

“十二五”国家重点图书出版规划项目

有色金属文库

# NON-FERROUS METALS LIBRARY

EXTRUSION AND HEAT TREATMENT OF ALUMINIUM ALLOY

# 铝合金挤压及热处理

梁世斌 主编



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

“十二五”国家重点图书出版规划项目

**有色金属文库**

EXTRUSION AND HEAT TREATMENT  
OF ALUMINIUM ALLOY

# **铝合金挤压及热处理**

梁世斌 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**

铝合金挤压及热处理/梁世斌主编. —长沙:中南大学出版社,  
2015.4

ISBN 978-7-5487-1450-7

I. 铝... II. 梁... III. ①铝合金-挤压-生产工艺  
②铝合金-热处理 IV. ①TG379②TG166.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 086406 号

---



铝合金挤压及热处理

梁世斌 主编

---

☐责任编辑 史海燕

☐责任印制 易建国

☐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 710×1000 B5 ☐印张 36 ☐字数 711 千字 ☐插页 8

☐版 次 2015 年 5 月第 1 版 ☐2015 年 5 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-1450-7

☐定 价 128.00 元

---

图书出现印装问题,请与经销商调换

—— 深交所 / 股票代码 002578 ——



# 闽发铝业

MINFA ALUMINIUM

中国建筑铝型材二十强企业 / ISO28340国际标准研制创新示范基地 / GB5237 铝合金建筑型材 国家标准研制创新示范基地



▲ 闽发铝业公司总部



# ALUMINIUM LEADER INDUSTRY

# 行业引领者

闽发铝业东田生产中心



**闽发铝业**

MINFA ALUMINIUM

地址(ADD): 福建省南安市南美综合开发区 传真(FAX): 0595-86289898

电话(TEL): 0595-86286999 86299500 13599116366 邮编: 362300

网址: www.minfa.com 电子邮件: minfa@minfa.com 全国统一服务热线: 400-0068-999

此为试读, 需要完整PDF请访问: [www.ertongbook.com](http://www.ertongbook.com)



**华建铝业**  
HUAJIAN ALUMINIUM

# 华建铝材 构筑未来

●以铝型材生产经营为主，集铝型材、门窗幕墙、房地产、建筑胶业、金融、投资、商贸、会展、技术服务于一体的大型企业

●主导产品铝合金建筑型材和工业型材，研发的家百利门窗幕墙系统、新木缘铝木复合门窗系统和易欧思门窗系统拥有完全的自主知识产权

●工程实例：CCTV大厦新址、首都新机场、美国驻华大使馆、国家环保总局、国家博物馆、2008年北京奥运会场馆、2009年全运会场馆、2010年上海世博会场馆、2012年亚沙会场馆、2013年世界园艺博览会场馆、2014年北京APEC峰会雁栖湖国家会议中心、安哥拉社会福利住房项目

●国家高新技术企业、国家守合同重信用企业、中国节能型材创新企业十强、中国铝型材产业基地龙头骨干企业、国家认可实验室

●中国有色金属工业协会会员单位、中国建筑金属结构协会名誉副会长单位、国家有色金属标准化技术委员会会员单位，参与《铝及铝合金术语》等十多项国家标准和行业标准的起草



山东华建铝业集团

地址：山东临朐东环路5188号  
电话：0536-3151777 3151888

网址：www.huajian-al.com  
全国服务热线：400-0133-888



**CIFEC**  
中国国际门窗幕墙博览城

**中国国际门窗幕墙博览城**



## 买好门，选好窗，就到临朐窗博城！

中国国际门窗幕墙博览城简称窗博城，位于中国铝型材产业基地——山东临朐，由中国建筑金属结构协会、全联房地产商会、中国房地产部品采购联盟、山东省建设机械协会联合主办，由博雅展览有限公司整体运营。

