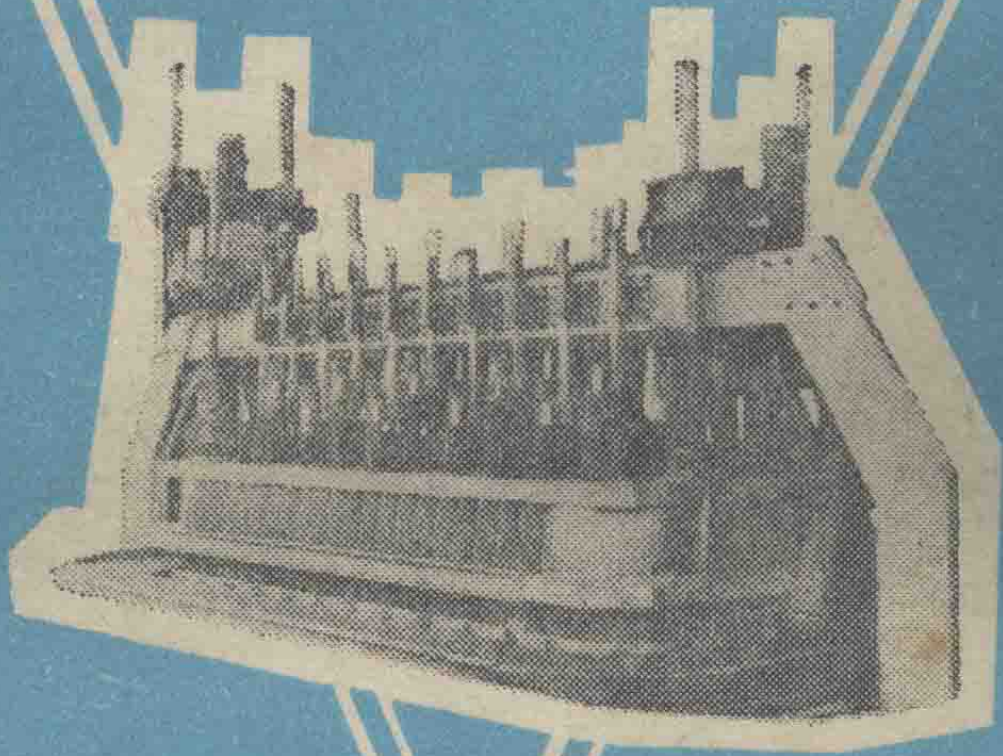


鋁電解生產



青銅峽鋁廠

前 言

在毛主席革命路线指引下，在批林批孔运动的推动下，我国铝工业战线出现了蓬勃发展的大好形势。遵照伟大领袖毛主席“**备战、备荒、为人民**”和“**要认真总结经验**”的教导，为满足广大职工迫切要求掌握炼铝知识，提高企业管理和生产技术水平，多出铝、出好铝，为中国革命和世界革命作出较大的贡献。我们在总结几年来本厂和兄弟铝厂上插槽生产经验的基础上并参考了有关资料，试编了这本《铝电解生产》工人读物，供我厂工人、技术人员和领导干部同志在工作中参考。

本书主要是给具有初中文化程度的工人学习用的。书中介绍了必要的理化基本知识和铝电解生产的基本知识，着重以上插槽为主介绍了铝电解槽的结构安装，电解槽的焙烧启动，电解和阳极生产操作经验，电解槽的破损与维护，铝锭的铸造，烟气净化回收和电解车间的安全技术等。为了加强企业管理，结合铝电解有关理论，对铝电解生产主要技术经济指标进行了讨论。书中还简述了阳极糊生产和整流所供电的基本知识。此外，为了工作方便，在附录中还列举了常用数据和有关参考资料。在编写过程中，除了在内容上以我厂生产实践为主外，并适当地归纳了国内外铝厂有关的新技术、新成就。在写法上力求做到深入浅出，通俗易懂。

本书是集体编写的。执笔的有：周良杰、吴凤学、康义、

康玉顺、孙咸良、郎大展、王和、张革、王庆生、何海丰、刘少双、乔长仁、于强、金建喜等。初稿写完后，并广泛征求了老工人、技术人员的意见。最后，由徐树田、周良杰、康义同志进行了审查修改，负责汇编。

