

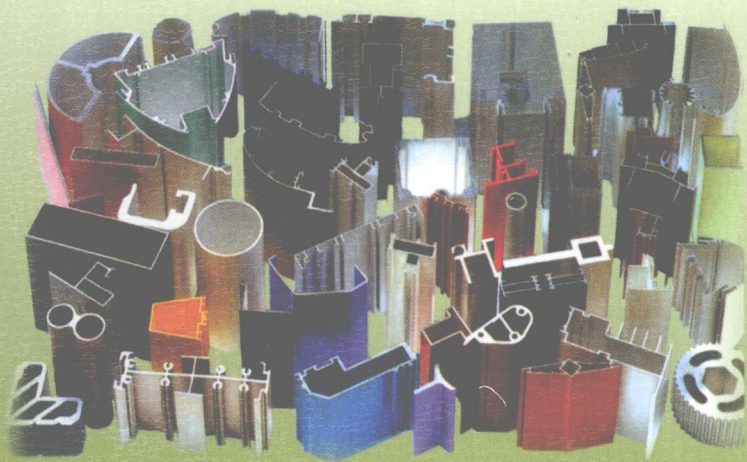
现代铝加工生产技术丛书

主编 赵世庆 钟利

铝合金型材表面处理技术

LÜHEJIN XINGCAI BIAOMIAN CHULI JISHU

吴小源 刘志铭 刘静安 编著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

现代铝加工生产技术丛书

主编 赵世庆 钟 利

铝合金型材表面处理技术

吴小源 刘志铭 刘静安 编著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2009

内 容 简 介

本书是《现代铝加工生产技术丛书》之一，详细介绍和论述了铝合金型材，特别是民用建筑型材的表面处理生产工艺、技术、设备及其发展和应用状况。全书共分7章，内容包括：绪论；铝型材表面处理前的预处理技术；铝合金型材阳极氧化着色技术；铝合金型材表面涂装（涂层）技术；铝合金型材的其他表面处理方法与技术；铝合金型材表面处理生产线工程设计基础与三废处理技术；铝合金型材表面处理系列添加剂的研制与应用等。在内容组织和结构安排上，力求理论联系实际，切合生产实际需要，解决和解释生产中容易出现的疑难理论与技术问题，突出实用性、先进性和行业特色，为读者提供一本实用的技术著作。

本书是铝加工生产企业工程技术人员必备的技术读物，也可供从事有色金属材料与加工的科研、设计、教学、生产与应用等方面的技术人员与管理人员使用，同时可作为大专院校有关专业师生的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

铝合金型材表面处理技术/吴小源等编著. —北京：
冶金工业出版社，2009.4

（现代铝加工生产技术丛书）

ISBN 978-7-5024-4867-7

I. 铝… II. 吴… III. 铝合金—金属型材—金属
表面处理 IV. TG175.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第056654号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号，邮编100009

电 话 (010) 64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 张登科 贾玲 美术编辑 李心 版式设计 张青