窗博城依托产业优势，通过汇集门窗幕墙行业的知名品牌，整合产品和客户资源，为门窗幕墙行业打造集展览交易、仓储物流、技术交流和信息发布等功能于一体的门窗幕墙行业精品展销基地。

热忱欢迎业内朋友莅临窗博城参观指导、洽谈采购，同时欢迎国内外门窗幕墙及房地产行业协会组织、企事业单位及科研机构等在此举办行业交流活动。我们将竭诚为您提供策划、接待、会议、旅游等一站式服务！

**地 址：山东 临朐 东环路5018号**  
**咨询热线：0536-3393333 3358888**



微信扫一扫  
每月免费领取精美礼品

## 作者简介



**梁世斌**，高级工程师，湖南省浏阳市大瑶镇人。

1965年毕业于中南大学特种冶金工艺系有色金属合金及热处理专业。毕业后分配到哈尔滨东北轻合金加工厂特殊管车间，从事原子反应堆工艺管生产的技术工作。1982年调广州市广东省有色金属加工厂，先后任挤压车间主任、生产技术副厂长、厂长，1988年开始兼任广东省铝型材加工协会会长。一生致力于铝型材加工事业，多次在《轻合金加工技术》发表技术论文，并获铝合金在线淬火等多项发明专利。2006年策划、编写了《铝型材加工实用技术手册》。现为广东兴发铝业有限公司独立董事，广东伟业铝厂集团有限公司、山东华建铝业有限公司专家组成员。

作者从事铝加工技术工作整整五十年，《铝合金挤压及热处理》一书的出版，实现了为母校献礼，为合金65级同学50周年聚会献礼的愿望。

## 编 委 会

主 任：黄长远

副主任：梁世斌

委 员：刘静安 宋禹田 张 晗 高森田 周 旺  
陈 敏 张 宇 叶细发 陈文泗 罗铭强  
唐性宇 姚立新 刘煌萍 肖 亮 谭景鹏  
张洪亮 武守法 张清龙 熊 欢 黄妮娜

策 划：梁世斌 方汉生 邓有生

## 参编单位

福建省闽发铝业股份有限公司

广东兴发铝业有限公司

山东华建铝业有限公司

广东伟业铝厂集团有限公司

广东高登铝业有限公司

广铝集团有限公司

广东华昌铝厂有限公司

福建奋安铝业有限公司

广东和胜工业铝材股份有限公司

四川铭帝铝业有限公司

四川广汉三星铝业有限公司

# 序 言

Preface

新中国成立初期,我国的铝加工产业一片空白,第一个五年计划期间我国建成第一个铝加工企业——东北轻合金加工厂,到第三个五年计划时,西南铝加工厂和西北铝加工厂建成了。这三个老牌企业起到核心骨干作用,为我国的铝加工事业发展奠定了技术基础。改革开放以来,铝加工行业进入了蓬勃发展时期,国营和民营铝加工企业有数百家。进入 21 世纪,我国铝加工行业,特别是铝型材行业有了突飞猛进的发展,无论是产能、产量还是挤压机数量、规格都居世界第一位。

我国虽然是铝型材加工大国,但还不是强国。铝合金工业材无论是数量、比例还是质量与欧美发达国家相比都有较大的差距。铝工业材虽然由过去只占整个铝加工材不到 20%,上升到 40% 以上,但与西方工业材占 70% 以上相比相差甚远。近年来随着国家科技进步,工业不断发展,铝工业材的数量和质量有了长足进步,铝工业材市场日益扩大,需求日益增加。福建省闽发铝业股份有限公司组织编写了《铝合金挤压及热处理》,主要介绍铝工业材新技术。该书的出版是铝挤压加工行业的一件幸事,值得关注,值得支持,值得祝贺!

