

铝合金无缝管

生产原理与工艺

邓小民 著



冶金工业出版社

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

铝合金无缝管生产原理与工艺

邓小民 著

北 京

冶金工业出版社

2007

内 容 提 要

本书系统地介绍了铝合金无缝管生产全过程的有关技术、工艺和理论知识。全书分为6章:第1章介绍了铝合金无缝管的分类、生产方法以及管材的开发与应用;第2章介绍了管材挤压用铸锭生产中的有关理论知识、生产工艺和铸锭缺陷的产生与防止;第3章介绍了管材挤压生产的各种技术,挤压过程中金属的变形流动特点,挤压制品的组织性能特点,挤压力、穿孔力及穿孔针受力的计算,挤压管材中各种缺陷的产生机理及预防办法,管材挤压生产工艺制订方法和挤压生产用工具和模具设计的基本知识;第4章介绍了管材轧制生产中金属的变形流动特点,冷轧管材各种缺陷的产生机理及预防措施,轧制力的计算,管材轧制生产工艺制订方法和孔型设计的基本知识;第5章介绍了管材拉拔过程中金属的变形流动规律,拉拔力的计算,拉拔制品主要缺陷的产生机理及预防措施,拉拔工艺的制订方法和拉拔模具设计的基本知识;第6章介绍了管材的热处理工艺和精整、矫直、检验等知识。

本书主要供从事铝加工行业的生产企业和设计部门的工程技术人员使用,也可供大专院校材料成形及控制工程专业的师生参考,还可供其他金属无缝管(如铜管、钢管等)加工行业的生产企业和设计部门的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

铝合金无缝管生产原理与工艺/邓小民著. —北京:冶金工业出版社,2007.6

ISBN 978-7-5024-4022-0

I. 铝… II. 邓… III. 铝合金-无缝钢管-生产工艺
IV. TG14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 105318 号

出 版 人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)

责任编辑 李枝梅 宋 良 美术编辑 张媛媛 版面设计 张 青

责任校对 刘 倩 李文彦 责任印制 陈 鑫

ISBN 978-7-5024-4022-0

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

2007年6月第1版,2007年6月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;25.5印张;618千字;396页;1-3000册

60.00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

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

铝合金无缝管作为铝加工产品的一个主要品种,其应用越来越广泛。铝合金无缝管可以用热挤压、冷挤压、斜轧穿孔、冷轧制、旋压、冷拉拔等方法生产,其中最常用的是采用热挤压方法直接生产厚壁圆管,采用热挤压→冷拉拔方法、热挤压→冷轧制→冷拉拔方法生产各种规格的薄壁圆管和其他异形断面管材。

关于铝合金无缝管的生产方法及有关理论知识,在一些金属挤压的著作、铝加工技术手册和教科书中都有介绍,但尚没有一本专著把管材生产的理论与技术较紧密地结合起来,把管材挤压用铸锭的生产,管材的挤压、轧制、拉拔加工方法,以及管材的热处理与精整矫直技术连接起来,较详细、系统、全面地论述铝合金无缝管生产。基于这种认识,著者在多年来从事铝合金无缝管生产实践的经验积累与总结、技术开发、教学、科学研究工作的基础上写成了此书。期望将有关铝合金无缝管生产的基础理论、生产技术、常用工模具设计及使用的有关知识总结在一起,较详细、系统、全面地介绍给读者,以便其对管材生产的整个过程有一个较全面的了解。

本书共由6章组成,第1章主要介绍了铝合金无缝管的品种、分类、生产方法、工艺流程以及管材的开发与应用;第2章主要介绍了铝合金管材挤压用铸锭生产中的熔炼与铸造的有关基本理论、生产工艺、锭坯加工、检验及均匀化、铸锭的主要缺陷以及铸造用工具等;第3章主要介绍了无缝管挤压生产的各种方法及特点、挤压时金属的变形流动规律、各种情况下的挤压力计算、挤压制品的组织性能特点、挤压管材的主要缺陷及防止、管材挤压生产工艺及模具等知识;第4章主要介绍了冷轧管材的主要方法及特点、冷轧时金属的变形与应力、冷轧管的主要缺陷及防止、冷轧管时的力及其计算、冷轧管工艺及冷轧管孔型设计的有关知识;第5章主要介绍了管材冷拔生产的方法及特点、冷拔时的应力与变形特点、拉拔力的计算方法、管材拉拔生产工艺、拉拔管材各种缺陷的产生与防止,以及管材拉拔用工具及设计基本知识;第6章主要介绍了管材的热处理、精整矫直、检验等知识。

