

高等學校教學用書

鉚接過程理論

鮑戈金-阿歷克謝夫著



機械工業出版社

高等學校教學用書

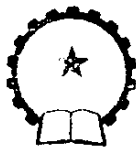


銲接過程理論

哈爾濱工業大學銲接教研室譯

蘇聯高等教育部審定為

高等專業學校教學參考書



機械工業出版社

1956

出版者的話

本書是高等專業學校銲接專業學生作為“銲接過程理論”課程的教學參考書。本書是根據蘇聯高等教育部批准的教學大綱編寫的，內容系統地敘述了電弧銲接中化學熱力學、冶金過程及銲接接頭金相學等基本問題。書中也闡述了金屬的可銲性以及特種鋼和鑄鐵銲接的特點問題。

本書對於在銲接生產部門中工作的工程師及技術人員也有參考價值。

蘇聯 Г. И. Погодин-Алексеев 著：‘Теория сварочных процессов’ (Машгиз 1950 年第二版)

* * *

書號 0898

1956 年 4 月第一版 1956 年 4 月第一版第一次印刷

850×1168¹/₃₂ 字數 353 千字 印張 13 插頁 3 0,001—3,000 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 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(8) 2.64 元

目 次

第二版序.....	7
緒論.....	9
第一章 化學熱力學基礎和關於平衡的學說.....	18
1 反應熱效應及熱力學第一定律	18
熱力學第一定律——蓋斯定律。反應熱的計算——物質熱容的計算——熱效應與溫度的關係	
2 熱力學第二定律和兩定律的結論	29
熵及其變化——最大功作為化學親力的尺度——自由能——熱力學第一定律和第二定律的綜合——熱力學的平衡條件	
3 物理-化學系統的平衡.....	38
單相系統的質量作用定律——多相系統的質量作用定律——最大功的測定方法——等溫過程方程式——壓力和溫度對於平衡位置的影響——相律——相律之應用。穩定平衡和不穩定平衡	
4 液體介質中和相的界面上的一些現象	58
物質在二個溶媒中的分配定律——表面能——吸附現象——液體的黏度。黏度係數	
5 元素對氧化學親力的尺度	72
銲接時氧化物的產生——元素對氧的親和程度的評價的方法	
6 最重要的一些氧化物的分解壓	82
自由元素的分解壓——在溶液中元素的分解壓	
第二章 金屬的可銲性.....	91
1 金屬的物理可銲性	91
可銲性的定義及其實現的條件——材料連接的主要方法——材料在固體和液體狀態下的銲接——同質材料銲接過程的分析	
2 按平衡圖來分析非同質材料的銲接過程	98
被銲材料形成一系列連續的固溶體——被銲材料形成有限溶解度的固溶體——被銲材料形成化合物——被銲材料形成共晶混合物——多成分材料的銲接	
3 金屬的工藝可銲性	108
影響金屬可銲性的工藝因素——決定可銲性的工藝方法的特性	

