

高等学校教学用书

金属工艺学

下册

杜比宁主编



机械工业出版社

高等学校教学用书

金属工艺学

下册

天津大学金属工学教研室、清华大学金属工学教研组、

机械制造教研组、金属切削教研组合编

苏联高等教育部审定为

机械制造高等学校教学用书



机械工业出版社

1961

出版者的話

本书原书經苏联高等教育部审定为机械制造高等学校的教学用书。譯本可作为我国高等学校的教材和工程技术人员的参考书。

譯本我社原分为五个分册出版。現改分为上、下两册出版。全书內容共分为七篇。譯本的上册即为我社原出版的第一、二、三分册，是原书的第一、二、六、三、四篇。下册即为我社原出版的第四、五分册，是原书的第五、七篇。

本书系下册，书中第五篇〔金屬的焊接和切割〕由天津大学金屬工学教研室譯。清华大学金屬工学教研組校訂；第七篇〔金屬切削加工及机床〕由清华大学机械制造教研組，金屬切削教研組，金屬工学教研組合譯。

苏联 Н. П. Дубинин 主編 'Технология металлов' (Машгиз 1952 年第一版)

NO. 0931

1955 年 11 月 新 一 版 1961 年 3 月 新 一 版 第 一 次 印 刷
787×1092 $\frac{1}{16}$ 字 数 302 千 字 印 張 13 $\frac{3}{4}$ 00,003—12,700 册
机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版
机械工业出版社印刷厂印刷
新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

北京市书刊出版业营业許可証出字第 008 号 定价(10-5)1.60 元

下 册 目 次

第五篇 金屬的焊接和切割	202 有色金屬的焊接.....54
第二十三章 鋸齒.....5	203 硬質合金的銑焊.....55
第二十四章 電弧焊.....8	第三十章 焊接時的變形, 其防止 辦法和焊接結構的 例子.....57
171 電弧焊的機器和設備.....9	第三十一章 電阻焊.....61
172 電焊條.....13	204 電阻焊法的物理本質.....61
173 焊接接頭.....17	205 對焊.....61
174 手工焊的技術.....18	206 點焊.....63
175 炭板電弧焊.....21	207 縫焊.....65
176 電弧切割.....22	第三十二章 焊接接頭的 檢驗方法.....67
第二十五章 鋼鉄電弧焊的 工藝特點.....23	第七篇 金屬切削加工及机床
177 低碳鋼的焊接.....23	第四十章 切削加工簡史.....69
178 結構鋼的焊接.....24	第四十一章 毛坯的種類及其預加 工, 對於附件和夾 具的概念.....76
179 鋼的焊接性鑑定方法.....24	226 毛坯的種類.....76
180 焊接結構鋼的工藝方法.....24	227 加工裕量.....77
181 奧氏體鋼的焊接.....25	228 軟材毛坯的預加工.....77
第二十六章 氣-電焊.....27	229 刨鐵.....78
182 原子氬焊.....27	230 附件及夾具的概念.....80
183 惰性氣體中的電弧焊.....28	231 六點定律.....81
第二十七章 自動電弧焊.....30	第四十二章 切除屑片的切削過程 概論.....82
184 電弧焊的自動裝置.....30	232 切削過程的類別.....82
185 軟管半自動焊.....33	233 切削時的運動.....82
186 三相電弧的自動焊.....33	234 被加工零件的表面.....83
187 焊劑和焊條.....33	235 切刀的各部分與基座.....83
188 焊接的準備工作和電弧焊的 規範.....36	236 製造切刀及其他刀具的材料.....84
189 自動焊焊縫的機械和物理性能.....37	237 整體刀和組合刀.....85
第二十八章 氣焊和氣切.....38	238 車削屑片的基座.....85
190 氣體.....38	239 屑片形成的過程。吉美教授的 實驗.....86
191 焊接用的乙炔-氧氣焰.....39	240 屑片變形的規律。烏沙喬夫的 實驗.....88
192 氣焊設備.....39	241 在擠裂平面和剪開錢以外的金 屬變形.....89
193 焊接技術.....44	242 切刀上的積屑瘤.....90
194 鋼的氣焊.....45	243 切削熱和切刀工作部分的溫度.....90
195 壓力氣焊.....47	244 冷卻.....91
196 氧氣切割.....48	245 切削力.....91
197 氧氣切割的設備.....50	
198 厚鋼料的切割.....51	
199 表面切割.....51	
200 氧矛切割.....52	
第二十九章 鑄鉄和有色金屬及 其合金的焊接.....53	
201 鑄鉄的焊接.....53	

246 切刀的磨损	93
247 切刀的耐用度	94
248 切削速度	94
249 金属的高速切削	95
250 消耗在切削上的功率	96
251 基本工艺时间	96
252 机床的生产率及提高生产率的方法	97
253 计算主軸轉數及基本工艺时间 T_0 的图解	98

第四十三章 金属切削机床的驱动

及主要机构

254 机床的驱动型式	101
255 运动图解及传动元件的表示符号	101
256 机床上所用的传动方法	101
257 机床上轉數与速进量的級数	105
258 内輪箱的基本机构	106
259 无級調节轉數的驱动	108
260 反向机构	108
261 往复运动机构	109
262 間歇运动机构	113