本书除了作者本人的研究成果、生产实践经验的积累和总结外,还参考和引用了许多专家、学者的资料和研究成果,并在引用之处用参考文献予以明示,在此向他(她)们表示衷心的感谢。

限于作者的学识与经验,书中难免存在一些不妥之处,真诚地欢迎读者批评指正。

作 者

2006年10月

目 录

1 概述	1
1.1 无缝管的品种及分类	1
1.1.1 按管材壁厚分类	2
1.1.2 按生产方法分类	3
1.1.3 按管材的断面形状分类	4
1.1.4 按精度等级分类	5
1.1.5 按供货方式分类	6
1.1.6 按用途分类	6
1.2 管材生产工艺流程	6
1.3 铝合金管材的开发与应用	7
1.3.1 铝合金管材在航空、航天工业中的应用	7
1.3.2 铝合金管材在火箭、原子能工业中的应用	8
1.3.3 铝合金管材在兵器工业中的应用	8
1.3.4 铝合金管材在电气、通讯、电子及家用电器等方面的应用	8
1.3.5 铝合金管材在交通运输业中的应用	10
1.3.6 铝合金管材在机械制造业中的应用	11
1.3.7 铝合金管材在能源工业中的应用	13
1.3.8 铝合金管材在铝工业生产中的应用	14
1.3.9 铝合金管材在文体用品方面的应用	14
1.3.10 铝合金管材在人们日常生活中的应用	14
参考文献	15
2 挤压管材用铸锭的生产	16
2.1 铝合金熔炼过程中的物理化学反应	16
2.1.1 熔炼过程中熔融铝与气体的作用	16
2.1.2 熔炼过程中熔融铝与炉衬的作用	22
2.1.3 熔炼过程中熔融铝与熔剂及工具的作用	23
2.2 铝合金熔炼工艺	23
2.2.1 炉料准备	23
2.2.2 配料及配料计算	25
2.2.3 熔炼炉的准备	30
2.2.4 装料	31

2.2.5 熔化	32
2.2.6 扒渣与搅拌	33
2.2.7 调整成分	34
2.2.8 精炼	35
2.2.9 转炉	35
2.3 铝合金熔体净化	35
2.3.1 铝合金的脱气精炼	35
2.3.2 铝合金的除渣精炼	39
2.3.3 联合在线精炼	43
2.4 铝合金铸锭的结晶组织及晶粒细化	44
2.4.1 铸锭的典型晶粒组织	44
2.4.2 铸锭结晶组织细化	47
2.5 铸锭的主要缺陷分析	49
2.5.1 偏析及偏析瘤	49
2.5.2 疏松和气孔	52
2.5.3 夹杂及氧化膜	53
2.5.4 亮点	54
2.5.5 白斑与光亮晶粒	55
2.5.6 羽毛状晶	55
2.5.7 粗大晶粒	56
2.5.8 粗大金属化合物	56
2.5.9 晶层分裂	57
2.5.10 化学成分不符合要求	58
2.5.11 裂纹缺陷	58
2.5.12 拉裂及拉痕	62
2.5.13 偏心	62
2.5.14 弯曲	63
2.5.15 周期性横向波纹	63
2.5.16 铸锭及锭坯尺寸不合格	63
2.5.17 冷隔	63
2.5.18 过烧	64
2.5.19 表面气泡	64
2.6 铝合金铸造工艺	65
2.6.1 铸造工艺参数对铸锭质量的影响	65
2.6.2 铸造工艺参数选择	67
2.7 铸造工具简介	73
2.7.1 结晶器	73
2.7.2 铸造机底座	76
2.7.3 液流转注和控制装置	77

2.8 锭坯加工、检验及均匀化	78
2.8.1 铸块的锯切、车皮、镗孔	78
2.8.2 锭坯的质量检验	79
2.8.3 铸锭的均匀化退火	80
参考文献	81
3 管材挤压	82
3.1 挤压技术的发展与现状	82
3.1.1 挤压的基本方法及特点	82
3.1.2 挤压技术的发展与现状	84
3.2 管材挤压生产方法及特点	86
3.2.1 管材正向挤压	86
3.2.2 管材反向挤压	89
3.2.3 铝合金管材润滑挤压	92
3.2.4 铝合金管材无润滑挤压	93
3.2.5 铝合金管材固定针挤压	93
3.2.6 铝合金管材随动针挤压	93
3.2.7 铝合金管材实心锭穿孔挤压	94
3.2.8 铝合金管材空心锭不穿孔挤压	94
3.2.9 铝合金管材空心锭半穿孔挤压	94
3.2.10 异形断面管材挤压	95
3.2.11 阶段变断面管材挤压	96
3.2.12 逐渐变断面管材挤压	97
3.3 挤压管材时金属的变形流动	98
3.3.1 填充挤压阶段金属的变形流动特点	98
3.3.2 基本挤压阶段金属的变形流动特点	102
3.3.3 終了挤压阶段金属的变形流动特点	107
3.4 挤压力	107
3.4.1 挤压时受力状况	108
3.4.2 影响挤压力的主要因素	109
3.4.3 挤压力计算	114
3.4.4 穿孔力及穿孔针摩擦拉力计算	121
3.5 挤压制品的组织与性能	125
3.5.1 挤压制品的组织	125
3.5.2 挤压制品的力学性能	129
3.6 挤压管材的主要缺陷及防止	133
3.6.1 起皮、气泡缺陷	133
3.6.2 偏心缺陷	135
3.6.3 管材内表面擦伤缺陷	136

