

谢水生 刘静安 王国军 程磊 主编

# 铝及铝合金产品 生产技术与装备

LVJILVHEJINCHANPIN  
SHENGCHANJISHUYUZHUANGBEI



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

# 铝及铝合金产品 生产技术与装备

谢水生 刘静安 王国军 程磊 主编



中南大学出版社  
[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

---

图书在版编目(CIP)数据

铝及铝合金产品生产技术与装备/谢水生,刘静安,王国军,程磊  
主编. —长沙:中南大学出版社,2015.7

ISBN 978-7-5487-1739-3

I. 铝... II. ①谢...②刘...③王...④程... III. ①铝-生产  
工艺②铝合金-生产工艺 IV. TG146.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 159798 号

---

铝及铝合金产品生产技术与装备

谢水生 刘静安 王国军 程磊 主编

- 
- 责任编辑 刘颖维  
责任印制 易红卫  
出版发行 中南大学出版社  
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083  
发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482  
印 装 长沙超峰印刷有限公司

- 
- 开 本 787×1092 1/16 印张 24.25 字数 616 千字 插页 2  
版 次 2015年8月第1版 印次 2015年8月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5487-1739-3  
定 价 112.00 元
- 

图书出现印装问题,请与经销商调换

## 作者简介

### 谢水生

江西赣州人，北京有色金属研究总院教授、博士生导师。1968年毕业于南昌大学(原江西工学院)压力加工专业，1982年于北京有色金属研究总院获得材料专业工学硕士学位，1986年4月于清华大学金属塑性加工专业获工学博士学位。1990—1991年澳大利亚 Monash 大学访问学者，1995年新加坡国立大学高级访问学者。1993年起享受国务院政府特殊津贴。2000—2010年为中国有色金属学会第四届和第五届合金加工学术委员会主任。

承担并负责高技术“863”课题7项、国家自然科学基金资助课题9项、国家攻关课题6项、国家支撑计划项目2项、国际合作课题2项。获得国家专利30余项，国家科学技术进步二等奖1项、部级一等奖6项、二等奖9项、三等奖8项，在国内外刊物上发表论文350余篇。出版著作《有色金属材料的控制加工》《铜及铜合金产品生产技术与装备》等28部。指导和培养硕士、博士研究生和博士后30余名。

社会兼职：南昌大学、燕山大学、江西理工大学、河南理工大学兼职教授；中国机械工程学会北京市机械工程学会理事，压力加工学会主任；中国机械工程学会塑性加工学会理事，半固态加工学术委员会副主任；国家自然科学基金第十二、十三届工程与材料学部专家；《稀有金属》《塑性工程学报》《锻压技术》《有色金属再生与应用》编辑委员会委员。

### 刘静安

湖南涟源人，西南铝业(集团)有限责任公司原副总工程师，教授级高级工程师。1964年毕业于中南大学(原中南矿冶学院)有色金属及合金压力加工与热处理专业，享受国务院政府特殊津贴，是我国著名的金属挤压与模压专家、轻合金加工与模具专家，是轻合金加工技术的积极传播者和推广应用者。

曾组织并参与完成了十多项国家级重大科研攻关、技术开发和百余项国家重点新产品研制项目，曾获国家级科技进步奖5项，省部级科技进步奖50余项(其中一、二等奖20余项)，专利多项。出版有《轻合金挤压工具与模具(上下册)》《铝型材模具设计、制造、使用与维修》《铝加工技术实用手册》等图书70余部。在国内外科技刊物上发表论文600余篇。

曾是中南大学、北京科技大学等5所大学的兼职教授或博导，培养了大批高素质的专业技术人才，为我国轻合金加工事业发展做出了贡献。

### 王国军

国务院特殊津贴专家，工学博士，教授级高级工程师，研究生导师。中铝东北轻合金有限责任公司国家认定企业技术中心主任，新产品开发经理。长期在企业一线从事技术管理、新品开发和科研工作。

黑龙江省青年科技奖获得者，哈尔滨创新人才资助基金和省杰出青年基金资助者。黑龙江省省级重点学科(专业)后备带头人，省级领军人才梯队后备带头人，哈尔滨市自然科学学

术界新时期领军人才。

承担国家、省、市有色金属行业项目 60 余项，作为主要负责人起草国家军用标准、国家标准、有色金属行业标准 40 余项。拥有国家发明专利 12 项，外观设计专利 1 项。获得国家科技进步奖二等奖 1 项，省部级科学技术一等奖 2 项、二等奖 11 项、三等奖 19 项。

