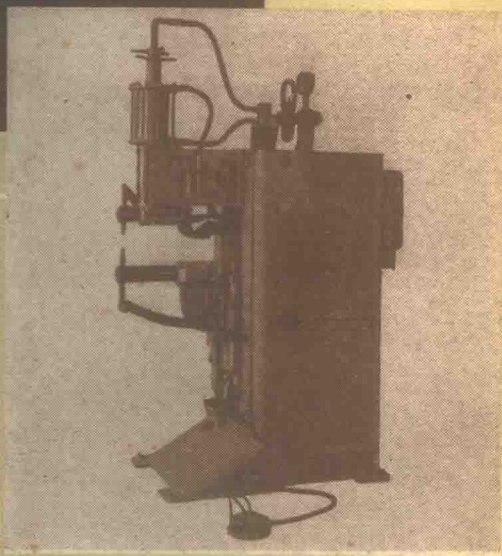


王长龄 编

接触焊技术



科学技术出版社

接 触 焊 接 技 術

王長齡 編

科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書說明接觸焊接的基本原理，并按照点狀焊接、凸点焊接、縫合焊接和对接焊接的种类，分別敘述了电流、电压、加压力、焊接時間的控制、各种电极構造与焊件的关系、焊接机械的性能和基本操作，介紹黑色金屬、有色金屬及其合金，以及各种金屬器械的焊接方法；在末章并介紹了接觸焊接的設計和檢驗的方法。

本書供工厂焊接技術人員参考之用。

接 触 焊 接 技 術

編 者 王 長 齡

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海南京西路 2004 号)

上海市書刊出版业營業許可證出 079 号

士山灣印刷厂印刷 新華書店上海發行所总經售

*

統一書号:15119·658

开本 850×1168 1/32·印張 7 13/16·字數 191,000

1958 年 5 月第 1 版

1958 年 5 月第 1 次印刷·印數 1—3,900

定价: (10) 1.30 元

序

近代的鋼鐵接合工作，随着汽車、飛機、船舶、機車、機械制造工業的發展，接觸焊接方法的应用，越來越廣泛，几有超过电弧焊接之勢。緣系接觸焊接機器的制造，在电子管進步的影响下，异常發達，型类繁多，能适用于大規模的以及各种型式机件的大量生產，作为流水生產中的一个工序。

接觸焊接不但能使焊件外表美觀，且不需要另外补充大量的熔焊金屬焊条，更由于操作簡單、安全和迅速，可相对地減輕体力劳动。

在我國偉大的經濟建設事業中，兴建了汽車制造厂、拖拉机制造厂、电子管工厂，建設了飛機、造船、機車等機械工業，無論在大型的机器或小型的机械零件接合上，都需要接觸焊接，或者試圖采用接觸焊接。接觸焊接方法的应用无疑是有着无限廣闊前途的。爰將接觸焊接的各种方法，用通俗的文字由淺入深地寫成此書。因限于水平，錯誤是难免的，希工人同志及專家們指正。

王長齡識于北京

目 錄

序

第一章 概說	1
1. 接触焊接的發展簡史.....	1
2. 什么是接触焊接.....	2
3. 接触焊接方法的分类.....	3
4. 接触焊接中焊接材料的性質.....	7
5. 金属材料的加热与温度上升.....	13
6. 時間对于加热的关系.....	14
7. 加热及加热过程中的热損失.....	14
8. 电阻加热.....	16
第二章 点狀焊接(点焊)	18
1. 点狀焊接的应用原理.....	18
2. 点焊机的电路.....	25
3. 点焊机的構造特性.....	32
4. 变压器.....	37
第三章 点焊机	43
1. 点焊机的基本構造.....	43
2. 点焊机的分类.....	44
3. 鉗台型点焊机.....	46
4. 足踏型点焊机.....	46
5. 压縮空气式及电动凸輪式点焊机.....	47
6. 苏联各型点焊机.....	49
7. 輕便型点焊机.....	56
8. 多極点焊机.....	62
9. 点焊机的容量.....	63
第四章 点狀焊接的电極	65
1. 点焊机的电極.....	65
2. 电極的安置与修整.....	68
3. 焊件厚度与电極.....	69
4. 电極的冷却.....	71
5. 电極的材料.....	72
6. 电極尖端表面積变化的影响和防止办法.....	75
7. 球面电極的变形.....	80
8. 电極尖端的直徑.....	82
第五章 点狀焊接的强度	84
1. 影响焊接强度的原因.....	84
2. 焊接电流与点焊强度的关系.....	84
3. 焊接時間和压力的关系.....	88
4. 点焊强度与鉚接强度的比較.....	89
5. 影响焊块强度的問題.....	91

