

中等專業學校教學用書

# 手工電弧銲接工藝學

蕾巴可夫、沃莎諾夫合著



機械工業出版社

中等專業學校教學用書



# 手工電弧銲接工藝學

陳利羣 譯

蘇聯重型機器製造部教育部審定為  
機器製造中等技術學校銲接專業教科書



機械工業出版社

1954

## 出版者的話

本書包含有手工電弧銲接的各種資料；書中敘述電弧銲的發展歷史，銲接電弧的理論，銲接冶金學，鋼銲條的成分及製造工藝，鋼、鑄鐵及有色金屬的銲接技術與工藝，以及銲接時所發生的變形及應力的問題，同時並敘述了銲接工件的設計與製造。

本書係機械製造中等專業學校銲接專業學生手工電弧銲接工藝學的課本；也可以用作高等工業學校學生、銲接專業工程師和工長以及研究銲接者的學習參考書。

蘇聯 В. М. Рыбаков, К. П. Воианов 著 'Технология ручной  
дуговой сварки' (Машгиз 1953 年第一版)

\* \* \*

書號 0658

---

1954 年 12 月 第一版    1954 年 12 月 第一版 第一次印刷  
787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 288 千字 12<sup>2</sup>/<sub>9</sub> 印張 0,001— 4,700 冊

機械工業出版社(北京藍甲廠 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 17,200 元(19)

# 目 次

原序	5
第一章 一般的概念	7
1 電弧銲的發明與發展簡史	7
2 銲接的意義及其優越性	10
3 銲接方法的分類及其要點	12
4 各種主要電弧銲接方法的要點	14
第二章 銲接的電弧	20
1 電弧的物理性質	20
2 電弧的熱效應	27
3 銲條金屬過渡到銲件上	31
4 銲接時電弧的偏吹	36
第三章 銲接的冶金過程	39
1 銲接冶金的特性	39
2 顯弧銲接時的物理-化學現象	39
3 隱弧銲接時的物理-化學現象	44
4 銲接接頭的粗視及顯微組織	52
第四章 鋼銲條	57
1 關於銲條的一般知識	57
2 鋼銲絲的蘇聯國家標準	59
3 鋼銲條的蘇聯國家標準(ГОСТ 2523-51)	61
4 主要牌號銲條的特性	62
5 銲條製造工藝學	70
第五章 低碳鋼的銲接技術與工藝(用鋼銲條)	81
1 銲縫填敷的技術	81
2 銲接規範的選擇	85
3 銲接接頭的基本類型及其銲接工藝	87
4 銲接的缺陷	96
5 敷銲工作及銲接工作的工藝範例	98
6 提高銲接生產率的方法	102
第六章 銲接的變形與應力	109
1 銲接引起的變形與應力的影響	109
2 引起應力及變形的情況	109
3 在板條邊緣上敷銲波時,板條內產生變形與應力的情況	114
4 因組織的改變所引起的內應力	118
5 銲接應力對結構強度的影響	119
6 減小或調整銲接接頭變形的辦法	120
7 變形工件的修正方法	129

8 减小應力的方法.....	131
9 消除銲接應力的方法.....	134
第七章 中碳鋼與合金鋼的銲接.....	135
1 鋼的分類與銲接性.....	135
2 銲接工藝的提示.....	140
3 中碳鋼、HJ1 型低合金鋼及鉻錳矽鋼的銲接.....	144
4 特殊性能合金鋼的銲接.....	146
第八章 鑄鐵的銲接.....	150
1 鑄鐵的特性.....	150
2 鑄鐵銲接的價值.....	152
3 鑄鐵銲接時的主要困難與銲接方法.....	153
4 鑄鐵的熱銲工藝.....	154
5 部分加熱工件的銲接.....	157
6 不作銲前預熱的鑄鐵銲接.....	157
第九章 特殊的銲接與切割方法.....	163
1 碳極電弧銲.....	163
2 在氣流中銲接.....	165
3 硬質合金的敷銲.....	174
4 電弧切割.....	178
5 水下電弧銲接與金屬的切割.....	179
6 鋁熱銲.....	180
第十章 有色金屬的銲接.....	183
1 銅的銲接.....	183
2 黃銅的銲接.....	186
3 青銅的銲接.....	186
4 鋁的銲接.....	187
5 鉛的銲接.....	190
第十一章 銲接工件製造時，工藝計劃的編製.....	191
1 工藝程序的用途、內容與構成.....	191
2 零件的製備、工件的裝配及銲接工藝問題.....	197
3 工時標定的指示.....	205
4 銲接質量的檢驗方法.....	207
5 安全技術.....	214
附錄.....	222
參考文獻.....	225
中俄名詞對照表.....	226

## 原 序

第十九次黨代表大會的決議向銲接生產工作者和學生們提出了進一步改進、發展和深入研究銲接方法的新任務。

因為這個緣故，關於銲接方面的教材便具有重大的意義。

本書中，銲接問題的研討係按照機械製造中等專業學校銲接專業的‘手工電弧銲接工藝學’的課程大綱而進行的。書中材料的敘述是以電工學、物理、化學、金相學和金屬工藝學的知識為基礎，並且也局部地以同時學習的課程‘氣銲工藝學’、‘自動銲接’、‘銲接結構’、‘生產的組織、計劃與經濟’、‘銲接質量的檢驗’和‘安全技術’的知識為基礎。