国家镁合金加工与应用技术创新战略联盟理事，中国机械工程学会铸造分会特种铸造及有色合金技术委员会委员，黑龙江省金属学会理事。发表论文 100 余篇，其中 SCI、EI、ISTP 收录 60 余篇。黑龙江省金属学会金属材料专业委员会副主任委员。

### 程 磊

工学博士、高级工程师、硕士生导师。现工作于北京有色金属研究总院有色金属材料制备加工国家重点实验室，主要从事有色金属材料加工及数值模拟技术研究。主持和参与各类国家级科研项目 10 余项。在国内外核心期刊以及重要学术会议上发表学术论文 30 余篇，被 SCI、EI、ISTP 三大检索系统收录 20 余篇；获授权专利 5 项，计算机软件著作权 1 项；获部级科学技术进步奖一等奖 3 项。

# 前 言

由于铝及铝合金材料具有重量轻、比强度高、耐腐蚀性好、色彩美观等一系列的优良特性，因而广泛应用于国民经济的各个领域，如航空航天、交通运输、电子通信、建筑装饰、包装容器、机械电气、石油化工、能源动力、家电五金、文体卫生等行业，已成为发展国民经济与提高人民物质生活和文化生活水平不可缺少的重要基础材料。

特别可喜的是：我国的铝加工业发展十分迅速，其加工材产量从1980年的不到30万吨，发展到2013年铝加工材产量达到3962万吨，占世界产量的一半以上，已经成为名副其实的铝业大国。

进入21世纪以来，节约资源、节省能源、改善环境越来越成为人类生活与社会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。这又给发展铝及铝合金产品提供了一个宝贵的机遇和平台。

本书就铝及铝合金产品生产技术及装备进行详细、系统的分析和介绍，希望对铝材生产工业和技术的发展，对扩大铝材的品种，提高铝材的产量、质量和效益，降低铝材的成本，拓展铝合金材料的应用领域，使之在重要工业部门和人民日常生活中成为更具有竞争优势的基础材料起到有益的促进作用。

全书共分7章，其中第1章1~3节由刘静安撰写；第1章4~6节由谢水生撰写；第2章由王国军、王强撰写；第3章由付垚、谢水生撰写；第4章由程磊、刘静安撰写；第5章由谢水生撰写；第6章、第7章由刘静安撰写。最后，全书由谢水生修改、协调和整理。

本书可供从事铝及铝合金加工材料及其深加工产品生产、科研、设计、产品开发、营销方面的技术人员和管理人员使用，也可作为大专院校有关专业师生的参考书，特别是铝加工企业技术人员、质量管理人员、生产工人、检测人员的技术参考读物。

作者热切希望本书能为读者提供有益的启迪，起到抛砖引玉的作用，但限于作者的学识与经验，加上时间仓促，书中不妥之处，恳请广大读者批评指正并提出宝贵意见(联系邮箱：xiess@grinm.com)。

作者  
2015年6月

## 内容提要

本书详细、系统地介绍了铝及铝合金产品的生产技术与装备。全书共分7章：第1章概述，介绍了铝及铝合金的特点和应用，产品的分类、品种与规格，生产技术现状与发展趋势，产品生产的基本流程及共性技术；第2章铝及铝合金板带的生产技术与装备，阐述了铝箔毛料、易拉罐罐体和拉环料、PS版基和CTP版基、钎焊用复合板带箔材、预拉伸中厚板、铝箔、高压阳极铝箔、建筑装饰铝板、汽车车身铝板的生产技术及制备；第3章铝及铝合金管材的生产技术与装备，阐述了厚壁管、薄壁管及焊接管的生产技术与装备；第4章铝及铝合金型材的生产技术与装备，阐述了建筑门窗型材、节能门窗、幕墙用隔热铝型材、轨道列车用大型铝型材、航空航天用大型材及绿色建筑铝合金模板用型材的生产技术及装备；第5章铝及铝合金线材的生产技术与装备，阐述了铝导线和铝合金焊丝的生产技术与装备；第6章铝合金锻件的生产技术与装备，阐述了铝合金锻造的基本特点及应用，举例分析了铝合金的自由锻、模锻技术及典型锻件的生产工艺及装备；第7章特种铝合金产品的生产技术与装备，阐述了铝合金钻探管、感光鼓基体用铝合金管材、热传导(散热器)挤压材、特殊精密挤压材、铝-塑复合管的生产技术。