责任校对 栾雅谦 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4867-7

北京兴华印刷厂印刷；冶金工业出版社发行；各地新华书店经销

2009年4月第1版，2009年4月第1次印刷

148mm×210mm；13印张；383千字；396页；1-3000册

39.00元

冶金工业出版社发行部 电话：(010)64044283 传真：(010)64027893

冶金书店 地址：北京东四西大街46号(100711) 电话：(010)65289081

（本书如有印装质量问题，本社发行部负责退换）

《现代铝加工生产技术丛书》

编辑委员会

主 编	赵世庆	钟 利		
常务副主编	谢水生	刘静安		
副 主 编	尹晓辉	吕新宇	李建荣	熊柏青
	杨焕文	吴小源	李学朝	
编 委	(按姓氏笔画排列)			
	马英义	王华春	尹晓辉	方清万
	王德满	田 树	左宏卿	李 迅
	李 响	李学朝	李建荣	李念奎
	李建湘	刘 庆	刘玉珍	刘志铭
	刘静安	朱 毅	闫维刚	吕新宇
	何 峰	吴小源	陈昌云	陈思仁
	杨志兵	杨焕文	张宏伟	张登科
	宋晓辉	苏堪祥	周 江	单长智
	范生艳	武红林	周学博	钟 利
	侯 绎	侯 波	姜文举	赵世庆
	郭金龙	贺金宇	段瑞芬	凌 杲
	聂 波	唐 剑	黄 凯	黄国杰
	谢水生	谢延翠	谭学余	熊柏青
	樊建中	魏长传		

《现代铝加工生产技术丛书》

主要参编单位

西南铝业（集团）有限责任公司

东北轻合金有限责任公司

中国铝业股份有限公司西北铝加工分公司

北京有色金属研究总院

广东凤铝铝业有限公司

广东中山市金胜铝业有限公司

上海瑞尔实业有限公司

《丛书》前言

节约资源、节省能源、改善环境越来越成为人类生活与社会可持续发展的必要条件，人们正竭力开辟新途径，寻求新的发展方向 and 有效的发展模式。轻量化显然是有效的发展途径之一，其中铝合金是轻量化首选的金属材料。因此，进入 21 世纪以来，世界铝及铝加工业获得了迅猛的发展，铝及铝加工技术也进入了一个崭新的发展时期，同时我国的铝及铝加工产业也掀起了第三次发展高潮。2007 年，世界原铝产量达 3880 万 t（其中：废铝产量 1700 万 t），铝消费总量达 4275 万 t，创历史新高；铝加工材年产量达 3200 万 t，仍以 5%~6% 的年增长率递增；我国原铝年产量已达 1260 万 t（其中：废铝产量 250 万 t），连续五年位居世界榜首；铝加工材年产量达 1176 万 t，一举超过美国成为世界铝加工材产量最大的国家。与此同时，我国铝加工材的出口量也大幅增加，我国已真正成为世界铝业大国，铝加工业大国。但是，我们应清楚地看到，我国铝加工材在品种、质量以及综合经济技术指标等方面还相对落后，生产装备也不甚先进，与国际先进水平仍有一定差距。

为了促进我国铝及铝加工技术的发展，努力赶超世界先进水平，向铝业强国和铝加工强国迈进，还有很多工作要做：其中一项最重要的工作就是总结我国长期以来在铝加工方面的生产经验和科研成果；普及和推广先进铝加工技术；提出我国进一步发展铝加工的规划与方向。

几年前，中国有色金属学会合金加工学术委员会与冶金工业出版社合作，组织国内 20 多家主要的铝加工企业、科研院所、大专院校的百余名专家、学者和工程技术人员编写出版了大型工具书——《铝加工技术实用手册》，该书出版后受到广大读者，特别是铝加工企业工程技术人员的好评，对我国铝加工业的发展起到一定的促进作用。但由于铝加工工业及技术涉及面广，内容十分

丰富,《铝加工技术实用手册》因篇幅所限,有些具体工艺还不深入。因此,有读者反映,能有一套针对性和实用性更强的生产技术类《丛书》与之配套,相辅相成,互相补充,将能更好地满足读者的需要。为此,中国有色金属学会合金加工学术委员会与冶金工业出版社计划在“十一五”期间,组织国内铝加工行业的专家、学者和工程技术人员编写出版《现代铝加工生产技术丛书》(简称《丛书》),以满足读者更广泛的需求。《丛书》要求突出实用性、先进性、新颖性和可读性。

《丛书》第一次编写工作会议于2006年8月20日在北戴河召开。会议由中国有色金属学会合金加工学术委员会主任谢水生主持,参加会议的单位有:西南铝业(集团)有限责任公司、东北轻合金有限责任公司、中国铝业股份有限公司西北铝加工分公司、北京有色金属研究总院、广东凤铝铝业有限公司、华北铝业有限责任公司的代表。会议成立了《丛书》编写筹备委员会,并讨论了《丛书》编写和出版工作。2006年年底确定了《丛书》的分工。