4 最常用的確定鋼的可鉚性的工藝方法	114
莫斯科高等工業學校的鉚珠試驗——ННН法——丁字形試件的彎曲試驗 ——估計鋼對形成裂縫傾向的試驗——國家標準的草案:‘結構鋼可鉚性的 試驗方法’	
第三章 熔化金屬與氣相間的相互作用	127
1 鉚接熔潭, 熔潭的形成及其特點	127
鉚接熔潭的幾何參數——金屬的熔化及由鉚條過渡到熔潭的情況——隨金 屬熔化和過渡而發生的過程	
2 鉚着金屬被氣體飽和的機構	135
氣體與金屬表面接近——氣體被金屬表面吸附——氣體在金屬內部的滲透	
3 氣體對鋼的性質的影響	140
鋼中的氧——鋼中的氮——鋼中的氫	
第四章 ‘金屬—熔渣—氣相’系統的相互作用	155
1 鉚接熔渣的用途、成分及性質	155
鉚接熔渣的化學成分及酸度——熔渣的熱物理性質——熔渣的斷面形式及 其所含的礦物成分——鉚接熔渣的黏度——熔渣中複合物的生成與離解的 過程——重要渣系的平衡圖	
2 金屬鉚接用熔劑	172
熔劑的用途和性質——鉚接時熔劑的作用過程。幾種熔劑的典型成分	
3 鉚接時金屬的氧化作用	179
直接氧化作用和低級氧化物氧化成高級氧化物的氧化作用——置換反應的 氧化作用——一些最重要的氧化物的特性	
4 鉚縫金屬的合金化及還原作用	186
合金化及還原作用的相同及相異處——產生凝聚物的還原反應——產生氣 體狀態產物的還原反應——擴散還原	
5 在‘熔渣—金屬’邊界上的物理—化學過程	201
用酸性或鹼性熔渣來還原鉚縫金屬——鉚縫金屬的脫硫——脫磷反應	
第五章 鉚條和鉚條塗藥	213
1 鉚條和鉚條塗藥的一般特性	213
鉚絲的國家標準(ГОСТ)——鉚絲的化學成分和性質對鉚接過程的影響—— 鉚條塗藥的成分——鉚接時採用的鉚條國家標準(ГОСТ)	
2 鉚接低碳鋼、合金鋼和鑄鐵的鉚條	227
鉚接低碳鋼的鉚條——鉚接合金鋼的鉚條——鉚接鑄鐵的鉚條	
3 塗藥合成物的選擇和計算方法	241