## 目 录

第1章 概 述 .....	(1)
1.1 铝及铝合金的特点和应用 .....	(1)
1.1.1 铝的基本特性及应用领域 .....	(1)
1.1.2 铝合金的分类、性能及用途举例 .....	(3)
1.2 铝及铝合金加工材料的分类、产品品种与规格 .....	(12)
1.2.1 铝及铝合金材料的分类 .....	(12)
1.2.2 铝及铝合金加工材的分类、主要品种及规格 .....	(12)
1.3 铝及铝合金加工材料生产、技术现状与发展趋势 .....	(15)
1.3.1 铝及铝合金材料加工进入了一个崭新的发展时期 .....	(15)
1.3.2 现代铝合金加工业及技术的发展特点与趋势 .....	(17)
1.3.3 铝合金加工材料的研发方向 .....	(18)
1.4 铝及铝合金产品生产的基本流程 .....	(22)
1.5 铝熔体处理与净化技术(产品生产的共性技术之一) .....	(22)
1.5.1 传统的熔体炉内净化处理技术 .....	(23)
1.5.2 现代的熔体炉外在线净化处理技术 .....	(24)
1.6 铝合金坯锭(料)的制备技术(产品生产的共性技术之二) .....	(34)
1.6.1 铝合金铸锭(坯)质量的要求 .....	(34)
1.6.2 合金熔体的制备 .....	(35)
1.6.3 铝合金的熔炼及主要装备 .....	(35)
1.6.4 铝合金坯料的制备 .....	(39)
第2章 铝及铝合金板带的生产技术与装备 .....	(50)
2.1 铝箔毛料 .....	(50)
2.1.1 铝箔毛料的特点 .....	(50)
2.1.2 产品的主要要求及指标 .....	(51)
2.1.3 生产的基本流程 .....	(53)
2.1.4 生产的技术关键 .....	(53)
2.1.5 需要的特殊装备 .....	(57)
2.2 铝质易拉罐罐体和拉环 .....	(58)
2.2.1 罐体和拉环的特点 .....	(58)
2.2.2 产品的主要要求及指标 .....	(59)
2.2.3 生产的基本流程 .....	(62)
2.2.4 生产的技术关键 .....	(62)



2.2.5	需要的特殊设备	(65)
2.3	PS 和 CTP 版	(74)
2.3.1	PS 和 CTP 版的特点	(75)
2.3.2	产品的主要要求及指标	(75)
2.3.3	生产的基本流程	(78)
2.3.4	生产的技术关键	(78)
2.3.5	需要的特殊装备	(83)
2.4	钎焊用铝合金复合材料	(85)
2.4.1	钎焊用铝合金复合材料的特点	(85)
2.4.2	产品的主要要求及指标	(86)
2.4.3	生产的基本流程	(90)
2.4.4	生产的技术关键	(90)
2.4.5	需要的特殊装备	(95)
2.5	铝合金预拉伸中厚板	(97)
2.5.1	预拉伸中厚板的特点	(98)
2.5.2	产品的主要要求及指标	(98)
2.5.3	生产的基本流程	(101)
2.5.4	生产的技术关键	(102)
2.5.5	需要的特殊装备	(109)
2.6	铝箔	(114)
2.6.1	产品的特点	(114)
2.6.2	产品的主要要求及指标	(117)
2.6.3	生产的基本流程	(120)
2.6.4	生产的技术关键	(120)
2.6.5	需要的特殊装备	(124)
2.7	高压阳极铝箔	(126)
2.7.1	高压阳极的特点	(127)
2.7.2	产品的主要要求及指标	(129)
2.7.3	生产的基本流程	(130)
2.7.4	生产的技术关键	(130)
2.7.5	需要的特殊装备	(135)
2.8	建筑装饰铝板	(137)
2.8.1	建筑装饰铝板的特点	(138)
2.8.2	产品的主要要求及指标	(140)
2.8.3	生产的基本流程	(160)
2.8.4	生产的技术关键	(160)
2.8.5	需要的特殊设备	(161)
2.9	汽车车身铝板	(161)
2.9.1	汽车车身用铝合金板材的特点	(163)

