和梅季仙及其他車輛制造工厂中，当制造客車、平板車、油槽車和貨車时，都用焊接代替了鉚接。

同时，在各机器制造部門中，当制造机器零件时，焊接也开始迅速發展起来，它不仅代替了鉚接，而且在汽車制造業（莫斯科的斯大林汽車厂和高尔基的莫洛托夫汽車厂），农業机械制造及拖拉机制造業（罗斯托夫、斯大林格勒和哈尔科夫的一些工厂），动力机械制造業（〔电力〕工厂，列宁格勒的斯大林金屬工厂），以及其他一些制造業中，还部分地代替了鍛造和鑄造。

苏联焊接工艺过程的发展可以分为下面四个阶段：

第一个阶段大约是1934~1935年结束的。在这一个开始的时期内，主要是采用薄藥皮的焊条进行焊接。焊缝的质量不高。因此，在这些年代里，当制造像蒸汽鍋爐或铁路車輛之类的重要結構时，都没有采用焊接。

第二个阶段包括从1934~1935年至1940年的一段时间，这一时期的特点是生产革新者运动的蓬勃發展及焊接工人劳动生产率和焊接质量的显著提高。粗焊条和高焊接规范在这方面的效用很显著。这时已经出现了优質藥皮的焊条。从此，焊缝的机械性能得到了显著的改善，而在制造重要的金屬結構时也开始采用了焊接。苏联精通高规范焊接法的焊接生产革新者們的先进实际經驗得到了極广泛的推广。

第三个阶段从1940年开始到1949年結束，这段时期是在「全面發展焊剂下自动焊接法」的口号下渡过的。在这一段比較短的时期内，在工業上获得了广泛应用的焊剂下自动焊接法，簡直引起了焊接技术上的革命。

最后，第四个阶段（从1949年到1953~1954年）的特点是进一步研究工艺和设备，以及更广泛地在工業上采用原理新穎的焊剂下自动焊接法——主要是利用細焊条和大电流密度和其他方法的軟管自动和半自动焊接法。

目前焊接技术發展的途徑是在过去各个阶段的基础上，根据苏联共产党第十九次代表大会的決議，进一步实行焊接过程的全面自动化和机械化的。

在几个五年計劃的年代中，在苏联的一切国民經济部門中，焊接变成了最先进的和高生产率的金屬加工方法之一，并得到了广泛的应用。在偉大的衛國战争开始之前，苏联应

用焊接的情况可以用下面的資料表示出来：每年生产五百万公吨左右的焊接金屬結構、有六万五千多台的电弧焊接机在工作、每年消耗的焊条超过十万吨。在苏联国民經济中能广泛使用焊接，是与技术的突飞猛进及生产过程电气化、机械化和自动化的發展分不开的。特别是只有在苏联实现巨大电气化計劃的基础上，才能够給电焊的全面發展創造条件。只有在强大的机器制造工業的基础上，才能在短时期內生产出現代化的焊接設備。最后，在發展汽車、拖拉机、船舶、鐵路車輛、農業和許多其他机器的流水生产时，焊接已成为新技术的一个不可缺少的組成部分。在工業和民用房屋、管道及其他許多建筑中，如果不用焊接就不能算是現代化的建筑技术。

苏联焊接技术的發展，是与苏联一般科学的發展，特别是焊接科学的發展有密切关系的。

苏联焊接方面的主导科学方向已經形成，而且日益巩固了。属于这种方向的有物理冶金和焊接热原理的研究，焊接結構和接头强度理論的創造，焊接过程机械化和自动化的科学基础的建立，焊接設備的設計等。

焊接过程的理論和电弧焊接設備的研究，焊接科学發展方向的形成和焊接科学基础著作的完成，使苏联焊接科学的發展与其他国家有根本的不同。在其他国家中，这样的科学素养是沒有的，而仅是个別的公司和康采恩[●]在单独地进行研究，就是技术書籍的主要內容也时常是一些帶广告性的試驗資料的彙报，或者只能解决一些个別的局部問題。