計算塗藥成分的順序——根據鋸絲或塗藥中元素的含量計算鋸縫金屬合金化程度——元素從鋸絲和塗藥向鋸縫過渡的過渡係數

第六章 潛弧自動鋸接 250

1 潛弧自動鋸的實質 250

自動鋸概論——熔劑層下電弧的燃燒

2 潛弧鋸的冶金過程 255

熔潭的形成——鋸縫成形條件——金屬與熔渣間的置換反應

3 自動鋸時所用的熔劑和鋸絲的成分及其性質 267

對熔劑的要求——鋸接低碳鋼和合金結構鋼的熔劑和鋸絲——鋸接高合金鋼的熔劑和鋸絲

第七章 鋸接接頭的粗晶組織和顯微組織 276

1 鋸縫金屬的一次結晶及其粗晶組織 276

連續的和週期性的結晶——鋸接時的金屬結晶——鋸縫的粗晶組織

2 鋸縫金屬中的偏析和多餘的夾雜物 283

鋸縫金屬中的氣體——鋸縫金屬中的非金屬夾雜物——偏析現象

3 低碳鋼鋸接接頭的顯微組織 294

鋸縫金屬的顯微組織和二次結晶——熱影響區內基本金屬的顯微組織——熱影響區的直線尺寸

4 鋸接特殊鋼及合金時基本金屬和鋸縫金屬的顯微組織 309

合金元素對鋼組織的影響——珠光體級和馬丁體級合金鋼的組織——奧氏體級合金鋼的組織——碳化物級鋼，硬質合金和鑄鐵鍍鋸的組織

第八章 改善鋸接接頭組織與性能的方法 323

1 用各種鋸接方法鋸成的鋸縫金屬的機械性能 323

2 低碳鋼鋸接接頭的熱處理 327

鋸接時的熱處理及其進行方法——用光鋸條和優質鋸條鋸成的鋸縫金屬的熱處理——潛弧自動鋸鋸縫金屬的熱處理

3 合金鋼鋸接接頭的熱處理 334

合金鋼的鋸接特性——預先的熱處理——鋸接時的熱處理——鋸接後的熱處理

4 多層鋸縫和鋸縫金屬的鍛擊 342

多層鋸縫——鋸縫金屬的鍛擊

第九章 鋸縫金屬的時效與腐蝕 347

1 鋸縫金屬的時效現象 347

合金時效的本質——能引起鋸縫金屬時效的元素

2 時效對鉚縫金屬機械性能的影響	354
3 鉚縫金屬在冷塑性變形後的時效	360
4 腐蝕的本質	363
5 碳鋼、低合金鋼及生鐵的鉚接接頭的抗蝕性	368
6 高合金鋼及有色金屬的鉚接接頭的抗蝕性	373
防止鉚接接頭腐蝕的一般方法	
第十章 鑄鐵和特種鋼的鉚接	377
1 鑄鐵的鉚接	377
所採用的鑄鐵鉚接方法及其特點——灰鑄鐵的熱鉚——灰鑄鐵氣體火焰冷 鉚法——灰鑄鐵電弧鉚冷鉚法	
2 可鍛鑄鐵的鉚接	387
白口鐵的鉚接——用鉚後重覆退火處理的可鍛鑄鐵鉚接法——不用鉚後退 火處理的可鍛鑄鐵的鉚接	
3 特殊鋼的主要性質	393
奧氏體的等溫分解——莫斯科高等工業學校確定近鉚縫區組織和硬度的計 算方法——合金元素對鋼的性質的影響	
4 特殊鋼的鉚接	405
珠光體類鋼的鉚接——馬丁體類鋼的鉚接——純鐵體類鋼的鉚接——奧氏 體類鋼的鉚接	
參考文獻	414
中俄名詞對照表	416

第二版序

本書第一版於 1941 年即準備付印，由於技術上的原因直到 1945 年才出版。

在這一著作準備付印和出版的期間，銲接過程的發展及其在國家國民經濟上的應用是非常迅速的。

潛弧自動銲蓬勃地發展着，並且在許多工業部門中成功地代替了手弧銲。手弧銲也改進了，出現了銲接碳鋼和合金鋼用的新牌號銲條，使銲接接頭的質量和銲接過程的生產量得以保證。對半自動銲，尤其是對潛弧半自動銲的方法也進行了研究。新的銲接方法——氣壓銲——迅速地為大家所熟知，並且在工業和建築施工上得到廣泛的應用。水下銲接和切割、三相電弧銲都顯著地改進了，製成了新式完善的銲接機，研究了計算強度、設計銲接結構等的新方法。

與銲接技術和工藝改進的同時，銲接過程的理論也有着發展，深入地研究了金屬在銲接時所發生的過程的知識。

蘇聯研究者所發表的許多著作（特別是在‘銲接術’雜誌中）對液態和固態金屬中變化的性質的知識作了有價值的貢獻。1947 年雷卡林（Н. Н. Рыкалин）教授的著作‘銲接的熱理論’問世，其中闡明了銲接時溫度的影響，並首先提出了控制組織變態的方法。1948 年中央工藝及機械製造科學研究所‘銲接過程理論問題’的選集出版了，選集中刊登了柳巴夫斯基（К. В. Любавский）教授和阿洛夫（А. А. Алов）教授關於潛弧自動銲和手弧銲冶金過程理論的有意義的著作。1948 年還出版了巴東（Е. О. Потон）院士主編的烏克蘭科學院電銲研究所工作人員的集體著作‘潛弧自動銲’；在這一著作中，除工藝問題外，還詳盡無遺地闡述了潛弧自動銲的冶金過程。1949 年出版的赫連諾夫（К. К. Хренов）院士和拉札羅夫（С. Т. Назаров）副教授的著作‘自動電弧銲’中也闡明了這一問題。

熔化銲接理論問題的進一步發展，要求本書在再版之前，要審閱所有的材料，並大大地加以修改。

其中第一章‘物質的構造’及第十七章‘銲接時溫度的分佈及金屬的內應力’被刪去了，因為這些問題在教學計劃中其他的課程內要詳細地談到。這一版所補充的有‘金屬的可銲性’和‘鑄鐵及特種鋼的銲接’等章，以及簡短的銲接發展歷史的概論。其餘各章都根據現行的教學大綱和校閱者的意見作了重要的修訂。

本書中未述及銲接的熱理論，因為最近出版的雷卡林教授的教學參考書中已闡述了這一問題。根據類似的理由我們認為沒有必要在這兒敘述氣銲冶金的特殊問題。

在這一版的準備工作中，葉里斯特拉托夫（П. С. Елистратов）副教授給了我們很大的幫助。他是第二章‘金屬的可銲性’第一、二節和第十章‘鑄鐵及特種鋼的銲接’第一、二節的合著者。此外，他進行了第十四、十五、十六、十七等表中的計算，並寫了第四章第五節‘在熔渣-金屬邊界上的物理化學過程’及第五章第三節‘塗藥成分的選擇及計算方法’。

