



Σe

建筑铝型材的 阳极氧化和电解着色

暨调和 曾凌三 张国芝编著



华南科学技术出版社

建筑铝型材的 阳极氧化和电解着色

暨调和 曾凌三 张国芝编著
湖南科学技术出版社



湘新登字004号

建筑铝型材的阳极氧化和电解着色

暨河和 曾凌三 张国艺 编著

责任编辑：罗盛祖

*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路3号)

湖南省新华书店经销

邵阳市美术印刷厂印刷

(印装质量问题请直接与本厂联系)

*

1994年8月第1版第1次印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：12 插页：7 字数：316000

印数：1—2,000

ISBN 7—5357—1477—3

TQ·29 定价：19.50元

地科 147—91

本书简介

本书以建筑铝型材的氧化与着色为主要对象，以电解着色技术为重点，介绍了铝的性质和用途；各种前处理方法；铝阳极化理论和工艺；系统地介绍了电解着色理论、青铜色系、红色系、金黄色系、烟灰色系以及花样着色、仿木纹着色、光干涉着色、复合着色等工艺技术；铝氧化膜的封闭处理；对铝型材厂的生产线设计和产品质量管理亦作了适当的介绍。本书以作者科研和应用实践素材为基础，融汇了国内外最新科研成果。

本书以教科书形式编排，贯彻了理论联系实际的原则，对氧化着色基本规律作了较详细介绍，既有学术意义，又具实用价值；既可作从事铝表面处理的技术人员和工人，相关专业的大中专学生的教材或参考书，亦可作铝表面处理技术培训的教材。

前 言

在我国建筑铝型材业进入高速发展的今天，我们谨以此专著奉献给读者，以促进我国铝型材氧化着色技术向广度和深度进军。

自从本世纪五十年代铝压延和挤压技术的问世，为建筑行业提供了新型材料—铝型材，建筑业反过来又刺激了铝制品业的迅速发展。六十年代铝电解着色和电解整体着色的应用，使铝型材的氧化着色技术进入了新的高速发展时期，以铝建材为龙头，铝制品已达50万种以上，产量居有色金属之首，有“第二钢铁”之称。

我国铝表面氧化和着色技术发展均比国外晚20年，就建筑铝型材而言，1981年从国外引进第一条氧化着色生产线开始，据不完全统计，现共引进生产线150余条，加上国产生产线、总计已超过800余条。建筑铝型材生产厂家已达700余家。1992年铝型材产销量已达40万吨，占铝总产量的40%。预计到本世纪末将达到100万吨以上，制铝业将成为我国重要的产业之一。

我们从事铝型材氧化着色研究，添加剂生产和推广应用已达十年，研制出全套铝系列添加剂，生产效果良好，积累了较丰富的科研数据和生产经验，这是写本书的素材基础，我国还有许多单位也从事这些添加剂的开发，取得了丰硕的成果，生产实践证明，我国研制的添加剂对

槽液的稳定性及着色均匀性均达到进口产品水平，控制水平和药品消耗亦相当，成本则只有进口品的1/5—1/3，完全可以国产化，并已打入国际市场，这些成果丰富了本书的内容。本书具有如下特点：

①以用量最大的建筑铝型材的阳极化和电解着色为主要对象，以电解着色为重点，系统地介绍了电解着色理论，详述了青铜色系、金黄色系、红色系、烟灰色系以及花样着色、复合着色、光干涉着色、原色系着色等工艺技术，同时也适当兼顾了其它氧化着色方法。

②以我们自己的研究成果为基本素材，同时融汇了国内外最新科技成果。

③贯彻了理论联系实际的原则，既有一定的理论高度又紧密结合生产实际，以生产实际应用为主。

④本书按教科书形式编排，由浅入深，系统性强。可供从事铝表面处理的技术人员和工人，以及相关专业的中专学生参考，又可作铝表面处理技术培训的教材。

本书共分十三章，第二章由张国芝高工编写；第三、四章由曾凌三副教授编写，其余十章及附录由暨调和副教授编写，并负责全书的编审。由于时间仓促，疏漏均在所难免，敬请读者不吝指正。