● 康采恩是同行資本企業的总称。——譯者

科学工作人員和生产工作人員的密切合作，是苏联社会主义技术發展的特征。这种合作給科学和实践的發展創造了特別有利的条件，使实践和科学互相丰富起来，因而推动了每个現有的技术部門以从来沒有的速度向前發展。科学与实践的相互結合，同样也完全反映在焊接發展的过程中，所有焊接方面最重要的成就都是科学工作人員与生产工作人員密切合作的結果。

烏克蘭电焊科学研究院协同許多机器制造工厂和建筑工程單位研究和利用焊剂下自动焊接的先进方法，就是这种密切合作的特出实例。

烏拉尔基洛夫工学院和烏拉尔奥尔忠尼啓則机器制造厂的合作有很大的成效，他們已經研究出和利用了手工及自动三相电弧焊接的設備和工艺。

近几年来，許多焊接革新者和学者們都因为研究和改良焊接过程及焊接設備的卓著成績而荣获了斯大林獎金。

在一切社会主义国民經济部門中，焊接的广泛应用充分反映出焊接的巨大技术經济优点。

焊接有許多优点：

(一) 应用焊接可以大大地節約金屬。焊接結構的橫截面可以充分地受力，而鉚接結構的橫截面則会被鉚釘孔減弱。用焊接代替鉚接可以减少連接零件（如角鋼、角板等）的数量，这些連接零件在鉚接时是不可缺少的；而在焊接时几乎或者完全可以不需要。焊接結構的重量比鉚接的一般可以減輕20%，但是用焊接代替鑄造时可以減輕50%。

(二) 应用焊接能縮短生产周期和减少劳动費用。对于焊接代替鉚接，这一点可以用下面一个簡單的比較來說明：

假如使用鉚接，就需要划鉚釘孔、冲孔或鑽孔、扩孔、鉚合和斂縫；但是使用焊接时，只要完成下料、刨边（不經常需要）和焊接后的清理等工序就行了。

（三）焊接作業的特征是成本比鉚接低，特別是在很多的情况下焊接制件比鑄件更便宜些。

一 苏联焊接技术的新成就

衛国战争以后，苏联焊接技术的发展特征就是更好地和全面地改良已有的焊接工艺过程，將焊接車間中和建筑安装工地上的工作机械化和自动化，并且創造出高生产率的新型焊接設備。自动焊接用的焊条和焊剂的生产得到了很大的發展，同时也制造出大量各种成套的高生产率和 机械化 設備，供許多种金屬火焰加工之用。

讓我們进一步按下列次序来研究苏联焊接技术的一些成就：

- (一) 电弧焊接設備和焊条；
- (二) 焊剂下自动电弧焊接；
- (三) 三相电弧焊接；
- (四) 保护气体中的电弧焊接；
- (五) 接触焊接；
- (六) 金屬的水下切割和焊接；
- (七) 金屬的气体火焰加工；
- (八) 金屬的鑄焊和冷焊。

1 电弧焊接的設備和焊条

一 电弧焊接的設備

电弧焊接就是利用电弧使焊接零件表面局部加热和熔化的一种焊接。

电弧的現象和利用它的热作用来熔化金屬的可能性是彼得洛夫在 1802 年發現的。

1882 年俄国的天才發明家貝納尔多斯 (1842~1905 年) 倡議和使用了电弧来焊接金屬，他是一百多种重大發明的創造者。貝納尔多斯焊接法是利用碳棒或石墨棒做電極的，所以这种方法就叫做 [碳極电弧焊接] 或 [碳弧焊接]。

1888 年另一位俄国工程师斯拉汶諾夫 (1854~1897 年) 倡議和使用了一种跟貝納尔多斯焊接法不同的基本电弧焊接法，他用金屬棒代替了碳 (石墨) 棒。这种金屬棒既做为電極 (电弧兩極中的任何一極)，同时又做为填充 (加入焊縫中的) 金屬。