在校閱的過程中莫斯科鮑烏曼高等技術學校尼可拉也夫（Г. А. Николаев）教授所領導的和基輔工學院赫連諾夫院士所領導的‘銲接生產’教研室全體成員，以及本書的編者史傑爾林格（С. З. Штерлинг）副教授對我們提出了寶貴的建議和指示，作者謹向他們表示深刻的謝意。

緒 論

金屬銲接方法發展的歷史產生於人類的文化和技術。俄國人——技師、工程師、學者在這一歷史的整個進程中寫下了光輝的史頁，擴大了銲接的應用範圍，將銲接提高到新的、更加完善的發展階段，並且創造了新的銲接方法。

最早的銲接方法是鍛銲，當人類學會了鐵的冶煉和加工時，同時就有了鍛銲。

俄國是富有金屬的國家。它一向就以古老的技師——‘鍛鐵舖’而馳名。許多歷史文件證明在古代的俄國，鍛造手工業即已普遍發展。

俄國的鍛鐵舖用鐵製造武器和家常用的物品，用金銀製造出各種裝飾品。俄國鐵匠的製品廣泛地馳名於國外。烏拉爾人繼承了古代俄國鍛鐵舖的光榮傳統，大大地促進了鍛造業普遍的發展，尤其是鍛銲的發展。外國的技師專家們來到俄國吸取俄國鐵匠的經驗，並傳播到各國去。

熔化銲接的發展開始得較晚。首先出現的是電弧銲接法，它的發展完全歸功於俄國的學者和工程師。俄國科學院院士、彼得堡外科醫學院物理教授瓦西里·弗拉基米洛維奇·彼得洛夫（Василий Владимирович Петров）在1802年發現了電弧放電，1803年彼得堡出版的他的著作‘電流電壓試驗彙報’中敘述了這一發現，電弧放電的發現應該算作電弧銲的開始。在國外直到1812年才發現電弧。

由於當時技術水平普遍低下，尤其是電工學的發展很差，彼得洛夫所發現的電弧放電現象長時期未能得到技術上的應用。上一世紀末工業的飛速發展，引起了技術的進步，在電工領域內也有同樣的改進。正是在這一時期，著名的發明‘電弧銲接’出現了，它是電弧放電的重要技術應用之一。將電弧利用於金屬銲接的想法，以及這種想法最初的實際實現，是完全歸功於俄國學者尼古拉·尼古拉也維奇·伯納爾多士

(Николай Николаевич Бенардос) 及尼古拉·加夫里洛維奇·斯拉汶諾夫(Николай Гаврилович Славянов)的。

伯納爾多士是當代卓越的多方面的發明家。1882年他發明了‘用電流的直接作用連接和分離金屬的方法’，稱之謂‘電鍛冶’(電鐵匠)。現在這種方法叫做‘碳弧銲接法’或‘伯納爾多士銲接法’。

從伯納爾多士的著作材料中可以看出，他不僅發明了他認為有主要意義的碳弧銲接法，而且，實際上他還發明了各種現代所應用的基本的電弧銲接方法。例如，他研究了‘在兩根或幾根電極間燃燒的、間接作用的電弧銲接’，‘在氣流中的銲接’，並提出這種銲接方法所用的銲炬；他提出了銲接電弧的磁力操縱法，這方法在美國的明弧自動銲接機上已得到廣泛的應用，最後，他還提出了電弧切割——其中並包括水下切割。

他研究出許多種銲接用的精巧的夾具及設備，其中有幾種型式的碳極銲接用自動機，以及軸狀、圓盤狀等各種形狀的碳極及金屬銲條。他還提出了‘熔爐電銲’法，現在這一方法在科學院院士尼基金(В. П. Никитин)的工作中已得到理論上的證實和進一步的發展。

斯拉汶諾夫是有名的冶金工程師及電工學家，他研究了‘金屬電鑄的方法及裝置’，這就是現在所熟知的‘金屬弧銲接’或‘斯拉汶諾夫銲接法’。1888年斯拉汶諾夫首先在他工作的彼爾蒙製砲工廠中應用了這一方法。

