

鉛電解精煉工教材

沈阳有色冶炼技工学校 編著

冶金工業出版社

鉛電解精煉工教材

沈陽有色冶煉技工學校 編著

冶金工業出版社

鉛電解精煉工教材

沈陽有色冶煉技工學校 編著

編輯：曹桂芝

設計：周 廣、童胞菴

校對：詹家秋

1959年2月第一版 1959年2月北京第一次印刷2,000冊

787×1092· $1/32$ 50,000字·印張 $1\frac{26}{32}$ ·定價0.18元

國家統計局印刷廠印

新華書店發行

書號1341

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版營業許可証出字第093號

出版者的話

党中央提出技术革命和文化革命的号召以后，广大工人群众中掀起了学习技术的热潮。各地陆续兴办的大量中小型冶金企业培训技术工人，以及这些企业的领导干部和业务人员，也迫切要求学习技术知识。为了满足这些需要，本社出版了这套冶金工人技术丛书。

我们在编辑这套丛书时，力求文字通俗，容易理解，尽量使具有高小程度的工人都能看懂，工人技术学校或培训班可以用来做为教材，未参加技术学校学习的工人和冶金工业中的工作人员也可以用来自学。希望阅读本套的同志们多提意见，以便在试用一些时间后再版时加以修改。

书中详细地叙述了铅电解过程的基本知识和操作方法，对有关电解作业的电工基本知识还可参阅本社出版的“铜电解精炼工教材”一册。

本书是由沈阳有色冶炼技工学校教师李振兴同志编写的。

序 言

随着我国国民经济的大发展，炼铅工业的规模也日益扩大，大力培养和提高技术工人，对满足冶金企业的需要，有很大意义。

本书初稿是根据原重工业部教育司制定的技工学校电解铅专业教学大纲编写的。经过几年试用后，最近又根据所收集到的意见，对初稿作了一些修改而编写成此书。

本书内容主要为铅电解过程的理论与操作方法。教材内容具有下述三个特点：

1. 生产设备是根据国内工厂情况叙述的；
2. 书中列举的有关技术数据系摘自国外文献；
3. 计算题是根据工厂生产过程编写的，较为切合实际。

编者自知书中不无缺点，因此希望读者多提出意见和建议。

编 者

統一書號：15062·1341

定 价：0.18 元

目 录

第一章 概論	1
§ 1 鉛的物理性質	1
§ 2 鉛的化学性質	1
§ 3 鉛对于我国发展国民經济的意义	2
第二章 鉛电解精炼的理論	4
§ 4 鉛电解的发展簡史	4
§ 5 鉛电解的基本原理	4
§ 6 鉛电解的电极电位	6
§ 7 鉛电解时各种雜質的动态	7
第三章 阳极鑄型、阴极制造和电鉛鑄錠	9
§ 8 阳极鑄型的目的	9
§ 9 熔鉛鍋的设备	10
§ 10 鑄型操作过程	10
§ 11 阴极制造	14
§ 12 电鉛鑄錠	16
第四章 电解液的配制及其成分的选择	18
§ 13 氟硅酸的制造	18
§ 14 氟硅酸鉛的制造	22
§ 15 电解液成分的选择	25
§ 16 电解液的温度	29
§ 17 电解液的循环速度	30

§ 18	添加剂	31
第五章	电解槽设备、阴极和阳极寿命	32
§ 19	电解槽设备	32
§ 20	阴极和阳极寿命	32
§ 21	出装槽操作	33
第六章	电流密度、电流效率和电能消耗	35
§ 22	电流密度	35
§ 23	电流效率	37
§ 24	电能消耗	40
第七章	阳极泥及其处理	44
§ 25	阳极泥	44
第八章	电极排列	45
§ 26	导电线路	45
§ 27	电极連結	45
第九章	反射炉熔炼	47
§ 28	熔炼过程	47
第十章	技术经济指标和車間劳动組織	49
§ 29	技术经济指标	49
§ 30	劳动組織和技术安全	50
§ 31	改进的方向	50
第十一章	冶金計算	51
§ 32	补充例題	51

