

电子管材料和工艺

[美] W. H. 考 尔 著

(下 册)

上海科学技术出版社

統一書號 15119·1811

定 價 1.40 元

电子管材料和工艺

(下 册)

律

[美] W. H. 考 尔 著

莫 純 昌 等 譯

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书中譯本分上下两册，上册介紹电子管材料如玻璃、陶瓷、云母、碳和石墨、铁和鋼、銅和銅合金、鎳和鎳合金、貴金屬（銀、金和鉑）以及鎢、鉛、鉍和鉍等的物理和化学特性、机械性质以及有关它們的制造和应用。

下册詳細叙述金属的钎焊連接、玻璃跟金属封接和陶瓷跟金属封接等电子管制造工艺；最后两章分別介紹阴极材料和結構以及吸气剂。

全书章节体系編排較为醒目，頗便查考。

本书可供从事电子器件生产的工程技术人员以及高等学校有关专业师生参考。

MATERIALS AND TECHNIQUES FOR ELECTRON TUBES

Walter H. Kohl

Reinhold Publishing Corporation · 1960

电子管材料和工艺

（下 册）

莫 純 昌 等 譯

上海科学技术出版社出版（上海瑞金二路450号）

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷三厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 850×1156 1/27 印張 9 3/27 排版字数 237,000

1965 年 9 月第 1 版 1965 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—2,000

統一书号 15119·1811 定价（科六）1.40 元

目 录

第 12 章 金属的钎焊连接	325		
引 言	325	典型的金属组合举例	346
钎焊冶金学	334	超声波熔焊	354
钎焊接头的强度	339	参考文献	355
钎焊技术和接头的設計	342		
第 13 章 玻璃与金属的封接	359		
引 言	359	铁合金封接	393
封接的分类	360	可伐料的处理	409
封接件中的应力	360	氯化银封接	414
薄边封接	377	熔凝硅石与金属封接	416
感应封接	380	参考文献	418
純金属封接	383		
第 14 章 陶瓷与金属的封接	425		
引 言	425	活性合金封接	444
陶瓷管发展史	427	钎焊操作和处理詳情	449
結合的形成和封接技术	430	陶瓷封接的評價	462
燒結金属粉末法	439	参考文献	462
第 15 章 阴极的材料与结构	467		
引 言	467	压制阴极和燒結阴极	488
阴极的設置參量	469	硼化物阴极	492
純金属发射体	474	氧化鈦阴极	494
銻	474	氧化銀-鋇-鈣阴极	495
鉛	479	氧化物阴极的鎳基合金	499
薄膜发射体	481	冷阴极	508
貯备型阴极	482	参考文献	508
磁控管阴极	487		
第 16 章 吸气剂材料和它們的应用	516		
引 言	516	吸气剂的类型	522

蒸散吸气剂	522	离子吸气剂泵	534
涂复吸气剂	527	参考文献	537
附 录			543
索 引			555

第12章 金属的钎焊连接

引言

前面几章所介绍的各种材料,对电子器件设计师重要的,只是设计那些构件,以完成一定职能。因而材料的连接就成为一个重要的课题。本章只涉及金属的连接,而下面两章将分别叙述玻璃-金属和陶瓷-金属以及玻璃和陶瓷本身的连接。

金属相互之间能够用许多不同方法来连接。许多技巧已经专门用于这个课题^[1~7]。这一章我们的讨论只限于介绍暴露在 500°C 左右温度仍保持牢固的永久连接,和能够在恶劣条件下忍受冲击和振动的永久连接。因为真空管结构是我们的主要考虑对象,因此连接除了必须是真空密封的以外,而且还必须不含有可能会影响真空质量的成分。为了满足这些条件,对真空管内部构件就不能用锡焊连接,因而把讨论只局限于熔焊连接或钎焊连接方面。

美国焊接学会对下列术语作了规定:

焊接 (Welding) 一词本身是一个普通名词,它描述各种金属的连接方法,以此在施加或不施加压力,和用或不用填充金属的情况下,靠加热到适当温度来产生金属的局部连接。如果使用填充金属,那末填充金属的熔点一般同基金属相接近,或者较基金属为低,但高于 800°F (426°C)*。

铜焊也是一种焊接方法,它用熔点较基金属为低,但高于 800°F 的非铁填充金属来填塞沟、纹、口或槽。填充金属在连接面隙并不是利用毛细管引力作用来分布的(以前用过的“青铜焊”一词是对这个术语的误称)。