2.9.2	产品的主要要求及指标	(164)
2.9.3	生产的基本流程	(167)
2.9.4	生产的技术关键	(168)
2.9.5	需要的特殊装备	(174)
<b>第3章</b>	<b>铝及铝合金管材的生产技术与装备</b>	<b>(178)</b>
3.1	厚壁管	(178)
3.1.1	厚壁管的特点	(178)
3.1.2	产品的主要要求及指标	(180)
3.1.3	产品生产的基本流程	(181)
3.1.4	生产的技术关键	(181)
3.1.5	需要的特殊装备	(192)
3.2	薄壁管	(195)
3.2.1	薄壁管的特点	(195)
3.2.2	产品的主要要求及指标	(197)
3.2.3	生产的基本流程	(198)
3.2.4	生产的技术关键	(198)
3.2.5	需要的特殊装备	(205)
3.3	焊接管	(211)
3.3.1	焊接管的特点	(212)
3.3.2	产品的主要要求及指标	(212)
3.3.3	生产的基本流程	(212)
3.3.4	生产的技术关键	(212)
3.3.5	需要的特殊装备	(214)
<b>第4章</b>	<b>铝及铝合金型材的生产技术与装备</b>	<b>(215)</b>
4.1	概述	(215)
4.1.1	铝合金型材的分类	(215)
4.1.2	铝合金型材的规格范围	(217)
4.1.3	铝合金型材的主要生产方法及基本工艺流程	(219)
4.1.4	铝合金型材的主要挤压工艺参数及选择	(220)
4.2	建筑用铝合金型材	(225)
4.2.1	产品的特点	(226)
4.2.2	产品的主要要求及性能指标	(226)
4.2.3	生产的基本流程	(227)
4.2.4	生产的技术关键	(228)
4.2.5	需要的特殊装备	(231)
4.3	节能门窗、幕墙用隔热铝型材	(243)
4.3.1	产品的特点	(243)

4.3.2	产品的主要要求及指标	(244)
4.3.3	生产的基本流程	(245)
4.3.4	生产的技术关键	(246)
4.3.5	需要的特殊装备	(248)
4.4	轨道列车用大型铝合金型材	(248)
4.4.1	产品的特点	(249)
4.4.2	产品的主要要求及指标	(251)
4.4.3	生产的基本流程	(253)
4.4.4	生产的技术关键	(253)
4.4.5	需要的特殊装备	(263)
4.5	航空航天用大型铝型材	(264)
4.5.1	产品的特点及主要要求	(264)
4.5.2	生产的基本流程及技术关键	(265)
4.5.3	需要的特殊装备	(268)
4.6	绿色建筑铝合金模板用型材	(268)
4.6.1	绿色建筑铝合金模板的特点及要求	(268)
4.6.2	生产的基本流程及技术关键	(271)
<b>第5章</b>	<b>铝及铝合金线材的生产技术与装备</b>	<b>(275)</b>
5.1	铝导线	(275)
5.1.1	概述	(275)
5.1.2	铝导线的主要成分及性能	(276)
5.1.3	生产的基本流程	(277)
5.1.4	普罗佩斯法连铸连轧	(278)
5.2	铝合金焊丝	(281)
5.2.1	概述	(281)
5.2.2	产品的分类及主要性能	(282)
5.2.3	生产的基本流程	(287)
5.2.4	典型焊丝的生产工艺举例	(288)
<b>第6章</b>	<b>铝合金锻件的生产技术与装备</b>	<b>(290)</b>
6.1	概述	(290)
6.1.1	铝合金锻压件的特性及应用	(290)
6.1.2	铝合金锻压生产与技术发展现状及水平分析	(292)
6.1.3	常用的锻造铝合金及铝合金的锻造工艺性能	(293)
6.2	铝合金自由锻技术及自由锻锻件举例	(297)
6.2.1	概述	(297)
6.2.2	铝合金自由锻造基本工序分析	(299)
6.2.3	典型铝合金自由锻件的生产过程设计举例	(302)