第四十四章 在各类車床上加工零件

263 車床类机床	115
264 車床	115
265 1A62M型螺絲-車床	120
266 車刀的主要类型	125
267 車刀的刃磨及研磨	128
268 車床附件	129
269 車床作业	132
270 端而車床	139
271 立式車床	139
272 立式車床作业	140
273 多刀車床	142
274 多刀車床作业	142
275 轉塔車床	144
276 轉塔車床作业	149
277 自动及半自动車床	151

第四十五章 钻孔、扩孔、铰孔

278 钻头及其各部分与基素	160
279 钻头的刃磨	161
280 钻孔的切削基素	162
281 扩孔钻	162
282 铰刀	163
283 钻孔时的力及轉矩	164
284 钻孔、扩孔、及铰孔的切削用量	164
285 功率	166
286 基本工艺时间	166
287 钻床	167
288 钻床附件及夹具	170
289 钻床作业	171
290 铰床	173
291 铰床作业	174
292 铰床上的鑽孔刀具	177

第四十六章 銑削

293 銑刀及其部分和基素	179
294 銑削的切削基素	181
295 銑削的切削力	182
296 銑削用量的选择	184
297 銑削功率	184
298 基本工艺时间	185
299 用端銑刀加工鋼料的高速銑削	185
300 銑刀的主要类型	186
301 銑床	188
302 6B82型万能銑床	190
303 銑床附件	192
304 銑床夹具	193
305 銑床作业	193

第四十七章 刨削和插削

306 刨刀和插刀及其部分与基素	199
307 刨削和插削的切削基素	199
308 刨削和插削的切削过程	201
309 基本工艺时间	201
310 刨床类机床	201
311 刨床及插床作业	202

第四十八章 拉削

312 拉刀的主要部分	205
313 拉刀的切削部分和校准部分的基素	206
314 拉削的切削基素	206
315 拉床类机床	207
316 拉床作业	208

第四十九章 磨削

317 砂輪及其构成	210
318 砂輪的粒度	212
319 砂輪的硬度	212
320 砂輪的自动刃磨性	213
321 砂輪的塞实及修整	213
322 砂輪的主要形状	214
323 砂輪的夹持及試驗	214
324 砂輪的选择	215
325 外面磨削的切削基素及切削用量	215
326 磨床类机床	217
327 磨床作业	221
328 精密工作	225

第五十章 齿輪加工

329 532型滾齿机床及滾齿工作	227
330 在齿輪加工机床上加齿及刨齿	233
331 齿輪精加工机床的概念	236

第五十一章 在金属切削机床上工作时的安全技术

第五十二章 金属与非金属的特殊加工法

332 金属电火花加工法	240
333 金属电化加工法	242
334 结构塑料的切削加工法	243
335 提高切削加工生产率的方法	244

第五篇 金屬的銲接和切割

第二十三章 緒論

金屬的銲接在現代工程中應用其廣，在機械製造各部門中它是重要方法之一。電銲是金屬銲接中應用最廣的方法，它是偉大的俄羅斯的發明。

1802年俄羅斯學者彼得洛夫(В. В. Петров)院士發現了電弧現象，並曾指出在電弧內熔化金屬的可能性。1882年俄羅斯工程師勃納爾道斯(Н. Н. Бенардос)(1842~1905年)提出了用炭極的電弧銲接金屬法，而在1888年俄羅斯工程師斯拉汶諾夫(Н. Г. Славянов)(1854~1897年)研究了用金屬極的電弧銲接法。勃納爾道斯和斯拉汶諾夫不僅發明了銲接的方法，因而在世界各工業國家獲得專利權，而且還發明了世界上第一批自動銲接機、各種銲接機械和銲接設備。



勃納爾道斯



斯拉汶諾夫

但是這些先進的有效的金屬加工方法，在沙俄時代未能獲得應有的發展。只有在偉大的十月革命以後，社會主義國民經濟的高潮才開闢了廣泛應用銲接的機會。在斯大林五年計劃期間，銲接獲得了特別巨大的發展。

由於蘇聯學者、工程師以及生產革新者的勞動，使彼得洛夫，勃納爾道斯和斯拉汶諾夫的偉大遺產獲得了巨大的新發展，因而保證了蘇聯科學和技術在銲接發展中的優越地位的鞏固以及所起的領導作用。目前除了鍋爐和高壓容器，起重運輸工程和機構，蒸汽機車，車輛等製造的機械製造業中都廣泛地應用銲接外，在巨大工程建築中，如屋頂，高大的房屋構架，輸送管的幹線，橋樑，船艙等，銲接成為主要的製造方法。

9538/15 07

隨着銲接方面的生產成就，還有了新銲接機，新銲接法以及完善工藝等的科學研究。在蘇聯許多研究院和科學研究實驗所都在做銲接方面的研究工作。許多高等學校中設有銲接系和科學實驗所。

在蘇聯銲接事業的科學和技術的成就中，社會主義勞動英雄巴東（Е. О. Патон）院士所領導的烏克蘭科學院（АН УССР）電銲研究院在銲接方法自動化方面的著作，尼克金（В. П. Никитин）院士在銲接設備方面的著作，以及赫列諾夫（К. К. Хренов）院士在電弧銲工藝、水下金屬銲接和切割等方面的著作，都有卓越的價值。

很多銲接先進工作者都是斯大林獎金的獲得者。蘇聯工業在銲接技術方面的成就都是蘇聯政府、共產黨和斯大林各方面關懷和注意的結果。他們給予生產者和學者以無限的機會，以推動先進的技術。技術上總是力求推陳出新的社會主義生產本質將會保證銲接技術在我們社會主義的經濟中進一步的發展。