钎焊是一种焊接方法,它靠加热到 800°F 以上的适当温度和熔点较

* 遗憾的是,在美国工程范围内常用华氏温标 (°F),而在科学界中用摄氏温标 (°C)。而电子管工程师学会都普遍赞成用摄氏温标。除了直接引用在括号中添加等效的摄氏温标外,本书全部采用摄氏温标。

基金属为低的非铁填充金属来达到连接。填充金属利用毛细管引力作用分布在接头紧配合表面之间。

“钎焊填充金属”或“填充金属”一詞,是用来說明非铁金属或合金,它們通常是放置在需連接的两母体金属的紧贴表面之間,或者受毛细管力而流入两母体金属的間隙內。“硬焊料”和“銀焊料”是以前用来区别填充金属和“軟焊料”的。美国焊接学会和美国材料試驗学会已建立了钎焊填充金属的联合暫行規格(AWS 規格 A5 8-52T; ASTM: B260-52T)。規格中各种填充金属的成分是用字碼跟金属或合金成分的化学符号一起来表示的。这些編号列在表 12.1 中,表中并列有在电子管結構中普遍使用的填充金属。

許多工业用钎焊填充金属都含有鋅和鎳,因为这些金属具有过高的蒸汽压,所以这种合金不能用于真空管連接。含磷填充金属是个例外,尽管磷的蒸汽压很高,但它在高溫进行連接时,主要起一种助熔剂作用,所以在高真空应用中并不会产生任何障碍。作者曾对严格电子管进行反复实验,并证实了这个事实,而且查考文献似乎都承认这个經驗^[8]。

按照对焊件連接处加热所利用的特殊技术,钎焊方法通常可分成如下几类:

- | | |
|---------|------------|
| (1) 火焰焊 | (2) 双碳极电弧焊 |
| (3) 炉焊 | (4) 感应焊 |
| (5) 电阻焊 | (6) 浸沉焊 |
| (7) 模焊 | (8) 鑄焊 |

炉焊常在还原气体(例如氩气)中进行,但它也能够在真空炉中完成,因而人們有可能区分为氩焊和真空焊。同样,感应焊常常在真空室中或在充有氩气的钟罩中进行,因而这些分类并不相互排斥。这一章,我們只涉及專門在真空中或在还原气体中进行的钎焊操作。由此,就不需要应用钎焊助熔剂,关于上列其他钎焊技术的詳情,可以参考钎焊手冊或別的文獻^[8~7]。

除了上述一般加热方法外,最近已把电子轰击加热法实际应用于熔焊^[9,9a]和耐熔金属的真空熔炼。Kohl 早在 1952 年就已提議用这种加热方法钎焊大型构件。当然电子轰击加热必須在高真空中进行,要求有电子枪和有关的聚焦系統、高压电源,而工件在聚焦束下移动,但在把一个环形电子源用于装置得和这电子源处于共平面的圈形焊接时是例外。因

表 12.1 供电子管用的钎焊填充金属

序号	液态温度 (°C)	固态温度 (°C)	成 分 (重量百分值) ^[1]	液态 温度 (°F)	固态 温度 (°F)	注	应用和 说明 ^[3]
1	3180	3180	铈	5756	5756		W
2	2996	2996	钼	5425	5425	3B	W
3	2468	2468	钨(钨)	4474	4474	3B	Mo, W
4	2480	2480	碳化钨(W ₂ C)	4496	4496		Mo, W, W ₂ C
5	2500	2500	钨	4532	4532		Mo, W
6	2450	2450	铈	4442	4442		Mo, W
7	2150	2120	硅 - 钼 10 90	3902	3848		
8	2080	2000	硼化二钼	3776	3632		Mo, W
9	1990	1950	铈 - 钼 40 60	3614	3542		
10	1966	1966	铈	3574	3574		Mo, W
11	1950	1935	铈 - 钼 40 60	3542	3515		Mo, W
12	1900	1900	钨 - 钼 20 80	3452	3452		Mo, W
13	1852	1852	铈	3366	3366	3B	Mo, W
14	1769	1769	钼	3216	3216		Mo, W
15	1695	1645	金 - 钨 - 钼 5 20 余量	3083	2993		Mo, W
16	1660	1660	铈	3320	3320		陶瓷封接
17	1552	1552	钨	2826	2826	3B	Mo, W
18	1445	1445	镍 - 铁 36 64	2651	2633		(NaHg)
19	1453	1453	镍	2647	2647		Mo, W
20	1440	1427	钨 - 金 35 65	2624	2601		
21	1410	1380	钨 - 金 25 75	2570	2516		Mo, W
22	1410	1210	钨 - 金 25 75	2570	2210		Mo, W
23	1330	1330	钼 - 钨 37 63	2426	2426		Mo, W
24	1320	1320	钼 - 镍 46.5 53.5	2408	2408		Mo, W, Ni, (NM)
25	1320	1290	钨 - 镍 30 70	2408	2354		SS
26	1305	1260	钨 - 金 13 87	2381	2300		Mo, W
27	1300	1280	镍 - 铜 45 55	2372	2246		Mo, W(NM)