6.3 铝合金模锻技术及模锻件生产工艺举例 .....	(305)
6.3.1 铝合金模锻件分类 .....	(305)
6.3.2 铝合金模锻件生产工艺要点 .....	(307)
6.3.3 铝合金典型模锻件模锻技术及工艺过程举例 .....	(312)
<b>第7章 特种铝合金产品的生产技术与装备 .....</b>	<b>(333)</b>
7.1 概述 .....	(333)
7.1.1 特种铝合金产品的主要品种 .....	(333)
7.1.2 特种铝合金型材及管材的生产现状与发展趋势 .....	(333)
7.2 铝合金钻探管生产技术 .....	(337)
7.2.1 铝合金钻探管的分类及品种规格 .....	(337)
7.2.2 铝合金钻探管的生产方法、工艺流程与工艺特点分析 .....	(343)
7.2.3 铝合金钻探管的挤压生产技术 .....	(343)
7.3 感光鼓基体用铝合金管材生产技术 .....	(348)
7.3.1 感光鼓基体所要求的特性 .....	(348)
7.3.2 感光鼓基体用铝合金的成分及其成形加工方法 .....	(350)
7.4 铝合金热传导(散热器)挤压材的生产技术 .....	(351)
7.4.1 铝合金热传导(散热器)挤压材的分类 .....	(351)
7.4.2 铝合金热传输用挤压材的生产技术 .....	(352)
7.5 铝合金特殊精密挤压材的生产技术 .....	(356)
7.5.1 铝合金特殊精密挤压材的特点与分类 .....	(356)
7.5.2 特殊精密铝合金挤压材的生产工艺要点分析 .....	(359)
7.5.3 各种铝合金特殊精密挤压材的生产技术举例 .....	(362)
7.6 铝-塑复合管的生产技术 .....	(364)
7.6.1 概述 .....	(364)
7.6.2 铝-塑复合管的特点 .....	(365)
7.6.3 铝-塑复合管分类及规格性能 .....	(365)
7.6.4 铝-塑复合管生产技术 .....	(368)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(372)</b>

# 第1章

## 概 述

### 1.1 铝及铝合金的特点和应用

#### 1.1.1 铝的基本特性及应用领域

铝是元素周期表中第Ⅲ周期主族元素，具有面心立方点阵，无同素异构转变。表1-1列出了纯铝的主要物理性能。

表1-1 纯铝的主要物理性能

性能	高纯铝(99.996%)	工业纯铝(99.5%)
原子序数	13	—
原子量	26.9815	—
晶格常数(20℃)/(×10 <sup>-10</sup> m)	4.0494	4.04
密度(20℃)/(kg·m <sup>-3</sup> )	2698	2710
密度(700℃)/(kg·m <sup>-3</sup> )	—	2373
熔点/℃	660.24	约650
沸点/℃	2060	—
熔解热/[ (J·kg <sup>-1</sup> ) × 10 <sup>5</sup> ]	3.961	3.894
燃烧热/[ (J·kg <sup>-1</sup> ) × 10 <sup>7</sup> ]	3.094	3.108
凝固体积收缩率/%	—	6.6
比热容(100℃)/[ J·(kg·K) <sup>-1</sup> ]	934.92	964.74
热导率(25℃)/[ W·(m·K) <sup>-1</sup> ]	235.2	222.6(O状态)
线膨胀系数(20~100℃)/[ μm·(m·k) <sup>-1</sup> ]	24.58	23.5
线膨胀系数(100~300℃)/[ μm·(m·k) <sup>-1</sup> ]	25.45	25.6
弹性模量/MPa	—	70000
切变模量/MPa	—	2625
音速/(m·s <sup>-1</sup> )	—	约4900
内摩擦/1 kHz	—	约×10 <sup>-3</sup>
电导率/(s·m <sup>-1</sup> )	64.94	59(O状态)
电阻率(20℃)/(μΩ·m)	—	57(H状态)
电阻率(20℃)/(μΩ·m)	0.0267(O状态)	0.02922(O状态)
电阻温度系数/μΩ·m·K <sup>-1</sup>	—	0.3002(H状态)
体积磁化率/×10 <sup>-7</sup>	0.1	0.1
磁导率/(H·m <sup>-1</sup> )	6.27	6.26
反射率(λ=2500×10 <sup>-10</sup> m)/%	1.0×10 <sup>-5</sup>	1.0×10 <sup>-5</sup>
反射率(λ=5000×10 <sup>-10</sup> m)/%	—	87
反射率(λ=20000×10 <sup>-10</sup> m)/%	—	90
折射率(白光)/%	—	97
吸收率(白光)/%	—	0.78~1.48
辐射能(25℃, 大气中)/J	—	2.85~3.92
		0.035~0.06