斯拉汶諾夫在他自己的方法的應用上進行了許多工作，仔細地研究了施行的方法和設備。他指出，‘優良的鐵和鋼的鑄件的必要條件在於：鑄造的液態金屬要儘快地被熔渣所遮蓋，並且在整個鑄造時間內都要被熔渣掩蓋住’。由此可見，他不僅預見到帶有熔渣保護塗料的優質銲條銲接法，而且也預見到在熔劑層下的銲接法。他建議在金屬熔化的過程中‘加入軟玻璃’，這種軟玻璃，就其化學成分來說，是近代自動電銲用熔劑的基礎。他也建議加入一些鐵合金，如錳鐵、矽鐵、鉻鐵等。

斯拉汶諾夫研究了熱銲接法，直到現在還保留着這種方法的主要部分。他製造了‘熔罐’——金屬銲條銲接用半自動銲接機。

他也接觸到當時很複雜的問題：用電流供給電弧和保證電弧燃燒的穩定性。他研究並製造了兩台直流發電機，並且應用在銲接工作中。當時，在斯拉汶諾夫指導下所進行的銲接工作量十分巨大。修理工件的總重量是 16953 普特，而僅是銲條就用了 685 普特。

落後的帝俄工業不能利用發明家伯納爾多士及斯拉汶諾夫所發現的一切可能。這些發明在國外被利用得比較廣泛，但有效裝置的數目仍是有限的。不管十九世紀末及廿世紀初技術如何進展，但工業仍沒有為利用這些先進方法和供應相應的設備作好準備。當時的銲接車間只有最簡陋的設備，而電流是由蓄電池組供給的，伯納爾多士在蓄電池組的改進上也作了許多工作。

偉大的十月社會主義革命為蘇維埃人創造性的勞動和工業的發展及成長開闢了遠大的前途，在這以後電弧銲接才在我國國民經濟中開始應用和發展。在斯大林五年計劃的年代裏，由於黨、政府及斯大林同志本人都十分重視電銲的發展和應用，電銲的發展開始十分急劇地轉變。這就給銲接設備和材料的生產、銲接專家的培養、銲接理論和銲接工藝問題的研究（其中包括一系列銲條優質塗藥的研究）創造了物質技術的基礎。

由於蘇維埃學者和技師成功地工作，現在電弧銲在蘇聯已達到高度的完善，並且在國民經濟的各個部門中得到廣泛的應用。成立了許多種科學團體，來繼續進行有助於進一步改進和應用銲接的工作，例如：科學院院士巴東（Е. О. Патон）領導的烏克蘭科學院巴東電銲研究所、蘇聯科學院電銲及電熱部〔尼基金（В. П. Никитин）院士〕、莫斯科巴烏曼高等技術學校銲接教研室〔尼可拉也夫（Г. А. Николаев）教授〕、基輔工學院銲接教研室〔赫連諾夫（К. К. Хренов）院士〕、列寧格勒工學院銲接教研室〔奧克爾勃龍（Н. О. Окерблом）教授〕、中央工藝及機械製造科學研究所銲接部等。

接觸銲（電-機械的銲接）比電弧銲產生得稍晚，發展也較慢。接觸銲的主要類型——對銲和點銲差不多是同時出現的：對銲於 1886 年為湯姆遜（Э. Томсон）所提出，而點銲於 1887 年為伯納爾多士所提出，為

此他設計了特種‘鉗’，這是許多現代的移動式點鐸機的雛型。

最初的簡單加熱的對鐸總不能保證鐸接接頭的高度質量。僅僅在改變了加熱方法而改進為閃光加熱(1903年)後，對鐸才開始應用在工業上。

伯納爾多士的點鐸最初是用碳極來進行的。而事實指出，碳極不能在任何情形下都保證優良的鐸接。當以銅極代替碳極(1897年)後，點鐸才得到更加廣泛的工業應用。

由於必須用強大的電流及低電壓，使接觸鐸的應用長期得不到發展。俄羅斯學者雅勃羅其可夫(П. Н. Яблочков)(關於變壓器)、多利伏-道勃羅伏立斯基(М. О. Долив-Добровольский)(關於三相電流、電能遠距離輸送)的思想的實際運用，使在技術上可能採用帶有交流變壓器的機器來進行接觸鐸。接觸鐸，特別是點鐸，在流水作業生產法中得到廣泛的應用，這時所表現出來的優點之一，是鐸接過程自動化比較簡單。‘電工’工廠的全體人員，以及各個企業及學院的成員和科學工作者們，在接觸鐸的發展及其設備和裝置的改進工作中作了巨大的貢獻。