《铝合金挤压及热处理》里面的大断面型材挤压技术、无缝管挤压技术、反向挤压技术、精密材生产技术、高强度铝合金挤压技术及等温快速挤压、多孔模挤压等都是目前工业材发展所需要的技术,相信该书的出版对我国工业材的发展会起到积极的推动和指导作用。另外该书有 600 多个图表,列出了合金成分选择、先进设备参数和工艺技术数据,可以为铝挤压加工企业作为借鉴和参考,具有很强的实用性。可以使开展铝挤压加工企业研发工业材少走弯路,进行得更加顺利。

最后，我要利用《铝合金挤压及热处理》一书出版的机会，向铝加工行业许多新老科技工作者、工程技术人员多年来在各自的岗位默默奉献，为铝加工行业作出的巨大贡献，表示感谢。希望他们继续努力、不畏艰苦，为振兴我国铝加工事业作出更大贡献。

中国有色金属协会副理事长  
中国有色金属加工工业协会会长

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '李' (Li), '建' (Jian), and '平' (Ping), written in a cursive style.

2014 年 12 月 28 日

# 前言

Foreword

随着国家改革的深入、科学技术进步和经济的发展,铝加工产品的市场在逐渐发生改变,铝加工挤压产品由以门窗、幕墙为主,开始向铝加工工业材迅速发展,其比例也大幅提升,从改革开放初期百分之几到2014年达到35%以上。铝工业材正蓬勃发展,方兴未艾。

全国铝加工企业看到了铝挤压工业材的广阔市场和发展前景,纷纷投入大量技术力量,向铝工业材进军。福建省闽发铝业股份有限公司适时组织行业的资深专家、高级技术人员梁世斌、刘静安、宋禹田、张晗、高森田、周旺等编写一本以铝挤压工业材生产技术为主的《铝合金挤压及热处理》,这必将对铝挤压加工企业开发工业材起到一定的促进作用。

该书针对目前铝挤压加工发展工业材的一些热点技术,大断面型材挤压技术、铝合金反向挤压技术、无缝管挤压技术、高强度铝合金挤压技术、精密铝型材挤压技术、快速挤压、多孔模挤压及铝合金工业材热处理,进行了较为详细的论述,相信对铝合金挤压工业材的发展有一定的指导和推动作用。

该书共分两篇14章。第一篇第一、七、八、九章由梁世斌编写,第二章由梁世斌、刘静安编写,第三、四章由刘静安编写,第五章由宋禹田编写,第六章由张晗、高森田、周旺共同编写。第二篇铝合金热处理由梁世斌编写。该书力求全面介绍,突出重点,尽量多介绍新技术、新工艺、新设备,列出了诸多企业先进工艺设备的图、表、主要技术参数供大家参考。

本书在编写过程中受到各方关注,得到中国有色金属加工工

业协会的大力支持，同时许多大型铝加工企业为本书提供素材，给予支持，特别要感谢广东兴发铝业股份有限公司、广东伟业铝厂集团有限公司、山东华建铝业有限公司、广东高登铝业有限公司等企业对本书编写的热心关注和大力支持。并对参编单位的各方面支持表示感谢！

由于编者视野有限、学识有限、经历有限，难以完美地将以上铝挤压工业材的技术提供给读者，提供的数据也难以十分精确，甚至技术观点、技术表述、语言文字可能有谬误之处，欢迎广大读者批评、指正，如有误导之处深表歉意。

