

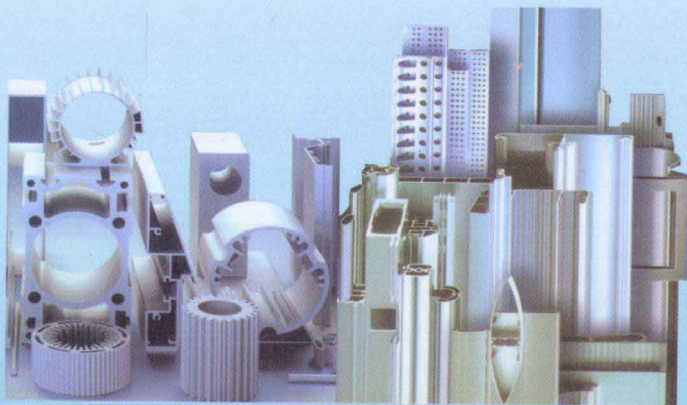
现代铝加工生产技术丛书

主编 李凤轶 周江

铝合金型材生产技术

LÜHEJIN XINGCAI SHENGCHAN JISHU

刘静安 阎维刚 谢水生 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

现代铝加工生产技术丛书

主编 李凤秋 周江

铝合金型材生产技术

刘静安 阎维刚 谢水生 编著

北京
冶金工业出版社
2012

内 容 简 介

本书是《现代铝加工生产技术丛书》之一,详细介绍了铝合金挤压型材的发展历史、现状与趋势;铝合金型材挤压成形原理与基本变形条件;挤压用铝合金及其分类与特点;铝合金型材的分类、生产方法与技术;铝合金型材的质量控制与缺陷分析;铝合金型材挤压生产的主要设备等。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,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。

图书在版编目(CIP)数据

铝合金型材生产技术 / 刘静安, 阎维刚, 谢水生编著.
—北京: 冶金工业出版社, 2012. 1
(现代铝加工生产技术丛书)
ISBN 978-7-5024-5721-1

I. ①铝… II. ①刘… ②阎… ③谢… III. ①铝合金
—金属型材—生产工艺 IV. ①TG146. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 207775 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 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 张登科 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5721-1

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

2012 年 1 月第 1 版, 2012 年 1 月第 1 次印刷

148mm × 210mm; 11 印张; 326 千字; 335 页

39.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010) 64027932 投稿信箱: tougao@cnmip.com.cn

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 (100010) 电话: (010) 65289081 (兼传真)

(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	李凤轶	周 江		
常务副主编	谢水生	刘静安		
副 主 编	吕新宇	尹晓辉	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	王国军	尹晓辉
	方清万	王德满	田 树	丛福官
	米绪军	李 迅	李 响	李凤轶
	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	阎维刚	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	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 万吨（其中：废铝产量 1700 万吨），铝消费总量达 4275 万吨，创历史新高；铝加工材年产量达 3200 万吨，仍以 5%~6% 的年增长率递增；我国原铝年产量已达 1260 万吨（其中：废铝产量 250 万吨），连续五年位居世界首位；铝加工材年产量达 1176 万吨，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,有些具体工艺还不尽深入。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》的编写分工。

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。

另外，《丛书》编写和出版持续时间较长，在编写和出版过程中，参编人员有所变化，敬请读者见谅。

《现代铝加工生产技术丛书》编委会

2008 年 6 月

前 言

挤压是最主要的压力加工成形方法之一，在铝加工中具有十分重要的地位和作用，铝及铝合金挤压产品已成为当今世界最主要的铝加工材料之一，在生产能力、产量规模和产品品种方面仅次于铝压延产品而居第二位（在中国居首位）并广泛应用于航空航天、国防军工、交通运输、电子电器、能源化工、机械制造、建筑工程、电热传输、文体卫生等各个部门及人民生活的各个方面。