铝具有一系列比其他有色金属、钢铁、塑料和木材等更优良的特性，如：密度小，仅为 $2.7\text{ g/cm}^3$ ；良好的耐蚀性和耐候性；良好的塑性和加工性能；良好的导热性和导电性；良好的耐低温性能；对光热电波的反射率高、表面性能好；无磁性；基本无毒；有吸音性；耐酸性好；抗核辐射性能好；弹性系数小；良好的力学性能；优良的铸造性能和焊接性能；良好的抗撞击性。此外，铝材的高温性能、成形性能、切削加工性、铆接性、胶合性以及表面处理性能等也比较好。因此，铝材在航天、航海、航空、交通运输、桥梁、建筑、电子电气、能源动力、冶金化工、农业排灌、机械制造、包装防腐、电器家具、日用文体等各个领域都获得了十分广泛的应用，表1-2列出了铝的基本特性及主要应用领域。

表1-2 铝的基本特性及主要应用领域

基本特性	主要特点	主要应用领域举例
重量轻	铝的密度是 $2.7\text{ g/cm}^3$ ，与铜(密度 $8.9\text{ g/cm}^3$ )或铁(密度 $7.9\text{ g/cm}^3$ )比较，约为它们的1/3。铝制品或用铝制造的物品重量轻，可以节省搬运费和加工费用	用于制造飞机、轨道车辆、汽车、船舶、桥梁、高层建筑和重量轻的容器等
强度高	铝的力学性能不如钢铁，但它的强度高，可以添加铜、镁、锰、铬等合金元素制成铝合金，再经热处理，而得到很高的强度。铝合金的强度比普通钢好，也可以和特殊钢媲美	用于制造桥梁(特别是吊桥、可动桥)、飞机、压力容器、集装箱、建筑结构材料、小五金等
加工容易	铝的延展性优良，易于挤出形状复杂的中空型材和适于拉伸加工及其他各种冷热塑性成形	受力结构部件框架，一般用品及各种容器、光学仪器及其他形状复杂的精密零件
美观，适于各种表面处理	铝及其合金的表面有氧化膜，呈银白色，相当美观。如果经过氧化处理，其表面的氧化膜更牢固，而且还可以用染色和涂刷等方法制造出各种颜色和光泽的表面	建筑用壁板、器具装饰、装饰品、标牌、门窗、幕墙、汽车和飞机蒙皮、仪表外壳及室内外装修材料等
耐蚀性、耐候性好	铝及其合金表面能生成硬而且致密的氧化薄膜，很多物质对它不产生腐蚀作用。选择不同合金，在工业地区、海岸地区使用，也会有很优良的耐久性	门板、车辆、船舶外部覆盖材料，厨房器具，化学装置，屋顶瓦板，电动洗衣机、海水淡化、化工石油、材料、化学药品包装等
耐化学药品	对硝酸、冰醋酸、过氧化氢等化学药品有非常好的耐药性	用于化学用装置和包装、酸和化学制品包装等
导热、导电性好	导热、导电率仅次于铜，为钢铁的3~4倍	电线、母线接头，锅、电饭锅、热交换器、汽车散热器、电子元件等
对光、热、电波的反射性好	对光的反射率，抛光铝为70%，高纯度铝经过电解抛光的为94%，比银(92%)还高。铝对热辐射和电波也有很好的反射性能	照明器具、反射镜、屋顶瓦板、抛物面天线、冷藏库、冷冻库、投光器、冷暖器的隔热材料
没有磁性	铝是非磁性体	船上用的罗盘、天线、操舵室的器具等
无毒	铝本身没有毒性，它与大多数食品接触时溶出量很微小。同时由于表面光滑、容易清洗，故细菌不易停留繁殖	食具、食品包装、鱼罐、鱼仓、医疗机器、食品容器
有吸音性	铝对音响是非传播体，能吸收声波	用于室内天棚板等
耐低温	铝在温度低时，它的强度反而增加而无脆性，因此是理想的低温装置的材料	业务用冷藏库、冷冻库、南极雪上车辆、氧及氢的生产装置

