

鈹鈳及其合金

有色金属合金丛书

中南矿冶学院

有色金属合金教研组 編著

鈹鈳及其合金

冶金工业出版社

75.78/140

版社

75.78
140

有色金屬合金叢書

鋁 鎳 及 其 合 金

中南礦冶學院有色金屬合金教研組編著

XS12/14

冶 金 工 業 出 版 社

有色金属合金叢書

鉍銦及其合金

中南矿冶学院有色金属合金教研组編著

冶金工业出版社出版(地址:北京市灯市口甲45号)

• 北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

印刷厂印 新华書店發行

1960年4月第 一 版

1960年4月北京第一次印刷

印数1,021册

开本787×1092—1/40•60,000字•印張2 $\frac{3}{4}$ •插頁5•

統一書号 15062•2150 定价 0.40 元
0.38

編者的話

隨着我國社會主義建設事業的飛躍發展，冶金工業部門在大力發展鋼、鐵、銅、鋁等生產的同時，對於稀有金屬及其合金的研究和生產也極為重視。我們為了適應我國社會主義建設的需要，擬就稀有金屬合金的成分、組織、性質及其製造和用途等方面編寫一些小冊子，列入有色金屬合金叢書陸續出版。

稀有金屬及其合金主要是一些運用于先進科學技術部門的新型金屬材料，但由於資料的收集比較困難，所寫內容難于全面深入，同時又限于編者水平，遺漏錯誤之處，在所難免，希讀者指正。

“鉭鉍及其合金”是由本組李健純同志編寫的。馮恆儒、張偉斌、曹明盛、殷國瑾等同志參加了部分校閱工作。

中南礦冶學院有色金屬合金教研組

1959年12月

03374

目 录

第一部份 鋇及其合金

一、鋇的性質.....	5
二、鋇的应用.....	10
1. 鋇在电工方面的应用.....	10
2. 鋇在化工方面的应用.....	12
3. 鋇在外科医术方面的应用.....	15
4. 鋇在合金方面的应用.....	16
三、鋇的加工.....	17
1. 范性金屬的生产.....	17
2. 鋇的机械加工.....	20
3. 塑性变形及退火对鋇机械性能的影响.....	22
4. 鋇的再結晶.....	28
四、鋇的合金.....	29
1. 关于鋇、銦合金的一般討論.....	29
2. 鋇与气体的相互作用.....	30
3. 鋇的硬質化合物与硬質合金.....	39
4. 鋇与鉄族元素之合金.....	49
5. 鋇与鎢、鉍等高熔点金屬之合金.....	53
6. 鋇鉑合金.....	62

第二部份 銦及其合金

五、銦的性質.....	64
1. 銦的物理及机械性質.....	64
2. 銦的化学性質.....	67
六、銦的应用.....	75

1. 鈮在奥氏体不銹鋼中的应用.....	76
2. 鈮在耐热合金中的应用.....	79
3. 鈮在原子反应器中的应用.....	79
4. 鈮在其他方面的应用.....	84
七、鈮的加工.....	85
1. 范性金屬鈮的生产.....	85
2. 鈮的压力加工.....	89
八、鈮的合金.....	90
1. 鈮合金系.....	90
2. 鈮合金的机械性質.....	92
3. 鈮及鈮基合金的高温抗氧化性質.....	98
4. 鈮与其他高熔点金屬的比較.....	100

第一部份 鋇及其合金

一、鋇的性質

鋇有一系列獨特的性質，其熔化溫度（2996°C）高於鉍（2620°C）而稍低於鎢（3400°C），為一高熔點金屬。然而鋇的范性卻比鉍的范性高。由於鋇的加工硬化趨勢不大，冷加工可以無須中間退火一直進行到所需要的程度。再結晶鋇有很高的范性，這是與鎢、鉍不同之處。鋇在高溫還會吸收並保持住氣體，同時它又有低的热膨脹係數，這些特點使得它極適於製造強力電子管中的柵極，在電子管中鋇能比其它金屬在更高溫度下吸收各種微量氣體。鋇的物理性質及機械性質如下^[1]：

晶格類型	體心立方晶格
晶格常數 $\text{\AA}$	3.296
原子量	180.88
20°C時比重	16.6
拉伸強度極限 公斤/毫米 ²	
燒結的料坯	29.5
未退火的金屬絲	87.9—125.2
退火鋇片	31.7—45.7
延伸率 %	
冷軋的	1—3
退火的	25—40
彈性模數 公斤/毫米 ²	19000