第六章 点狀焊接控制焊接电流及時間的裝置95

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. 接触焊接机控制通电時間的方法95 | 3. 电子管控制綫路的应用举例...104 |
| 2. 控制時間的机构.....96 | |

第七章 各种金屬的点焊方法 106

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. 碳素鋼的点焊..... 106 | 6. 鎳及鎳合金的点焊..... 133 |
| 2. 不銹鋼的点焊..... 109 | 7. 鋁及鋁合金的点焊..... 133 |
| 3. 表面鍍金屬鋼板的点焊..... 112 | 8. 鎂合金的点焊方法..... 151 |
| 4. 不銹鋼与黃銅的点焊..... 114 | 9. 其他各种金屬的点焊..... 155 |
| 5. 銅及銅合金的点焊..... 114 | |

第八章 凸点焊接 157

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1. 凸点焊接原理..... 157 | 4. 凸点焊接机..... 163 |
| 2. 凸点焊接中突起点的形狀..... 158 | 5. 各种金屬的凸点焊接方法..... 168 |
| 3. 凸点焊接的电極..... 161 | |

第九章 縫合焊接(縫焊) 170

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1. 縫合焊接的应用原理..... 170 | 5. 縫焊机..... 181 |
| 2. 縫焊的分类..... 172 | 6. 縫焊中焊接电流的控制..... 187 |
| 3. 縫焊的接縫形式..... 175 | 7. 各种金屬的縫焊..... 189 |
| 4. 縫焊的电極..... 177 | |

第十章 对接接触焊接(对焊) 193

- | | |
|------------------|-----------------|
| 1. 对焊..... 193 | 3. 对焊机..... 214 |
| 2. 閃光焊法..... 202 | |

第十一章 焊縫的設計和檢驗方法 226

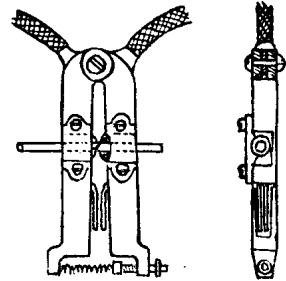
- | | |
|------------------------|---------------------|
| 1. 焊接設計..... 226 | 3. 試驗檢查的方法..... 234 |
| 2. 接触焊接的缺陷和發生原因... 232 | |

第一章 概 說

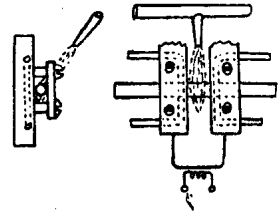
1. 接触焊接的發展簡史

利用“电能”接合金屬的工作，始于 19 世紀中叶相繼發明的用“电弧”的焊接方法和用“电阻”的焊接方法。1802 年俄國偉大的科学家 B. B. 彼得洛夫發現了电弧現象与性能；1856 年楞次-焦耳發現了电热定律；1887 年工程师 H. H. 貝納德發明了用炭精作電極的点狀焊接方法，并初步制成簡單的手鉗結構，即現代輕便型点狀焊接机的最早形式。但此項焊接金屬的方法在苏联十月革命以前沒有得到廣泛采用。最早設計制造的是如圖 1a 及圖 1b 所示的点狀焊接机械，但電極須另用火灼預热，后又改良成为圖 1c 所示的点狀焊接机，当时只有制鎖工厂使用。