在编写过程中，得到了广大工人、干部和技术人员的热情关怀和帮助。他们给提供了许多宝贵意见和资料。另外，在本书抄写描图和印刷过程中，王玉川、杨火明、王学宪、张文载等同志作了大量的具体工作，在此一并表示衷心的感谢！

由于我们读马列的书和毛主席著作不够，政策和技术水平有限，编写时间较短，对兄弟铝厂不断涌现的技术革新成果和先进经验缺乏了解。因此，本书中错误缺点之处，在所难免。我们衷心地希望全厂职工提出批评指正。

青铜峡铝厂《铝电解生产》编写组

一九七三年十月

目 录

第一章	铝电解生产概述	
第一节	铝的性质和用途	(2)
§1	铝的主要性能	(2)
§2	铝的主要用途	(3)
第二节	电解铝生产过程简述	(4)
第三节	电解所用原材料及其要求	(6)
§1	氧化铝	(6)
§2	氟化盐	(8)
§3	阳极糊	(11)
第四节	电解车间的概况	(12)
第二章	铝电解生产的基本理论知识	
第一节	电学及电化学基本知识	(17)
§1	电学的基本知识	(17)
1.	电流	(17)
2.	电流测量单位	(18)
3.	欧姆定律	(20)
4.	电路的联结方法	(21)
5.	焦耳——楞次定律	(22)
§2	电化学的基本知识	(23)
1.	两类导体	(23)
2.	电位顺序	(24)

第二节	电解质的性质·····	(26)
§1	电解质的熔点·····	(27)
§2	电解质的比重·····	(28)
§3	电解质的导电度·····	(29)
§4	表面张力·····	(30)
§5	氧化铝在电解质中的熔解度·····	(32)
§6	几种添加剂的作用·····	(32)
第三节	铝电解过程的两极反应·····	(33)
§1	阴极反应·····	(33)
§2	阳极反应·····	(34)
第四节	铝电解过程的两极副反应·····	(35)
§1	阳极副反应·····	(35)
1.	阳极效应·····	(35)
2.	阳极气体成份及其变化·····	(37)
§2	阴极副反应·····	(39)
第五节	电解质中氧化铝的分解电压·····	(39)
第三章	铝电解槽结构与安装	
第一节	铝电解槽的发展概况·····	(41)
第二节	铝电解槽结构·····	(43)
§1	上插槽结构简述·····	(46)
§2	阳极装置·····	(46)
§3	槽体结构·····	(53)
§4	母线装置·····	(56)
§5	电解槽各部位电气绝缘·····	(59)
第三节	电解槽的安装·····	(60)
§1	电解槽的筑炉·····	(60)
§2	电解槽阳极提升系统的安装·····	(67)

第四章	电解槽的焙烧与开动	
第一节	电解槽的焙烧·····	(70)
§1	阳极铸型·····	(72)
§2	新系列电解槽的焙烧·····	(74)
§3	单槽焙烧·····	(82)
第二节	电解槽的开动·····	(83)
§1	开动初期·····	(83)
1.	效应开动·····	(84)
2.	无效应开动·····	(85)
3.	干法开动·····	(86)
4.	大修理、小修理和更换阳极 的电解槽开动方法·····	(86)
§2	开动后期的管理·····	(87)
第五章	铝电解槽的正常生产	
第一节	电解槽正常生产的技术条件·····	(92)
§1	电解温度·····	(92)
§2	电解质成份·····	(93)
§3	金属水平和电解质水平·····	(95)
§4	极距·····	(96)
§5	槽工作电压·····	(96)
§6	槽膛内型·····	(97)
第二节	电解槽的正常操作·····	(98)
§1	电解槽加工·····	(98)
§2	出铝·····	(104)
§3	电解质成份的检查与调整·····	(107)
第三节	病槽及事故处理·····	(111)
§1	病槽及其处理·····	(111)