銲接的分類 將金屬局部加熱到熔化或塑性狀態，使其永久接合的過程稱為銲接。熔銲時，在連接部分的邊緣的金屬熔化了，在熔潭中熔合、凝固，而且在冷卻之後成為銲接接頭。熔銲時，不必用機械壓力。

塑性銲時，接合之處的金屬加熱到軟化塑性狀態。金屬由於加熱的結果，其原子活動和滲透的能力增加了。但對塑性銲接單憑加熱是不夠的，必需在銲接之處使用機械壓力，引起接合部分的塑性變形，促進相互的滲透作用，而形成銲接接頭。

按照加熱金屬時所用熱能的種類，銲接可以分為兩類：1) 化學銲和2) 電銲。

化學銲是靠化學反應的能而進行加熱，它又可分為鍛銲、氣銲和鑄銲。

在鍛爐內加熱金屬，然後用鍛擊的方法進行銲接，稱為鍛銲。

利用可燃氣體和在專門的銲炬中的氧氣燃燒所得的火焰加熱金屬，使金屬的接合邊緣熔化或達到塑性狀態再加壓力的銲接稱為氣銲（或稱壓力氣銲）。

鑄銲是利用加熱劑為燃料來進行的。加熱劑就是鋁粉和氧化鐵的混合物。加熱劑燃燒時，發生大量的熱（溫度達 3000° ），用這樣的熱量加熱和熔化金屬接合部分的邊緣。

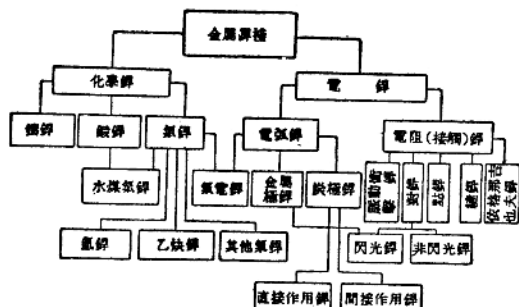


圖355 銲接方法的分類。

電焊分為兩類：1)電弧焊和 2)接觸焊或電阻焊。

電弧焊時，加熱和熔化金屬的熱能是彼得洛夫電弧放出來的。電阻焊時，加熱金屬的主要熱能是焊件通電時放出來的。電弧焊和接觸焊又可分為很多種。

各種焊接法的分類如圖 355 所示。

斯拉汶諾夫的金屬極電弧焊最重要。它在生產量、從業人數以及使用中的設備等方面在蘇聯都佔第一位。這種方法在所有的機械製造部門中用以焊接大多數的金屬，而且在許多生產部門中已經自動化。

電阻焊是第二重要的焊接方式。在汽車製造、車輛製造、工具事業、建築工程製造鋼筋混凝土構架等工作中，這種焊法都獲得極大的應用。

其次是熔化氣焊，它的生產率和焊缝質量都比電弧焊差。目前氣焊應用於焊接由薄鋼板（小於 2 公厘）、鑄鐵、有色金屬等做的零件以及硬質合金和其他合金的鍍焊。最近幾年在焊接管路和鋼架的桿條等時，壓力氣焊的應用甚廣。

目前鑄焊和鍛焊因為生產率不高，應用有限。

第二十四章 電弧銲

如曾指出，電弧銲時彼得洛夫電弧是熔化金屬的熱源。

銲接電弧是在氣體介質中兩極之間的放電，同時放出大量的熱和光。

按照勃納爾道斯法銲接時，炭是一個電極，被銲金屬是另一個電極。按照斯拉汶諾夫法銲接時，熔化的金屬棒是一個電極，被銲金屬是另一個電極。

用電線把電極和電源——銲接機連接起來。

激磁（即引弧）是藉兩電極瞬時接觸產生的，亦即藉銲接電路的短路而引出電弧。短路時電路內發生的電流迅速地將接觸之處的電極加熱。當其中一個電極退開時，在接觸之處的電極就熔化了，同時兩電極之間的空間充滿着金屬的蒸汽。當金屬的蒸汽在高溫時，兩極間的空間中的電離作用是很大的，因此電極間的電壓雖不大（50伏），亦足以形成放電。

爲了保持穩定的放電（電弧），電弧中間必須有不斷的電離作用。這種電離作用是由負極表面逸出的電子得到的。負極表面上運動不規則的自由電子，當高溫時，在電場作用下逸出負極界限之外。自負極逸出的電子在電弧中撞擊蒸汽與氣體的分，使它們分解成正離子和負離子，即離子和電子。

從負極上放出的電子數目和電子所帶的動能因電極上電壓的增加而增多。當電弧上的電壓足夠時，正離子衝擊負極，負離子和電子衝擊正極，使這些質點的動能變成熱能。

直流電弧中熱能和光能的放出是不均等的。因此正極的溫度高於負極。在交流電弧中，由於週期性地變更電極的結果，正負極的溫度是一樣的。電弧中的溫度可達6000°K。

電流通過電弧中間時（電弧穩定時）電弧燃燒的電壓（15~35伏）低於引弧的電壓（55~60伏）。電弧電壓的大小決定於電弧中的熱狀態、電離程度，而且主要則決定於電弧長度。電弧愈短，電壓愈小。維持電弧燃燒所需要的電壓則決定於電極材料、氣體成分、周圍介質的壓力以及電流的強度和種類，但主要仍決定於電弧的長度。

用下列方程式決定電弧的電壓

$$v_{ax} = \alpha + \beta \cdot l + \frac{\gamma + \delta \cdot I}{I} \quad (\text{伏}), \quad (1)$$