第一章 概 論

§ 1 鉛的物理性質

鉛是一種灰白色富有光澤的金屬。鉛很柔軟，用指甲可以画出痕跡。它的抗張強度很小，為1.7公斤/平方厘米。展性和延性很大。固態鉛的比重為11.35。

鉛的熔點為 327.4°C ，沸點為 1525°C 。熔融的鉛熱到 $500-520^{\circ}\text{C}$ 時，幾乎不發生揮發作用；在 625°C 稍微揮發但在 $850-900^{\circ}\text{C}$ 揮發性能表現得特別顯著。

鉛的導熱性極低，相當於銀的7.5%，導電性也很低。僅為銀的7.77%。

氧、二氧化硫、氫、氮、碳氫化物，一氧化碳、二氧化碳等氣體，在固態和液態鉛中都不能溶解。

§ 2 鉛的化學性質

在絕對乾燥的空氣中，或在不含空氣的水中，鉛不發生任何變化。當其熔化並有空氣存在時，便形成氧化亞鉛 Pb_2O 薄膜復蓋於其表面。此 Pb_2O 逐次變為 PbO 。當繼續加熱到 $400-450^{\circ}\text{C}$ 時， PbO 變為 Pb_3O_4 ，俗名鉛丹。鉛丹則於 550°C 離解成氧化鉛和 O_2 。在潮濕空氣的影響下，鉛的表面發生氧化，形成氫氧化鉛 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 薄膜。當有三氧化硫和二氧化碳存在時，乃生成不溶於水的硫酸鉛和碳酸鉛，可以防止鉛的腐蝕。

硝酸是鉛的良好溶劑。稀硝酸比濃硝酸的作用更為迅

速。

在常温下，硫酸与盐酸对铅几乎不发生作用，因为它生成的硫酸铅膜和氯化铅膜 $PbCl_2$ 会防止铅的溶解。在 $200^{\circ}C$ 时纯铅可为浓盐酸和浓硫酸腐蚀； $260^{\circ}C$ 时铅乃完全反应。氢氟酸能对铅发生强烈的作用。

§ 3 铅对于我国发展国民经济的意义

随着我国经济建设的增长，铅的需要量也不断地日益激增。铅在工业和技术上得到广泛的应用，是因为它具有良好的抗酸、抗碱腐蚀作用的性能，故用于制造化工设备的种种结构与保护层。

制成的铅板和铅管，用来制造硫酸铅室和有色金属电解槽的内衬铅皮。铅管可用作输送具有腐蚀性的液体。由于铅具有展性和柔韧性，故常用铅皮来被复各种易受腐蚀的铁、铜及其它金属的部件。铅还能可靠地防止电缆不受水与空气的侵蚀。