第一次《丛书》编写工作会议以后,各有关单位领导十分重视《丛书》的编写工作,分别召开了本单位的编写工作会议,将编写工作落实到具体的作者,并都拟定了编写大纲和目录。中国有色金属学会的领导也十分重视《丛书》的编写工作,将《丛书》的编写出版工作列入学会的2007~2008年工作计划。

为了进一步促进《丛书》的编写和协调编写工作,编委会于2007年4月12日在北京召开了第二次《丛书》编写工作会议。参加会议的有来自西南铝业(集团)有限责任公司、东北轻合金有限责任公司、中国铝业股份有限公司西北铝加工分公司、北京有色金属研究总院、广东凤铝铝业有限公司、上海瑞尔实业有限公司、广东中山市金胜铝业有限公司、华北铝业有限公司和冶金工业出版社的代表21位同志。会议进一步修订了《丛书》各册的编写大纲和目录,落实和协调了各册的编写工作和进度,交流了编写经验。

为了做好《丛书》的出版工作,2008年5月5日在北京召开

了第三次《丛书》编写工作会议。参加会议的单位有：西南铝业（集团）有限责任公司、东北轻合金有限责任公司、中国铝业股份有限公司西北铝加工分公司、北京有色金属研究总院、广东凤铝铝业有限公司、广东中山市金胜铝业有限公司、上海瑞尔实业有限公司和冶金工业出版社，会议代表共 18 位同志。会议通报了编写情况，协调了编写进度，落实了各分册交稿和出版计划。

《丛书》因各分册由不同单位承担，有的分册是合作编写，编写进度有快有慢。因此，《丛书》的编写和出版工作是统一规划，分步实施，陆续尽快出版。

由于《丛书》组织和编写工作量大，作者多和时间紧，在编写和出版过程中，可能会有不妥之处，恳请广大读者批评指正，并提出宝贵意见。

《现代铝加工生产技术丛书》编委会

2008 年 6 月

前 言

2007年我国铝合金加工材的产、销量达1176万t,超过美国居世界首位,铝挤压材达660万t,其中铝型材高达540万t,并有大量出口。我国已成为真正的铝型材生产大国和出口大国。铝型材大部分用于民用建筑,对其表面的防护性、装饰性和功能性有十分严格的要求,需要对其进行各种各样的优质表面处理。近年来,我国的铝型材表面处理产业和技术虽然有了很大的进步,但在花色品种、特种性能与功能、工艺技术和装备等方面与国际先进水平仍有较大的差距,大大影响了我国铝型材的进一步发展和国际竞争力的提高。为了缩小与国际先进水平的差距,促进铝型材特别是民用建筑铝型材向高档、优质、多品种、高性能与特种功能、低成本、高效益、节能、环保、安全等方向发展,更好地满足国民经济又好又快发展和人民生活质量的提高,不断提高国际竞争力,作者在总结提炼本人多年来在铝型材表面处理生产科研中积累的丰富经验和成果的基础上,参阅、翻译、整理了大量国内外最新文献和技术资料,编写了本书献给读者,以期对发展我国铝型材表面处理产业和技术有所裨益。

本书全面系统介绍和论述了铝合金型材,特别是6×××系铝合金民用建筑型材表面处理的类型、原理、生产方法、工艺技术与装备等,全书共分7章,内容包括:绪论、铝型材表面处理前的预处理技术、铝合金型材阳极氧化着色技术、铝合金型材表面涂装(涂层)技术、铝合金型材的其他表面处理方法与技术、铝合金型材表面处理生产线工程设计基础与三废处理技术、铝合金

型材表面处理系列添加剂的研制与应用等。在内容组织和结构安排上,力求理论联系实际,切合生产实际需要,突出实用性、先进性和行业特色,并从生产和应用中精选了大量典型实例,深入浅出地讨论了解决关键技术难题的途径和方法等。对解决生产中遇到的技术、质量、设备等方面的问题会有所帮助。