作者力求不用複雜的數學公式來闡明銲接的理論基礎，只用基本的數學方法說明它的物理本質。

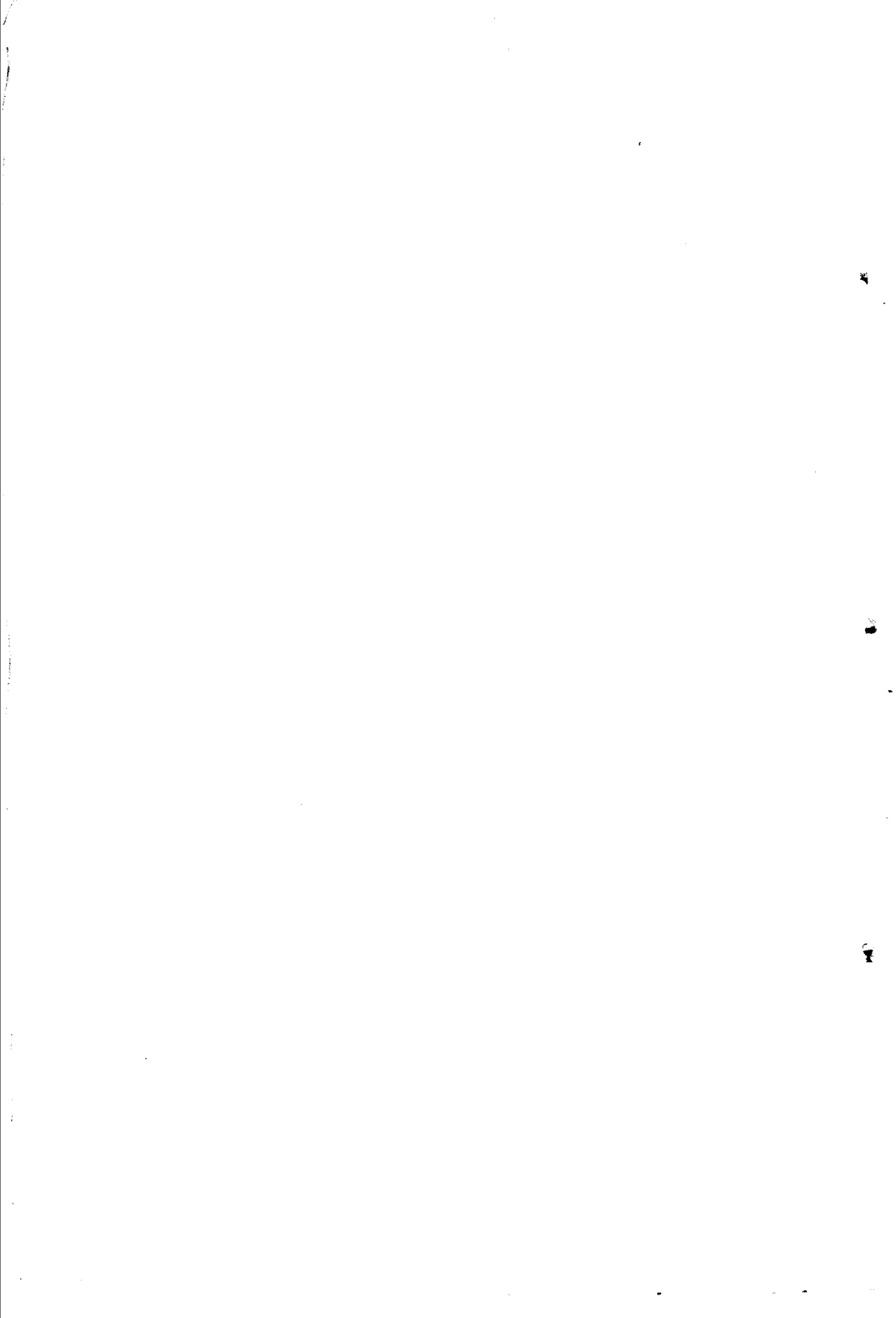
銲接的理論與實際問題的敘述，係參照最近銲接技術的成就及科學研究機關、工廠與優秀的斯大哈諾夫銲工的經驗。

本書中，對於銲接電弧的理論、銲接的熱過程、冶金學、銲接的變形與應力以及銲接結構的設計與製造等問題研究得比較深入。這是因為上述這些問題，在中等專業學校銲接專業的大綱中不是獨立的課程，並且只有在電弧銲接工藝學課程中才研究到。

對於鋼銲條的製造工藝及低碳鋼（用鋼銲條）的銲接技術與工藝做了廣泛的說明，這些都是所有工業部門的銲接實際應用中非常重要的問題。

對於自動銲接、用於銲接的零件準備、工作標定、銲件質量的檢驗及安全技術，只從原則性的觀點上作概括的討論。因為所有這些問題都要在銲接專業的技術學校中作為獨立課程來研究。

本書中列入的鋁熱銲方面資料簡短，因為這種銲接類型不列為中等專業學校的一個課程。



# 第一章 一般的概念

## 1 電弧鐸的發明與發展簡史

金屬鐸接是俄羅斯的偉大發明。俄羅斯的科學家和工程師彼得洛夫(B.B. Петров)、貝納多斯(H.H. Бенардос)和斯拉維亞諾夫(H.Г. Славянов)是發明電弧並採用它作鐸接的創始人。

彼得洛夫教授於1802年首次在世界上引燃電弧，並在電弧中熔化金屬，寫出電弧的光和熱的作用，並預言不僅在照明上，而且在金屬的熔化上必將廣泛地採用電弧。

發明家貝納多斯，在1882年曾用電弧來連接金屬，並曾在1885年以‘用直接作用的電流來連接和分割金屬的方法’為名而取得專利權。他主要利用碳極電弧來鐸接，碳極電弧的電能用它專為鐸接而特製的蓄電池來供給。貝納多斯所提出的全部電弧鐸接的方法，目前在工業上還在採用。