	1.冷槽	(111)
	2.热槽	(112)
	3.压槽	(115)
	4.电解质含炭和生成炭化铝	(116)
§2	事故及其处理	(118)
	1.漏槽	(118)
	2.阴极母线熔断	(119)
	3.“不灭效应”	(120)
第四节	电解槽正常生产技术条件的测量	(122)
第六章	上插槽阳极工艺	
第一节	上插槽阳极工艺特点	(127)
第二节	上插槽阳极工艺技术条件	(130)
§1	阳极高度(通常称阳极总高)	(130)
§2	阳极中心液糊高度	(131)
§3	最低阳极棒尖到阳极底掌的距离	(132)
§4	层间距与阳极棒提升高度	(133)
第三节	阳极操作	(134)
§1	加糊	(134)
§2	抬母线	(136)
§3	拔插棒	(139)
第四节	上插槽阳极病态及处理	(145)
§1	阳极漏糊	(145)
§2	阳极冒顶	(146)
§3	阳极长包	(148)
§4	阳极氧化	(149)
§5	阳极水平断层	(149)
§6	阳极与框套粘连	(150)

§7	阳极纵向位移	(151)
§8	阳极渗油	(152)
§9	阳极脱落	(152)
第五节	上插槽阳极电热特性	(153)
§1	阳极电流密度	(153)
§2	阳极电压降	(154)
§3	上插槽阳极的电流分布	(155)
§4	阳极工作的热态条件	(158)
第六节	阳极工艺参数测量方法	(162)
§1	阳极总高、最低层棒尖至底掌 距离和中心液糊高度的测量方法	(162)
§2	电流分布、铝钢焊接点电压降和铝—钢 压接点电压降的测量	(163)
§3	阳极电压降的测量	(165)
第七章	电解槽的破损与维护修理	
第一节	电解槽的破损形式及其原因	(167)
§1	电解槽的变形	(167)
§2	槽体上抬	(168)
§3	阴极钢棒的熔化	(170)
§4	漏炉	(172)
§5	沿板上翘	(173)
第二节	怎样延长电解槽使用寿命	(173)
第三节	破损电解槽的检查、维护和修理	(175)
§1	破损槽的检查	(175)
§2	破损后电解槽的维护和修理	(176)
第八章	原铝的铸锭	
第一节	概述	(180)

第二节	原铝的配料	(181)
第三节	普通铝锭的浇铸过程	(183)
第四节	普通铝铸的浇铸机械与联动线简介	(188)
§1	连续铸造机	(188)
§2	普通铝锭铸造联动线	(183)
第五节	原铝的氯化	(191)
第六节	拉丝铝锭的浇铸工艺	(194)
第七节	拉丝铝锭的缺陷	(197)
第八节	拉丝铝锭的检查	(199)
§1	生产过程的检查	(199)
§2	外表检查	(200)
§3	内部夹渣 (包括气孔、气泡) 检查	(201)
§4	铸锭的晶粒度检查	(202)
第九章	电解烟气净化与回收	
第一节	电解烟气净化回收意义	(203)
§1	铝电解工业烟害	(203)
§2	净化回收的意义	(205)
第二节	电解烟气净化回收过程	(206)
§1	净化回收生产简述	(206)
§2	净化回收原理	(208)
§3	净化回收生产过程	(211)
第十章	铝电解生产的主要技术经济指标	
第一节	工业总产值	(216)
§1	工业总产值的计算原则	(216)
§2	工业总产值的计算价格	(217)
§3	工业总产值的包括范围	(220)
§4	工业总产值计算公式	(221)

第二节	铝的产量	(221)
§1	法拉第定律	(222)
§2	铝的实际产量计算	(224)
§3	提高电解铝产量的途径	(225)
§4	造成电流低于 100% 的原因	(226)
§5	各种因素对电流效率的影响	(229)
第三节	铝的质量	(239)
§1	铝的质量指标	(239)
§2	铝中杂质来源	(239)
§3	电解铝质量的提高	(240)
第四节	原材料、电力消耗	(242)
§1	直流电单耗	(242)
§2	氧化铝单耗	(248)
§3	氟化盐单耗	(248)
§4	阳极糊单耗	(249)
第五节	劳动生产率	(250)
第六节	铝锭成本	(252)
§1	产品成本开支范围	(253)
§2	铝锭单位成本实例	(253)
§3	降低铝锭单位成本的途径	(255)
第七节	利润	(258)
附录	铝电解有关的其它几个指标的计算式	(260)
第十一章	电解车间的安全技术	
第一节	电解车间的安全技术特点	(263)
第二节	电解厂房一般安全技术规程	(264)
第十二章	铝电解硅整流直流供电	
第一节	硅整流器供电的优点	(266)