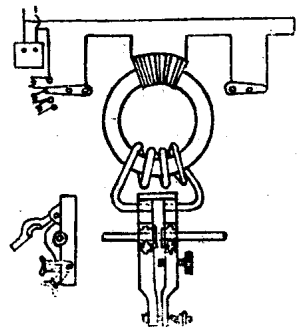
1915 年制出較完善的点狀焊接机，可以焊接一般的鋼鉄構件及小型箱罐等焊件。当大容量的变压器發明后，接触焊接机有了强大的焊接电流，焊接時間也随着縮短了。



a. 最早制造的接触焊接机



b. 最早制造接触焊接机預热情况



c. 改良后的接触焊接机

圖 1 初期的接触焊接机

1920 年控制焊接時間的方法進步了，優良的焊接機可以在很短的時間內通過數千以至數萬安培的電流。1939 年以後接觸焊接機益形發達，焊接電流可達數十萬安培，用電子管控制的各種焊接機可以在 $1/100 \sim 1/120$ 秒內，即半周波內（50~60 周波）焊接金屬焊件了。

各種金屬焊件，不同種類的金屬，貴重微小的精巧機件或裝飾品，在擴大鏡下絕大部分可以用接觸焊接方法焊著；大如 400 平方公分的鉄柱應用閃光對接焊法也沒有困難。

近十幾年來隨着汽車、船舶、飛機製造工業的發展，接觸焊接方法的應用幾有超過電弧焊接之勢，並且由於接觸焊接機器製造的進步，方法的簡便、迅速、安全，很適合大量生產的需要，預料在未來的金屬接合工作中，將得到更廣泛的應用。

我國的接觸焊接工藝已在開始發展，在國家工業化的過程中，隨着鋼鐵工業的發達，船舶、汽車、飛機製造工業的建立，無疑的將會跟着發展的。

2. 什么是接觸焊接

接觸焊接是利用一套機械設備使電流通過金屬焊件時產生電阻熱從事焊接，就是把金屬焊件的被焊接部分，互相接觸地置于良導電體的電路間，成為電路的一部分，通以強大而時間很短的電流。在電路上這部分的電阻最大，溫度很快的升高，直至焊件金屬熔化或成為可塑狀態，同時在焊接過程中，從外面通過電極施壓，使兩焊件相接觸着的焊接面熔成為一體。

假如不把焊接機導線上、電極上很小的電阻計算在內的話，焊接電流的大小，可由電極尖端的電壓和電路的阻抗來決定，電極尖端的電壓在製造焊接機時即予規定。電極尖端的接觸電阻與焊件接觸表面積有直接的關係，尤其是電極對焊件加壓的關係；在使用交流的電路內，其電路感抗相當大，當以較強的壓力加壓電極時。

接触部分的面積增大,电阻即减少,即使电流值不变,但热量却降低了。

3. 接触焊接方法的分类

接触焊接在接縫的型式上及方法上,大致可以分为:(1)点狀焊接;(2)縫合焊接;(3)凸点焊接;(4)对接焊接等四类,茲分述如下:

(1) 点狀焊接方法(点焊)

点狀焊接方法是把两块重叠着的金屬焊件,或擺成象 T 字形的焊件,夾緊于两支柱形电極尖端之間;当焊接电流流經所夾持的金屬断面時,即因电阻而加热至可塑状态,此际,再用电極施加压力,使焊接部分的外面焊成形如小点状态略微向下凹入的焊接点,在两块金屬板重叠面間,内部便成为点狀的焊接塊(圖 2)。

在点狀焊接中电極距离焊件的一边的距离,应小于焊接机喉深的深度。

(2) 縫合焊接方法(縫焊)

縫合焊接方法,也叫滚焊法。焊接方法大致与点狀焊接方法相似,即是把两块重叠着的焊件,或成 T 字形的焊件,和对接形式的焊件(用于管子的縫对焊),夾置于一个或两个可以滚动的輪形电極面之間;当焊接电流經滚輪电極流过焊件接触部分时,焊件即迅速地被焊成一条各点相連接的点狀綫。接縫的設計形式如圖