工程師斯拉維亞諾夫，自1888年從事於用金屬極鐸接的研究。1891年他取得了兩種專利權，名為‘金屬電熔鑄的方法與設備’和‘金屬鑄件的電補方法’。他利用他自造的直流發電機所供給的金屬極電弧來鐸接；這是世界上第一個電鐸發電機。

彼得洛夫(1761~1834年)，第一個俄羅斯的電機工程師兼教授，後來是彼得堡醫學院(現在是軍事醫學院)的院上，他在1802年用電池組進行試驗，這種電池組就是將數千對銅板與鋅板串聯，中間隔以氯化銨水溶液浸濕的紙片(圖1)。他起初用銅絲，而後來用鋼絲(有圓錐形尖端)接連在電池的銅極上，用漆包鋼絲接在鋅極上，有時在其尖端繫上木炭。當帶錐尖的金屬絲接觸到木炭或金屬上時，電流沿通路流過，而在拉開時形成電弧，由於這電弧，“黑暗的靜室可能被照耀得很明亮”。在他卓越的著作中‘關於電池組試驗的報導’(1803年在聖彼得堡出版，

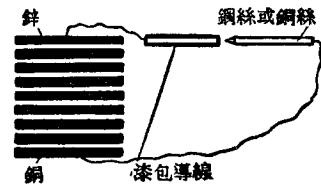


圖1 B.B.彼得洛夫的試驗。

印行的份數不多，此書在國家的許多圖書館中都有)，他寫道：“有一回我觀察到發光的現象，幾乎同磷發生的一樣”又寫道：“……在一個金屬絲尖端與位於另一金屬絲末端的炭或金屬小錐體之間，呈現火花狀的、各種大小與亮度的光芒，並且從與電池銅極相聯的金屬絲尖端上發生大量的氣體”。以後又寫道：“在電極中間呈現出或大或小的明亮的火焰，由於這火焰，金屬轉瞬間便被熔化，並且帶着某種顏色的火焰而燃燒，然後變成氧化物，特別是鋅，由鋅中產生白顏色的氧化物而升入空中，形如一縷輕煙”。

由此可見，是彼得洛夫首次在世界上發現‘發光的現象’——電弧。後來，在1812年，英國研究家德維(G. Дэви)却不公正地在其‘化學原理’一書中把它叫做‘伏特電



弧’。

彼得洛夫曾描述電弧的外貌(產生火花,分化出氣體,發光的現象)並曾利用電弧的熱力作用進行金屬的熔化工作。

伏特(Вольта),偉大的意大利物理學家,是發明電氣現象的創始人〔與加理汶(Гальван)一樣];但他並沒有引燃電弧,沒有看到電弧,並且也沒有關於電弧的記述。在他的著作裏,甚至連電弧現象也沒有提到。

英國的科學家德維對電弧現象的記述,較彼得洛夫在俄國的詳細電弧記載遲了九年。

電弧放電的發明,是屬於彼得洛夫的,因此,謬誤的名詞‘伏特電弧’應該公正地用‘彼得洛夫電弧’來代替。在彼得洛夫著作中曾寫着“我相信,全世界文明的與公正的物理學家,總有一天贊同爲我這作品、爲這最新試驗的重要性所應得的、說一句公道話”。

很長的時間,彼得洛夫電弧不能具有廣泛的實際應用,因爲俄國工業發展的技術水平會是低落的,沒有實際可用的電源,也沒有“富有發明天才的人,能够使這個奇妙的火焰去適應預期的使用”〔莫斯科大學教授、物理學家巴甫洛夫(М.Г.Павлов)1836年的話〕。

俄國人是應用彼得洛夫電弧的最有發明天才的人。彼得洛夫電弧於1849年被引燃在海軍燈塔上,照耀了彼得堡的街道。1876年,著名的電氣工程師雅布羅契可夫(П.Н.Яблочков),天才地解決了電弧自動調節的問題,電弧的光芒照耀了巴黎和倫敦的街道。

貝納多斯(1842~1905年),天才的俄國發明家,在各種技術部門中,他是一百多種發明的創造者,是所有現存電弧銲接方法的創始者,也是接觸銲的創始者。

貝納多斯用自己的錢製成了金屬銲接設備並取得了專利權以後,曾於1885年在彼得堡組織‘電工’協會(Электротехфест),在俄國各地區進行銲接工作。

俄國技術協會曾獎給貝納多斯金質獎章,並授給他工程師的稱號。貝納多斯主要是研究碳極銲接的方法。從保藏在檔案中的貝納多斯的記述、圖樣和圖畫中可以看出,目前實際所應用的一切電銲方法,都是由他提出的,例如:

- 1)用金屬極的銲接,包括採用熔劑的銲接在內;
- 2)用兩個或數個電極間燃燒的、間接作用的電弧銲接;
- 3)電弧的磁性控制;
- 4)在氣流中的銲接;
- 5)用碳極銲接的自動機;
- 6)用金屬極銲接的自動機;
- 7)接觸銲的點銲和對銲。

因爲這樣,所以貝納多斯被認爲是真正的電弧銲接的鼻祖。1885~1886年,貝納多斯的‘碳弧銲接’方法在俄國、法蘭西、比利時、英吉利、德意志、瑞士、丹麥、西班牙、

美國及奧地利都得到了專利權。

最初的時候，貝納多斯的方法在俄國用來作為修理工作，由彼得堡的電工協會在奧爾羅夫斯克-維傑比斯克(Орловско-Витебск)鐵路工廠及俄國的其他地方修理蒸汽機車的車輪及機架。