20°C时單位容积压缩系数 公斤/毫米² 9.52×10^{-4}

硬度 H_B

退火的 45—125

变形后的 125—350

熔化溫度 °C 2996

沸点 °C 5300

蒸汽压 比W高, 比Mo低, 近于W

綫膨胀系数

0—100°C 6.5×10^{-6}

0—500°C 6.6×10^{-6}

20—1500°C 8.0×10^{-6}

导热性 卡/厘米·秒·度

20—100°C 0.13

1430°C 0.174

1630°C 0.186

1830°C 0.198

比热 (0°C时) 卡/克·度 0.036

电阻 微欧姆—厘米

20°C 15

1130°C 61

1430°C 71

1730°C 80

电阻溫度系数 0—100°C 3.82×10^{-3}

磁化率 C.G.S. 制 $+9.3 \times 10^{-6}$

电化当量 毫克/库仑 0.3749

电子逸出功 伏 4.10

陽極發射 伏 10.0

电子發射 毫安/厘米²

1273°K 1.0×10^{-6}

1500°K 4.7×10^{-3}

2000°K

19.5

鉍的最突出的特点，是它对酸有特殊的稳定性，在这点上它和玻璃相同，但是鉍同时还具有另一特点，即导热性很高，而这是玻璃及其它抗酸材料所远不能及的。经过陽極处理后，鉍还能形成特殊稳定的氧化膜。鉍不被硝酸、鹽酸、王水、过氯酸、氯、溴、不含氟离子的磷酸、氧化氮、氮氧化合物、次氯酸、过氧化氢、12—50% 蟻酸、15% 丹宁酸、宁蒙酸等葯剂所腐蚀。鉍与大多数熔融金属亦不起反应，如在900°C温度时，鉍仍不被铝、鋅、鋇、鉀或鈉鉀合金所侵蚀，也不与水銀起作用；在450°C时不与鎳起作用。因此可以考虑用鉍作为原子反应器中的材料。在潮湿空气、含硫的干空气或湿空气中鉍也很稳定。然而，即使在室温下鉍就会被强鹼、氢氟酸、發烟硫酸等所侵蚀。在150°C以上，鉍被濃硫酸緩慢地腐蚀，但腐蚀是均匀緩和的，当温度高至200°C时，鉍还能成功的用于98% 硫酸介質中，如表1所示。

鉍在98%硫酸中的腐蚀情况 表1

温 度 °C	腐 蚀 损 失(吋/年)
21	0.0000
145	0.0000
175	0.0001
200	0.0015
250	0.029
300	0.0342

氢氟酸在絕大多數情況下均与鋇起作用，但是其腐蝕作用随金屬和酸的純度的提高而降低。化学純鋇与化学純氢氟酸只有很弱的作用。

室溫下，鋇在空气中很穩定。高于 150°C 时开始發生氧化，高于 400°C 时則强烈氧化，这是鋇在抗蝕性方面唯一的弱点，因而鋇制件，如坩

鋇的化学性質 [1] 表 2

介 質	鋇 的 行 為
空气及氧	室溫時穩定； 400°C 呈天藍色； 600°C 時呈灰色；更高溫度時形成白色 Ta_2O_5 膜
水蒸汽	紅熱溫度時迅速氧化
鹽酸或硫酸	稀或濃、熱（至 100°C ）或冷的鹽酸或硫酸——穩定
發烟硫酸	冷或熱的發烟硫酸——腐蝕
硝酸或王水	冷的稀、濃硝酸或王水——穩定；熱的稀、濃硝酸或王水——腐蝕并形成保護性氧化膜
氢氟酸	冷及熱氢氟酸——腐蝕并吸收氢
碱	冷的苛性鉀或苛性鈉溶液——輕微腐蝕；熱的强烈腐蝕。苏打或苛性鉀——迅速溶解
固態碳（灯黑、煤、石墨）及碳氢化合物	大約在 1200°C 形成碳化物；接近 1400°C 時則完全碳化
二氧化碳	紅熱溫度時吸收二氧化碳
氢	低溫時，强烈吸收氢，可能形成氢化物；溫度高于 1400°C 時在真空中緩慢析出氢
氮	溫度低于 600°C 時，吸收氮，較高溫度時，形成氮化物
卤素	濕和干的卤素——穩定到 150°C
磷酸	穩定至 145°C

鍋等只能在真空或惰性气体及其它不与鋁作用的介質中应用。鋁的化学行为及其在腐蝕性介質中穩定性的資料，分別列于表2及表3中[1]。

鋁的抗蝕性[1]