3.6.4 挤压缩尾	147
3.6.5 表面裂纹	148
3.6.6 麻面	150
3.6.7 外表面擦伤、划伤、磕碰伤	152
3.6.8 外表面氧化膜夹渣	153
3.7 挤压工艺	154
3.7.1 挤压方法与挤压设备选择	154
3.7.2 挤压工艺参数的确定	155
3.7.3 挤压时的工艺润滑	171
3.7.4 管材挤压用锭坯的选择	172
3.7.5 铝合金管材热挤压工艺	182
3.8 管材热挤压用工具及模具	209
3.8.1 管材热挤压工具的种类及装配结构	209
3.8.2 挤压筒	210
3.8.3 挤压轴	217
3.8.4 穿孔针	220
3.8.5 挤压垫	229
3.8.6 挤压模	231
参考文献	235
4 管材冷轧	238
4.1 管材冷轧的基本方法	238
4.1.1 二辊冷轧管法	238
4.1.2 多辊冷轧管法	240
4.2 冷轧管时的变形与应力	241
4.2.1 周期性冷轧管轧制过程中金属的变形流动	241
4.2.2 冷轧管时的应力状态	243
4.3 冷轧管时的力及其计算	247
4.3.1 冷轧管时的轧制力	247
4.3.2 二辊冷轧管机轧制时的轴向力及计算	250
4.3.3 多辊轧机轧制力计算	252
4.4 冷轧管材的主要缺陷	253
4.4.1 裂纹、裂口缺陷	253
4.4.2 飞边(孔型啃伤)	256
4.4.3 壁厚不均	258
4.4.4 金属压入或压坑	260
4.4.5 管材椭圆	261
4.4.6 表面圆环	261
4.4.7 耳子	262

4.4.8 表面波浪	263
4.4.9 表面划伤	264
4.5 冷轧管用工具	264
4.5.1 二辊式冷轧管机孔型设计	265
4.5.2 多辊式冷轧管机孔型设计	275
4.6 冷轧管工艺	281
4.6.1 冷轧管坯料的选择及准备	281
4.6.2 冷轧管机工艺调整	284
4.6.3 冷轧管工艺	285
参考文献	296
5 管材拉拔	297
5.1 拉拔的一般概念	297
5.2 管材拉拔生产方法的分类及特点	299
5.2.1 管材拉拔生产方法分类	299
5.2.2 管材拉拔的特点	301
5.3 管材拉拔时的应力与变形	302
5.3.1 空拉时的应力与变形	302
5.3.2 固定短芯棒拉拔	308
5.3.3 长芯棒拉拔	309
5.3.4 游动芯头拉拔	310
5.3.5 顶管法	312
5.3.6 扩径拉拔	312
5.3.7 拉拔制品中的残余应力	313
5.4 拉拔力	316
5.4.1 影响拉拔力的主要因素	316
5.4.2 管材拉拔力的理论计算	319
5.4.3 常用管材拉拔力计算式	323
5.5 管材拉拔工艺	328
5.5.1 拉拔前管坯的准备	328
5.5.2 拉拔配模设计	330
5.6 管材拉拔工具	362
5.6.1 模子	362
5.6.2 芯棒	364
5.7 拉拔管材的主要缺陷及质量控制	369
5.7.1 跳车	369
5.7.2 表面擦伤、划沟	371
5.7.3 金属及非金属压入、压坑	372
5.7.4 表面裂纹	373

5.7.5 断头	374
5.7.6 椭圆	374
5.7.7 空拉段过长	375
5.7.8 皱折	376
5.7.9 拉断	376
参考文献	377
6 管材的热处理与精整矫直	378
6.1 铝合金管材的热处理	378
6.1.1 退火	378
6.1.2 淬火	381
6.1.3 时效	385
6.2 铝合金管材的精整矫直	388
6.2.1 矫直	388
6.2.2 取样	393
6.2.3 切成品、打印记	395
6.2.4 预检、检查验收	396
参考文献	396