俄國工程師斯拉維亞諾夫(1854~1897年)，莫托維里喀(Мотовилих)的比爾姆斯基(Пермский)大砲工廠的廠長，在銲接時曾用金屬電極代替碳電極。斯拉維亞諾夫曾在比爾姆斯基大砲工廠設計並造成世界上第一台電銲發電機，用蒸汽機帶動，具有60伏特的電壓與300及1000安培的電流。

在比爾姆斯基工廠裏，斯拉維亞諾夫曾組織在當時是相當大的電銲車間，並且用連現在也值得注意的技藝完成了大量的銲接工作。從1891年至1894年，在斯拉維亞諾夫的親自指導下完成銲接修理工程1631件，總重250噸，同時消耗11噸電極(銲條)。

1892年，在俄國電氣技術協會第四次電氣展覽會上，曾經展出銲接銅管的樣品，該銅管可以受得住50大氣壓的水壓。這是說明銲接工作技巧的例子。

斯拉維亞諾夫曾經注意到在熔渣層下進行銲接的必要性，使金屬不受空氣的作用，並使熔渣參加到銲接的冶金過程中去。為了這個目的，他在銲接時採用了鐵合金、碎玻璃以及其他物質。

斯拉維亞諾夫會特別注意到電弧銲接的自動化和機械化。在貝納多斯以後，他曾創造並廣泛地採用了自動電銲機(他把它叫做‘電熔化器’)。斯拉維亞諾夫生前曾寫出並出版了許多關於銲接問題的作品。

#### 銲接在蘇聯的應用與發展

在沙皇時代的俄國，電銲的發展是微弱的。直到上一世紀末葉，全國總共只有十套銲接設備。同時期內，國外較發達的資本主義國家(德國，英國，法國，美國)，銲接在工業上也不起很大的作用，並且也沒有得到充分的應用與發展。僅在修復設備與機械時和部分地製造不重要的結構時才採用銲接。

在世界上，只是蘇聯第一次開始採用銲接來製造重要的結構。1923年，在沃洛金教授(Проф. В. П. Вологдин)的領導下，在電銲史上，第一次製出了大容量的油池(容量2000噸)，實現了全部銲成的帆船工程。在1929年造出了世界上第一艘全部銲接的拖船，稍晚一些時候，又造成了全部銲接的五百噸駁船。在國家國民經濟恢復與重建時期(1925~1928年)，銲接曾廣泛地應用在工業設備的修理與恢復上，並用來製造了一些不承受動載荷的建築結構。

特別廣泛地採用銲接，開始於第一個斯大林五年計劃。蘇聯在那些年代裏，以先鋒隊的姿態，在製造和裝配重要結構時廣泛利用了電弧銲接。這樣，在1931~1932年，電弧銲曾被應用於製造與裝配馬格尼托哥爾斯克(Магнитогорск)冶金工廠，亞速鋼廠(Азовсталь)及其他斯大林新建工程的風管和煤氣管。

蘇聯在世界上首次應用銲接於起重機的製造，車輛製造，鍋爐製造與其他工業部門。早在1932年，莫斯科的起重機(Подъемник)工廠，在製造起重機的樑時，就用銲接

來代替鉚釘。

從 1935 年起，國家的車輛製造廠用銲接來代替一切主要的鉚釘聯結，這就大大地提高了平台車、車廂和油槽車的產量。同一時期，第一個銲接的鐵路和公路的橋樑也在蘇聯建成〔在列寧格勒，以史密特(Шмидт)尉官為名的橋是當時世界上最大的銲接橋樑〕。

從 1935 年起，在國家工業上，用優質銲條的隱弧銲接及在氣流中的銲接被廣泛地運用。在這時期，在所有國民經濟各部門中，電弧銲開始應用於製造、裝配和修理金屬的結構和工件。

在偉大的衛國戰爭以前，在國家工廠內有 50000 餘個銲接工作站在工作着。蘇聯在那時候，在工作中的銲接設備數量上與銲接工作量上(銲接結構的產量每年約五百萬噸左右)都已在世界上佔第一位。熔劑層下自動銲應用在工業上，使銲接工件的產額提高了。在衛國戰爭的年代中，銲接在兵器和彈藥的大量生產中成為主要的加工過程。

廣泛採用自動與半自動的熔劑層下銲接，是蘇聯戰後年代中的成果。只在 1950 年年終以前，國家的工廠裏就有了幾千個自動與半自動機在工作着。

沃羅士開維奇(Г.З.Волошкевич)在電銲研究所裏，在院士巴東(Е.О.Патон)的領導下，第一次創造了世界上新的、帶強制冷卻與形成熔坑的熔劑層下銲接法。這種方法用在製造很厚的金屬結構時效果很好。

建造輸送管道時，對接管子的自動銲接也第一次在世界上出現。

必須指出，蘇聯在工業上成功地研究和運用了水下銲接和切割〔哈里諾夫(К.К.Хренов)，1932 年〕、熔劑層下雙弧和多弧銲接、三相電流在銲接上的利用及其他銲接技術的成就。目前，為了在鐵路橋樑和重型起重機的生產和裝配上更廣泛地運用銲接，已創造了所有必需的條件。這些結構由於在嚴重的情況下使用，所以直到最近，仍以極小心的態度來銲接。

蘇聯銲接科學不斷的發展，促進了銲接技術的發展。銲接設備及銲接結構的理論基礎被探討出來了，銲接時熱力過程的理論被建立起來了，銲接的物理冶金過程被研究出來了，銲接接頭品質檢驗的各種方法被製定並運用在工業上了，其他的銲接理論問題也都被解決了。