第二节	整流机组主电路	(267)
第三节	变压器概述	(268)
第四节	调压变压器	(272)
第五节	TSJZ 型调整变压器	(278)
第六节	整流变压器	(285)
第七节	ZSJK 型整流变压器的改结线	(299)
第八节	硅整流器	(305)
第九节	硅整流装置的效率和直流计量	(326)
第十节	直流电压调整	(338)
第十三章	阳极糊生产	
第一节	概述	(341)
第二节	阳极糊生产的主要原料	(342)
第三节	对阳极糊、底糊的要求	(343)
第四节	炭素制品生产流程	(345)
第五节	煅烧	(350)
第六节	配料	(355)
第七节	混捏	(359)

附 录

附录一	电流强度、电流效率与槽昼夜产量 对照表(附表1)	(362)
附录二	世界各国原铝产量(附表2)	(364)
附录三	常用单位及其换算	(366)
§1	长度单位及其换算.....	(366)
(1)	公制长度单位表(附表3)	(366)
(2)	市制长度单位表(附表4)	(366)
(3)	常用英制长度单位表(附表5)	(367)
(4)	主要长度单位换算表(附表6)	(367)
§2	面积单位及其换算.....	(368)
(1)	常用公制面积单位表(附表7)	(368)
(2)	常用市制面积单位表(附表8)	(368)
(3)	常用英制面积单位表(附表9)	(368)
(4)	主要面积单位换算表(附表10)	(369)
§3	容量单位及其换算.....	(370)
(1)	公制容量单位表(附表11)	(370)
(2)	市制容量单位表(附表12)	(370)
(3)	常用英制容量单位表(附表13)	(370)
(4)	主要体积单位换算表(附表14)	(371)
§4	重量单位及其换算.....	(372)
(1)	公制重量单位表(附表15)	(372)

(2) 市制重量单位表(附表16)	(372)
(3) 常用英制重量单位表(附表17)	(372)
(4) 重量单位换算表(附表18)	(373)
(5) 磅与公斤对照表(附表19)	(373)
(6) 公斤与磅对照表(附表20)	(375)
§5 单位体积的重量换算表(附表21)	(377)
§6 压力或压强单位换算表(附表22)	(378)
§7 功率单位换算表(附表23)	(379)
§8 热及能量单位换算表(附表24)	(380)
§9 功单位换算表(附表25)	(381)
§10 速度单位换算表(附表26)	(381)
§11 温标单位换算表(附表27)	(382)
§12 流量单位换算表(附表28)	(383)
§13 粘度单位换算表	(384)
(1) 运动粘度单位换算表(附表29)	(384)
(2) 动力粘度单位换算表(附表30)	(385)
(3) 粘滞系数(又称内摩擦系数)换算表 (附表31)	(386)
§14 传热及给热系数换算表(附表32)	(386)
§15 常用热工计量单位换算表(附表33)	(387)
附录四 常用数值及公式	(388)
§1 常用面积计算公式表(附表31)	(388)
§2 常用体积和表面积计算公式表 (附表35)	(394)
§3 各种型材理论重量的计算方法	(399)
(1) 基本公式	(399)
(2) 钢材断面积的计算公式表(附表36)	(399)

§4	主要角三角函数 (附表37)	(401)
§5	几种主要纯金属及非金属的性能参考表 (附表38)	(402)
§6	常用材料比重参考表 (附表39)	(404)
§7	常用材料的容量、导热系数、热容量 (附表40)	(409)
§8	有色金属性能数据一览表 (附表41)	(414)
§9	某些冶金原材料的堆比重 (附表42)	(426)
附录五	铝电解槽和铝混合炉的主要砌筑材 料需要量	(427)
§1	铝电解槽的主要砌筑材料和辅助材料需要量 (附表43)	(427)
§2	铝混合炉基本尺寸表 (附表44)	(430)
§3	铝混合炉耐火材料及隔热材料需要量 (附表45)	(431)

第一章 铝电解生产概述

铝属于有色金属的一种。在元素周期表85种金属元素中，除了铁、锰、铬属于黑色金属外，其余都是有色金属。有色金属通常分为：贵金属如金、银、铂等；稀有金属（包括稀土金属）如钽、铌、钨、钼等；半金属如硅、硒、碲等；重金属如铜、铅、锌等以及轻金属如铝，镁等。