式中 l ——電弧長度（公厘）；

I ——電流強度（安）；

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ ——常數，決定於電極材料、氣體壓力和成分、電流種類。

電弧電壓與電流強度的關係稱爲電弧的靜特性，如圖 356 所示。

實驗證明：當電流大於 50 安時，亦即在銲接實際使用的範圍之內時，電弧的燃燒電壓幾乎與電流強度無關，而只決定於電弧長度。

在這種情況下，方程式(1)的形式更簡單

$$v_{\text{電弧}} = \alpha + \beta \cdot l,$$

式中 v ——電弧電壓(伏);

l ——電弧長度(公厘);

α 和 β ——常數;

α ——負極和正極的電壓降總

和，用鋼電極銲接時， α 等

於 8~12 伏;

β ——每 1 公厘電弧長度的電壓降，等於 2~3 伏。

用直流電和交流電都能供給銲接電弧。交流電弧比較不穩定，因為電弧中的電流在 50 週波的正常頻率時，它的方向每秒鐘內要變 100 次。此時，電弧中的電離作用很小，電弧就可能中斷。為了增加交流電弧的穩定，在電極上用電離塗料，和在電弧上加高頻率電流，這種高頻率電流是由特別儀器——振盪器產生的。

按照勃納爾道斯法的炭弧銲接時，可用兩種方法：用電弧熔化銲件的摺邊槽口，不用填充金屬而銲成銲縫；或在電弧內加條狀填充金屬，使它在電弧內熔化，並與熔化的主體金屬混合成為銲縫。這種銲法是用正接極直流電(圖 357)(負極接電極，正極接銲件)進行的。

用反接極(正極接電極)銲接時，電弧燃燒不穩定，常常中斷。在這種情況下要得到良好的銲縫是不可能的。

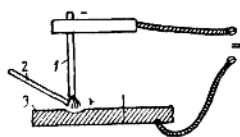


圖 357 勃納爾道斯法的炭弧銲接圖：

1—電極；2—銲縫；3—被銲金屬。

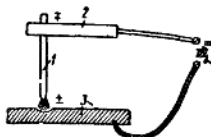


圖 358 斯拉汶諾夫法的金屬電極銲接圖：

1—電極；2—夾鉗；3—被銲金屬。

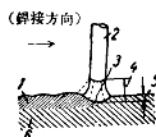


圖 359 金屬的銲接電弧：

1—熔敷金屬；2—銲縫；3—熔潭；4—弧長；5—熔深；6—主體金屬。

用斯拉汶諾夫的金屬電極銲接時，被電弧熔化的電極金屬成為點滴狀，轉移於熔化的被銲金屬的熔潭內，並在其中混合形成銲縫(圖 358)。斯拉汶諾夫法的銲接可以用正接極和反接極直流電或交流電。銲接金屬的電弧如圖 359 所示。

171 電弧銲的機器和設備

為了激磁和電弧的穩定燃燒，電源必須具有陡降的外特性，並能在引弧時迅速恢復電壓。

為了獲得均勻的銲接過程，不論電弧長度在 2~5 公厘範圍之內如何變化，電源

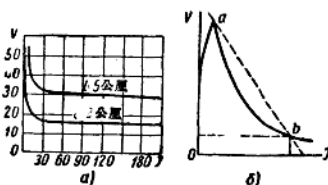


圖 356 電弧的靜特性：

a—弧長不同時的靜特性；b—靜特性開始部分的放大圖；a—起弧點；b—燃燒點。

的外特性必須保證工作電流不變。圖 360 所示的陡降外特性電源完全符合這些要求。電弧是在 A 點穩定地燃燒，此處電源特性的斜度大於電弧特性的斜度。用鉗接機（發電機）供給直流電弧。用鉗接變壓器供給交流電弧。

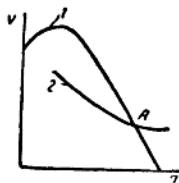


圖 360 電弧電源的外特性和電弧的特性：

1—電源特性；2—電弧特性。

直流鉗接發電機有單站的和多站的兩種。單站發電機祇能供給一個電弧，它具有上述的陡降外特性。單站發電機的電動性能應自 50 安的電流強度開始即能保證用光鉗條引弧和燃弧，並保證當從短路情況轉變到燃弧電壓時能在 0.05 秒內恢復到 25 伏。單站發電機可能用 50 到 300 安的電流在開路電壓為 65~70 伏時進行鉗接。多站發電機無陡降外特性，電壓等或不變，能同時供應 4—6—8 個鉗接站。為了獲得每個工作站的電壓降特性，每個電弧都要接變阻器。

鉗接站都並聯於發電機。鉗接發電機用電動機和內燃機（汽車或拖拉機的）驅動。電動機驅動的發電機係供工廠之用，內燃機驅動的則供野外工作之用，例如鉗接煤氣管路。

電業部工廠所造的 CYT-2p 型鉗接機（圖 361），為 CMΓ-2r 型發電機和三相非同步電動機用彈性接合器聯接而成的。此機裝於三輪車上，以便把它移動到鉗接地點。CMΓ-2r 型發電機與尋常直流發電機的區別在於各電極不是交替放置的，兩個北極和兩個南極是彼此毗鄰的。因此這種發電機在電磁關係中是一種分裂電極的兩極機。 N_s-S_s 的鐵心（圖 362）有裂口；它們完全飽和，稱為主極；不飽和的 N_n-S_n 極稱為輔極。當發電機工作時，產生兩組相互垂直的磁通，這些磁通當有負載時，能起各不相同的變化。