在我國，正在培養着大量的銲接生產技術員與工程師。黨、蘇維埃政府以及斯大林同志本人過去和現在都經常地幫助和關心蘇聯銲接的發展。

我們的國家，彼得洛夫電弧第一次在這裏被引燃並應用到銲接上，它是所有現代電弧銲接方法的誕生地，並且在應用銲接於一切國民經濟各部門中，穩固地保持世界上的第一位(按照它在重量、容積、機械化和自動化程度各方面的比較)。

## 2 銲接的意義及其優越性

電弧銲接與其他形式和方法的金屬銲接與切割已得到了廣泛的發展，並在現代

的金屬加工過程中，佔着重要的地位。很多的機床、設備、器械和運輸工具，如果沒有銲接，就不可能製造出來。在許多的工業部門中，像造船業、蒸汽機車與車廂製造業、化學和石油提煉設備的製造，冶金工廠、主要管道、高的建築物、工業工程的建設和其他各種不同的技術部門中，銲接是唯一的、造成堅固連接的方法。

在我國，沒有任何一個工業企業不採用銲接來製造新的產品與進行修理工作的。甚至連紡織廠、麵包廠及食品聯合廠這樣的企業也有修理用的銲接車間或銲接工場。

蘇聯的科學家和斯大哈諾夫式的銲工正在研究如何改善銲接方法並製訂高度生產率的銲接方法，使在任任何的使用條件下，能保障高度的堅固性和結構的可靠性。

鋼結構銲接生產的成長速度是鉅大的。例如，在鋼結構廠中，鋼結構銲接生產的增長，可以用下列數字來說明：

年 度	1933	1938	1943	1948	1950
銲接結構的生產(%) <sup>①</sup>	18	35	61	70	83

銲接在金屬加工及其有關的工業部門中廣泛地採用，說明了它有如下的優越性：

**1 節省金屬** 在銲接結構製造中，它的重量可以減輕（和鉚接比較起來平均輕 20%，和鑄造比較輕 50%）。這個目的是用去除結構中的各種連接元件（角鋼、鉚釘、連結角板等），與造成完全新的結構形式和更好地利用金屬的橫斷面的方法來達到的。

**2 節省時間和勞動力** 用銲接代替鉚接，可減少許多工序：孔的劃線、衝孔或鑽孔、鉸孔、鉚接和鉗縫。同時大大地簡化了銲件的準備和裝配工作。

耗費於製造銲件的工時總量比製造鉚接工件要少些。銲接過程可以用大多數工序的機械化來加速工件的製造。

**3 銲接車間設備費用較小** 製造銲接結構時，所需的複雜機械設備，和鉚接及其他金屬連接方法比較起來要少得很多。銲接不必要複雜的鑽孔、壓鍛和其他昂貴的設備。銲接的設備比較便宜，並且使用簡單。銲接車間需要的面積也較少。

**4 改善勞動條件** 在工作中銲接不會造成像鉚接一樣的音響，銲接可以減少車間內部沉重物件的運送和調動。銲接過程的機械化，採用自動和半自動機來銲接，減少了手工操作的數量，並大大地簡化了勞動條件。在現代的銲接車間裏，工人基本上是管理設備、機器與監督銲接的過程。

**5 製造新的結構與形狀** 由於銲接的應用，解決了許多複雜的技術問題：在製造全新的結構和設備上，例如，提煉石油設備的容器（壁厚 100~120 公厘，內鑲不銹鋼）。要製造這樣的設備，只有用銲接。製造用於高達 1000 計示大氣壓與更高壓力的設備，也不可能不用銲接。

銲接使各種海洋和內河船舶的結構大大地改變，造成新形式和新類型元件的連接。製造球形的容器，只有應用銲接才可能成功。這樣的例子，可以舉出很多。

① 銲接與鉚接結構的總量作為 100%。

### 3 銲接方法的分類及其要點

銲接是相同的或不相同的金屬，藉原子間的和分子的連結與擴散作用而牢固接合的方法。

銲接接合與機械接合(鑄接、螺絲接合)和膠合的區別，在於任何的機械接合，不用原子間的連結和擴散來實現；膠合雖帶有原子間的連結作用，但是沒有擴散作用；銲接卻具有原子間的和分子的連結作用與擴散作用。

加熱或加壓力，或者同時加壓力與加熱，可以促進固體之間原子間的連結與擴散作用。

如果固體係利用銲件局部加熱到熔化狀態來連接，則通常這種連接方法叫做熔銲。

銲件的連接過程係藉局部加熱並施壓力而完成的，叫做壓銲。不加熱而加壓力的銲接，通常稱為冷銲。

熔銲、壓銲及冷銲是銲接的基本類別，其中包括很多銲接的型式和方法。

第一、二種銲接方法，在加熱狀態中進行。第三種——在冷卻狀態中進行。熔銲，按圖 2, a 及 b 所示的圖解進行。銲件邊緣的熔化深度為 0.5~6.0 公厘，按銲接方法