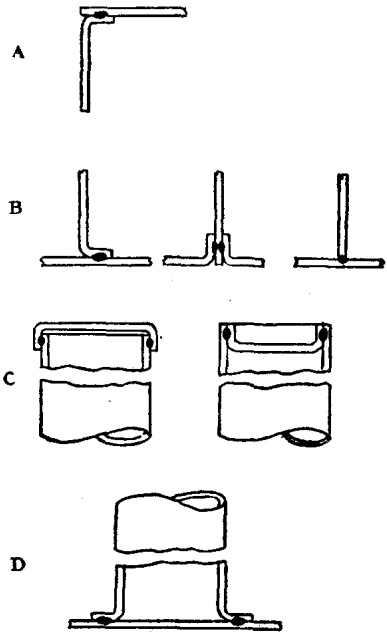


圖 2 点焊的接縫形式

A-角接縫; B-T 字形接縫;
C-管子; D-法蘭盤焊接

3 所示。

縫合焊接及点狀焊接主要是用于焊接需要緊密接合的板狀焊件。縫合焊接的气密性很高,焊接較長的、連續的、耐壓的接縫頗為經濟,一般的油箱、水箱、船體、汽車、飛機的體殼、管子的縱接縫均可以焊接。

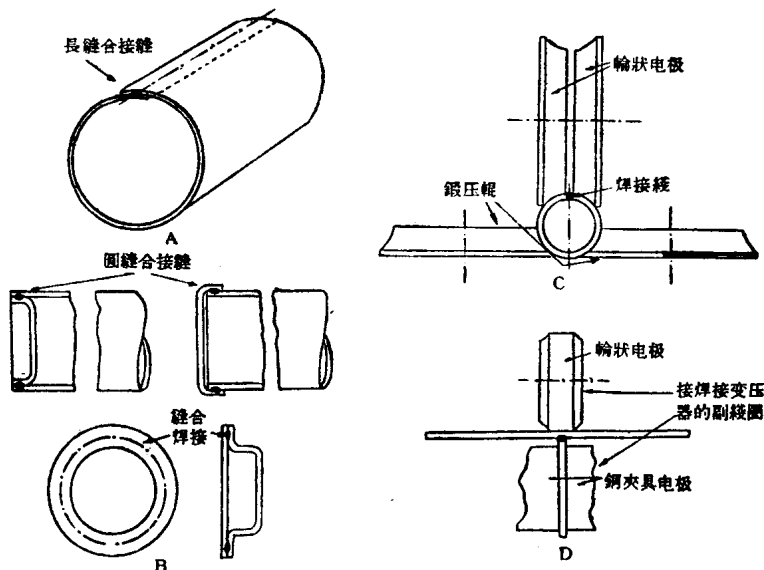


圖 3 縫焊的接縫形式

A-長縫合接縫; B-圓縫合接縫; C-对接縫合接縫; D-T 形接縫

(3) 凸点焊接方法

凸点焊接方法是把被焊接的一片金屬板先加工成凸出的突起點,使凸出的頂點與另一片金屬板相接觸。當電流經大面積的電極與凸點的頂點,突起点即迅速被加熱而焊接。一付電極,在同時時間內可以完成多數凸點的焊接。此種方法是由點狀焊接發展而來的,大面積的焊件、型模類的焊件,或網狀的焊件均適用。如焊件已有突起的部分,更可省去加工沖制等准备工作。對於螺母、柱狀螺旋、螺栓等與平板、軸體等焊接時尤為適合(參看圖4)。