(横表)

序号	液态温度 (°C)	固态温度 (°C)	成 分 (重量百分值) ^[1]	液态 温度 (°F)	固态 温度 (°F)	注	应 用 和 说 明 ^[2]
28	~1260	>1232	铬 - 镍 - 钨 10 36 余量	2300	>2250		
29	1250	1200	铂 - 铜 40 60	2282	2192		
30	1240	1190	钨 - 金 8 92	2264	2174		Mo, W, SS
31	1240	1170	铁 - 镍 - 铜 0.6 30 余量	2264	2138		Mo, W, (NM); 提防钐
32	1238	1238	镍 - 钨 40 60	2260	2260		SS, Inconel
33	1232	1149	锰 - 钨 - 银 3 33 余量	2250	2100		SS, Inconel
34	1220	1220	钴 - 钨 35 65	2228	2228		Mo, W, SS, Inconel
35	1205	1150	镍 - 铜 25 75	2201	2102		Mo, W, (NM)
36	1160	1070	钨 - 银 20 80	2120	1958		
37	1160	995	铂 - 银 27 73	2120	1823		Mo, W
38	1160	971	碳 - 硼 - 硅 - 铁 - 0.45最大 2 2.5 2.5 铬 - 镍 10 余量	2120	1780	3A, B	SS, Inconel
39	1150	1100	铁 - 镍 - 铜 1.3 10 余量	2120	2012		(NM), 提防钐
40	1135	1080	铁 - 硅 - 铬 - 镍 3 10 19 余量	2075	1975	3A, B, C	SS, Inconel
41	1135	1080	碳 - 硅 - 铬 - 镍 0.15最大 10 19 余量	2075	1975		SS, Inconel
42	1121	1071	锰 - 钨 - 银 5 20 余量	2050	1960		SS, Inconel
43	1105	977	碳 - 硼 - 硅 - 铁 - 铬 - 0.55 2.5 3.25 3.75 11.5 钴 - 镍 16 余量	2020	1790	3A, B	Mo, W, SS, Inconel
44	1105		锰 - 镍 - 钨 - 铜 10 15 20 余量	2020			
45	1094	971	碳 - 硼 - 硅 - 铁 - 0.15最大 3 3.5 3.5 铬 - 镍 11.5 余量	2000	1780	3A, B	SS, Inconel
46	1090		锰 - 镍 - 钨 - 铜 15 20 30 余量	1994			SS

(續表)