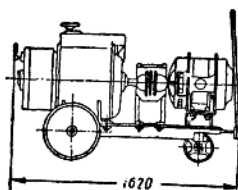


圖 361 CYT-2p 型鉗接機的外形。

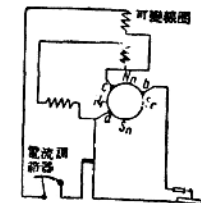
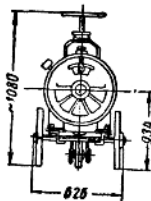


圖 362 CMΓ-2r 發電機的原理圖。

這種發電機有兩個激磁線圈（可變的和不可變的），和整流子上的三個電刷（工作電刷 a 、 b 和輔助電刷 c ）。不可變的線圈繞於所有的四個電極上；可變的線圈僅繞於輔極上。兩組激磁線圈都接於主電刷（ a ）和輔助電刷（ c ），而輔極線圈還能調節的電阻。當負荷變化時，這些電刷上的電壓實際上是不變的。

由於激磁線圈的磁通和電樞反應的磁通的相互作用，發電機具有陡降的外特性。

鉗接時，在整流子表面上移動電刷而調節電流強度（大概的）。自中和面順着發電機轉向移動電刷時，減弱輔磁通的電樞反應的安圈增加，故工作電流減小。自中和

面反着發電機轉向移動電刷時，減弱輔磁通的電樞反應的磁通減少，故工作電流增加。

電刷裝於刷架上。電刷架可以用手移動，並且可以固定於三個位置中：第一個位置的工作電流為 70~130 安，第二個位置為 115~235 安，第三個位置為 200~400 安。

電流在移動電刷所調節的範圍內，要用電阻器作準確的調節，這電阻器是和可變的輔極線圈的電路連接的。

CYT-2p 銲接機的技術特性如下：

項目	定額	項目	定額
1. 發電機		2. 電動機	
正常時期的功率	7.5 仟瓦	型式	MA202-1/4
正常電壓	30 伏	功率	13 仟瓦
電流強度(重複使用係數=100%時)	250 安	電壓	220/380 伏
(重複使用係數=50%時)	320 安	每分鐘轉數	1430 轉
銲接電流調節範圍	45~320 安	全套重量	550 公斤

在野外用的銲接機是由內燃機驅動的。任何現有型式的發電機都可以用作銲接機，例如上述的 CMГ-2r 發電機。

多站發電機 多站發電機為普通的自激直流發電機。這種發電機具有不變的電壓，而無陡降的外特性。每個銲接站的電流強度是用單獨的電阻器調節的。電阻器的電阻保證陡降特性。多站發電機的銲接站線路圖，如圖 363 所示。

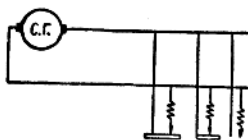


圖 363 多站發電機的銲接站線路圖。

電業部工廠出產銲接換流器即 PCM-1000 型多站銲接機。當每個電弧的最大電流為 200 安時，這種銲接機能同時供給 9 個銲接站。

交流電源 銲接變壓器用以供給銲接的交流電源。因為用工業頻率的交流電時，電極的極性每秒內要變換 100 次，為增加電弧燃燒的穩定性，銲接電路內必須有電感。電感造成電流和電壓間的位移。當電流通過零點時，由於相的位移，電弧的電壓就足以引弧。而另一方面，當電壓通過零點時，電弧的燃燒是靠自感電動勢維持的。這種自感電動勢是銲接電流通過電路時發生的。變壓器的無載電壓規定在 55~80 伏的範圍內，視銲接電流的強度而定。電流愈小，無載電壓要愈高。為增加變壓器的效率，電壓要定得最小，但須足以維持電弧的穩定燃燒。銲接設備的陡降外特性是用各種方法保證的。這些方法如下：a) 在銲接電路內接單獨的電抗線圈 (CT9 型銲接機)；b) 在同一鐵心上聯合變壓器和電抗線圈 (CTH 型銲接機)。

CT9 型銲接機為變壓器和電抗線圈所組成。這種銲接機的電路圖如圖 364 所示。CT9 型銲接變壓器是自然空氣冷却的單相降壓變壓器。變壓器的一次線圈接於 220 或 380 伏的電路，二次線圈具有 60 或 65 伏的等恆電壓。電抗線圈在銲接線路造成感

應電阻。若用 v_2 表示變壓器的二次電壓， v_a 為電弧的電壓， v_k 為電抗線圈內電阻和電抗 R_u 的總電壓降；以及 I_2 為銲接線路內的電流，則得電源外特性的方程式 $v_2 = v_a + v_k$ ，其向量圖如圖 365 所示。因為電壓 v_2 不變，則銲接電流的強度增加時，將增加線圈內的電壓降 v_k ，並相應地降低了電弧上的電壓 v_a 。在短路電流時，電弧的電壓降到零，此時電抗線圈將保證銲接機的陡降外特性。用改變電抗線圈鐵心內空隙的方法，可以無級地調節銲接電流。當空隙增加時，線圈磁路的磁阻增加，其中的磁通則減少，同時與銲接電流方向相反的自感電流也一同減少了。因自感電流減少，銲接電路內的電流便增加。反之，減小鐵心內的空隙，便降低銲接電流。