随着汽车、潜水艇和飞机制造工业的飞跃发展，以及无线电和电话工业的用途日益激增，都要求蓄电池的生产量不断地增加。而蓄电池是铅与氧化铅的最大用户。

铅能与许多金属组成合金。这些合金对于实际应用具有巨大的意义：

活字金：含铅72—93%；锡3—10%；锑4—18%。这是通常作为铅板用的合金。

巴比合金：含铅70—75%；锑13—16%；锡5—10%及铜1.5—3%。可作屋顶、污水槽及水槽用，并用来制造轴承。

含錫12%的鉛合金可制成榴霰彈。彈丸則用含砷10%的鉛做成的。

易熔的鉛焊條含有不同的鉛、錫成分，用以焊接物體。

鉛能吸收放射性射綫，故用于X光工業與原子核工業上。

鉛的許多化合物也廣泛地應用在各種工業上：在橡膠工業進行硫化作用時及石油精煉時，都須用密陀僧 PbO 作促進劑，並且許多琺瑯質的也含有密陀僧的成分。

鉛丹 Pb_3O_4 呈紅色，在玻璃工業和陶瓷工業上以及自來水管接連時，被用來塗染鐵件部分，以防腐蝕。

醋酸鉛可用于醫葯上，并作紡織工業上的媒染劑。

鉻酸鉛可作顏料（鉻黃）。

總之，根據統計數字：有30%以上的鉛用于製造蓄電池；15%用于電纜生產；10%製造鉛焊條；5—7%製造鉛丹等；約有30%用在鉛板和各種合金上。

第二章 鉛電解精煉的理論

§ 4 鉛電解的發展簡史

為了獲得高品位的鉛，并同时回收有價金屬金銀等物質，而進行電解精煉。選擇適當地強酸電解質，是降低電能消耗和獲得較高的電流效率的有利保證。

鉛鹽的種類很多，但可用做電解質的確很少。硫酸鉛和氯化鉛的溶解度過小。使用硝酸鉛時， NO_3^- 能在陰極上還原為亞硝酸根 NO_2^- ，且析出粗松的針狀結晶。曾用醋酸鉛做過實驗，結果，沉積於陰極板上的電解鉛，常呈疏松海綿狀態存在，且容易脫落，難於處理。後來採用硼氟氫鉛 $\text{Pb}(\text{BF}_4)_2$ 作電解質，它的制取方法很簡單，但成本太高。1896年白茲發現硅氟氫鉛 PbSiF_6 作電解質，制取過程雖複雜，但成本低廉，並且易溶於水，其導電率較強。故近年來各國鉛電解工廠多採用之。

§ 5 鉛電解的基本原理

鉛電解精煉的目的，在於得到純淨的高品位電解鉛，並且順便回收陽極泥中的貴金屬金銀等伴產物。鉛電解生產流程如下：

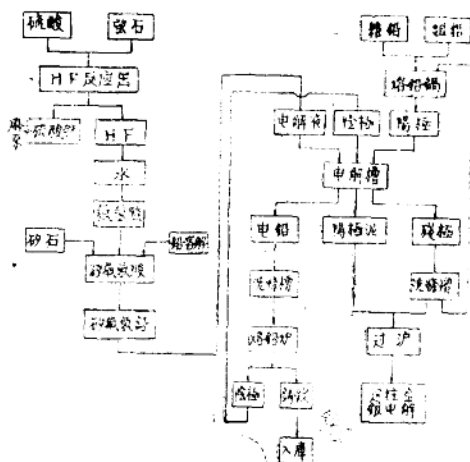
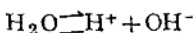
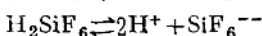
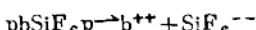


圖 1

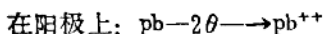
电解槽中注入适当的酸性硅氟酸铅的水溶液，正常的电解质中含pb为80—120克/升，游离 H_2SiF_6 的量为90—120克/升。其中有部分离解为离子状态存在：



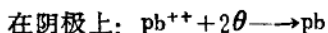
根据电化学理论，在阳极上首先放电的，应该是负电性较大的离子，如 Zn、Fe、Sn 等；反之在阴极上放电的应该是正电性较大的离子，如 As、Sb、Cu 等。粗铅含杂质量毕竟是不多的。因此，转移到溶液中的杂质浓度比铅离子浓度少得多。从而这些杂质变得更为负电性了。

当电解精炼时，比铅负电性的离子移入电解液中；比铅正电性的离子沉淀于槽底。随着电解时阳极铅不断地溶解，

而将离子放出；結果阳极表面上的一些鉛原子，因为既失去了电子，便移入溶液中形成了离子。当 SiF_6^{--} 离子移向阳极而与这些 pb^{++} 离子接触形成了 pbSiF_6 ，更因离解而成离子状态：



溶液中 pb^{++} 移向阴极吸上电荷而沉积于阴极板上生成金屬鉛。



当电解液成分及电解条件正常时， OH^- 离子和 SiF_6^{--} 离子在阳极上是不会发生放电反应的。同样道理，氢离子 H^+ 在阴极上，不可能发生比較負电性的氢离子放电。