序号	液态温度 (°C)	固态温度 (°C)	成 分 (重量百分值) ^[1]	液态 温度 (°F)	固态 温度 (°F)	注	应用和 說明 ^[3]
47	1090	1080	鈮 - 銅 18 82	1994	1976		
48	1083	1083	銅	1981	1981	(B, Cu)	Fe, 可伐, Monel
49	1083	1083	鎳 - 銅 - 鎢 3 35 余量	1981	1981		Fe, 可伐, Monel; 包括鎢粉
50	1083	1083	硅 - 銅 0.3 余量	1981	198	銅基H (SAE)	供铁鎳合金用
51	1077	971	碳 - 硼 - 硅 - 铁 - 0.15 最大 3.5 4.5 4.5 鉻 - 鎳 13.5 余量	1970	1780	AMS4776 4A, B	Inconel, SS
52	1075	955	鎳 - 金 35 65	1967	1769		
53	1070	1070	錫 - 鈇 29 71	1958	1958		
54	1065	1002	鈮 - 銀 10 90	1950	1835		Mo, Ni, SS, W
55	1065	974	鉻 - 鎳 - 金 6 22 余量	1950	1785		
56	1065	954	硼 - 硅 - 鉻 - 3 最大 5 最大 20 最大 錳 - 鎳 30 最大 60~85	1950	1750		SS
57	1063	1063	金	1945	1945		扩散焊接, Cu, Mo
58	1060	1000	銀 - 銅 5 95	1940	1832		Cu
59	1055	1055	碳 - 硼 - 鉻 - 鎳 0.15 最大 3.5 15 余量	1930	1930	3A, B	Inconel, SS
60	(1055)	1041	硼 - 硅 - 鎳 1.9 3.5 余量	(1930)	1905	5	Inconel, SS
61	1050		錳 - 鈮 - 銀 5 20 余量	1922			
62	1050	1030	鎳 - 錳 30 70	1922	1886		SS
63	1038	1027	碳 - 硼 - 硅 - 鎳 0.15 最大 3 4.5 余量	1900	1800	3A, B	Inconel, SS
64	1038	977	碳 - 硼 - 铁 - 硅 - 鉻 - 0.8 3.5 4.5 4.5 13.5 鎳 余量	1900	1790		在篩孔尺寸上 与标准不一致

(續表)

序号	液态温度 (°C)	固态温度 (°C)	成 分 (重量百分值) ^[1]	液态 温度 (°F)	固态 温度 (°F)	注	应用和 说明 ^[3]
65	1038	971	碳 - 硼 - 铁 - 硅 - 铬 - 鎳 0.60 3.85 4 4.5 16.5 余量	1900	1780	(B, Ni, Cr) AMS4775 3A, B	Inconel, SS
66	1035	1015	金 - 銅 30 70	1895	1859		Cu, Fe, 可伐, Ni
67	1032	1010	碳 - 硅 - 锰 - 鎳 0.15 最大 8 17 余量	1890	1850	3A, B, C	Inconel, SS
68	1030	975	鎳 - 金 - 銅 3 35 余量	1886	1787		Cu, 可伐, Mo, Monel, Ni, W
69	1025	970	硅 - 銅 3 97	1877	1778		Cu
70	1021	1005	硼 - 鎳 - 鈷 - 锰 1 16 16 余量	1870	1840		SS
71	1020	1000	金 - 銅 35 65	1868	1832	6	Cu, Fe, 可伐, Ni
72	1025	990	鎳 - 金 - 銅 3 35 余量	1877	1814	6	Cu, Inconel, 可伐, Mo, Ni, 銅, W
73	1019	950	锰 - 硅 - 銅 1.1 3.1 余量	1866	1742		
74	1018	1018	鎳 - 锰 40 60	1864	1864		SS
75	1015	990	金 - 銅 37.5 62.5	1859	1814	(B, Cu, Au- 1), 5, 9开 紅金	Cu, Fe, 可伐, Ni
76	1015	970	銅 - 金 - 銅 3 20 余量	1859	1778		Cu, 可伐, Ni
77	1010	955	金 - 銅 40 60	1850	1805	6	Cu, Fe, 可伐, Ni
78	1010	970	鈹 - 銀 5 95	1850	1778		
79	(1050)	966	硼 - 硅 - 鎳 - 鐵 3.50 5 16 72.50 余量	1840	1825	5	Inconel, SS
80	999	971	碳 - 铁 - 硼 - 硅 - 0.15 最大 2.5 3 4.5 鎳 - 鎳 6.5 余量	1830	1780	AMS4777 4A, B	Inconel, SS
81	(996)	979	硼 - 硅 - 鎳 - 鐵 2.90 4.50 7.00 82 余量	(1825)	1795	5	SS
82	(993)	979	硼 - 硅 - 鎳 - 鐵 2.90 4.50 91.25 余量	(1820)	1795	5	Cu, SS
83	993	979	鈦 - 硼 - 硅 - 铁 0.75 3 4.5 余量	1820	1795		

(續表)