毛主席教导我们：“人类的历史，就是一个不断地从必然王国向自由王国发展的历史。”铝是劳动人民同大自然作斗争中发现的一种轻金属，它是地壳中主要元素之一，在自然界中以铝化合物状态存在分布很广，其含量仅次于氧（49.1%）和硅（26%）而居第三位，约占地壳重量的7.45%，比铁的埋藏量几乎多一倍，几乎占地壳全部金属含量的三分之一。因此，铝具有极为丰富的来源。

虽然在地壳中含有大量的铝，但由于铝和氧的亲合力很强，要想使它们分开相当困难，所以铝在工业上的应用较晚，至今只有八十多年的历史。金属铝是1825年在丹麦首次制得的，采用化学法制铝，就是用比铝化学活性更大的金属钠、钾、镁还原铝的化合物。但是由于当时这些金属价格昂贵，限制了铝的发展。到1888年研究出比较完善运用于工业规模生产的电解法，为铝工业的发展提供了有利的条件。到1910年电解理论出现后，铝的生产才逐步发展起来并应用于工业生产。例如1886年全世界产铝只有20吨左右，1927年已接近30万吨，到了1970年已超过1000万吨，已成为仅次于钢铁产量的金属。

第一节 铝的性质和用途

§1 铝的主要性能:

1. 铝是银白色的金属, 它的比重小, 只有2.7, 是铜的三分之一。

2. 延展性好, 适于各种加工方法, 特别是压力加工, 可以加工成厚度为0.00008mm的铝箔, 和一米长重为0.027克的电线。

3. 导电性和导热性好, 仅次于银、金、铜。是铜导电率的62~65%。

4. 耐腐蚀性好。铝易与空气中的氧反应, 很快生成一层致密的氧化膜保护层, 使其内部不再受氧化, 因此增强了铝的耐腐蚀性能。

铝的主要物理性质如下:

铝的主要物理性质

表 1—1

原子序数	13
原子价	3
原子量	~26.98
比重 (99.97% 固态 Al)	20°C ~2.7
(99.99 液态 Al)	1000°C ~2.3
熔点 (99.996% Al)	~660°C
沸点	2500°C
电阻系数 (99.5%)	20°C 0.029 $\Omega \text{mm}^2/\text{M}$
由液体变成固体时体积收缩率	6.6%

§2 铝的主要用途

1. 轻型结构材料:

铝及其合金，质轻，机械强度高，加工容易，所以已成为飞机、汽车、拖拉机、宇宙火箭，导弹及人造卫星制造中不可缺少的金属。特别是航空工业，一架超音速飞机约有70%的铝及其合金。导弹的用铝量达其总重量的10~50%。汽车和火车车厢及房屋建筑上也大量采用铝材。机动车以铝合金代替部分钢材制作机构，可使车重量减轻20%，燃料消耗减少8%，机械部件寿命延长15%。

2. 电气工业材料:

铝在工业上最大优点是它具有良好的导电性，因此铝在电气制造业中应用越来越广泛。铝的导电率随着其纯度而有所不同，它是铜的导电率的62~65%，但由于铝的重量只有铜重量的三分之一，所以按重量计算铝的导电率实际上超过铜（相当两倍以上）。此外，铝导线比较容易冷却，不易被电流烧坏，能支持更大电流等。因此，用铝作电缆、电线比铜导线更为经济。现在许多部门广泛用铝代替铜。

3. 耐腐蚀材料:

由于铝和氧有很大的亲和力，因而铝在空气中失去光泽，在表面披上一层薄而致密的氧化铝薄膜，厚度为0.0002mm，这一薄层保护了铝不致于进一步氧化，因而使铝具有很大的耐腐蚀的性能。由于铝有这种特性，在化工工业中常用铝及铝合金来制造与腐蚀性介质接触的管道和设备。船舶建造中也大量使用铝，国外也有“全铝”型潜艇，可潜至1910米深度。

4. 其它方面:

铝的导热性非常好，几乎比铁的导热率大三倍。所以工业上许多热交换器，散热材料都是用铝做的。许多家庭使用的食