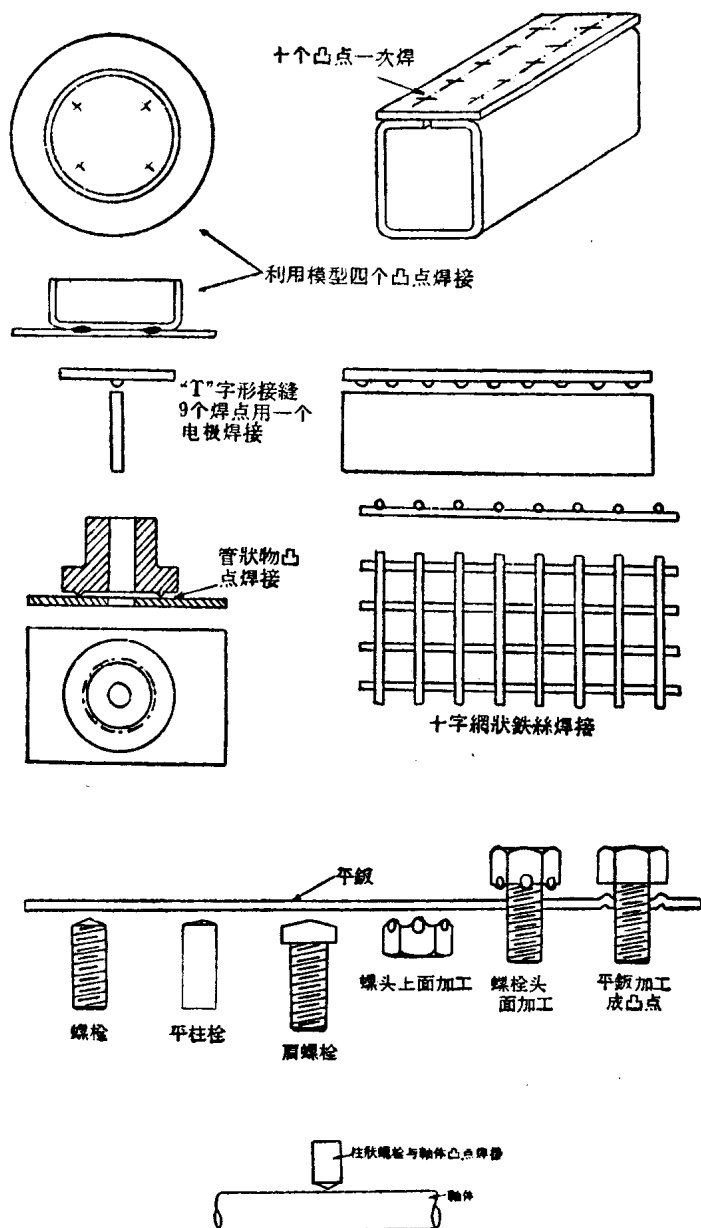


圖 4 凸焊的接縫形式

(4) 对接焊接方法(对焊)

对接焊接方法是把两块扁平的金属板、各种型钢、棒状物、管子类等焊件的横截面完全接触,电流通过对接的截面时,因加热而熔化,再由外面施压焊接。对接焊法按接縫形成分为电阻法与闪光法两种。对接焊法中焊件的焊接部分直接发生电极作用。焊接机上的电极仅作通电及固持焊件之用,其中一个电极是固定的,另一个是活动的,焊接压力即由活动电极传达。对接焊法中电极夹持之处应按金属种类不同,应距焊接面有不等距离,但须尽可能的接近焊接面,两个焊件的接触面积应使之相等;不同粗细的接触面,粗的一端应加工车细,并与基部成直角。在闪光对焊法中,要预先计算出可能因燃烧、压接而缩短的(消耗的)长度;这部分长度应与焊完后距基部的长度约略相等(参看图 5A)。