长期以来，在我国铝及铝合金挤压材是铝及铝合金加工材料的第一大产品，应用十分广泛。特别是 21 世纪以来，我国掀起了铝挤压工业发展的第三次高潮，改扩建和新建了一大批现代化铝挤压企业，设计制造或引进了一大批具有世界先进水平的铝合金挤压机，特别是各种大型卧式油压挤压机和反向挤压机，我国挤压机总数达 4100 台以上，挤压工模具技术也有了长足的进步，产品的生产能力、产量规模、产品品种和规格以及质量水平有了大幅度提高，产品应用领域不断扩大，并已畅销世界各地。2010 年，我国铝合金挤压材年产量已逾 950 万吨，其中，铝合金型材约达 840 万吨，净出口量达 100 万吨以上，我国已成为世界上真正的铝型材生产大国、消费大国和出口国。但是应清醒地看到，我国还不是铝挤压强国，与国外先进技术水平相比，仍有较大的差距，主要表现在：挤压机数量虽多，但绝大部分为装备水平低下的中小型挤压机；产量虽大，但大多数为中、低档民用建材，高档建材产品及高质量精密工业型材和高性能军工型材部分依赖进口，仍不能满足国防现代化和国民经济持续高速发展的需要。究其原因，主要还在于我国底子薄，基础研究薄弱，技术进步和科技创新能力不强。鉴于此，作者在总结了自己多年来在铝合金挤压型材生产经验和科研成果的基础上，参阅、翻译和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，以期对我国铝合金挤压

型材产业和技术的发展有所裨益。

本书详细介绍了铝合金挤压型材的发展历史、现状与趋势；铝合金型材挤压成形原理与基本变形条件；挤压用铝合金及其分类与特点；铝合金型材的分类、生产方法与技术；铝合金型材的质量控制与缺陷分析；铝合金型材挤压生产的主要设备等。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问题将有所帮助。

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、3章由刘静安编写，第4、6章由阎维刚编写，第5章由刘静安、谢水生编写，第7章由阎维刚、谢水生编写，全书由刘静安教授和谢水生教授审定。

本书在编写过程中，邵莲芬、刘鲁、刘煜等同志做了大量工作，同时参考了国内外有关专家、学者的一些文献资料、技术论著和一些铝加工企业的图表、数据等技术资料，并得到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，敬请广大读者提出宝贵意见。

作 者

2011年5月

目 录

1 绪论	1
1.1 挤压在铝加工中的重要地位和作用	1
1.2 挤压方法及其工作原理与技术特性	3
1.2.1 挤压方法及其工作原理	3
1.2.2 挤压成形法的特点	10
1.3 常用挤压铝合金及其特性	12
1.3.1 铝的基本特性与应用范围	12
1.3.2 铝及铝合金的分类	15
1.3.3 变形铝合金分类、典型性能及主要用途举例	15
1.3.4 常用挤压铝合金及其性能与用途	32
1.4 铝挤压工业的发展概况及铝挤压材的市场分析	48
1.4.1 现代铝挤压工业发展的特点与概况	48
1.4.2 铝挤压材国内外市场分析与预测	56
1.5 铝合金挤压技术的发展现状与趋势	59
1.5.1 铝合金挤压技术的现状	59
1.5.2 铝挤压技术的发展趋势	65
1.5.3 我国铝挤压技术发展新动向	68
2 铝合金挤压的基本变形条件与工艺特点	71
2.1 铝合金挤压时金属的流动特性	71
2.1.1 挤压时金属流动的基本阶段	71
2.1.2 主要因素对金属流动特征的影响	73
2.2 铝合金挤压时的润滑条件与工艺润滑剂	81
2.3 铝合金挤压时的应力应变状态	84
2.3.1 挤压时金属的应力应变状态的特点	84
2.3.2 变形不均匀性与残余应力	85