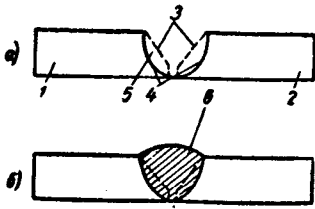


圖 2 熔銲：

a—局部加熱與金屬的熔化；b—形成銲縫；1及2—銲件；3—熔化邊緣；4—熔化線；5—銲件熔化金屬；6—銲縫。

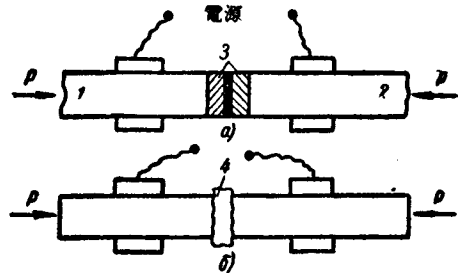


圖 3 壓銲：

a—金屬邊緣加熱；b—形成銲接接頭；1與2—銲件；3—被加熱的邊緣；P—壓力；4—銲縫。

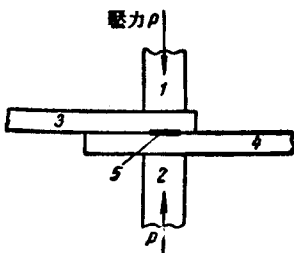


圖 4 冷銲：

1與2—壓銲；P—壓力；3與4—被銲的板；5—銲着部位。

而定。熔化邊緣的加熱，應該用集中的、高溫的(大大地超過金屬的熔點)熱源來進行。這是為了能夠保證金屬邊緣的熔化，而不使整個銲件有顯著的加熱，並保證充分的銲接速度。作為這種銲接方法的熱源是：電弧(電弧銲)和可燃氣體在氧氣中燃燒的化學反應(氣銲)。

在進行銲接時，隨着銲件(基體金屬)邊緣的熔化，引到銲接部位的銲條，或填充金屬條同時熔化。液體金屬(基體金屬和填充金屬)形成熔坑，被銲件熔化界線所局限。當液體金屬凝固時，形成連接二零件為一整體的銲縫(圖2, b)。熔銲在工業上應用得非常廣泛。

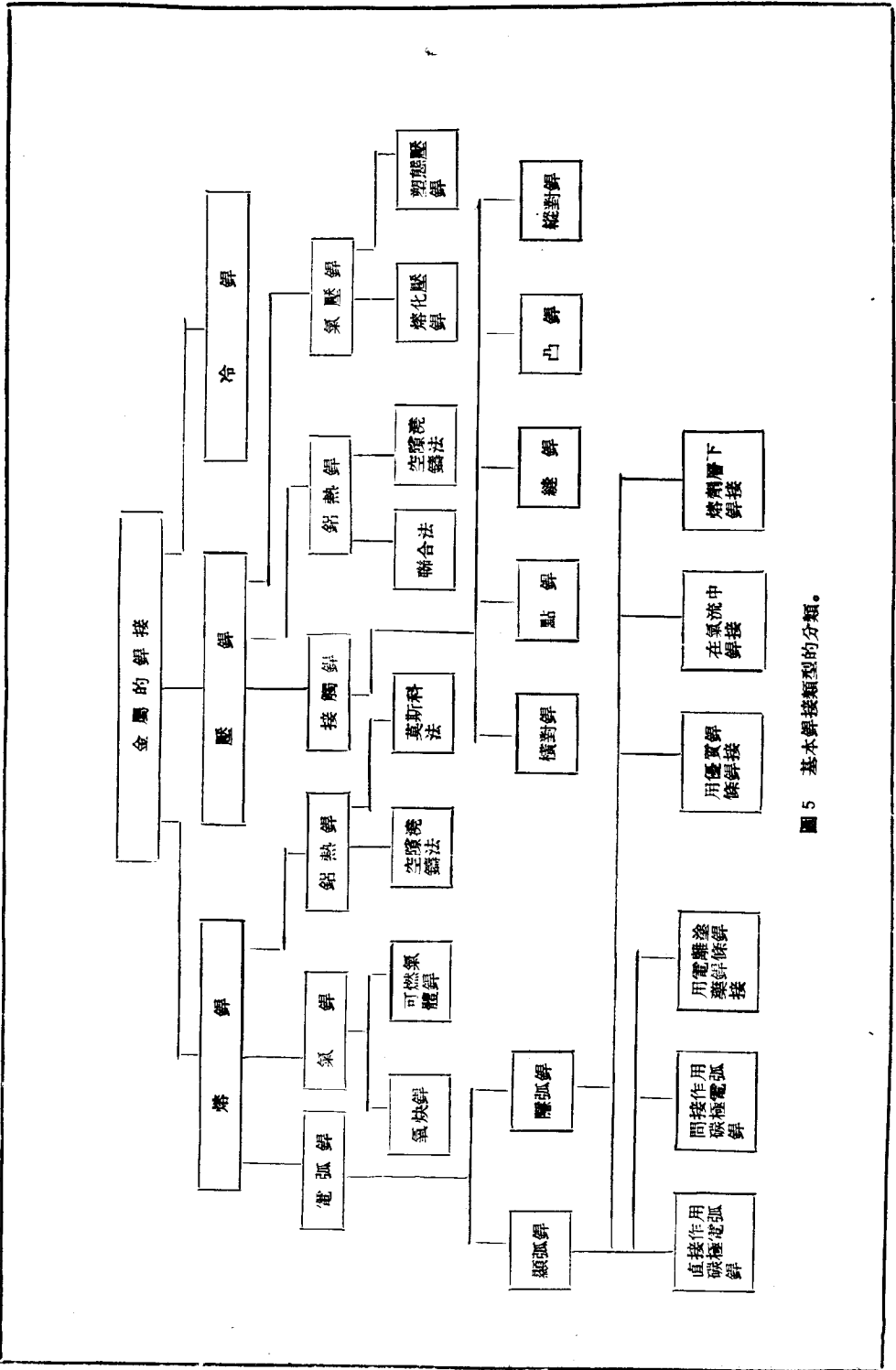


圖 5 基本銲接類型的分類。

壓鋸法可用圖 3, a 與 6 所示的簡圖來說明。鋸件的邊緣被加熱到液體或半液體的塑性狀態(圖 3, a)。大多數鋼的適用溫度應從  $1200^{\circ}$  到金屬的熔點。鋸件邊緣可以用通過接觸電阻的電流、高週波的感應電流或氣體噴嘴的火焰進行加熱。爲了形成堅固和緊密的鋸接接頭,要加外力於鋸件上。壓鋸在工業上採用得較熔鋸爲少。