## 1.1.2 铝合金的分类、性能及用途举例

### 1. 铝合金的分类

纯铝比较软,富有延展性,易于塑性成形。如果根据各种不同的用途,要求具有更高的强度和改善材料的组织和其他各种性能,可以在纯铝中添加各种合金元素,制出满足各种性能、功能和用途的铝合金。铝合金可加工成板、带、条、箔、管、棒、型、线、自由锻件和模锻件等加工材。也可加工成铸件、压铸件等铸造材。加工材和铸造材又可分为可热处理型合金材料和非热处理型合金材料两大类。图1-1示出了铝及铝合金的分类图。

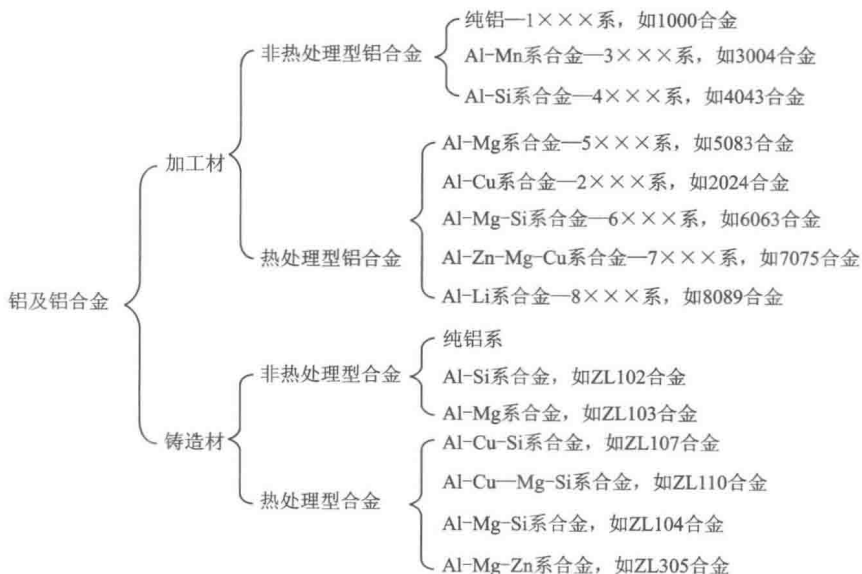


图 1-1 铝及铝合金的分类图

### 2. 铝合金材料的主要应用

#### (1) 铝合金材料的三大用户。

铝及铝合金加工材料的应用非常广泛,涉及国民经济各部门和人民生活各个方面,已成为社会发展的一种基础材料。随着经济的高速发展和社会文明程度的提高以及科技的快速进步,特别是进入21世纪以来,节约资源、节省能源、环保安全成为制约人类生存和发展的难题,迫切需要轻量化的现代交通运输工具,因此现代交通运输业成为铝加工材的第一大用户。此外,为了进一步提高人类的生存条件和生活质量,以铝门窗、幕墙为代表的建筑业和以易拉罐等软包装为代表的包装业成为了铝合金加工材的第二大和第三大用户。这三大用户年消耗量占年产铝加工材的比例如下:

1) 现代交通运输业占世界的30%~36%,占中国的15%~30%。

2) 现代建筑业占世界的15%~21%,占中国的30%~35%。

3) 现代包装业占世界的15%~20%,占中国的10%~15%。

#### (2) 铝及铝合金加工材的主要应用领域。

1) 航空航天领域。

2) 现代交通运输:飞机、火车、高速列车、地铁、轻轨、货车、卡车、轿车、大巴、摩托

车、自行车、轮船集装箱、桥梁等。

3) 包装业: 硬包装如气桶、液桶、易拉罐; 软包装如香烟箔, 化妆品与医药、食品包装等。

4) 电子通信、家用电器、家具五金等。

5) 建筑工程与通用设施: 门窗、幕墙、围栏、建筑模板与结构件等。

6) 电、热、传输系统: 如空调、散热器、制冷设施等。

7) 石化矿产、动力能源部门: 如矿山设备, 输气、输油管道, 电力设备与输电系统, 核能、水电、太阳能与风能设施等。

8) 农业与轻工业方面: 如农业排灌系统, 印刷、纺织、木工机械等。

9) 医疗器械与文体卫生: 如精密医疗器械、足球门、跳水板等。

10) 化学化工工业。

11) 兵器与军工领域。

### 3. 主要变形铝合金的典型特性与用途举例

主要变形铝合金的典型特性与用途举例见表 1-3。

表 1-3 主要变形铝合金的典型特性与用途举例

合金	标准成分 (质量分数) /%	性能					应用实例
		耐蚀 性能 <sup>①</sup>	切削 性能 <sup>②</sup>	可焊 性 <sup>①②</sup>	硬质材 料强度 /MPa	软质材 料强度 /MPa	
EC	Al≥99.45	A—A	D—C	A—A	190	70	导电材料
1100 1200	Al≥99.00	A—A	D—C	A—A	169	91	钣金、器具
1130	Al≥99.30	A—A	D—C	A—A	183	84	反射板
1145	Al≥99.45	A—A	D—C	A—A	197	84	铝箔、钣金
1345	Al≥99.45	A—A	D—C	A—A	197	84	线材
1060	Al≥99.60				141	70	化工机械、车载贮藏罐
2011	5.5Cu、0.5Bi、 0.5Pb、0.4Mg	C—C	A—A	D—D	422		切削零件
2014	0.8Si、4.4Cu、 0.8Mn	C—C	B—B	B—C	492	190	载重汽车、机架、飞机结构
2017	4.0Cu、0.5Mn、 0.5Mg	C	B	B—C	436	183	切削零件、输送管道
2117	2.5Cu、0.3Mg	C	C	B—C	302		铆钉、拉伸棒材
2018	4.0Cu、0.6Mg、 2.0Ni	C	B	B—C	420		汽缸盖、活塞
2218	4.0Cu、1.5Mg、 2.0Ni	C	B	B—C	337		喷气式飞机机翼、环状零件



续表 1-3

合金	标准成分 (质量分数) /%	性能					应用实例
		耐蚀 性能 <sup>①</sup>	切削 性能 <sup>②</sup>	可焊 性 <sup>①②</sup>	硬质材 料强度 /MPa	软质材 料强度 /MPa	
2618	2.3Cu、1.6Mg、 1.0Ni、1.1Fe	C	B	B—C	450		飞机发动机(200℃以下)
2219	6.3Cu、0.3Mn、 0.1V、0.15Zr	B	B	A	492	176	用于高温(320℃以下)下的结构、焊接结构
2024	4.5Cu、0.6Mn、 1.5Mg	C—C	B—B	B—B	527	190	卡车车身、切削零件、飞机结构
2025	0.8Si、4.5Cu、 0.8Mn	C—D	B—B	B—B	413	176	机件、飞机螺旋桨
3003 3203	1.2Mn	A—A	D—C	A—A	211	112	炊事用具、化工装置、压力槽、钣金零件、建筑材料
3004 3104	1.2Mn、1.0Mg	A—A	D—C	A—A	288	183	钣金零件、贮槽、易拉罐
4032	12.2Si、0.9Cu、 1.1Mg、0.9Ni	C—D	D—C	B—C	387		活塞、汽缸
4043	5.0Si						焊条、焊丝
4343	7.5Si						板状和带状的硬钎焊料
5005	0.8Mg	A—A	D—C	A—A	211	127	器具、建筑材料、导电材料
5050	1.4Mg	A—A	D—C	A—A	225	148	建筑材料、冷冻机的调整蛇形管、管道
5052	2.5Mg、0.25Cr	A—A	D—C	A—A	295	197	钣金零件、水压管、器具
5252	2.5Mg、0.25Cr	A—A	D—C	A—A	274	197	汽车的调整蛇形管
5652	3.5Mg、0.25Cr	A—A	D—C	A—A	295	197	焊接结构、压力槽、过氧化氢贮槽
5154	0.8Mn、2.7Mg、 0.10Cr	A—A	D—C	A—A	337	246	焊接结构、压力槽、贮槽
5454	0.1Mn、5.2Mg、 0.10Cr	A—A	D—C	A—A	300	253	焊接结构、压力容器、船舶零件
5056	0.1Mn、5.0Mg、 0.10Cr	A—C	D—C	A—A	433	295	电缆皮、铆钉、挡板、铲斗
5356	0.8Mn、5.1Mg、 0.10Cr	A—B	D—C	A—A	440	305	焊条、焊丝
5456	0.8Mn、5.1Mg、 0.15Cr	A—B	D—C	A	457	380	高强焊接结构、贮槽、压力容器、船舶零件