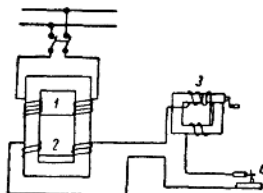


圖364 CTΘ型銲接機圖：

1—一次線圈；2—二次線圈；3—阻流圈；4—電弧。

[電工]工廠所造的 CTΘ 型銲

接機，它的技術數據列於表 57。

與電抗線圈聯合的銲接變壓器是電抗線圈的磁路和變壓器磁路結合的變壓器。

這種變壓器是尼克金院士研究的，用 CTH 標示之，並由電業部工廠製成 500, 1000, 2000 安電流的三種，在手工銲和自動銲時，用以供給電弧。

CTH 型變壓器（圖 366）有三個線圈：一次線圈 1，二次線圈 2 和電抗線圈 3，都繞於共同的鐵心上。鐵心的中股 4 為變壓器和電抗器的共同磁路。線圈 2 和 3 的接法要使電抗線圈 3 內產生的磁通，在共同股 4 內的方向，與線圈 1 內產生的主磁通方向相反。

改變銲接變壓器鐵心的磁阻，以調節銲接電流，提高活動分路 5，則銲接電流增加；放下時則銲接電流減少。

陡降的外特性是靠電抗線圈因電流增加而電壓減低所引起的作用而達到的。CTH 型變壓器比 CTΘ 型變壓器可節約變壓器用的鋼和銅。

振盪器 用交流電銲接時，振盪器用以提高電弧燃燒的穩

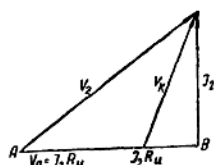


圖365 有電阻電抗線圈的銲接變壓器的電壓向量圖。

表 57

項 目	變 壓 器 型 式	
標稱	CTΘ-22	CTΘ-34
一次電壓	120/220伏	220/380伏
二次電壓	65伏	60伏
功率	15仟瓦	30仟瓦
銲接電流	230安	500安
銲接電流調節範圍	60~300安	150~700安

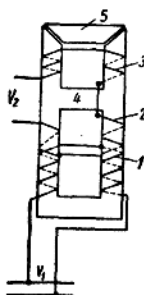


圖366 尼克金院士的變壓器圖。

定性，它是高頻率電流的火花發生器。振盪器在銲接電路中的接法如圖 367 所示。

由圖可知，振盪器內的變壓器，其一次線圈接於額定頻率 50 週波 65 伏的銲接變壓器的二次線圈上。

在電壓 2000 伏的振盪器變壓器的二次線路內有振盪線圈，此振盪線圈為電容器，自感線圈和火花放電器所組成。500 千週波的高頻率在振盪線圈中形成。這種高頻率便沿銲接電線向電弧移動。因此常用交流電銲接其電壓通過零點時，振盪器的高頻率放電使電弧中部發生電離作用，因而避免電弧中斷。

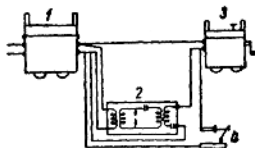


圖 367 振盪器的接法：

1—銲接變壓器；2—振盪器；3—阻流器。

手工電弧銲接站的設備 手工電弧銲接站的設備包括銲接機、工作台、小屋或屏風、面具、防護衣、工具、柔韌的電纜、電極夾鉗（圖 368）以及裝配和銲接的用具。為了保護銲工不受電弧紅外線和紫外線的有害作用，以及金屬和火花的飛射，要用有保護玻璃的手持的或頭戴的面具（圖 369），特別的保護衣，圍裙和手套。銲接站要設圍屏，以擋弧光。

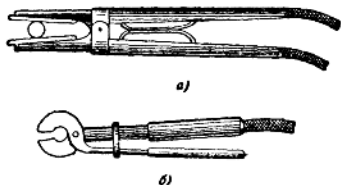


圖 368 電極鉗：

a—彈簧鉗；b—卡箍鉗。

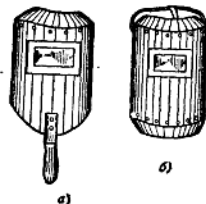


圖 369 保護用具：

a—手持面具；b—頭戴面具。

172 電銲條

銲鋼鐵所用的電銲條，應保證銲接接頭優良的機械性能和銲接過程高度的生產率。

電銲條芯 直徑自 1 到 12 公厘的電銲條芯是按 ГОСТ 2246-51 製造的。由直徑小於 3 公厘的銲條芯所切成的電銲條其長度一般為 350 公厘，直徑大於 3 公厘的則為 450 公厘。實際上主要是採用直徑 2~6 公厘的電銲條。用 2 公厘直徑的電銲條銲接小於 2 公厘厚的金屬，用 3 公厘直徑的電銲條銲接 2 公厘厚的以及大於 2 公厘厚的金屬。用 4~5 公厘直徑的電銲條銲接 5~10 公厘厚的金屬，用 5~8 公厘直徑的電銲條銲接大於 10 公厘厚的金屬。鋼質銲條芯的化學成分是按 ГОСТ 2246-51 規定的，有 19 種不同的牌號。表 58 內所列的 Св I, Св IА 和 Св II 三種牌號的銲條芯是銲接低碳鋼用的，所有工業部門中都用的很多；表 58 內的 Св X 號銲條是銲接不銹鋼用的。其