序号	液态温度 (°C)	固态温度 (°C)	成 分 (重量百分比) ^[1]	液态 温度 (°F)	固态 温度 (°F)	注	应用和 说明 ^[3]
84	990	965	銅 - 金 6 94	1814	1769		
85	985	664	銀 - 錫 - 銅 7 8 余量	1805	1225		
86	975	950	銅 - 金 50 50	1787	1742	6	Cu, 可伐, Ni
87	971	960	錳 - 銀 15 85	1780	1760	{B, Ag, Mn}	Inconel, SS
88	963	924	銀 - 金 - 銅 2.8 41.7 余量	1765	1695		Cu, 可伐
89	962		鎳 - 銀 - 鎢 3 35 余量		1764		包括鎢粉
90	961	961	錳 - 銀 4 96	1762	1762		
91	960.5	960.5	銀	1761	1761		很脆
92	950	950	鎳 - 金 18 82	1742	1742	19.3开白金	Cu, Inconel, 可伐, Mo, Ni, W, SS
93	950	779	銀 - 銅 30 70	1742	1434		
94	950		鈮 - 銅 - 銀 10 22.5 余量	1742			
95	950	901	銅 - 鈮 - 銀 21 25 余量	1742	1654		
96	942	942	鎳 - 鈦 28.5 71.5	1728	1728		陶瓷封接, (NM)
97	921	905	銀 - 銅 - 金 2.1 39.6 余量	1690	1660		铁和非铁合金
98	913	871	銅 - 鈷 - 磷 - 鎳 - 铁 5 7.5 11 42 余量	1675	1600		
99	910	900	鎳 - 銅 - 金 3.0 15.5 余量	1670	1652		Cu, 可伐, Mo, Ni, W, 鋼
100	910	779	銀 - 銅 40 60	1670	1434		铁和非铁合金
101	900	860	銅 - 銅 - 金 3.0 37 余量	1652	1580		Cu, Fe, 可伐, Ni
102	900	850	鈮 - 銅 - 銀 15 20 余量	1652	1562		
103	900	714	磷 - 銅 5 95	1653	1317	{B, CuP-1} 銅基B (SAE)	Ag, Cu, Mo, W, 不能供 Fe 或 Ni 合金用
104	898	879	鈮 - 銅 - 銀 20 28 余量	1648	1614		

(續表)

序号	液态温度 (°C)	固态温度 (°C)	成 分 (重量百分值) ^[1]	液态 温度 (°F)	固态 温度 (°F)	注	应用和 说明 ^[3]
105	896	885	銀 - 銅 - 金 5 20 余量	1645	1625		
106	888	888	碳 - 磷 - 鎳 - 鎳 0.15最大 10 13 余量	1630	1630	3A, B, C	Inconel, SS
107	890	810	銅 - 銀 7.5 92.5	1634	1490		
108	890	780	鋰 - 銅 - 銀 0.2 7.3 余量	1635	1435		Inconel, SS 极端流体
109	889	889	銅 - 金 20 80	1632	1632	(BCuAu-2), 19.2开 紅金	
110	885	779	鎳 - 銅 - 銀 5 32.5 余量	1625	1435		Inconel, SS
111		800	錳 - 銀 - 銅 10 40 余量		1472		Ag, Fe, 鋼
112	877	877	碳 - 磷 - 鎳 0.15最大 11 余量	1610	1610	3A~D	Cu, Fe, Inconel, 可伐, Mo, Ni, W, SS
113	875	779	銅 - 銀 50 50	1607	1434		
114	870	779	銅 - 銀 10 90	1598	1434		SS
115	852	824	鈮 - 銅 - 銀 10 31.5 余量	1566	1515		
116	849	752	鎳 - 錳 - 銅 - 銀 2 5 28 余量	1560	1385		鎳鎳鈷合金, 碳化物和耐熔 金屬包括鎳
117	845	835	銀 - 銅 - 金 20 20 余量	1553	1535		Cu, Fe, Ni; 熔融範圍很短
118	843	815	銅 - 銀 - 金 17.7 24 余量	1550	1500		Cu, Fe, Ni
119	830	779	鎳 - 銅 - 銀 2 21 余量	1525	1435		Inconel, SS
120	824	794	銅 - 銀 - 金 23.5 23.5 余量	1515	1460	12开金	Cu, Fe, Ni
121	827	805	銅 - 銀 - 金 23.5 23.5 余量	1520	1480		Cu, Fe, Ni
122	821	794	銅 - 銀 - 金 20.5 29.5 余量	1510	1460		Cu, Fe, Ni
123	815	641	磷 - 銀 - 銅 5 15 余量	1500	1185	(BCuP-5) 4	不能供 Fe 和 Ni 合金用寬的 熔融範圍
124	805	644	銀 - 磷 - 銅 5 6.25 余量	1480	1190	(BCuP-3) 4	Ag, Cu, Mo, W; 不能供 Fe 或 Ni 合金用