冷鋸方法的要點是將零件放在壓力機上,使業經仔細清潔過的零件表面相接觸,施以一定的壓力。在這壓力的作用下,發生從一個被鋸表面到另一個被鋸表面的互相原子擴散(圖 4)。用冷鋸方法可以連結鋁、銅及其他材料的薄板。冷鋸方法在工業上的用途很少,僅局限於實驗室的試驗。

鑲鋸是獲得牢固連接的方法之一。鑲鋸的要點就是將連接的零件加熱到鑲鋸(連接零件的材料)的熔化溫度。牢固接頭的形成是由於液體鑲鋸在連接金屬的固體邊緣上的擴散。在這一點上,鑲鋸的特性與熔鋸相比較,它們的連接同是以液體狀態的擴散與原子間的結合來實現的。

相同或不同種類的、各種形狀和大小的材料都可施行鑲鋸。用易熔金屬或合金(錫鉛、銅鋅、磷銅、銀等)作爲鑲鋸。

鑲鋸在儀器製造與汽車製造中,製造儀器時,應用得很廣。

鋸接的基本類型和方法的分類列如圖 5 所示。

#### 4 各種主要電弧鋸接方法的要點

電弧鋸接廣泛地應用於工業上。它的優越性是:

- (1) 在極大的局部熱量集中下電弧的溫度很高,因而保證了較高的鋸接速度。
- (2) 設備簡單和工作安全。
- (3) 鋸接方法的通用性,它可能在各種情況下對各種金屬施行鋸接。
- (4) 鋸接接頭的高度堅固性。
- (5) 應用比較簡單的設備的鋸接過程自動化有較大的可能性。

電弧鋸接具有幾種不同的型式。它的主要要點是用電弧熔化鋸件的邊緣。並且鑲鋸金屬在若干時間內處於熔化狀態。當金屬凝固時,便形成鋸接接頭。電弧可以由交流電或直流電來供給,按鋸接方法決定。在我們的工業中,主要是應用交流電設備來鋸接,因爲比較經濟。貝納多斯和院士密特開維奇(В. Ф. Миткевич)是用交流電鋸接的創始人,密特開維奇在 1905 年確定了用交流電(特別是三相交流電)來供給電弧的可能性。

用交流電鋸接,如圖 6 所示。這個方法簡單方便,在工業上應用得很廣。鋸接站是由降壓變壓器 T(次級電壓爲 55~65 伏特,有時到 75 伏特)和調節器 A 所組成(調節器的線圈是與電路串聯的)。鋸接所需電力,用調節器來進行調整。爲了增加電力,必須向順時針方向旋轉調節器手柄,此時,空氣的間隙增大,磁路的感應電阻減小,於是電流強度增加。現代的鋸接變壓器的能量,具有各種不同類型的鋸接電流強度,從手工電弧鋸的 30~750 安培到熔劑層下自動鋸接的 2500 安培。

在用直流電焊接時（圖7），通常採用正接（即正極性，這時發電機負極接至鉚條，而正極連接到鉚件上）。在此種情況下，保證了基體金屬有大的熔深。反極性應用在許多特殊情況中：在鉚接薄的金屬避免燒穿時，採用在某些特殊的優質鉚條鉚接合金鋼及許多其他情況中。

讓我們更詳細地來討論一下各種電弧鉚接的方法。

### 1 用金屬極鉚接

(1)用無塗藥的、或用薄電離塗藥的鉚條鉚接 此種鉚接方法如圖8所示。電弧燃燒於鉚條和鉚件之間。

在電弧的高溫作用之下，在鉚件上形成熔化金屬的熔坑，鉚條的末端也被熔化，同時鉚條的金屬過渡到熔坑內。鉚條除了作為填充材料以外，同時也是電流的導體。用無藥鉚條時，只有在

用直流電正接鉚接之下，才可能使電弧穩定燃燒。交流電的鉚弧，只有在採用穩定劑的薄藥鉚條時，才可能穩定的燃燒。實際上，在鉚接時，不論用交流電或是用直流電，都需要採用有藥鉚條。當有了塗藥的時候，電弧燃燒起來要平靜得多。