2.4 铝合金挤压制品的组织与性能	87
2.4.1 铝合金挤压制品的组织	87
2.4.2 铝合金挤压制品的力学性能	92
2.5 挤压时的温度-速度条件	94
2.5.1 挤压过程中的温度变化	94
2.5.2 挤压时的温度条件	97
2.5.3 挤压时的速度条件	98
2.6 铝合金挤压时的力学条件及挤压力计算方法	100
2.6.1 挤压力-挤压轴行程曲线(示功图)	100
2.6.2 挤压受力状态分析及挤压力的组成	101
2.6.3 影响挤压力的主要因素	102
2.6.4 挤压力的计算	105
2.7 确定铝合金最佳挤压工艺制度的基本原则	107
2.7.1 挤压方法的选择	107
2.7.2 坯料形状与尺寸的确定	107
2.7.3 挤压温度范围的确定原则	108
2.7.4 挤压速度的确定原则	108
2.7.5 挤压工具的结构选择	109
3 铝合金挤压型材的分类及工艺设计特点	110
3.1 铝合金挤压型材的品种与规格	110
3.1.1 铝合金挤压型材的分类	110
3.1.2 铝合金型材的规格范围	112
3.1.3 铝合金管材的品种与规格	115
3.1.4 铝合金棒材和线材的品种规格	119
3.2 铝合金型材的断面设计	120
3.2.1 铝合金型材断面的设计原则	120
3.2.2 互连型材设计	124
3.3 铝合金型材可挤压性和挤压条件的分析	128
3.4 铝合金型材断面设计举例	129
3.4.1 通用型材断面设计举例	129

3.4.2	空心断面型材设计举例	131
3.4.3	民用建筑门窗、幕墙型材断面设计举例	133
3.4.4	铝合金带筋壁板型材断面设计举例	137
3.4.5	变断面铝合金型材设计举例	138
4	铝合金挤压型材生产方法与技术	140
4.1	铝合金挤压型材生产方法与工艺流程	140
4.1.1	铝合金挤压型材生产方法	140
4.1.2	铝合金挤压型材生产工艺流程	140
4.2	铝合金型材挤压工艺的编制原则和步骤	140
4.2.1	铝合金挤压成形过程的变形指数	140
4.2.2	主要工艺参数	143
4.2.3	铝合金型材挤压工艺的编制原则与步骤	144
4.3	铝合金型材挤压生产工艺及举例	164
4.3.1	普通型材挤压工艺及举例	164
4.3.2	空心型材挤压工艺及举例	167
4.3.3	阶段变断面型材挤压工艺及举例	170
4.3.4	壁板型材挤压工艺	176
4.3.5	挤压工艺规程举例	183
4.4	铝合金挤压型材的热处理与精整矫直	190
4.4.1	铝合金挤压型材的热处理	190
4.4.2	铝合金挤压型材的精整矫直	199
5	民用建筑铝合金挤压型材生产技术	212
5.1	概述	212
5.2	建筑用铝合金型材的现状与发展趋势	213
5.2.1	世界的发展现状与趋势	213
5.2.2	中国建筑铝型材的快速发展	214
5.3	建筑业常用铝合金及常见的建筑结构类型举例	220
5.3.1	建筑业常用铝合金及使用状态	220
5.3.2	建筑业常用铝合金的结构类型	220

5.3.3	围护铝结构型材的应用实例	221
5.3.4	房屋承重铝结构型材应用实例	222
5.3.5	桥梁铝结构型材应用实例	224
5.3.6	架线杆和塔架用铝型材	225
5.3.7	飞机场跑道用铝型材	225
5.3.8	铝合金高级活动板房	225
5.3.9	电动铝合金百叶窗	227
5.4	民用建筑铝合金挤压型材的生产技术	228
5.4.1	民用建筑铝合金挤压型材的特点	228
5.4.2	民用建筑铝型材挤压模具的设计特点	228
5.5	民用建筑铝合金型材挤压生产技术	238
5.5.1	挤压工具的准备	238
5.5.2	工模具的加热	240
5.5.3	铝合金铸锭的加热	240
5.5.4	挤压速度的选择	245
5.5.5	挤压制品的冷却	250
5.5.6	挤压制品的矫直	251
5.5.7	成品锯切	253
5.6	民用建筑铝合金挤压型材典型生产工艺规程举例	254
5.6.1	引用标准	254
5.6.2	生产工艺流程	254
5.6.3	生产设备主要技术参数	254
5.6.4	铸锭的验收及保管	255
5.6.5	挤压生产前的准备	256
5.6.6	铸锭加热	256
5.6.7	挤压及在线淬火	257
5.6.8	拉伸矫直	257
5.6.9	成品锯切	258
5.6.10	人工时效	258
5.6.11	质量检验	259
5.6.12	包装交货	259