本书是铝加工生产企业工程技术人员必备的技术读物,也可供从事有色金属材料与加工的科研、设计、教学、生产和应用等方面的技术人员与管理人员使用,同时可作为大专院校有关专业师生的参考书。

本书第1、2章由刘静安编写,第3~7章由吴小源、刘志铭编写,全书由刘静安教授和谢水生教授审定。

本书在编写过程中,严天利、黄志其、陈慧、邵莲芬、师英文、刘红杰、刘捷赞、葛杰、吴志行等同志做了大量工作,佛山市南海区海化金属防腐材料厂王相刚、夏良文高工为本书提供了大量试验数据与图表,同时本书参阅了国内外有关专家、学者的一些文献资料和图表,并得到了中国有色金属学会合金加工学术委员会和冶金工业出版社的支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作 者
2008年12月

目 录

1 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 常用铝合金材料的腐蚀特点与耐蚀性	3
1.2.1 常用铝合金腐蚀的类型及特点	3
1.2.2 国内外工业纯铝及锻铝的耐海水腐蚀性能比较	6
1.2.3 Al-Mg 合金在海洋环境下的腐蚀	6
1.2.4 铝合金在大气环境中的腐蚀	9
1.3 常见铝合金型材表面处理方法与工艺流程	11
1.3.1 表面预处理	11
1.3.2 铝合金挤压材阳极氧化着色工艺	12
1.3.3 铝合金型材电泳涂漆工艺	14
1.3.4 铝合金型材静电粉末喷涂工艺	15
1.3.5 铝合金型材氟碳喷涂工艺	16
1.4 铝合金型材表面处理技术的现状与发展趋势	17
1.4.1 铝合金型材的阳极氧化着色技术的发展趋势	17
1.4.2 铝合金型材电泳涂装现状与发展趋势	18
1.4.3 铝型材静电粉末喷涂现状与发展趋势	19
1.4.4 铝型材氟碳喷涂技术的现状及发展趋势	20
2 铝型材表面处理前的预处理技术	21
2.1 铝型材的表面机械处理技术	21
2.1.1 磨光	22
2.1.2 抛光	25
2.1.3 磨光、抛光处理中常出现的问题及对策	31
2.1.4 其他机械处理方法	31
2.2 化学抛光和电化学抛光处理技术	34

2.2.1	概述	34
2.2.2	化学抛光与电化学抛光的作用机理	37
2.2.3	以磷酸为基的化学抛光工艺	40
2.2.4	硝酸-氢氟酸化学抛光工艺	48
2.2.5	电化学抛光处理技术	49
2.2.6	铝型材化学抛光与电化学抛光处理中常见 缺陷及对策	53
2.3	铝型材的化学清洗和浸蚀	56
2.3.1	化学清洗	56
2.3.2	氢氧化钠为基的碱浸蚀	64
2.3.3	碱浸蚀后的除灰工艺	72
2.3.4	酸浸蚀工艺	73
3	铝合金型材阳极氧化着色技术	76
3.1	概述	76
3.1.1	阳极氧化膜的特点	76
3.1.2	氧化膜的分类和特征	77
3.1.3	阳极氧化原理	79
3.2	阳极氧化方法与工艺	85
3.2.1	硫酸阳极氧化	85
3.2.2	宽温快速阳极氧化	90
3.2.3	草酸阳极氧化	93
3.2.4	铬酸阳极氧化	94
3.2.5	硬质厚膜阳极氧化	96
3.2.6	硫酸硬质阳极氧化	100
3.2.7	瓷质阳极氧化	102
3.3	阳极氧化膜的电解着色技术	105
3.3.1	电解着色的基本原理	105
3.3.2	电解着色方法	108
3.4	阳极氧化膜的封孔技术	123
3.4.1	封孔的分类	123