**编委会**

**2014. 12. 28**

# 目录

Contents

## 第一篇 铝合金挤压

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 第一章 概述 .....                   | 梁世斌(1) |
| 1.1 挤压方法的特点及分类 .....           | (1)    |
| 1.1.1 正挤压法 .....               | (2)    |
| 1.1.2 反挤压法 .....               | (3)    |
| 1.2 挤压时金属的流动特点 .....           | (4)    |
| 1.2.1 挤压时金属的应力与应变 .....        | (4)    |
| 1.2.2 挤压时金属的变形过程 .....         | (5)    |
| 1.3 挤压力及其影响因素 .....            | (7)    |
| 1.3.1 挤压力 - 挤压轴行程曲线(示功图) ..... | (7)    |
| 1.3.2 挤压力的组成 .....             | (8)    |
| 1.3.3 影响挤压力的主要因素 .....         | (8)    |
| 1.3.4 挤压力计算公式 .....            | (11)   |
| 1.4 挤压时的温度、速度条件 .....          | (12)   |
| 1.4.1 挤压时的温度变化 .....           | (12)   |
| 1.4.2 挤压时的温度条件 .....           | (12)   |
| 1.4.3 挤压时的速度条件 .....           | (14)   |
| 1.5 影响金属流动的主要因素 .....          | (14)   |
| 1.5.1 挤压方法 .....               | (15)   |
| 1.5.2 金属强度 .....               | (16)   |
| 1.5.3 温度 .....                 | (16)   |
| 1.5.4 挤压工具 .....               | (16)   |
| 1.5.5 其他工艺参数 .....             | (18)   |
| 1.6 挤压制品的组织及性能 .....           | (19)   |

|       |                 |      |
|-------|-----------------|------|
| 1.6.1 | 弹性区、缩尾、成层 ..... | (19) |
| 1.6.2 | 挤压制品的组织 .....   | (23) |
| 1.6.3 | 粗晶环 .....       | (24) |
| 1.6.4 | 挤压制品的机械性能 ..... | (29) |
| 1.6.5 | 挤压效应 .....      | (31) |

## 第二章 铝合金建筑型材及软合金挤压技术

|       |                               |      |
|-------|-------------------------------|------|
| ..... | 梁世斌 刘静安                       | (36) |
| 2.1   | 铝合金建筑型材工艺选择 .....             | (36) |
| 2.1.1 | 挤压工具的准备 .....                 | (36) |
| 2.1.2 | 6063 合金铸锭的加热 .....            | (38) |
| 2.1.3 | 挤压工艺参数 .....                  | (41) |
| 2.1.4 | 挤压残料 .....                    | (44) |
| 2.1.5 | 挤压制品的冷却 .....                 | (44) |
| 2.1.6 | 挤压制品的矫直 .....                 | (45) |
| 2.1.7 | 成品锯切 .....                    | (46) |
| 2.2   | 铝合金型材断面难度判断 .....             | (47) |
| 2.2.1 | 决定制品加工难度极限的因素 .....           | (47) |
| 2.2.2 | 决定制品生产难度的因素 .....             | (50) |
| 2.2.3 | 断面生产难度分级的意义 .....             | (61) |
| 2.3   | 客户图纸审查 .....                  | (61) |
| 2.3.1 | 断面加工图纸的基本要求 .....             | (61) |
| 2.3.2 | 审图 .....                      | (62) |
| 2.4   | 等温挤压与快速挤压 .....               | (63) |
| 2.4.1 | 概述 .....                      | (63) |
| 2.4.2 | 挤压时的温度变化 .....                | (63) |
| 2.4.3 | 实现等温挤压的方法与关键技术措施<br>.....     | (65) |
| 2.4.4 | 软铝合金的快速热挤压技术 .....            | (78) |
| 2.5   | 多孔模挤压 .....                   | (83) |
| 2.5.1 | 概述 .....                      | (83) |
| 2.5.2 | 一模多出挤压的特点与优点 .....            | (84) |
| 2.5.3 | 一模多出挤压的基本条件与关键技术<br>.....     | (85) |
| 2.5.4 | 空心型材一模多出挤压模设计与生产工艺实例<br>..... | (93) |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 2.6 软合金挤压工艺 .....       | (103) |
| 2.6.1 软合金与硬合金的分类 .....  | (103) |
| 2.6.2 软合金的挤压特点 .....    | (104) |
| 2.6.3 1×××系合金挤压工艺 ..... | (104) |
| 2.6.4 3003 合金挤压工艺 ..... | (104) |
| 2.6.5 散热器型材的挤压技术 .....  | (105) |