电弧焊接發明家貝納尔多斯和斯拉汶諾夫研究出了第一批焊接机和焊接設備，以及使焊接过程机械化和自动化的各种裝置和夾具。貝納尔多斯創造了傾斜焊条半自动焊接法并且研究出来許多的焊接夾具和裝置。斯拉汶諾夫制造了第一台电弧焊接發電机，他还研究、制造和在实际生产中試用了第一台有金屬電極的和电弧長度自动調整的設備。当时把这种設備称为 [电熔器]，它也就是現代自动电弧焊接机的前身。

[电工]工厂 (Завод [Электрик]) 在制造电弧焊接設備中起了很大的作用。它首先在 1924 年出产了电弧焊接机，后来在第一个五年計劃期間曾經大批制造电弧焊接設備。

在开始的几年中，[电工]工厂的主要产品是焊接变压器，但其中大多数还是小功率的。在直流电弧焊接机中，СМГ-1 和 СМГ-2 型單头焊接發電机已得到了極广泛的使用；而 1000 安培以下的 СМГ-4 型多头焊接發電机則制造得不多；帶有汽

油发动机的野外移动式直流焊接机组也制造出来了。

[电工]工厂逐步开始增加了产品的种类。着手大量制造 CMГ-4 型和 CMГ-5 型多头焊接发电机及 100~1000 安培的手工和自动电弧焊接变压器。

现在,[电工]工厂和电力工业部的一些其他企业都在制造许多新型的现代电弧焊接设备,其中有手工电弧焊接用的 150~700 安培的单体焊接调整器-变压器和带有分开电阻的调整器的 CTЭ-34 型焊接变压器。

电弧焊接设备的制造和发展通常跟当时焊接工艺的改进,以及全新的焊剂焊接法的研究,或该方法所用高生产率的新焊接规范的研究是分不开的。如乌克兰科学研究院(АН. УССР)在改进和制造电弧焊接设备的同时,还研究出了新的焊接方法,像使用强制成形法的垂直焊接、软管焊接等等。

根据外国的经验,焊接主要是使用直流电;而苏联各科学研究院则证实了广泛使用交流电进行焊接的可能性。用交流电焊成的焊接接头,在质量和强度方面都不低于用直流电焊成的。此外,交流电比直流电的价格便宜,设备费用低,并还能减少焊接时的电力消耗。苏联的焊接工人自己的实际经验中已很清楚地认识了使用交流电焊接的优越性。

远在上世纪末叶,貝納尔多斯就首先使用了交流电以金属电极进行焊接。后来,在本世纪初,米特凱維奇(В. Ф. Миткевич)曾经倡议使用三相交流电进行电弧焊接。现在苏联的焊接工人仍在继续把交流电应用到各种焊接过程中去,同时还制造了专门的交流电焊设备。

例如在建筑第一个五年计划的各个工厂时,为了保证完

成大量的焊接工作，在很短的時間內就必須準備大量生產焊接設備。這個任務又只有採用價格低廉而結構簡單的交流電焊設備——焊接變壓器，才能順利解決。

1924年尼契金（В. П. Никитин）院士設計了一種新穎的焊接變壓器。這種焊接變壓器叫做調整器-變壓器。變壓器和調整器的線圈都繞在一個共用的鐵心上，也就是說它們是以磁力線互相聯通的。

在戰後第一個五年計劃的年代里，蘇聯冶金研究院焊接科、莫斯科包曼高等工業學校（МБТУ）的電工與電氣設備教研組和電力工業部的許多工廠共同製成了單體焊接變壓器，並且將它們成批投入了生產。這樣就保證我們的工業可能使用技術先進的各種交流手工和自動焊接的電源設備。

1950年，大批單體焊接調整器-變壓器已經批准投入生產，並且作為主要的產品。目前，蘇聯正在製造手工、自動和半自動電弧焊接用的各種功率的單體焊接變壓器，這些變壓器的焊接電流範圍很廣，可由25至2500安培。

單體焊接變壓器可以均勻地調整電流，它比分開調整器的焊接變壓器簡單而輕巧，使用時也比較方便，並且具有較高的效率。目前已有成千上萬的這種焊接變壓器正在蘇聯各工廠中和建設上使用着。