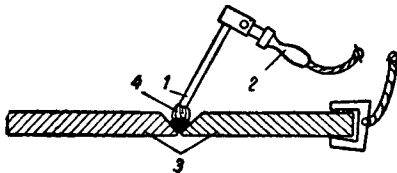


圖8 用電離塗藥鉚條的鉚接法：  
1—鉚條；2—鉚條夾鉗；3—鉚件；4—電弧。

1935年以前，基本上都採用電離塗藥的鉚條。1935年開始創製優質鉚條供電弧

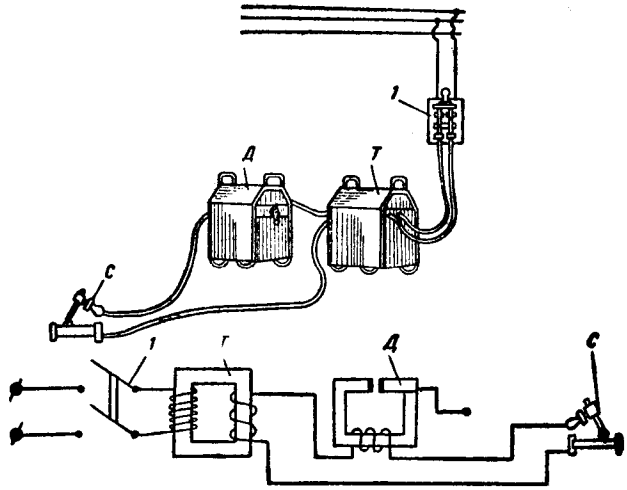


圖6 用交流電鉚接圖：  
1—電路開關；T—降壓變壓器；D—調節器；C—施鉚部位。

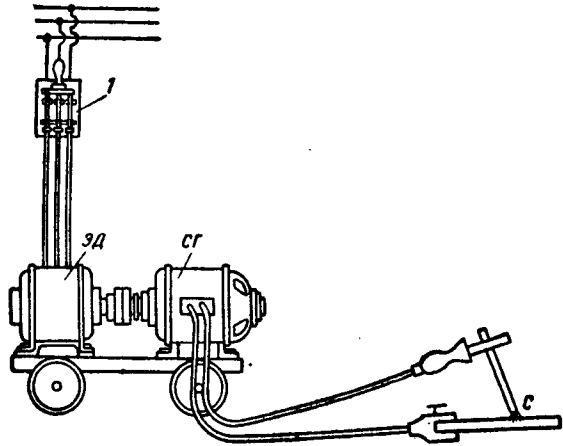


圖7 用直流電鉚接圖：  
1—電路開關；ЭД—電動機；СГ—電弧發電機；C—施鉚部位。

由於鉚接熔坑受周圍空氣的作用，用電離塗藥鉚條所完成的熔敷金屬，質量比較的低；鉚接接頭的機械性能比基體金屬的機械性質要低得多。



銲接之用，這種銲條在現代銲接工程中佔着主要的地位。

目前，用電離塗藥銲條的銲接，僅在用低碳鋼製造不重要的結構時採用。

(2) 用優質銲條銲接 爲了獲得熔敷金屬的優良品質，必須保護電弧和銲接熔坑不受周圍空氣的作用。這種保護作用，藉採用塗佈於銲條芯上、厚 0.5~2.2 公厘的特殊塗藥來保證。這種銲條在熔化時，形成電弧的氣體保護層，並以厚的熔渣層遮蓋着銲縫。無論在直流電或交流電時，電弧同樣燃燒得好。若干牌號的銲條，要求必須用直流電。

用優良塗藥的銲條銲接，可以得到具有極高機械性能的銲縫金屬。在現時，爲了銲接各種牌號的鋼，創製出並採用了各種特殊牌號的銲條。這些銲條，可以保證得到與銲件同等強度的銲縫金屬。藉塗藥的作用，可以在很大範圍內變更熔敷金屬的化學成分。在現階段中，所有重要的銲接工作，都是用優質銲條來完成。

## 2 熔劑層下銲接

從圖 9 可以看出，電弧在光裸的金屬芯和銲件中間，在叫做熔劑的粉粒層下燃燒。電弧在燃燒時是不能看見的，它被熔劑層所覆蓋。當銲接時形成了由熔劑和金屬的蒸汽所組成的氣泡，在氣泡中發生電弧的燃燒。熔劑層的厚度決定於銲件的厚度。熔劑層下銲接法，比用優質銲條銲接，在生產管理和技術上有許多優越性：熔劑層下的銲接生產率較大，保證銲接接頭有好的機械性能，並降低工件的成本。熔劑層下銲接過程是自動化的(圖 10)。

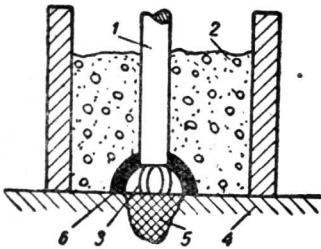


圖 9 熔劑層下銲接：

1—銲條；2—顆粒狀的熔劑；3—電弧柱；4—基本金屬；5—熔坑；6—被熔化的熔劑。

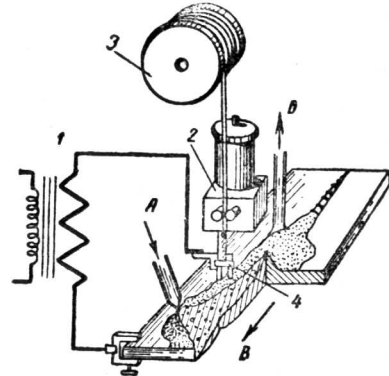


圖 10 自動機簡圖：

1—銲接變壓器；2—自動機頭；3—銲條圈；4—電弧燃燒部位。箭頭表示：A—供給熔劑；B—吸取熔劑；B—銲接方向。

這種銲接方法，從 1940 年起在工業上獲得了廣泛的應用。熔劑層下銲接的觀念是由斯拉維亞諾夫發表的。杜利契夫斯基(Д.А.Дульчевский)曾從事研究過銅的銲接方法，他在 1929 年獲得了著作證。曾從事於研究和運用鋼在熔劑層下銲接的有：在院士巴東領導下的烏克蘭科學院電銲研究所；工程技術及機器製造科學研究院(ЦНИИТМАШ)；以巴烏曼(Бауман)爲名的莫斯科高等工業學校(МВТУ)；‘電工’工廠(завод ‘Электрик’)以及其他院校和先進的工廠。現時，在工廠中的全部銲接工作，