(續表)

序号	液态温度 (°C)	固态温度 (°C)	成 分 (重量百分比) ^[1]	液态 温度 (°F)	固态 温度 (°F)	注	应 用 和 说 明 ^[3]
125	810	807	钼 - 铜 - 银 5 26.6 余量	1490	1485		
126	802	719	镍 - 锡 - 铜 - 银 2.5 6 28.5 余量	1475	1325		Inconel, SS430
127	795	780	镍 - 铜 - 银 0.75 28.1 余量	1463	1436		Inconel, SS, W, 有比Cu/Ag 好的润湿性
128	788	640	银 - 磷 - 铜 2 7 余量	1450	1185		供非铁金属合 金用
129	780	660	铜 - 铜 - 银 10 27 余量	1436	1220	6	
130	779	779	铜 - 银(易熔体) 28 72	1435	1435	(B, Ag-8)	Cu, Inconel, 可伐, SS
131	770	714	磷 - 铜 7 93	1418	1317	(BCuP-2) 4	Ag, Cu, Mo, W; 非常自由地流 动; 不能供 Fe 或 Ni 合金用
132	760	743	锡 - 铜 - 银 5 27 余量	1400	1370		
133	730	604	锰 - 锡 - 铜 - 银 3 7 32.7 余量	1345	1120		碳化铬
134	721	640	银 - 磷 - 铜 5.5 7.25 余量	1330	1190	(B, Cu, P- 4)4	Ag, Cu, Mo, W, 不能供 Fe 与 Ni 合金用
135	718	602	锡 - 铜 - 银 10 30 余量	1325	1115		
136	705	635	铜 - 铜 - 银 13 27 余量	1300	1175		
137	685	630	铜 - 铜 - 银 15 24 余量	1265	1166		
138	485	473	铜 - 金 20 80	905	883		Cu, Fe, Ni; 硬脆的连接
139	425	425	铜 - 金 25 75	797	797		硬脆的连接
140	232	232	锡	450	450		罕用, 不良的润 湿
141	230	166	银 - 铜 10 90	446	331		
142	157	157	铜	315	315		
143	117	117	铜 - 锡 50 50	225	225		

注: (1) 合金成分是以这样次序列出: 最少的添加剂列为第一, 其余的按增加的顺序排列, 最后为主体成分。

(2) 金属的化学符号 (Mo=钼, W=钨, W₂C=碳化钨, Ni=镍, Fe=铁, Cu=铜, Ag=银)

和合金的名称或缩写(SS=不銹鋼, NM=非磁性体, NAHg=不受汞的化学浸蝕)提示可以用所述及的填充金属进行连接的母体金属。

(3) 电子器件的钎焊操作必須在惰性气体或还原气体中, 或在真空中进行, *A*—純干氬或惰性气体, *B*—真空, *C*—分解的氨(露点为 -60°F 或更好一些), *D*—預热的、丰富的、不經純化的 6:1 空气对气体的比值, 或經純化和干燥了的。

(4) Ag-Cu-P 合金 123 号和 124 号的液綫溫度是 $1480\sim 1500^{\circ}\text{F}$ 。它們的加工溫度近 1300°F 。

(5) 作为 B-Si 合金 60 号、81 号和 82 号液綫溫度所列入的溫度与其說是液綫溫度还不如說是加工溫度。

(6) 合金 *68 和 *72 是重制物, 但对于液化和固化來說有不同的数值。

此, 特殊設備所需投資頗巨。X射綫屏蔽还必須考慮到, 但是在特殊場合, 这个方法在钎焊的柔韌性、速度和焊件质量方面显出优越性, 这不是用一般加热法所能輕易获得的。

钎焊冶金学

为了要获得钎焊机理的清晰理解, 就必須具备一些物理冶金学和支配合金形成原理的知識。譬如某些液体(例如水和酒精)将以任何比例相互溶解; 而别的(例如乙醚和水)若超过一定极限就不能相互溶解, 而将分成鮮明可辨的两层, 因为它们相互之間只有有限的溶解度。同样, 各种金属在熔融状态也将相互溶解, 而冷却时却形成固溶体, 或者因为它们相互間受到固溶度的限制而只能部分溶解。

