

现代铝加工生产技术丛书

主编 赵世庆 钟利

铝合金挤压工模具技术

LÜHEJIN JIYA GONGMOJU JISHU

刘静安 黄凯 谭炽东 编著



冶金工业出版社

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

国家发展和改革委员会 工业和信息化部

工业和信息化部 中国轻工业联合会

铝合金挤压工模具技术

ALUMINUM EXTRUSION TOOLING TECHNOLOGY

王德明 曹 强 曹秋华 编著



本书可作为高等院校、职业院校、企业培训教材，也可供从事铝合金挤压工模具工作的工程技术人员参考。

现代铝加工生产技术丛书

主编 赵世庆 钟 利

铝合金挤压工模具技术

刘静安 黄 凯 谭炽东 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,详细介绍和系统论述了铝合金挤压工模具的工作原理、分类及组装形式、材料选择、设计步骤与方法、结构与尺寸优化、强度校核方法、工模具制造技术与设备以及工模具的使用、维护与科学管理等。全书共分5章,内容包括:概论、铝合金挤压工具的优化设计、铝合金挤压模具的优化设计、铝合金挤压工模具的制造技术、铝合金挤压工模具的维修与合理使用等。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,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

铝合金挤压工模具技术/刘静安等编著. —北京:
冶金工业出版社, 2009.5

(现代铝加工生产技术丛书)

ISBN 978-7-5024-4872-1

I. 铝… II. 刘… III. 铝合金—挤压模 IV. TG379

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第045409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 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 978-7-5024-4872-1

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

2009年5月第1版, 2009年5月第1次印刷

148mm×210mm; 10.25印张; 301千字; 309页; 1-3000册

35.00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

挤压工模具设计与制造是铝合金挤压材，特别是铝合金型材生产的关键技术，不仅影响产品的质量、生产效率和交货周期，而且也是决定产品成本的重要因素之一。随着铝合金挤压材生产难度的增加和对产品个性化性能要求的提高，这种作用更加明显。2007 年，我国铝合金挤压材产销量超过 660 万 t，工模具消耗达 80 万套以上，价值高达 20 亿元以上，占挤压加工成本的 25% ~ 30%，大大制约了我国铝合金挤压工业的发展。目前，我国铝合金挤压工模具的平均使用寿命为 5 ~ 10t/模，一次上机合格率为 50% 左右，大大落后于国际上 15 ~ 20t/模和一次上机合格率为 67% 的先进水平，大有潜力可挖。因此，不断提高挤压工模具的质量和使用寿命不仅是生产企业的强烈愿望，也是我国从事挤压工作技术人员的责任。

提高工模具质量和使用寿命是一个巨大的系统工程，其影响因素很多，而挤压工模具的优化设计与精密制造是诸多因素的前提与核心。为了高速、优质、低成本、低能耗、高效益、环保安全地生产铝合金挤压产品，各国政府、企业界、学术界投入了大量人力、物力和财力，开展了铝合金挤压工模具优化设计与精密制造方面的研发工作，并取得了许多可喜成果。我国也做了大量的工作，并在很多方面有所突破，但从整体上来看，我国与国际先进水平仍有一定差距。因此，作者在总结了多年来在生产第一线从事铝合金生产的实际经验与科研开发工作的基础上，参考和吸收了国内外有关方面的研发成果和经验，编写了本书，以期推广国内外的先进技术和生产经验，使我国的铝合金挤压工模具技术尽快赶上世界先进水平，对促进我国铝及铝合金挤压事业的发展有所裨益。

本书详细介绍和系统论述了铝合金挤压工模具的工作原理与工作条件、工模具的分类及组装形式、材料的合理选择、设计的步骤与方法、结构与尺寸的优化、强度校核方法、工模具的精密制造技术与设备,以及挤压工模具的使用、维护与科学管理等。并列举了大量在生产中容易出现的技术、质量难题及解决方法。在内容组织与结构安排上,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,为广大读者提供一本实用的技术著作。

本书是铝及铝合金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、5章由黄凯、谭炽东编写。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、刘红杰、李浩、袁红渝、周怡等做了大量工作,不少专家和工人师傅给予了指导和帮助,同时参考了国内外有关专家、学者的一些文献资料,应用了广东兴顺精密模具有限公司等企业的一些图表、数据等,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大力支持,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,恳请广大读者批评指正。