除圆、方等形状的黑色金属外,薄板、厚板、长板边缘,以及较薄的管子均可用此法焊接。

对于有色金属与合金的棒料等也可以对焊。各种接縫的形式如图 5 所示。

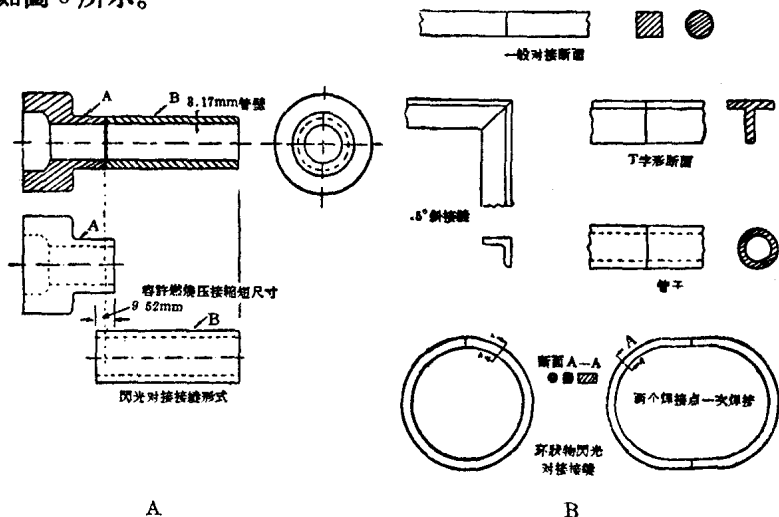


图 5 对焊的接縫形式

此外，也可利用接觸焊接的方法于熱鉚接合，這是像機械鉚接一樣用鉚釘把金屬板鉚焊起來。此種焊法須將焊件鉗孔，再插入鉚釘，在點焊或凸點焊接機上加以外接。這比機械鉚接省工、迅速、減輕勞動、效率高，而又免除嘈雜聲音。不易互相熔合的金屬和脆弱、易碎的金屬，均可以應用這種焊接方法。應用較廣的鉚釘形式如圖 6 所示。對於用螺栓、鍵銷等與板狀物焊接時尤為適

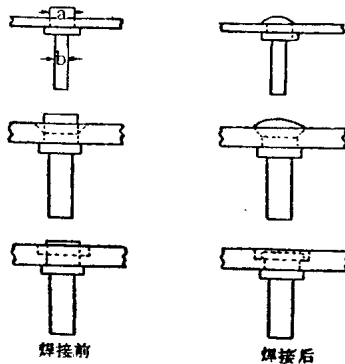


圖 6 熱鉚焊接

用。熱鉚焊接中使用的電極要加工成一定的形狀，焊接中要施以冲击力，達成一種鍛壓的要求才行。

接觸焊接法的分類約為第 1 表所示。

4. 接觸焊接中焊接材料的性質

在接觸焊接法中金屬材料的性質及其可焊性均須清楚的了解，對於電阻、熔點、及氧化物生成間的關係、材料的厚度與接縫形式、表面的清潔程度尤須注意配合。

各種金屬材料的性質，列如第 2 表，但表內所介紹的數值系一般通性與概略的實測值。在應用這些材料時，須要與電熱的基礎知識結合起來。接觸焊接中金屬的膨脹和收縮影響雖然較小，但也須預先估計到。