编者

一九九三年四月三十日

目 录

第一章 铝及其合金表面处理概论	(1)
第一节 铝的性质和用途.....	(1)
第二节 铝及其合金的分类.....	(6)
第三节 铝和铝阳极化膜的腐蚀.....	(9)
第四节 铝及其合金表面处理概要	(13)
第二章 铝及其合金的前处理	(24)
第一节 机械法前处理	(24)
第二节 化学法前处理	(27)
第三节 化学抛光	(41)
第四节 电解抛光	(45)
第三章 铝及其合金的阳极氧化过程	(51)
第一节 概述	(51)
第二节 铝及其合金的阳极氧化机理	(53)
第三节 铝阳极氧化膜的性质与影响因素	(61)
第四章 铝及其合金阳极氧化工艺	(85)
第一节 硫酸阳极氧化工艺	(85)
第二节 草酸阳极氧化工艺.....	(106)
第三节 混合酸阳极氧化工艺.....	(116)
第四节 硬质阳极氧化工艺.....	(121)
第五节 硫酸交流电氧化工艺.....	(128)
第五章 化学着色和电解整体着色	(130)
第一节 铝氧化膜的化学着色法.....	(131)
第二节 铝及其合金电解整体着色法.....	(139)

第六章 铝阳极化膜电解着色原理	(145)
第一节 概论.....	(145)
第二节 电解着色原理.....	(153)
第三节 电解着色研究方法.....	(165)
第四节 影响电解着色的因素.....	(169)
第七章 青铜色系电解着色工艺	(184)
第一节 单锡盐电解着色工艺.....	(184)
第二节 单镍和单钴盐着色工艺.....	(194)
第三节 镍—锡混合盐着色工艺.....	(199)
第四节 其他混盐着色工艺.....	(216)
第八章 金黄色系电解着色工艺	(219)
第一节 银盐着金黄色系的工艺.....	(219)
第二节 锰盐着金黄色工艺.....	(224)
第三节 两种着色液和着色膜的性能.....	(230)
第四节 文献中推荐的着金黄色的配方.....	(235)
第九章 红色系的电解着色工艺	(237)
第一节 红色系着色工艺.....	(237)
第二节 红色系着色液和着色膜的性能.....	(243)
第三节 其他铜盐着色工艺.....	(247)
第十章 其他电解着色工艺	(249)
第一节 花样电解着色工艺.....	(249)
第二节 光干涉电解着色法.....	(257)
第三节 仿木纹着色法.....	(263)
第四节 复合着色工艺.....	(269)
第五节 原色系着色工艺.....	(272)
第六节 金杂色着色工艺.....	(277)
第七节 烟灰色系着色工艺.....	(282)
第八节 电解着色膜在机能方面的应用.....	(293)
第十一章 铝阳极化膜的封闭处理	(297)
第一节 概论.....	(297)

第二节	高温水化封闭工艺·····	(301)
第三节	常温封闭工艺·····	(307)
第四节	封闭膜质量检测·····	(319)
第十二章	铝阳极化和电解着色工程·····	(322)
第一节	铝阳极化和电解着色工程图解·····	(323)
第二节	铝氧化着色工厂的设计概要·····	(327)
第三节	车间设备概要·····	(334)
第四节	废水处理工程概要·····	(338)
第五节	引进线解析和与国内设计线对比·····	(342)
第六节	建筑铝材的技术质量管理·····	(346)
第十三章	铝阳极化膜的质量检测·····	(354)
第一节	概述·····	(354)
第二节	铝阳极化膜的质量检测·····	(356)
附 录	主要槽液的分析方法·····	(369)

第一章 铝及其合金表面处理概论

第一节 铝的性质和用途

一、铝业简史

铝是自然界分布最广的六大金属之一，占地壳总重量的 7.56%，比铁含量约多 2/3。由于从氧化物中还原金属铝十分困难，直到 1885 年才生产出第一批含有铁和铜的铝合金。

1825 年丹麦 H·C Oersted 用钠汞齐还原无水氯化铝成功地制出铝粉。两年后 F·Wohler 用钾代替钠汞齐制铝成功，他在 1827—1847 年间发现和列出铝的许多化学和物理性质。1850 年 Henri·Salnte-claire 和 Deville 等人用金属钠代替钾，以复氯化铝作原料，才使制铝工业生产初具规模，但铝的价格还比黄金高。

Robert, Bunsen 和 Deville 证明铝可以从它的矿石中用电解法制得，从而使制铝技术迈上了新台阶。1885 年美国 Cowle 兄弟首次用电解法生产出含铜和铁的铝合金，从此开始了电解制铝的历史。1886 年美国 C·M·Hall 和法国的 P·Herouit 发明了从氟化铝和熔融冰晶石 ($AlF_3 \cdot 3NaF$) 中电解铝，并申请了专利，这是当今电解制铝技术的鼻祖。