表3

腐蝕介質	試驗時間 (月)	溫度 (°C)	每月內 重量損 失(%)	腐蝕深度 (每年) (厘米 $\times 10^{-5}$)	抗蝕 性
濃鹽酸(HCl)	4.5	19—26	無	無	良好
濃硫酸(H_2SO_4)	4.5	19—26	無	無	同上
濃硝酸(HNO_3)	4.5	19—26	無	無	同上
酚(C_6H_5OH)飽和水溶液	4.5	19—26	無	無	同上
化學純苯胺($C_6H_5NH_2$)	4.5	19—26	無	無	同上
硫酸與 $K_2Cr_2O_7$ 溶液	3	150	0.013	1.0793	同上
碘、飽和碘的KI- H_2O 溶液	4.5	19—26	無	無	同上
液態溴(Br_2)	4.5	19—26	無	無	同上
飽和的氫氧化鋇[$Ba(OH)_2$]	4.5	19—26	無	無	同上
濃的氯化鐵($FeCl_3$)	4.5	19—26	無	無	同上
粗鹽酸(HCl)	4.5	19—26	無	無	同上
氯化錫的飽和溶液	4.5	19—26	無	無	同上
冰醋酸(CH_3COOH)	4.5	19—26	無	無	同上
85%乳酸溶液	4.5	19—26	無	無	同上
草酸飽和溶液	4.5	19—26	無	無	同上
丙酮[$(CH_3)_2CO$]	4.5	19—26	無	無	同上
氯化鈉飽和溶液(NaCl)	3	100	無	無	良好
氯化鉀飽和溶液(KCl)	3	94	無	無	同上
鉬酸鈉飽和溶液($Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$)	3	97	無	無	同上
硝酸銀50克溶于100毫升水中	3	102	無	無	同上
草酸飽和溶液	3	96	0.03	2.5187	同上
濃磷酸(H_3PO_4)	3	145	0.014	1.1869	同上
鉻鉍的溶液 CrO_3 于稀硫酸 H_2SO_4 中	3	98	0.007	0.5994	同上

續表 3

腐 蝕 介 質	試驗 時間 (月)	溫度 (°C)	每月內 重量損 失 (%)	腐蝕深度 (每年) (厘米 $\times 10^{-5}$)	抗蝕 性
硫酸鈉(Na_2SO_4) 飽和溶液	3	101	0.007 重量 增加	稍發暗	同上
濃硫酸(H_2SO_4)	3	147	0.018	1.0790	同上
同 上	1	175	0.324	3.436	好
同 上	1	200	3.7	392.4	尚可
同 上	6小時	250	71.2	719.3	不好
50%苛性鈉(NaOH)溶液	2	100	1.13*	97.10	尚可
50%苛性鉀(KOH)溶液	2	100	0.01	0.8631**	好
40%苛性鈉溶液	2日	110	完全	腐蝕	
40%苛性鉀溶液	2日	110	完全	腐蝕	

* 松散的復蓋層。 ** 形成保護性復蓋層。

二、鉍 的 應 用

1. 鉍在电工方面的应用[5]：鉍絲曾經用作照明灯泡中的熾熱絲，后来（大約在1909年）熔点更高的鎢絲便在这方面代替了鉍。目前鉍在电工方面的重要用途之一是作为雷达裝置中強力真空管的結構材料。在化工方面也大量需求鉍，电子管工業是鉍的主要消費部門。第一支鉍極电子管于1927年制成。以后，鉍的应用范围迅速扩展，现在几乎所有电子管制造厂都利用鉍。

鉍作为电子管中的柵極和陽極，鉍的高塑性便于加工成复杂形狀，高抗蝕性便于在焊接后用沸王水清洗。鉍的高熔点和低蒸气压使它有可能作为高溫除气剂。鉍与鉍、鎢比較，当加热超过

其再結晶溫度時，鋇不變脆。當在真空管上使用時，鋇可吸收管中其他部件放出之氣體。這種吸氣性質在 700°C 至 1200°C 間最為有效。鋇不僅可作為吸氣劑，吸收有害氣體，同時，在某些型式的真空管中，當需要特地引入控制氣體時，鋇還能維持這些氣體必要的壓力。

經過陽極化處理後，鋇能形成穩定的氧化膜。由於這層氧化膜的存在，在電解質中通電時，電流只能從電解質流向鋇極，而反方向電流不能通過。因此，可用鋇製造電解質整流器（其中用鋇與鉛作為電極）。這種整流器工作時有自動形成堅固的整流膜的能力，因而是很可靠的。但是當真空管及干式整流器發明後，鋇——鉛電解質整流器就很少採用了。由於鋇——鉛電極有較大的可靠性，在鐵路信號裝置中的電池充電時仍然可以採用它。

在電話工業上曾經採用過鋇電解質電容器，最近幾年來，由於無線電通訊及雷達裝置中要求小體積的電容器，使鋇在這方面的應用又大大發展起來。

鋇能形成薄而穩定的氧化膜，此氧化膜介電常數為11.5，比氧化鋁膜的高50%，鋇又能抵抗酸性電解質的腐蝕，因此很適於製作電解質電容器。

鋇電容器有兩種結構形式：一種是由普通的鋇箔組成的，另一種使用有孔的燒結鋇極。鋇箔電容器的體積在電容量相等時（電壓100伏）只

有鋁箔電容器體積的 $1/7$ 。鋁箔電容器由兩個經陽極氧化處理的 0.127 毫米的鋁片組成，鋁片之間填有浸有電解質的絕緣材料。鋁箔電容器有很好的溫度系數並且非常穩定。