二 電弧焊接的焊條

只有製造出能保證獲得高質量焊縫的特种藥皮焊條，電弧焊接技術才能發展和廣泛地應用在工業上，特別是應用在重要的鋼結構製造上。

用手工電弧焊接時，為了得到具有良好機械性能的焊縫

金屬，就必需采用優質藥皮焊條。藥皮可以用浸蘸的方法塗在金屬棒上；但一般都是用專門的焊條壓藥機在 700 絕對大氣壓下將焊條壓結在金屬棒上。在擠壓之後，把焊條在 150 ~ 300°C 的溫度下進行干燥和烘烤。優質藥皮焊條應該保證：

- (一) 電弧燃燒穩定，並且有效地保護焊縫熔化金屬，免受空氣中氧及氮的不良影響；
- (二) 焊條金屬棒和藥皮的熔化平穩而又均勻；
- (三) 得到必需的熔透深度；
- (四) 焊縫成形良好；
- (五) 焊縫金屬中有必要的化學成份；
- (六) 較高的熔着系數；
- (七) 獲得致密良好的熔着金屬，沒有氣孔和非金屬夾雜物（主要是熔渣）混入；
- (八) 熔渣容易從熔着金屬表面除去等。

但是，在評比焊條的質量時，熔着金屬的性能是主要的標準。

按保護熔化金屬的原理，優質藥皮可以分為熔渣保護的和氣體保護的兩種。熔渣保護藥皮是由產生熔渣的成份組成的，這些成份，在熔化金屬滴由焊條向焊件過渡時就在金屬滴的周圍形成熔渣保護層，並且在焊池的表面上形成熔渣保護外殼。氣體保護藥皮主要是由有機物組成的，當有機物燃燒時，就形成氣體的保護層。焊條藥皮是瑞典奧斯卡爾·卡葉里別爾格工程師發明的，他的發明在 1911 年得到了德國的專利權。

蘇聯工業中大多數采用熔渣藥皮或混合藥皮。

蘇聯研究出來很多種焊接低碳鋼和合金鋼用的焊條，保證在靜載荷和沖擊載荷的工作條件下焊接接頭的強度完全等於焊件金屬的強度。

УОИИ-13 牌號焊條是蘇聯最好的一種熔渣保護藥皮焊條，它是在衛國戰爭之前研究出來的，是專門用來焊接高強

度中碳鋼和合金鋼的。

使用 УОНИ-13 牌号 焊条可以焊接任何位置的焊縫，并且还能保証焊接接头具有良好的机械性能。

由于 УОНИ-13 牌号 焊条具有这些良好的特性，所以能使在 УОНИ-13 牌号 焊条未出現前的許多不易焊接的鋼材都可以很好地焊接了。

从本世紀三十年代起，苏联就很成功地采用 ОММ-5 牌号 優質焊条焊接重要的低碳鋼結構，这种焊条可以使用交流电，也可以使用直流电焊接任何位置的焊縫，同时还能保証焊接接头具有良好的机械性能。ОММ-5 牌号焊条的缺点是熔渣不易除掉和熔着系数較低（7.3 克/安培小时）。

莫斯科焊条厂研究出来一种 МЭЗ-04 牌号焊条。这种焊条可以使用交流电，也可以使用直流电俯着和垂直焊接低碳鋼。如果使用直徑小于 4 公厘的 МЭЗ-04 牌号焊条，还可以进行仰焊。

中央工程技术及机器制造科学研究院（ЦНИИТМАШ）焊接科（А. А. 阿洛夫）研究出了熔渣保护藥皮的 ЦМ-7 牌号焊条，它在工業上得到广泛地应用。这种焊条可以使用交流电或者直流电在任何位置焊接低碳鋼。ЦМ-7 牌号焊条的藥皮很簡單，是由一些普通的成份組成的。藥皮可以用浸蘸法或压力法塗在金屬棒上。

用 ЦМ-7 牌号焊条焊成的焊縫，它的机械性能完全符合要求。除此以外，ЦМ-7 牌号焊条的焊接生产率要比 ОММ-5 牌号焊条的焊接生产率高30~40%。

中央工程技术和机器制造科学研究院的工作証明，如果在焊接对接接头和角接接头时，把 ЦМ-7 牌号焊条的藥皮重