表 1 接触焊接分类表

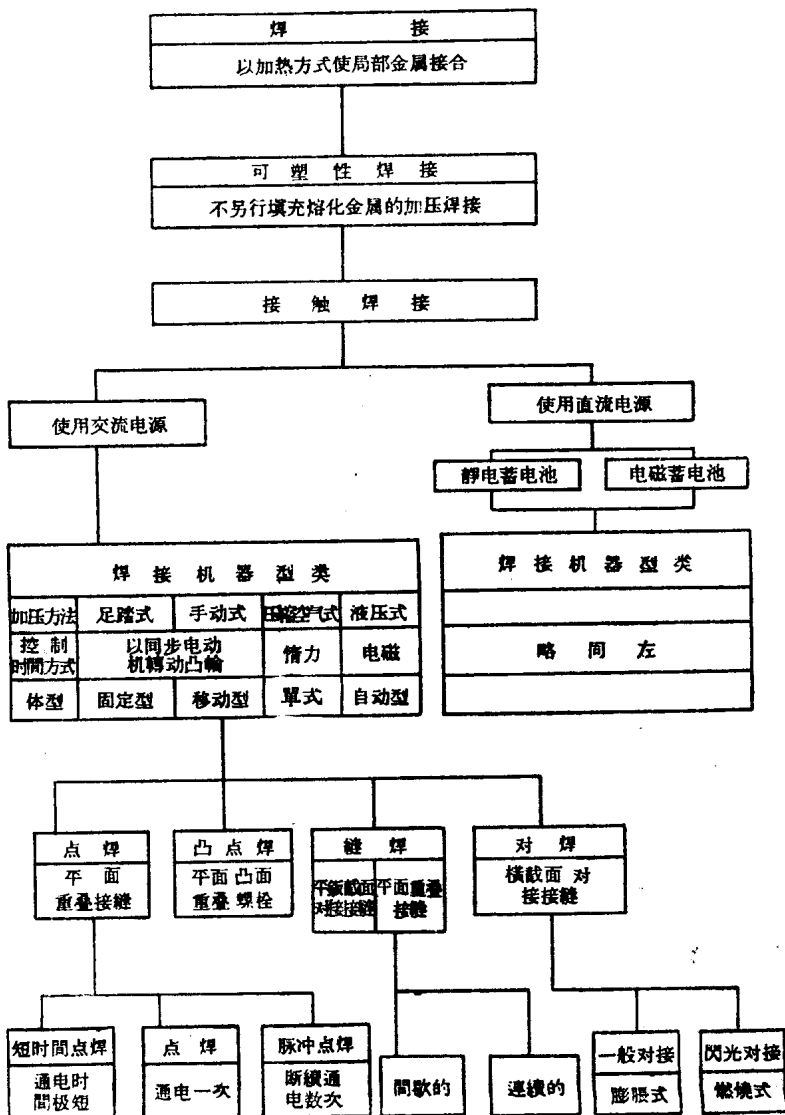


表 2 各种金属材料性質表

金属材料	化学 符号	电阻率 10^{-9} (欧·公分)	源电率 (以铜为 100%)	导热率 (卡/公分· 秒·度)	比 热 (卡/克 度)	比重	熔 点 (°C)
鋁	Al	2.830	60.00	0.5040	0.2140	2.71	660.0
銅	Cu	1.724	100.00	0.9180	0.0920	8.90	1083.0
铬銀枝		106.000	1.60	0.0250	0.1070	8.17	1390.0
蒙乃尔合金		50.000	3.40	0.0500	0.1270	8.80	1350.0
鉛	Pb	22.000	7.80	0.0830	0.0310	11.35	327.0
鉄	Fe	13.000	17.20	0.1610	0.1070	7.86	1535.0
鋅	Zn	6.000	28.50	0.2650	0.0930	6.70	420.0
磷青銅		10.000	17.10	0.1200	0.0870	8.90	1050.0
黃銅		9.000	19.10	0.2200	0.0940	8.40	935.0
鍍銀		33.000	5.20	0.0700	0.0940	8.45	1100.0
鍍	Ni	10.000	17.20	0.1420	0.1050	8.85	1450.0
不銹鋼		70.000	2.50	0.0400	0.1180	7.85	1400.0
銅錳硅合金		26.000	6.70	0.0780	0.0930	8.40	1019.0
鎘	Cd	7.500	—	0.2230	0.0547	8.60	320.9
銀	Ag	1.620	—	0.1000	0.0506	10.50	960.5
金	Au	2.400	—	0.7070	0.0308	19.30	1063.0
鉻	Cr	2.600 (0°C)	—	—	0.0103	7.10	1615.0
錫	Sn	1.400	—	0.1570	0.0534	7.31	232.0
鎢	W	5.480	—	0.3800	0.0339	19.30	3370.0
鈦	Zr	170.000	—	—	0.0670	6.40	1837.0
鉑	Pt	10.500	—	0.1660	0.0315	21.45	1754.0
鈮	V	—	—	—	0.1160	5.96	1710.0
鎂	Mg	4.460	—	0.3700	0.2400	1.74	651.0
錳	Mn	5.000	—	—	—	7.20	1260.0
鉬	Mo	4.770	—	0.3500	0.0505	10.20	2620.0
鋰	Li	9.300	—	0.1700	0.7900	0.53	186.0

許多金屬元素都能与氧化合成氧化物,其熔点除極少数之外,一般比原來的金屬高出很多,往往影响了焊接工作。有些金屬在加热过程中很容易氧化,要在工作中注意避免。今將純金屬及其氧化物的熔点列表比較于下:

表 3 金屬元素与氧化生成物熔解点比較表

金 屬 元 素 名 称	金 屬 元 素 熔 解 点 (°C)	氧 化 生 成 物			
		氧 化 物	比 重	熔 点 (0°C)	熔 解 热 (卡/克)
鋁	660.0	Al ₂ O ₃	3.850	2020	128.0
銻	630.0	Sb ₂ O ₃	5.200	655	55.0
鉍	1300.0	BeO	3.060	2525	144.0
鉛	327.0	PbO	9.300	879	50.8
硼	2300.0	B ₂ O ₃	1.790	577	90.9
鉻	1520.0	Cr ₂ O ₃	5.040	1990	89.0
鉄	1515.0	FeO	5.120	1565	64.0
鎘	320.9	CdO	8.150	1385	66.0
鈣	803.0	CaO	3.150	1995	86.8
鈷	1493.0	CoO	5.680	—	57.5
銅	1083.0	Cu ₂ O	5.880	1230	43.0
鋰	186.0	LiO	—	1700	143.0
鎂	651.0	MgO	3.220	2525	143.5
錳	1207.0	MnO	4.726	—	91.0
鈉	97.9	Na ₂ O	2.270	—	100.7
鎳	1450.0	NiO	6.660	—	59.0
* 磷	44.1	P ₂ O ₅	2.387	—	80.0
銀	960.5	Ag ₂ O	7.521	—	6.5
* 硅	1414.0	SiO ₂	2.650	—	94.0
鈦	1800.0	TiO ₂	4.260	1560	110.0
釩	1715.0	V ₂ O ₂	3.758	658	100.0
鋅	419.4	ZnO	5.650	—	48.8
錫	231.9	SnO ₂	6.950	1127	68.0
鈮	635.0	CeO ₂	7.300	1950	—
* 砷	817.0	As ₂ O ₃	3.718	升華	52.0

* 注: 表中的非金屬元素如硅、磷等,在合金中具有与金屬相似的性能,叫做拟金屬。

各种金屬板的厚度及接縫形式对于可焊性影响很大,下面所列两表系一般的情况,可供工作中的参考。

表 4 各种金屬厚度与接触焊接可焊性关系表*

金 屬 种 类	金 屬 板 厚 度															
	0.91公厘 以下				0.91~ 3.25公厘				3.25~ 6.35公厘				6.35~ 25.4公厘			
	点 焊	縫 焊	凸 点 焊	对 焊	点 焊	縫 焊	凸 点 焊	对 焊	点 焊	縫 焊	凸 点 焊	对 焊	点 焊	縫 焊	凸 点 焊	对 焊
鋼																
含碳 0.12% 以下	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	4	4	1	4
含碳 0.20% 以下	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	4	4	2	1
含碳 0.20~0.40%	2	2	4	1	2	2	4	1	2	2	4	1	4	4	4	1
含碳 0.40% 以上	3	3	4	2	3	3	4	2	3	3	4	2	4	4	4	2
低合金鋼	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2	4	2	4	4	4	2
耐蝕、耐酸、耐熱鋼	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	4	4	2	1
鋁、鎂、及其合金																
純鋁	1	2	4	2	1	2	4	2	4	4	4	2	4	4	4	2
一般鋁合金	1	2	4	2	1	2	4	2	4	4	4	2	4	4	4	2
強鋁合金	1	2	4	2	1	2	4	2	4	4	4	2	4	4	4	2
鎂基合金	1	2	4	2	1	2	4	2	4	4	4	2	4	4	4	2
銅及其合金																
電解銅	3	3	3	2	4	4	3	2	4	4	3	2	4	4	3	3
鋁青銅	3	3	3	2	4	4	3	2	4	4	3	2	4	4	3	3
青銅	3	3	3	2	4	4	3	2	4	4	3	2	4	4	3	3
黃銅	2	3	3	2	3	4	3	2	4	4	3	2	4	4	3	3
鎳及其合金																
鎳	1	1	3	1	1	2	3	1	2	4	3	2	4	4	3	2
蒙乃尔合金	1	1	3	1	1	2	3	1	2	4	3	2	4	4	3	2