表 58

鉚條牌號	鋼的牌號	化 學 成 分 %						
		C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
CB I	OX18H9	小於0.10	0.35~0.6	0.20~0.30	0.03~0.04	0.04	—	—
CB IA		小於0.10	0.35~0.6	0.15~0.25	0.03~0.04	0.03	—	—
CB II		0.11~0.18	0.35~0.6	0.20~0.30	0.03~0.04	0.04	—	—
CB X		小於0.12	0.20~0.70	0.30~0.80	小於0.03	小於0.03	18~20	8~10

餘 15 種牌號鉚條則用以鉚接各種成分和用途的結構鋼和特殊鋼。

目前金屬極的手工電弧鉚都使用有特別塗料的鉚條，其目的是保護熔潭，以免熔化金屬吸收空氣中的氧氣和氮氣。鉚縫金屬中，若氧含量大於 0.2% 和氮含量大於 0.15%，則鉚縫金屬的塑性、延伸率、彎曲角和韌性將急劇地降低。在鉚接過程中，當金屬點滴由鉚條轉移到熔潭中時，或正在熔潭中時，熔化的金屬都要吸收氧氣和氮氣，這種作用要繼續到金屬凝固為止。化學活動性很强的氧氣與鐵化合成為 FeO 、 Fe_3O_4 和 Fe_2O_3 。

在熔化金屬點滴的表面上，低價的氧化鐵(FeO)首先形成，並立刻熔於金屬中。高價的氧化鐵，在金屬點滴轉移到熔潭中時，為鉚條鋼內所含的碳、錳、矽還原。這些雜質的燒蝕減少了它們在鉚縫金屬中的含量。雖然在熔潭內部發生還原過程，但是熔潭表面的氧化反應仍是繼續着，故金屬飽和着氧，這種氧成為鐵內的 FeO 固溶體，或雜質氧化物。

在高溫時，熔化金屬能吸收空氣中的氮，成為氮化錳(MnN)和氮化矽(SiN)或氧化氮(NO)。在溫度接近 1000° 時， NO 便由固溶體內析出，並分解成原子氮和原子氧。在 $500\sim 800^\circ$ 時，原子氮與鐵成為 Fe_4N 和 Fe_3N 。有許多減少鉚縫金屬內氮和氧的含量的方法：例如在鉚條金屬中增加還原劑(Mn 、 Si 等)，塗含有還原劑的特別鉚條塗料，或在自動鉚時使用特別鉚劑；儘可能用最短的電弧來鉚接。在手工鉚時，應用塗料鉚條能夠良好地保護熔化金屬不與空氣中的氧氣和氮氣接觸。這種鉚條在熔化時能造渣，渣能保護從鉚條轉移到熔潭中的金屬，或正在熔潭中的金屬。按照塗料的厚度，鉚條可分為薄塗料的和厚塗料的兩種。薄的塗料層厚度為 0.1~0.3 公厘，厚的塗料層厚度為 0.25~0.35 δ ，此處 δ 為鉚條直徑(公厘)。薄的塗料重量約為鉚條的 1%，而厚的約為 20~35%。薄的塗料幾乎全為增加電弧燃燒穩定之用，因此稱為離化塗料。應用最廣的離化塗料為白堊，按重量計，其成分為過篩的白堊(CaCO_3 ，80~85% 和水玻璃($\text{NaO}\cdot\text{SiO}_2$) 15~20%。MBTY 塗料為較複雜的薄塗料(鈦精礦 62%，長石 31%，鉻酸鉀 7%)，這種塗料可以很好地鉚薄鋼板，不會燒穿。用白堊塗料或任何其他離化塗料的鉚條鉚的鉚縫因熔化金屬缺乏保護而被氧化，故其機械性能很低。用這些鉚條所鉚的鉚縫，其強度極限低，其塑性更低。承受較小的靜力負載的結構才容許用薄塗料鉚條鉚接。要獲得強度和塑性指數優良的鉚縫就要使用厚塗料鉚條。厚的塗

料成分中有造氣的、造渣的和造合金的物質以及還原劑。

塗料中常加入鐵合金形式的特種合金混合物，以造成合金的熔敷金屬。塗料中的造氣物質，如木屑、澱粉、麵粉和纖維等，是在鉚條熔化過程時用以發生氣體的保護介質的（包圍著電弧和液體金屬的熔潭）。這種保護介質主要是由氫氣和一氧化碳組成的。由於這種保護，消滅空氣對液體金屬有害影響的目的就達到了。厚塗料成分內所加的造渣物質，如長石、錳礦石、鈦礦石、白堊和高嶺土等，在鉚條熔化時造成渣，以保護熔化的金屬不與空氣發生作用，並改善形成鉚縫金屬的條件。