由于铝具有许多优良性质，用途十分广泛，故发展异常迅速，特别是二次世界大战之后压延和挤压机械的出现，建筑、交通、日用品上的广泛应用，更刺激了铝业的飞速发展。

进入九十年代时世界铝总量约为 2000 万吨，占有色金属总产量的 40% 以上，铝制品达 50 万种以上。

我国铝资源丰富，已查明贮量达 10 亿吨，但我国制铝业十分

落后，人平铝占有量居世界倒数几位。我国已把铝业作为重点发展项目，1992年铝产量首次突破100万吨大关，一批铝业基地正在抓紧建设，我国铝业已进入高速发展时期。

二、铝的化学和物理性质

铝系轻金属，密度2.7克/立方公分，原子序13，原子量为26.98。铝是负电性很强的金属，标准电极电位为-1.66伏，铝对氧有极强的亲和力，在大气中铝表面很快生成一层薄而致密的氧化膜(10~50Å)，具有一定的保护作用，使铝长久地保持银白色的金属光泽。同时这层自然氧化膜对其任何形式的表面处理和装饰加工都具有重大意义，它将极大地影响铝上覆盖层的结合力。

铝的化学性质活泼，既可溶于酸，又可溶于碱，是典型的两性金属。只有在pH4.45~8.38范围内才是稳定的，在pH4以下，9以上的溶液中都发生溶解，出现全面腐蚀。

铝在干燥空气中是稳定的，在潮湿并含有工业气体、燃料气体、盐分和尘埃的大气中则易发生腐蚀。在各种气候环境下的腐蚀速度分别为：田园地带0.011毫米/年；工业地带0.08毫米/年；海上0.11毫米/年。

铝的熔点低(99.996%的高纯铝为660℃)，从200℃起随温度升高而变软，因而不能在高温环境中应用。

铝的硬度低(99.85%的工业纯铝，布氏硬度仅为16.1公斤/毫米²)，故容易产生碰、划、擦伤而出现缺陷。

铝是膨胀系数最大的金属之一，线膨胀系数为 $23.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (工业纯铝)；体积收缩率也大(凝固时为6.6%)，当铝上电镀别的金属时常易产生起皮剥落。

铝弹性系数小，仅为钢的1/3。与同一截面形状的钢相比，挠度更大。

纯铝耐蚀性优良；富于延性，进行压延、挤压、浇铸、机加工、切削、冲压成形等加工性好；导电率、导热率、反射率高。但纯铝屈服强度低(1.5公斤/毫米²)；抗拉强度小(4-5公斤/毫米²)，不能适应工业上的各种需求，常在铝中加入Cu、Mg、Mn、

Zn、Si、Ni、Ti、Cr 等元素制成各种铝合金，以提高其机械强度。

铝中加入异种金属元素后腐蚀敏感性增强，所以要进行各种表面处理，以提高其耐蚀性能。

三、铝的优良性质和用途

铝具有许多优良性质，在建筑、宇航、交通、机械、通讯、化工、仪器仪表、家电、日用品等国民经济的各个领域都获得广泛应用。铝及其合金的特长和用途见表 1-1；实用铝合金特性及主要用途见表 1-2。

表 1-1 铝及其合金的特长和用途

序	特 长	内 容	用 途
1	比 重 轻 (2.7)	在实用合金中比重仅大于镁(1.7)，只有铜(8.9)、铁(7.9)等重金属比重的 1/3 左右	航天运输机器、容器及货柜
2	耐蚀性优	铝在空气中生成一层无色致密的氧化膜，有保护作用，通过人工阳极氧化后能更有效地起防腐作用。	日用品、建筑用各种铝材、药品包装材
3	导电、导热性好	导电性相当于铜的 60—65%，导热是铜的 2/3，铁的三倍，不锈钢的十倍	电线电缆、炊具、热交换器
4	加工性、挤压性好	成形、切削、机加工性好，能挤压出复杂断面形状的材料	日用品、铝型材
5	易焊接	用氩弧机焊，电气阻抗机焊接容易	大口径管、桶及罐的制造
6	低温下不脆	钢在低温下极限强度降底，而铝低温不脆	作低温结构材料，地球极地探险器材、宇航

序	特 长	内 容	用 途
7	单位重量下强度高,耐冲击性好	铝弹性小,加工硬化或热处理淬火回火,可达到与软钢相当的强度	可作车辆缓冲体,装甲车等车辆的结构材料
8	质轻、印刷性好	在亲水、感光、印刷性能和经济性方面较锌优越	作印版用材料
9	无毒性	可压延成极薄的铝箔	作食品、药品包装材料及服饰品
10	反射率高	99.8%的工业纯铝,反射率达90%以上	反光镜、照明设备、红外线干燥
11	铝粉	铝加工成不同直径的铝粒和铝粉	涂料填料、发热剂、作脱氧剂及电镀用净化剂