粉末燒結電容器與金屬箔電容器有很大區別，其陽極是由鋁粉壓制燒結而成的，燒結後的有孔鋁極有很大的表面，且此表面可生成氧化膜，因此可以大大縮減電容器之尺寸。鋁電容器之主要優點為：1. 介電膜很穩定，因此無論使用壽命或空置壽命均很長；2. 有很好的溫度系數，可以在 60°C 時使用；3. 電容量與體積之比很高。

鋁制的電壓緩衝器可以保護低電壓鐵路信號裝置，避免雷擊時電壓突增的危險。這種緩衝器（或保險器）為一有三個有孔鋁極的電池，其中一個電極接地，另外兩個電極與信號線路連接。當電壓突增時，鋁氧化膜被击穿，電流可流到地面，一直到電壓恢復正常為止。由於鋁可以自動恢復其緩衝能力，所以工作時可以經受無數次的電沖擊。

2. 鋁在化工方面的應用[2]~[4]：較早時期，電真空工業是鋁的主要消費者，近來，在生產化工設備，特別是生產強烈腐蝕劑作用下的化工設備方面，鋁獲得了重要的應用。

雖然在工業上，鋁早已為人們所知道，但直到現在它仍屬於新的金屬。鋁的大規模生產約始於1923年，從1923年到1930年鋁的銷售量逐年有所增長，而自1939年起增長得特別迅速，從1939

年到1952年实际增長1000%以上，其增長的主要原因是在化工方面的广泛应用。例如到1948年，鉍在化工設備方面的运用已經开始超过其在电工方面的运用。現在，鉍的主要用途是在化工方面作为結構材料。

鉍所以在化工技术方面应用，主要的是由于它的抗蝕性。除氫氟酸以外，对于大多数腐蝕性試剂而言，鉍是最抗腐蝕的金屬。其化学稳定性和玻璃相似，凡是可以在玻璃器皿中进行的过程均可以在鉍制器皿中进行，在化学實驗室中鉍可以代替玻璃、瓷器，甚至可以代替鉑作各种杯、皿、勺、棒、漏斗、过滤器、攪拌器等。鉍与玻璃、瓷器等材料之間的不同点是它除了極高的抗蝕性外，还同时具有極高的导热性及机械性質，这就使得它有时成为不可代替的化工材料。对于任何成份的王水鉍均極其穩定。因此在不能使用金、銀及其它金屬的情况下，便可使用鉍。鉍制器皿在水溶液及在王水中蒸煮时均比鉑穩定。进行电化分析时可用鉍作陰極，在其上可以析出不与其形成合金的金屬（如鋅），还可在它的表面上沉积鉑与金，鉑与金随后可溶于王水中。鉍也可用作分析天平的法碼，20多年前德国便使用了鉍法碼。

由于鉍有高的导热性，鉍經常用于各种类型的热交换器中，在这方面曾作过極大努力，例如用鉍作的最大的热交换器，由174根長1.5米的管子作成，总的热交換面积为 17.42米^2 ，这种热交

换热器于1942年已经装置在生产盐酸的大型工厂中（当时美国将近80%的制酸厂都装有钽制设备）。在这种装置中，成功地利用了钽的高机械强度，化学稳定性和极好的导热性。

表4[2]列出了钽在化学工业中的各种用途。

钽在化学工业中的应用 表4

工业产品	钽制设备	生产作业
溴	分馏时的加热器与 冷凝器	由不纯之氯溴混合物中获得 纯溴
盐酸	同上	由不纯原料中蒸馏化学纯氯 化氢
硝酸	同上	由不纯原料中蒸馏化学纯产 品
电镀	加热器	电镀池中含有盐酸与硫酸混 合物
过氧化氢	蒸馏器中之加热元 件	蒸馏过氧化氢
石油生产	冷凝器 热交换器 加热器	获得溴化乙稀 获得氯化苯 硫酸的再生

钽制的设备的主要缺点是价钱高昂，例如在美国，制造热交换器时，每1米²热交换面积需花费1290~2370美元。但是钽不能与镍、铝、不锈钢、黄铜相比，因为钽是在上述抗蚀材料不能使用的场合下才使用的。

与铅相比较（铅通常用于耐酸设备中），由钽作的薄壁加热器和蒸汽蛇形管有一系列的优点，它可以抵抗高的蒸汽压力，因为钽不会被腐