現在在大量生產的工業部門中(汽車製造、客車車廂製造、飛機製造等)接觸鐸佔着主要的地位。

在這一世紀初，依格拉其也夫(А. М. Игнатьев)研究出的獨創的方法是屬於電-機械鐸接法之類的，但在偉大的十月社會主義革命以前這種方法並未很廣泛應用。在斯大林五年計劃的年代裏，為了使這一方法得到發展，根據謝爾果·奧爾忠尼啓則(Серго Орджоникидзе)同志的命令，成立了國立聯盟依格拉其也夫切削工具及電鐸科學研究實驗室(ЛАРИГ)。這一實驗室研究製造雙層工具鋼及組合切削工具的問題。

其他類型的鐸接(化學的、電化學的、化學機械的)產生得較電鐸稍晚，它們的發展也較平穩。在蘇聯，全蘇鐸接托辣斯(ВАТ)及改建的鐸接工廠在氣鐸及氣割的發展上起着巨大的作用。根據黨和政府的決定，建立了特別的科學研究所(НИИАвтоген)，以進一步發展氣鐸和氣割，並擴大金屬氣體火焰加工(表面淬火、表面清除等)的應用範圍。

最近產生了氣壓鐸，並立即得到相當廣泛的應用，它保證鐸接接頭有高的強度，並較手弧鐸提高勞動生產率 1~2 倍。鐸接管子及敷設運輸管線幹線時，氣壓鐸的應用特別廣泛。用這種方法可以順利地鐸接直徑由 30 到 630 公厘的管子。我們的政府考慮到這種新的先進的鐸接方法的很多優點，決定在工業、運輸及建築業中更加廣泛地應用它。

直到目前為止，鑄鐸的應用仍是有限的，主要是用來鐸接鐵軌的接頭。最近，由於利用了蘇聯研究出的鎂熱劑以代替鋁熱劑，鑄鐸的應用範圍稍稍擴大（野外的修理工作、導管的鐸接等）。

優質鐸條電弧鐸的成功發展顯著地限制了氫原子鐸的推廣。現在氫原子鐸主要用在飛機製造中鐸接由薄材料製造的重要結構。同時，氣-電鐸的另一變型——氫弧鐸開始具有重大的意義，它是伯納爾多士思想的發展。

鐸接過程進行的特點

可以從工藝觀點及物理觀點來研究電鐸過程。

從物理觀點來看，鐸接是在鐸接物質的接觸邊界上原子及離子間物理-化學作用的結果。這種作用的充分進行的程度即決定了生成的鐸接接頭的質量，並表現出這些物質的可鐸性。這就是由鐸接物質相互性質所決定的物理可鐸性。

從工藝觀點來看，鐸接是鐸接物質局部加熱到熔化狀態（熔化鐸接）或者加熱到塑狀並施以壓力（加壓鐸）。適合於鐸接物質性質的加熱方法（鐸接方法）的正確選擇也決定了生成的鐸接接頭的質量，並表現出這一物質的可鐸性。這就是由進行鐸接的方法所決定的工藝可鐸性。

電流及化學反應（燃燒），以及二者的結合都可以利用作為鐸接時加熱工件的熱源。

圖 1 列出主要鐸接類型的分類，這基本上是由蘇聯科學院技術名詞委員會所提出的。前三種鐸接過程（化學的、電的及電-化學的鐸接）中金屬的接合是在熔化狀態下進行的，後兩種（化學-機械的及電-機械的）中金屬的接合是在塑性狀態下加以外部機械力而進行的。特別的是