作 者

2008年12月

目 录

1 概论	1
1.1 金属挤压工作原理及方法	1
1.1.1 金属挤压原理及分类	1
1.1.2 铝挤压的基本方法	4
1.2 铝合金挤压产品及其生产工艺流程	6
1.2.1 铝合金管、棒、型、线材的品种与规格	6
1.2.2 铝合金管、棒、型、线材的生产方式与工艺流程	23
1.3 铝合金挤压时金属的流动特性、应力、应变状态与 挤压力计算	28
1.3.1 挤压时金属流动特性	28
1.3.2 铝合金挤压时的润滑条件与工艺润滑剂	38
1.3.3 铝及铝合金热挤压时的应力-应变状态	40
1.3.4 铝合金挤压时制品的组织与性能及长度方向上 断面尺寸的不均匀性	42
1.3.5 挤压时的温度和速度条件	44
1.3.6 铝合金挤压时的力学状态及挤压力的计算	48
1.4 铝合金挤压时几个常用参数的计算	52
1.4.1 变形系数的计算	52
1.4.2 填充系数的计算	52
1.4.3 挤压筒比压的计算	52
1.4.4 分流比的计算	53
1.4.5 锭坯长度的计算	53
1.4.6 挤压长度的计算	53
1.5 常用挤压铝合金化学成分、力学性能及其可挤压性	54
1.5.1 常用挤压铝合金的化学成分与力学性能	54
1.5.2 变形铝合金的可挤压性分析	54

1.5.3 铝合金型材可挤压性和挤压条件的分析	59
1.6 铝合金挤压工模具的工作条件及材料的合理选择	61
1.6.1 挤压工模具的工作条件	61
1.6.2 对挤压工模具材料的要求	61
1.6.3 挤压工模具材料的发展概况和主要品种	62
1.6.4 铝型材挤压工模具材料合理选择	63
1.7 工模具在铝挤压生产中的特殊地位及发展概况	67
1.7.1 工模具在铝挤压生产中的重要地位	67
1.7.2 铝挤压工业的高速发展对工模具提出了 越来越高的要求	68
1.7.3 铝挤压工模具的发展水平与趋势	69
2 铝合金挤压工具的优化设计	80
2.1 铝合金挤压工具的分类及组装形式	80
2.1.1 铝合金挤压工具的分类	80
2.1.2 铝合金挤压工具的组装形式	80
2.2 挤压筒的优化设计	84
2.2.1 挤压筒的结构形式	84
2.2.2 挤压筒的加热方式	84
2.2.3 挤压筒工作内套的结构	86
2.2.4 挤压筒与模具平面的配合方式	88
2.2.5 挤压筒结构尺寸的设计与强度校核	89
2.3 挤压轴的设计	101
2.3.1 挤压轴的结构形式	101
2.3.2 挤压轴尺寸的确定	103
2.3.3 挤压轴强度校核	106
2.4 穿孔系统的设计	108
2.4.1 穿孔系统的结构与穿孔针的分类	108
2.4.2 穿孔针尺寸的确定	109
2.4.3 穿孔系统的强度校核	113
2.5 挤压垫片的设计	113

2.5.1 挤压垫片的结构设计	113
2.5.2 挤压垫片的尺寸确定	115
2.5.3 挤压垫片的强度校核	118
2.6 其他挤压工具的设计	118
3 铝合金挤压模具的优化设计	119
3.1 挤压模具的类型及组装方式	119
3.1.1 挤压模具的分类	119
3.1.2 挤压模具的组装方式	121
3.2 挤压模具的典型结构要素及外形标准化	122
3.2.1 挤压模具结构要素的设计	122
3.2.2 模具的外形尺寸及其标准化	124
3.3 模具设计原则与步骤	127
3.3.1 挤压模具设计时应考虑的因素	127
3.3.2 模具设计的原则与步骤	128
3.3.3 模具设计的技术条件及基本要求	130
3.4 棒材模的设计	131
3.4.1 模孔数目的选择	131
3.4.2 模孔在模子平面上的布置	132
3.4.3 模孔尺寸的确定	132
3.4.4 工作带长度的确定	134
3.4.5 棒模的强度校核	135
3.5 无缝圆管材挤压模具的设计	135
3.5.1 管材模的尺寸设计	135
3.5.2 挤压针的设计	137
3.5.3 管材模具的强度校核	142
3.6 实心型材模具的设计	144
3.6.1 模孔在模子平面上的合理配置	144
3.6.2 实心型材模孔形状与加工尺寸的设计	147
3.6.3 控制型材各部分流速均匀性的方法	148
3.6.4 型材模具的强度校核	151