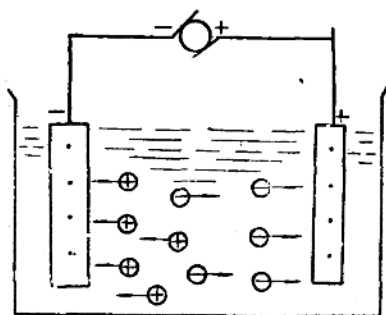


圖 2 鉛电解作用示意圖

• 表示电子；⊕表示陽离子；⊖表示陰离子

§ 6 鉛电解的电极电位

白茲曾經測定硅氢氟酸电解液所产生的电动势的数值，如下列所示：

表 1

金屬在硅氫氟酸溶液中的电动势 (伏特)

元 素	电动势 (伏特)	元 素	电动势 (伏特)
Zn	-0.52	Sb	+0.44
Cd	-0.18	Bi	+0.48
Fe	-0.09	Cu	+0.52
Sn	-0.01	Ag	+0.97
Pb	+0.01	Au	+0.98
As	+0.04		

§ 7 鉛电解时各种杂質的动态

在阳极鉛中含有0.7—1.5%的杂質。阳极鉛中的各杂質在电解时的动态，依他們在电动势上的位置以及他們在电解質中的溶解度为轉移。随着杂質的不同作用，可分为下列三种类型：

(1) 第一类杂質的影响 阳极含有Zn、Cd、Fe、Ni、Co等杂質，較Pb电位低，易溶于电解液中，使电解液漸次稠密，呈机械作用而附着于阴极上，致使阴极沉积物的質量恶化；

(2) 第二类杂質的影响 最坏的杂質便是錫^{Sn}，它的电动势与鉛相接近。有与鉛一道溶解而沉积于阴极上的。因此，在电解精炼前，必須尽量把它除去。

(3) 第三类杂質的影响 属于这种类型的杂質，如As、Sb、Bi、Cu、Ag、Au等，較Pb电位高，除非含量特別多时，不会析出于阴极上。

当电解进行时，这类杂质，常呈泥状附着于阳极板面上，聚集成为阳极泥层。此层含有海绵状的阳极泥约占全量的1.5—1.75%。当阳极内含Sb量不超过0.8%时，它具有紧固的性能，使阳极泥密切结合而不分离。因此，阴极质量不会受到影响。

阳极含铜量超过共晶成分的0.06%，则过剩的铜便会在阳极表面上构成坚硬的固溶体，阻碍阳极溶解，导致槽电压升高，便引起杂质加剧向阴极移动。

第三章 陽極鑄型、陰極製造 和電鉛鑄錠

§ 8 陽極鑄型的目的

鼓風爐產出的粗鉛，除含有96—97.5%的鉛外，還含有2.5—4%的其他雜質，如表2所示。

粗鉛成分(%)

表2

成分 種類	元素	Pb	Cu	Bi	As	Sb	Sn
粗鉛		97.5	0.18	0.0018	0.020	0.26	0.0178
雜質		92	1.87	0.0227	0.056	1.06	0.0635

成分 種類	元素	Fe	Zn	S	SiO ₂	Ag	Au
粗鉛		0.0022	0.0014	0.025	0.045	1.8	10克/噸
雜質		0.0075	0.0014	4.65	0.032	—	—

如所周知，進行電解精煉時，這些雜質在溶解後，有的與鉛一道沉澱析出；也有的不被溶解而保留在陽極泥層中。為了提高陽極品位，在鑄型工藝過程中，再順便進行一次精煉，盡量清除其中所含有的一部分雜質，是會有助於電解精煉的。陽極鑄型的目的有着雙重意義：除掉粗鉛中含有的一部分雜質，使其含量達到最低限度；借以提高陽極含鉛品