某些物質的冷鐸，這時零件不須加熱(用壓力，用摩擦)而接合。

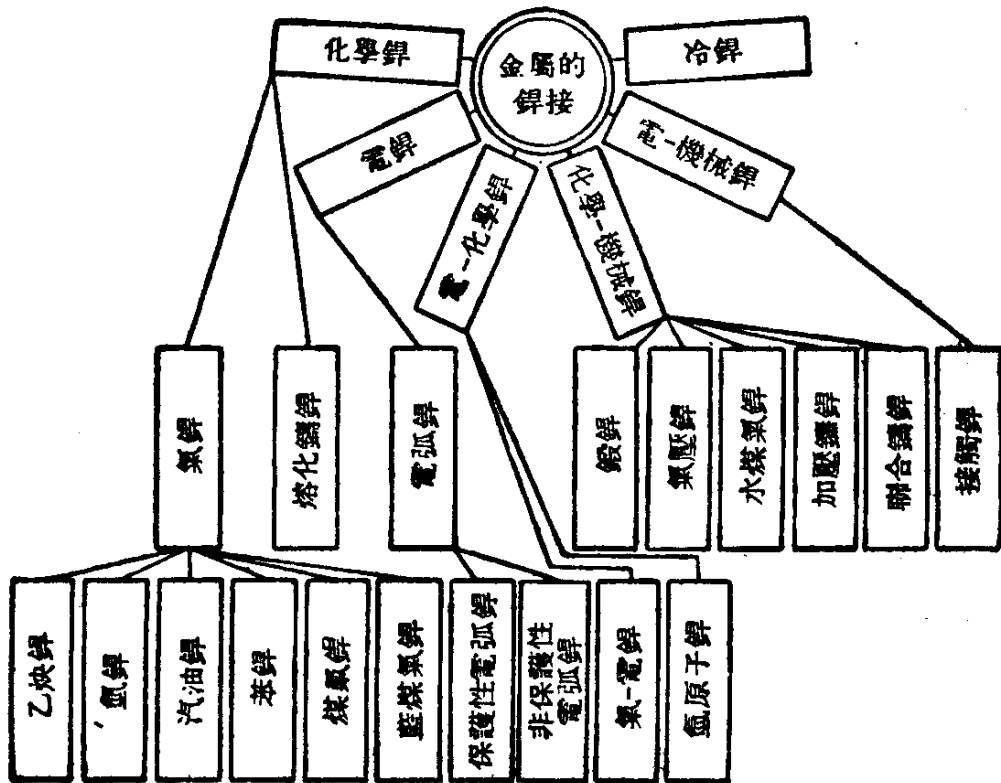


圖1 主要鐸接型式的分類。

所有這些鐸接方法都在國民經濟的各個部門中得到應用，但各種方法由於其本身的性質，尤其由於其發展及改進的程度不同，其應用範圍也各不同。

金屬熔化鐸接及加壓鐸接時所發生的過程在性質上有顯著的不同，因此需要分開來研究。在‘鐸接原理’這一課程內敘述了應用於電弧鐸中的熔化鐸接過程原理的基本理論。

熔化鐸接是一種冶金過程。但是，這裏我們碰到了複雜的金屬再熔化的情況，與普通冶金過程相較有着許多特點。其中最重要的是：

- a) 鐸接熔潭的體積與馬丁爐中熔煉的金屬體積相較是很小的；
- б) 高的加熱溫度和金屬熔潭上大氣的特殊性；
- в) 鐸着金屬與基本金屬間不可分的關係，而且後者就好像前者的鑄型一樣。

這些特點的存在使鐸接時金屬所發生的過程的研究產生許多困難。

1. 高的溫度梯度 高的加熱溫度和小的熔潭體積要求局部地並且迅速加熱。因之，加熱及熔化的金屬將被大量的冷金屬所包圍，有時冷金屬的量是非常大的。由熔潭到冷金屬的溫度梯度將非常巨大，因而引起巨大的內應力發展，引起工件的扭曲和出現裂縫。