3.6.5 普通实心型材模具设计举例	151
3.7 分流组合模的设计	154
3.7.1 分流组合模的结构特点与分类	154
3.7.2 平面分流组合模的结构与分类	156
3.7.3 平面组合模的结构要素设计	157
3.7.4 平面分流组合模的强度校核	163
3.7.5 常用的铝型材平面分流组合模优化设计举例	164
3.8 民用建筑铝型材挤压模具优化设计	170
3.8.1 民用建筑铝型材的特点	170
3.8.2 民用建筑铝型材模具设计特点	170
3.9 几种重要的工业铝合金型材挤压模的优化设计	180
3.9.1 阶段变断面型材模的设计要点	180
3.9.2 大型扁宽壁板型材挤压模具设计技术	184
3.9.3 航空航天、交通运输用大型特种铝型材 挤压模的设计技术	192
3.9.4 其他几种常见的挤压模设计技术	196
4 铝合金挤压工模具的制造技术	230
4.1 挤压工模具的加工特点及其对制模技术的要求	230
4.2 挤压工模具制造方法及主要设备	231
4.2.1 挤压工模具的制造方法	231
4.2.2 铝型材挤压模具加工工艺流程	232
4.2.3 主要制模设备	242
4.3 机械加工制模技术	250
4.3.1 车床加工	250
4.3.2 铣床加工	252
4.3.3 磨床加工	253
4.3.4 钳工加工	253
4.4 电加工制模技术	255
4.4.1 挤压模具电加工的主要方法和设备	255
4.4.2 电火花成形加工法加工模子的工艺特点	256

4.4.3 电火花线切割加工特点与设备	258
4.4.4 电加工后的研磨加工与去应力处理	262
4.5 工模具的热处理	263
4.5.1 挤压工模具热处理的特点	263
4.5.2 主要热处理工序及典型的热处理设备	265
4.5.3 工模具的特殊热处理工艺	270
4.5.4 挤压模具典型热处理工艺曲线实例	281
5 铝合金挤压工模具的维修与合理使用	284
5.1 挤压模具的修正	284
5.1.1 修模的必要性	284
5.1.2 影响金属流出模孔速度的主要因素	284
5.1.3 修模方法	286
5.1.4 实心型材模具的修正	288
5.1.5 空心型材模具的修正	294
5.2 挤压模具的使用、维修与氮化	297
5.3 挤压工具的维修	298
5.3.1 挤压筒的维修	298
5.3.2 挤压轴的维修	301
5.3.3 穿孔系统的维修	301
5.4 挤压工模具的合理使用	302
5.4.1 挤压筒的使用规范	302
5.4.2 挤压轴的使用规范	303
5.4.3 穿孔系统的使用规范	304
5.5 挤压工具的修复和综合利用	305
5.6 挤压工模具的报废	305
5.6.1 模具的报废	305
5.6.2 大型工具的报废	306
5.7 挤压工模具的科学管理	306
5.8 提高挤压工模具使用寿命的主要途径	307
参考文献	309

1 概 论

1.1 金属挤压工作原理及方法

1.1.1 金属挤压原理及分类

挤压成形是对盛在容器（挤压筒）内的金属锭坯施加外力，使之从特定的模孔中流出，从而获得所需断面形状和尺寸的一种塑性加工方法，如图 1-1 所示。

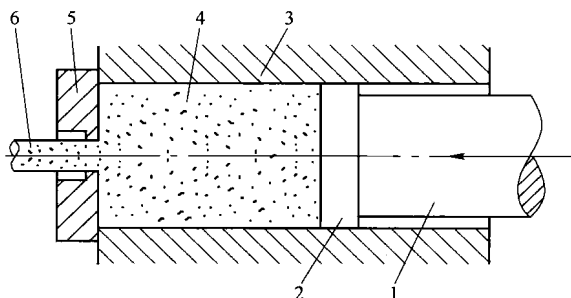


图 1-1 金属挤压的基本原理

1—挤压轴；2—挤压垫片；3—挤压筒；
4—锭坯；5—挤压模；6—挤压制品

现代化挤压成形技术在铝及铝加工材料的研制生产中得到了极其广泛的应用。图 1-2 所示为在铝工业上广泛采用的正挤压法、反挤压法、管材挤压法、连续挤压法几种主要挤压方法的示意图。

根据挤压筒内金属的应力-应变状态、金属流动方向、润滑状态、挤压温度、挤压速度和设备的结构形式、工模具的种类或结构以及坯料的形状或数目、制品的形状或数目等的不同，挤压成形方式可分为如图 1-3 所示的多种方法。