表 1-2 实用铝合金特性及主要用途

日 本 牌 号	中 国 牌 号	特 性 和 主 要 用 途
1060	L ₂	耐腐蚀性、可焊性、冲压性好,但切削加工性差;适作化工设备、油罐
1050 1070 1078	L ₃ L ₁	导电率、导热率、反射率高,耐腐蚀性优良,但强度低;适合作反射板、装饰板、标牌、照明器具、化工用油压罐
1100 1200	L ₅	压延性、成形性、焊接性、耐腐蚀性优良,但强度较低、适合作一般器具、建材、容器、印刷版、标牌等
1350		耐腐蚀性,可焊性优良,但机加工性差,适合作电导体
2011		切削性非常好,强度中等,耐腐蚀性稍差,焊接性不好;适合作光学机器部件、螺栓、电位器

日本牌号	中国牌号	特性和主要用途
2014		强度高、热加工性较好,电阻小点焊性好,但耐蚀性差,适合作飞机结构件和卡车车架等。
2017	LY ₈ LY ₁₁	机加工性好,耐蚀性、气焊性差;适合作加工切丝机产品、配件
2018		机加工性较好,适作飞机发动机气缸盖、活塞
2117	LY ₁	电弧焊、点焊性较好,耐蚀性较差、适作铆钉
2218		机加工性较好,但耐蚀性和焊接性差,适作喷气发动机叶轮和环
2024	LY ₉ LY ₁₂	机加工性较好,但耐蚀性和可焊性差;适作卡车轮、飞机构件
2025		锻造性优良、强度高;适作飞机螺旋桨
2036		可塑性好,耐蚀性较差;适作汽车车身壁板
2219		机加工性好,易于电弧焊和点焊,但耐蚀性差,适作 315℃ 下工作的结构件、高强度焊接件
3003 3203		强度比 1100 合金高,成形性、焊接性、耐蚀性好;适作一般器具、建材、车辆材、船舶材以及容器
3105		耐蚀性好,可塑性,加工性较好,气焊、电弧焊尚好;适作住宅壁板,简易房屋,金属板配件
4032		热膨胀系数大,高温强度高,高温耐蚀性好,适作锻造活塞
5005		具有 3003 近似的强度,其它与 1100 相似,阳极化处理后面美观,可代 3003 作建材,车辆用材、炊具、一般器具
5050		耐蚀性、焊接性优良,机加工性一般;建筑小五金;制冷器装璜和盘管
5052		强度中等,成形性,焊接性,耐蚀性良好,特别耐海水腐蚀;适做船舶零件;建材、光学器件及容器
5056		在不可热处理合金中强度高、耐蚀性、切削性优、阳极处理后表面美观;适作光学机件,船舶部件及导线夹

日本牌号	中国牌号	特性和主要用途
5083 5086		在不可热处理合金中,强度高、耐蚀性、切削性好、电弧焊性好;适作焊接的防火压力容器,船舶、汽车、飞机、低温试验站用材。电视塔、钻井设备、运输设备、导弹等零件
5N01		化学抛光或电抛光后,阳极化处理,表面光泽好,可与不锈钢或镀铬件媲美;适作高级器具、装饰品、标牌等
5252		耐蚀性良好,冷加工性、焊接性优;适作汽车及其器件装饰板
5254		耐蚀性,电弧焊性良好,适作双氧水和化学贮存容器
5652		耐蚀性、焊接性优;适作化学贮存容器
6063	LD ₃₁	耐蚀性、焊接性均优,冷加工性好;适作建筑材料
6066		耐蚀性较差,焊接性好;适作焊接构件用锻件和挤压件
6061	LD ₂	耐蚀性好,可作中等强度的一般结构材料,T ₆ 状态材料屈服强度比一般钢高,热处理合金冷加工性好;适作车辆,建材、船舶、机械零件、光学机件
6101		耐蚀性、焊接性均好,用于加工高强度母线导体
6463		耐蚀性,焊接性良好,可作建筑和装璜用挤压型材
7001		耐蚀性、焊接性差;适作高强度构件
7050		强度、韧性、抗应力腐蚀均优良的新合金;适作飞机部件和高速旋转体
7N01		Al-Zn-Mg三元合金,焊接性、耐蚀性、成形性好,是车辆部件、结构部件、焊接结构部件的好材料