2. 反應的不平衡 微小的熔潭體積，和因而引起的巨大的加熱及冷卻速度，不允許在熔化金屬中，以及在金屬、熔渣、氣體等相之間發生的反應進行到底，進行到平衡狀態。

銲接熔潭內各成分間反應的不能終結和不平衡狀態使銲接過程的研究複雜，並難於控制銲接過程朝所需的方向進行。

3. 銲着金屬的化學成分及組織的變化 銲接過程進行時的特殊條件（高溫、游離化的大氣、電場及磁場的存在、巨大的冷卻速度等）使所進行的反應性質顯著地變化，使平衡向大量產生吸熱反應產物的一邊移動。在電弧空間中能發生在一般冶金過程中幾乎不會碰到的反應，例如，金屬強烈的氮化等。

許多元素的燒損，以及氧和氮的飽和可引起銲着金屬化學成分顯著的變化，而巨大的冷卻速度使銲着金屬具有典型的鑄造金屬的組織。如果不採取特別的保護措施，所有這一切都會使銲縫金屬的機械及物理性能顯著變壞。

4. 基本金屬組織的變化 直接靠近銲接熔潭的基本金屬在銲接過程中被加熱到低於熔點的各種溫度，然後又冷卻到周圍介質的溫度。銲接時受到這種加熱的這部分基本金屬稱為熱影響區或近銲縫區（圖2）。這一區的金屬的冷卻速度和零件的大小及外部條件有關，並會在極大範圍內變動。實質上，因為這一區域的各個部分被加熱到不同的溫度，故這與自發的金屬熱處理有關，甚至與一系列的熱處理過程有關。在熱影響區我們可觀察到金屬組織的變化，同時在各個部分發生金屬性能十分顯著降低的現象。所以銲件有時不是在銲縫處損壞，而是在銲縫旁，即在熱影響區損壞。

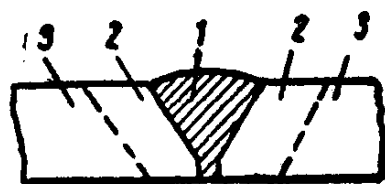


圖2 銲接接頭區：

1—銲着金屬；2—熱影響區；
3—基本金屬。

現在比較詳細地敘述鐸着金屬化學成分的變化。

熔化金屬經過氣鐸時的火焰區或電弧鐸時的電弧空間區時，在金屬和大氣間有化學反應同時發生。用裸鐸條電弧鐸時，鐸縫金屬的化學成分的變化特別顯著。這時可以觀察到鋼中這些元素，如碳、矽、錳大量燒損。同時在電弧空間發生着鐸縫被一些對其機械性質有不良影響的元素，即氧和氮所飽和的現象。表 1 中列出了鐸條金屬通過電弧時，其中主要元素由於燒損而損失的數值示例，以作為說明。

表 1

金 屬	元 素 含 量 %		
	C	Mn	Si
鐸 條	0.11	0.90	0.52
鐸 着 金 屬	0.012	0.44	0.21
損 失 %	89	59	60

從金屬被氮和氧飽和的觀點上看，裸鐸條或薄塗藥鐸條電弧鐸是最不利的。薄塗藥只能用來使電弧燃燒穩定，而不能作為防止鐸着金屬化學成分改變及機械性質降低的保護劑。為了預防鐸接時金屬氧化和氮化，鐸條金屬的優質塗藥（厚塗藥）得到廣泛的應用。在這方面，引入電弧周圍的保護氣體也起着良好的作用。例如，在鐸條塗料中加入能生成氣體的成分，或直接將氣體引入電弧空間，像在氬弧鐸或氮原子鐸時一樣，都可以實現這一點。氣鐸時鐸縫金屬成分改變較少，並具有較高的機械質量。用粒狀熔劑的潛弧快速自動鐸是最完善的，這時鐸着金屬含 O_2 和 N_2 不比基本金屬及鐸條金屬多，而有時甚至還少。用各種鐸接方法時鐸着金屬中氧和氮的平均含量列於表 2。

潛弧自動鐸時，鐸着金屬的化學成分主要由基本金屬及鐸條金屬的成分來決定，鐸縫金屬是它們二者的合金。雅科夫契克（Г. А. Яков-чик）工程師在本書作者指導下所研究的結果充分地說明了這一點。這一研究所得到的基本金屬、鐸條鐵絲及用自動鐸塗鐸金屬的化學成分列於表 3 中。