### 第三章 铝合金大断面型材挤压技术 ..... 刘静安(108)

|                                            |       |
|--------------------------------------------|-------|
| 3.1 铝合金大断面型材的特点及其分类 .....                  | (108) |
| 3.1.1 大断面型材的界定 .....                       | (108) |
| 3.1.2 铝合金大断面型材的特点 .....                    | (108) |
| 3.1.3 铝合金大断面型材的分类 .....                    | (110) |
| 3.2 铝合金大断面型材的市场需求及发展前景 .....               | (112) |
| 3.3 铝合金大断面型材常用合金及其性能与用途<br>.....           | (113) |
| 3.3.1 常用合金的化学成分与特性 .....                   | (113) |
| 3.3.2 变形铝合金的可挤压性 .....                     | (120) |
| 3.4 铝合金大断面型材的挤压方法、工艺流程及基本<br>生产条件与要求 ..... | (123) |
| 3.4.1 铝合金大断面型材的挤压方法 .....                  | (123) |
| 3.4.2 铝合金大断面型材的生产工艺流程与参数<br>确定的原则 .....    | (130) |
| 3.4.3 铝合金大断面型材的基本生产条件与要求<br>.....          | (133) |
| 3.5 铝合金大断面型材的挤压技术及工艺要点 .....               | (142) |
| 3.5.1 概述 .....                             | (142) |
| 3.5.2 大断面壁板型材的挤压技术与工艺要点<br>.....           | (142) |
| 3.5.3 航天航空用大断面型材的挤压技术与工艺<br>要点分析 .....     | (160) |
| 3.5.4 现代交通运输用大断面型材挤压技术、工艺<br>特点及举例 .....   | (170) |
| 3.5.5 绿色建筑铝合金大断面型材挤压技术及工艺<br>特点分析与举例 ..... | (181) |
| 3.6 铝合金大断面型材生产过程的质量控制及主要<br>缺陷分析 .....     | (189) |

## 4 / 铝合金挤压及热处理

- 3.6.1 生产过程的质量控制 ..... (189)
- 3.6.2 铝合金大断面型材的主要缺陷(废品)分析  
..... (191)

## 第四章 铝合金反向挤压技术 ..... 刘静安(195)

- 4.1 工作原理、特点、分类及生产线配置 ..... (196)
  - 4.1.1 工作原理 ..... (196)
  - 4.1.2 特点及选择原则 ..... (197)
  - 4.1.3 反挤压方法的分类 ..... (200)
  - 4.1.4 反向挤压生产线 ..... (203)
- 4.2 反向挤压金属的变形行为、力学条件、产品特点  
及生产工艺程序 ..... (206)
  - 4.2.1 金属的流动与变形行为 ..... (206)
  - 4.2.2 铝合金反向挤压过程的应力状态、分布及挤  
压力的计算 ..... (210)
  - 4.2.3 铝合金反向挤压制品及其组织、性能特征和  
质量分析与控制 ..... (216)
  - 4.2.4 铝合金反向挤压的工艺操作程序及主要工艺  
参数确定原则 ..... (220)
- 4.3 典型铝合金制品反挤压工艺要点分析及新技术  
研发举例 ..... (242)
  - 4.3.1 硬铝合金棒材反挤压技术及工艺要点分析  
..... (242)
  - 4.3.2 铝及铝合金管材反向挤压工艺要点 ..... (244)
  - 4.3.3 6061 合金工业型、棒材反向挤压技术及工艺  
研究 ..... (246)
  - 4.3.4 反向挤压时工艺条件对 6061 合金棒材和管材  
粗晶环的影响研究 ..... (253)
  - 4.3.5 5056 合金无缝管材反挤压工艺的研究与优化  
..... (256)
  - 4.3.6 高效反向挤压工艺的特点及其开发应用  
..... (260)
  - 4.3.7 铸锭热剥皮技术在反向挤压中的应用研究  
..... (266)
  - 4.3.8 45 MN 双动反向挤压机生产线及其主要技术  
特性 ..... (270)