3.4.2	封孔方法	123
3.5	铝型材阳极氧化着色产品的主要缺陷分析与对策	131
3.5.1	阳极氧化工序中发生的缺陷	131
3.5.2	锡盐电解着色工序发生的缺陷	136
3.5.3	镍盐电解着色工序发生的缺陷	140
3.5.4	封孔工序发生的缺陷	141
4	铝合金型材表面涂装(涂层)技术	142
4.1	概述	142
4.2	电泳涂装技术	143
4.2.1	电泳涂装用涂料	144
4.2.2	电泳涂装的工作原理与电泳膜的形成机制	146
4.2.3	电泳涂装工艺	149
4.2.4	影响电泳涂装的主要因素	151
4.2.5	影响涂装质量的后处理因素	156
4.2.6	槽液的控制和品质分析	156
4.2.7	电泳涂装的缺陷分析和对策	159
4.3	静电粉末涂装技术	165
4.3.1	粉末涂层的特点	165
4.3.2	粉末涂料的特点、分类与基本要求	165
4.3.3	粉末涂装工艺方法分类及特点	172
4.3.4	静电粉末涂装的工作原理	173
4.3.5	静电粉末喷涂的工艺流程与主要工序分析	179
4.3.6	影响静电粉末喷涂的主要因素	181
4.3.7	铝合金建筑型材静电粉末涂装时常见缺陷及 要求的质量技术指标	183
4.4	液相静电涂装技术	186
4.4.1	概述	186
4.4.2	液相静电喷涂的特点	187
4.4.3	氟碳涂料(漆)的性能与特点	188
4.4.4	液相静电喷涂工作原理	193

4.4.5	铝合金型材氟碳喷涂工艺分析	194
4.4.6	液相静电喷涂涂层常见缺陷成因及防治措施	199
5	铝合金型材的其他表面处理方法与技术	201
5.1	化学转化处理	201
5.1.1	概述	201
5.1.2	化学氧化	202
5.1.3	铬酸盐处理	206
5.1.4	磷铬酸盐处理	209
5.1.5	无铬化学转化处理	211
5.2	铝合金型材阳极氧化膜的染色	217
5.2.1	概述	217
5.2.2	有机染料染色	218
5.2.3	无机染料染色	225
5.3	铝合金材料的电镀	229
5.3.1	概述	229
5.3.2	铝合金材料典型的电镀工艺流程及工艺操作举例	231
5.3.3	化学镀镍工艺	234
5.3.4	阳极氧化镀铜工艺	235
5.3.5	铝及铝合金电镀其他金属基本配方	236
5.3.6	铝及铝合金材料化学镀金	237
5.4	铝合金型材的微弧氧化技术	237
5.4.1	概述	237
5.4.2	铝合金材料微弧氧化的工艺特点与工艺流程	239
5.4.3	影响微弧氧化的主要因素	241
5.4.4	微弧氧化的设备	242
5.5	几种特殊的染色方法	243
5.5.1	双色染色工艺	243
5.5.2	渗透染色工艺	243
5.5.3	花样染色工艺	244
5.5.4	转移印花工艺	244