還原劑是以錳鐵、鈦鐵和矽鐵等形式加於塗料中，使鉚縫和渣內的金屬還原，並使金屬中的氧化鐵變成其他化合物，同樣也增加了鉚縫金屬中某些元素的含量，如Mn和Si。

用含有造氣和造渣物質以及還原劑的厚塗料鉚條就能在低碳鋼上鉚成鉚縫，其機械性能與被鉚金屬將無區別。

鉚接含少量合金元素的合金鋼時用低碳鋼芯的鉚條，在塗料中引用各種合金元素的鐵合金（錳鐵、矽鐵、鈦鐵、鈦鐵等），以及適當的造氣與造渣物質。

塗料中的合金元素，除部分燒失外，其餘轉移於熔敷的鉚縫金屬中，並使鉚縫的機械性能接近於被鉚金屬的性能。

鉚接高合金鋼（不銹鋼和耐熱鋼）時，要用鉚條芯化學成分和被鉚金屬相同的鉚條。

鉚接時，為了補償鉚條內合金元素的燒失，在這種鉚條的塗料成分中，除造氣和造渣物質外，還要加入成分相應的鐵合金。

在不銹鋼和耐熱鋼上所鉚的鉚縫具有優良的抗銹性、抗蠕變性和機械性能，這些性能與主體金屬的相近。

在所有的塗料中都以水玻璃作粘結劑。有時則用糊精和有機物的膠。

鉚條中厚塗料的主要功用是保護熔化的金屬。此外，塗料應保證電弧燃燒穩定，渣在鉚縫表面上分佈均勻以及鉚後除渣容易，鉚縫內外都無缺陷，如空隙和夾渣等，鉚縫外形良好。

塗料要容易塗在鉚條芯上，並與鉚條芯有足够的粘着力和必需的機械強度，此外還要有耐潮性等。

目前蘇聯的科學研究機關研究出大量的不同成分的鉚條塗料，用以鉚接各種鋼、鑄鐵和有色金屬。

最流行的鉚接低碳鋼的鉚條是工程技術及機器製造科學研究院（ЦИИИТМАШ）的耶魯亨（А. А. Ерохин）、阿洛夫（А. А. Алов）和劉巴夫斯基（К. В. Любавский）所研究成功的 ОММ-5 和 ЦМ-7 兩號鉚條，以及彼得蘭（К. В. Петрань）所研究成功的 УОНИИ-13/45 號鉚條。

ОММ-5 號塗料的成分為：鈦精礦 37%，錳礦石 21%，長石 13%，錳鐵 20%，澱粉 9% 以及佔全部成分重量 30% 的水玻璃。

ЦМ-7號塗料的成分為：赤鐵礦（自然礦）33%，花崗石 32%，錳鐵 30%，澱粉 5% 以及佔全部成分重量 30% 的水玻璃。

УОНИИ-13/45號塗料的成分為：大理石 53%，螢石 18%，石英砂 9%，錳鐵 2%，砂鐵 3%，鈦鐵 15% 以及佔全部成分重量 30% 的水玻璃。

УОНИИ-18/55, 65 和 85 等號鋅條能銲接低合金結構鋼，它們的成分和 УОНИИ-13/45 的區別是含合金元素的鐵合金較多。

УОНИИ-13/65號塗料的成分為：大理石 51%，螢石 15.5%，石英砂 8%，錳鐵 7%，砂鐵 3%，鈦鐵 15.5% 以及佔全部成分重量 30% 的水玻璃。

銲接低碳鋼的 ОММ-5 和 ЦМ-7 號鋅條可用直流電和交流電銲接任何空間位置的銲縫。

銲接低碳鋼的 УОНИИ-13/45 號鋅條可用反接直流電進行平銲和立銲。

УОНИИ-13/65 號鋅條用以銲接結構鋼。平銲和立銲是用反接直流電進行的。

用上述成分的塗料銲條焊成的銲縫和接頭，其機械性能如表 59 所示。

表 59

電極牌號	銲縫金屬的機械性能				銲接接頭的機械性能		
	屈服極限 (公斤/公厘 ²)	抗拉強度極限 (公斤/公厘 ²)	延伸率 (%)	收縮率 (%)	抗拉強度極限 (公斤/公厘 ²)	彎曲角 (度)	抗震強度 (公斤公厘/公厘 ²)
ОММ-5	30~30	40~50	21~28	—	47~50	180	10~12
ЦМ-7	33~41	41~53	18~30	39~66	>47~50		8~11
УОНИИ-13/45	33~35	43~45	28~32	70~80	>47~50		25~30
УОНИИ-13/65	45~50	60~65	20~25	30~70	>47~50		18~25

銲接 ОХ18Н9 號不銹鋼的鋅條，要塗不同的塗料，這種塗料是莫斯科工業大學和其他機關研究出來的。УОНИИ-13/НЖ號塗料的成分為：大理石 57.5%，螢石 33.5%，錳鐵 2.5%，砂鐵 4%，鈦鐵 2.5% 以及佔全部成分重量 30% 的水玻璃。

用 УОНИИ-13/НЖ 號鋅條在鎢鎢（不銹的）奧氏體鋼上所銲的熔敷金屬和銲接接頭，其機械性能如下：熔敷金屬的抗拉強度極限為 65~70 公斤/公厘²，延伸率為 35~40%；當接頭的衝擊強度為 8~10 公斤·公尺/公厘²時，其強度極限與銲縫金屬同。

塗料鋅條的製造 塗料鋅條的生產包括下列幾個工序：清洗、切斷和矯正鋅條芯，烘乾和磨碎塗料原料，製造原料混合物，塗上塗料，烘乾，檢查質量。

在熱的蘇達水中洗淨鋅條芯的污垢和油膩。然後在特別的機床上切斷和矯正。

在破碎機和球磨機上磨碎塗料的原料，然後將主要原料過篩，使通過每 1 公分²有 3600 孔的篩。

化學成分合乎技術條件的過篩原料，要按塗料的配方稱好重量，在乾燥時拌勻，加入水玻璃溶液，再在機械的攪拌器中混合。上塗料的方法有兩種：浸塗法和壓塗法。在第一種情況中，把單個或裝在框架上的數個（10~15個）鋅條浸入塗料箱中，然後迅速地或慢慢地從箱內提出，即可得到需要的塗料厚度。