在二元合金場合里, 这种行为最好用結構图來說明, 結構图也叫做相图; 对含有三种以上組分的合金來說, 用图解法表示就变得复杂一些, 但是对于三元系仍是行得通的。

图 12.1(a)表示由組分 *A* 和 *B* 組成的二元合金結構图, 它可以用任何比例相互全部溶解。图 12.1(a)的纵坐标代表溫度, 横坐标以重量百分比表示合金的相对成分。A 点, 只有一种組分, 而 B 点, 只有另一种合金組分。因而溫度 T_A 和 T_B 分別代表两种純粹組分的熔点。如果加到熔融 *A* 的 *B* 量增加, 那末在这个特例中, *A* 的熔点升高了, 这样就可繪出合金的液綫 *L*, 直到它到达純粹組分 *B* 的熔点 T_B 为止。液綫上面的区域代表不同合金成分的液相。当溫度从液态下降时, 在固綫 *S* 所指的溫度为止, 規定成分的合金并不凝固。

因此, 对于任何合金成分的熔融範圍可用图 12.1 中的液綫和固綫之間的垂直距离来指示。任何合金成分在固綫以下的区域都呈固体。一种規定成分的合金可以用一条垂直綫来表示; 例如在图 12.1(a)中, “等濃綫”就

通过成分 X 处的点线指示, 它代表着 50% A 和 50% B 。因此, 当熔融液的温度逐渐下降时, 温度 T_L 处显然将出现第一批固态微晶; 当温度已降低到 T_S 时, 则剩下极少的液相。低于温度 T_S 时, 所有熔液都固化成为 A 加 B 的固溶体。在液线和固线所包围的过渡区域中, 液相和固相两者都存在, 而固、液两相混合物的成分, 分别由等温线同液线和固线的交点来规定。

图 12.1(b) 说明熔液的原始成分 X 为 25% B 和 75% A 的情况。当从熔融状态降低温度而达到 T_L 时, 出现成分为 X_1 的微晶; 而温度降到 T_S 时, 成分 X 的固相晶体同少量遗留液相相平衡, 而后者具有成分 X_2 , 它由等温线 T_S 和液线的交点所确定。

图 12.1(c) 说明怎样用“杠杆定则”来确定液相和固相的相对成分。在温度 T_1 处, 原来合金成分 X 的液相有成分 X_2 , 而固相有成分 X_1 。温度 T_1 处的液、固两相的相对量可以通过关系式

$$L/S = pr/pl$$

来表示。

图 12.2 说明金属 A 的熔

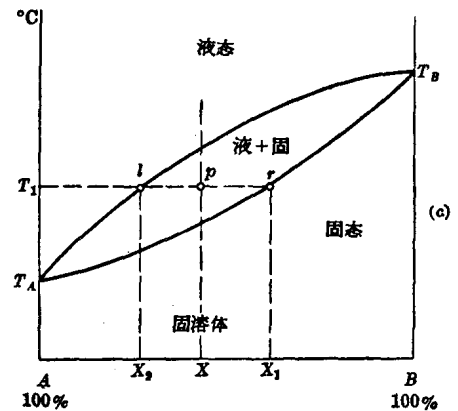
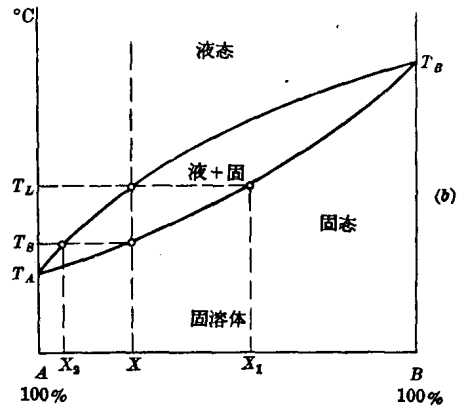
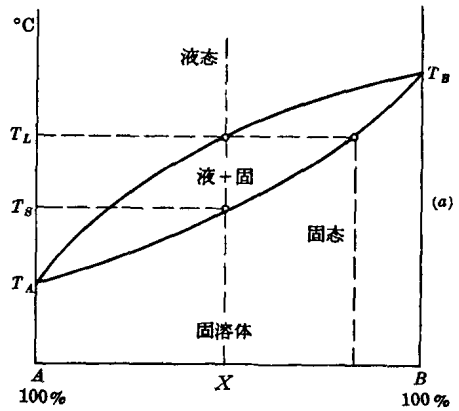


图 12.1 二元合金系结构图(说明见正文)