5.5.5	感光染色工艺	245
5.5.6	丝网印刷和印染染色	245
5.6	几种新型的阳极氧化着色工艺	249
5.6.1	铝合金型材宽温快速阳极氧化新工艺	249
5.6.2	铝合金建筑型材金黄色电解着色新工艺	249
5.6.3	铝合金微等离子体氧化着色工艺	250
5.6.4	铝合金材料硬质阳极氧化技术	253
5.7	彩色电泳和哑光电泳	253
5.7.1	彩色电泳原理	253
5.7.2	哑光电泳涂料的制作方法	254
5.7.3	彩色电泳工艺要点	255
5.7.4	彩色电泳材品质控制要点	255
5.7.5	彩色电泳设备要求	256
5.7.6	电泳漆的配制实例	257
5.8	铝合金型材粉末涂层的图纹处理技术	258
5.8.1	图纹处理的工艺特点和优缺点	258
5.8.2	图纹热转印	259
5.8.3	粉+粉旋转丝网印刷	260
5.9	几种新型的铝合金型材表面处理前(预)处理技术	261
5.9.1	概述	261
5.9.2	铝合金型材表面光亮酸蚀前处理技术	261
5.9.3	铝合金型材无烟镜面抛光技术	264
6	铝合金型材表面处理生产线工程设计基础与三废处理技术	269
6.1	铝合金型材表面处理生产线工程设计基础	269
6.1.1	概述	269
6.1.2	铝合金型材阳极氧化着色生产线工程设计基础	269
6.1.3	铝合金型材电泳涂装生产线工程设计基础	285
6.1.4	铝型材粉末静电涂装车间工程设计基础	300
6.1.5	铝合金型材氟碳喷涂生产线工程设计与设备选择	315
6.2	铝合金型材表面处理的三废处理技术	336

6.2.1	概述	336
6.2.2	三废排放标准	337
6.2.3	三废处理技术分类	341
6.2.4	铝型材表面处理生产线污水处理工艺流程及 工艺操作举例	342
6.2.5	阳极氧化着色处理车间废水处理	345
6.2.6	铝合金型材电镀废水处理	351
6.2.7	铝型材涂装车间废水处理	354
6.2.8	回收处理	355
6.2.9	铝型材表面处理的三酸废气净化技术	358
6.2.10	氟化物废气净化	361
6.2.11	铝型材表面处理主要设备及性能	362
6.2.12	铝型材表面处理废水处理用药剂	364
7	铝合金型材表面处理系列添加剂的研制与应用	368
7.1	光亮酸性脱脂剂(简称AC)的研制与应用	368
7.1.1	光亮酸性脱脂剂的功能性简介	368
7.1.2	与传统前处理工艺的直观比较	368
7.1.3	光亮酸性脱脂剂的配方组成与筛选	369
7.2	长寿碱蚀剂的研制与应用	370
7.2.1	概述	370
7.2.2	长寿碱蚀剂的组成设计和作用机理	371
7.2.3	小结	373
7.3	铝合金酸性砂面剂的研制开发	373
7.3.1	酸性砂面处理工艺流程及特点	373
7.3.2	作用原理	374
7.3.3	实验研究	374
7.3.4	小结	377
7.4	新型锡、镍盐电解着色稳定剂的研究与应用	377
7.4.1	概述	377
7.4.2	早期着色添加剂的组成及稳定性	378

7.4.3	锡、镍盐着色稳定剂与其他着色稳定剂 性能的比较	378
7.4.4	小结	381
7.5	铝合金阳极氧化膜冷封孔剂的研制与应用	382
7.5.1	常温封闭机理浅述	382
7.5.2	实验研究	383
7.5.3	BF_4^- 对 pH 值与 F^- 浓度的缓冲机理	385
7.5.4	缓冲型常温封闭剂的配方组成	386
7.5.5	小结	386
7.6	铝合金阳极氧化膜无镍无氟中温封闭剂的研制与应用	386
7.6.1	中温封闭机理的初探	386
7.6.2	中温封闭剂	387
7.6.3	三种封闭工艺比较	387
7.6.4	小结	388
7.7	高效成膜剂的研制与应用	389
7.7.1	概述	389
7.7.2	铝及其合金铬酸盐的机理简介	389
7.7.3	铬酸盐处理剂的配方组成、选择原则及 各组分的作用	389
7.7.4	铬酸盐处理剂的应用前景和环保限制	390
7.8	铝合金无铬成膜剂的开发现状与应用前景	390
7.8.1	概述	390
7.8.2	无铬转化的工艺流程与反应机理	391
7.8.3	无铬转化处理剂用于建筑铝型材的特点与难点	392
7.8.4	无铬化学转化处理之技术前景	392
	参考文献	393