5.6.13 装箱与运输	259
6 铝合金挤压型材的主要缺陷及质量控制与检测	260
6.1 铝合金挤压型材的主要缺陷	260
6.1.1 表面缺陷产生的原因及消除方法	260
6.1.2 组织缺陷产生原因及消除方法	268
6.1.3 外形尺寸不合格的缺陷及消除方法	271
6.1.4 力学性能不合格废品及消除方法	275
6.2 铝合金型材的质量控制	275
6.2.1 挤压工序检验与质量控制	276
6.2.2 铝型材组织性能检验取样规定及审查与处理	281
6.2.3 铝挤压型材成品检查与质量控制	287
6.2.4 铝型材尺寸、外形、表面质量的具体测量技术	287
7 铝合金挤压型材主要生产设备	290
7.1 挤压机发展概况	290
7.2 现代挤压机的特点	290
7.3 挤压机的分类	292
7.4 挤压机的选择原则	293
7.4.1 挤压机生产能力计算	293
7.4.2 挤压机的选择原则	295
7.5 挤压机结构及主要技术参数	297
7.5.1 正向单动卧式挤压机	298
7.5.2 正向双动卧式挤压机	308
7.5.3 反向卧式挤压机	308
7.6 挤压机的辅助机构	310
7.6.1 模座	310
7.6.2 制品的牵引机构	313
7.7 加热炉	314
7.7.1 铸锭加热炉	314
7.7.2 模具加热炉	319

7.7.3 时效炉	320
7.7.4 淬火炉	322
7.8 精整设备	325
7.8.1 矫直设备	325
7.8.2 锯切设备	330
7.9 其他辅助设备	331
7.9.1 铝型材包装机	331
7.9.2 隔热型材穿条机	332
参考文献	334

1 绪 论

1.1 挤压在铝加工中的重要地位和作用

挤压加工在铝合金工业体系中占有特殊的地位。这是因为近些年来随着科学技术的不断进步和国民经济的飞速发展，使用部门对铝合金产品的精度、形状、表面粗糙度和组织性能等各种质量指标提出了新的要求。而向用户保证供应符合各种质量要求的铝合金产品，采用挤压加工技术生产比用其他压力加工方法（如轧制、锻造等）有更大的优越性和可靠性。归纳起来，挤压加工有下列特点：

(1) 在挤压过程中，被挤压金属在变形区能获得比轧制、锻造更为强烈和均匀的三向压缩应力状态，可充分发挥被加工金属本身的塑性。因此，用挤压法可加工那些用轧制法或锻造法加工有困难甚至无法加工的低塑性难变形金属或合金。对于某些必须用轧制或锻造法进行加工的材料，如7A04、7075、5A06等合金的锻件等，也常用挤压法先对铸锭进行开坯，以改善其组织，提高其塑性。目前，挤压仍然是可以用铸锭直接生产产品的最优越的方法。

(2) 挤压法不但可以生产断面形状较简单的管、棒、型、线产品，而且可生产断面变化、形状极复杂的型材和管材，如阶段变断面型材、逐渐变断面型材、带异形加强筋的整体壁板型材、形状极其复杂的空心型材和变断面管材、多孔管材等。这类产品用轧制法或其他压力加工方法生产是很困难的，甚至是不可能的。异形整体型材可简化冷成形、铆焊、切削等复杂的工艺过程，这对于减少设备投资、节能、提高金属利用率、降低产品的总成本具有重大的社会、经济效益。

(3) 挤压加工灵活性很大，只需要更换模子等挤压工具即可在一台设备上生产形状、规格和品种不同的制品，更换挤压工具的操作简便易行、费时少、工效高。这种加工方法对订货批量小、品种规格