第二节 铝及其合金材料的分类

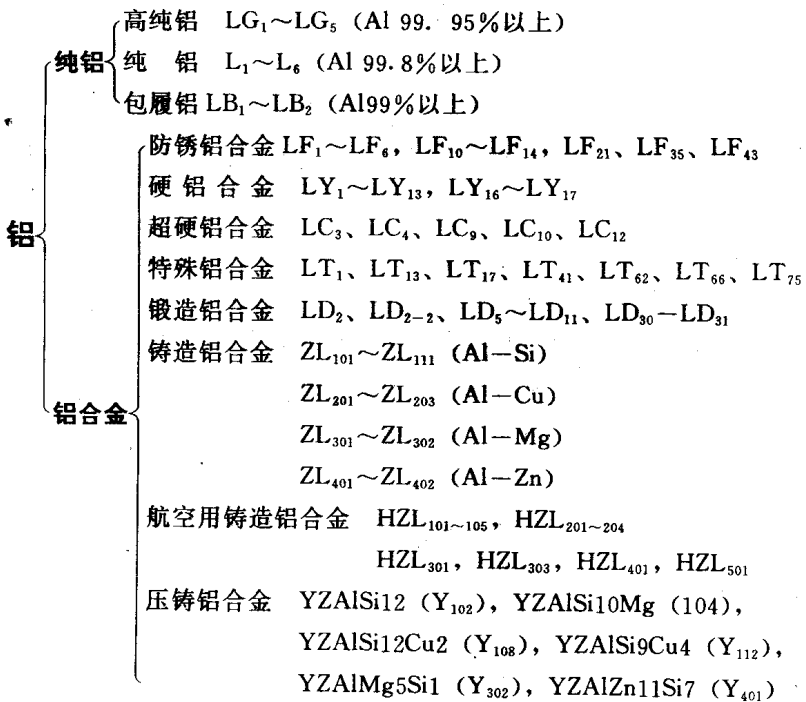
我国的制铝工业远落后于工业发达国家,因此铝材的种类不

多,远不能满足工业发展需要,为此需从日本等国进口大量铝材,在这一节里,我们既介绍我国铝及其合金的分类和牌号,也列举以日本为例的分类法,以便查找和对照

一、我国铝及其合金的分类及牌号

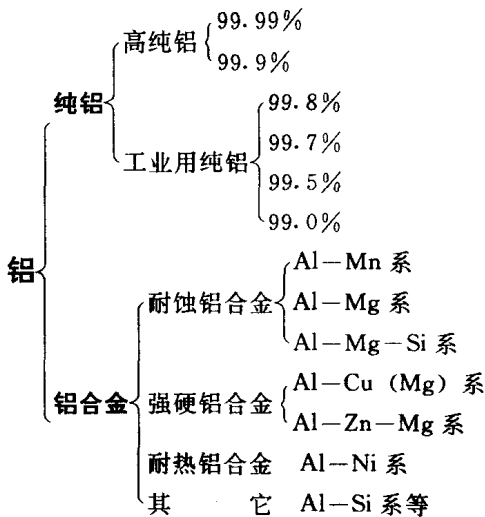
1. 按其铝纯度和所加元素分类:纯铝类;铝合金类。
2. 按加工方式分类:挤压、压延铝合金;锻造铝合金;铸造铝合金;压铸铝合金。
3. 按铝合金的物理化学性质分类:防锈铝合金、硬铝合金、超硬铝合金、特殊铝合金。

我国铝及其合金的分类和牌号如下:



二、日本铝及其合金的分类

1. 按化学成分和合金特性分类



2. 按制造方法分类 { 压延、挤压的伸展材、棒、板、型材、线、管、铝薄
铸造：砂型、金型、压铸型

3. 按有无热处理分为非热处理合金（由加工硬化提高强度）
和热处理合金（由淬火回火提高强度）（见下页）

日本铝合金牌号用 4 位阿拉伯数字表示：

- 1××× 表示为 99% 以上的纯铝系列，如 1100
- 2××× 表示是铝—铜合金系列，如 2014
- 3××× 表示是铝—锰合金系列，如 3003
- 4××× 表示是铝—硅合金系列，如 4032
- 5××× 表示是铝—镁合金系列，如 5052
- 6××× 表示是铝—镁—硅合金系列 如 6063
- 7××× 表示是铝—锌合金系列 如 7001
- 8××× 表示是上述以外的合金体系