1 概 述

1.1 无缝管的品种及分类

铝合金无缝管材可以用热挤压、冷挤压、斜轧穿孔、冷轧制、旋压、冷拉拔等方法生产。最常用的是采用热挤压方法直接生产厚壁圆管,采用热挤压→冷拉拔方法或热挤压→冷轧制→冷拉拔方法生产各种规格的薄壁圆管和其他异形断面管材,其品种规格已达上千种。表 1-1 是常用铝及铝合金无缝管材的品种和规格范围。

表 1-1 铝及铝合金无缝管材的品种和规格范围^[1]

品 种	外径或边长(椭圆形管为长、短轴)/mm	壁厚/mm	合 金	状 态	交货长度/mm
热挤压厚壁圆管	25~400	5.0~50	1070~1200、3A21、5052、5A02、5154、5056、5A05、5A06、5456	F、O	300~5800
			2017、2024、2A11、2A12、6061、6351、7A04、7075、7A09、7A15	T4、T6、F、O	
冷拉薄壁圆管	6~120	0.5~5.0	1070~1200、3A21、5052、5A02、5A03、5083、5A05、5A06、5056、5154、5456	H14、H18、O	1000~5500
			2017、2024、2A11、2A12、6151、6063、6062、6A02	T4、T6、O	
冷拉正方形管	10~70	1.0~5.0	1070~1200、3A21、5052、5A02、5A03、5083、5154、5456、5056、5A05、5A06	O、H14、H18	1000~5500
			2A11、2A12、2024、2017、6A02、6351、6061、6063	T4、T6、O	
冷拉矩形管	(14×10)~(70×50)	1.0~5.0	1070~1200、3A21、5052、5A02、5A03、5083、5154、5456、5056、5A05、5A06	O、H14、H18	1000~5500
			2A11、2A12、2024、2017、6A02、6351、6061、6063	T4、T6、O	
冷拉椭圆形管	(27×11.5)~(114.5×48.5)	1.0~2.5	1070~1200、3A21、5052、5A02、5A03、5083、5154、5456、5056、5A05、5A06	O、H14、H18	1000~5500
			2017、2024、2A11、2A12、6351、6061、6063、6A02	T4、T6、O	

根据管材的生产方法、管材的尺寸、断面形状、精度等级、供货方式及用途的不同,铝合金管材的分类方法也有所不同,主要有以下 6 种分类方法。

1.1.1 按管材壁厚分类

按照管材的壁厚尺寸不同,铝合金管材通常被分为厚壁管和薄壁管。

1.1.1.1 厚壁管

厚壁管通常是指壁厚尺寸较大,通过热挤压法直接生产的管材。我国企业把按照 GB/T 4437.1—2000《铝及铝合金热挤压管—第1部分:无缝圆管》^[2]标准要求生产的管材,通称为厚壁管。

厚壁管具有以下主要特点:

(1) 管材的管壁较厚、外径尺寸较大。按照 GB/T 4436—1995《铝及铝合金管材外形尺寸及允许偏差》^[1]的规定,厚壁管的壁厚尺寸范围一般为 5~50mm;外径尺寸范围一般为 $\phi 25 \sim 400\text{mm}$ 。

目前,用穿孔针方式挤压铝合金无缝管材的最大直径可达 $\phi 600\text{mm}$;在 196MN 卧式挤压机上,用套轴反向挤压方式生产的管材最大直径可达 $\phi 1000\text{mm}$;在 343MN 大型立式挤压机上反向挤压管材的最大直径可达 $\phi 1500\text{mm}$ 。

(2) 由热挤压方法可直接生产出成品尺寸的管材,生产周期短,生产效率高,所需设备少。

(3) 在通常情况下,要求管材的外径尺寸为正偏差,内径尺寸为负偏差,管材的壁厚尺寸是通过外径和内径来保证的(在 GB/T 4436—1995 标准中,虽然规定了管材的外径尺寸可以为负偏差,也规定了管材壁厚尺寸的正负偏差要求,但这只有在特别说明的情况下才执行)。

(4) 管材的尺寸允许偏差较大,对管材的表面质量、尺寸偏差的要求不太严格,易生产,成品率较高。

(5) 用户在使用厚壁管前一般都要对其内、外径及管壁进行机械加工。

另外,对于一些壁厚尺寸小于 5mm,外径小于 $\phi 25\text{mm}$,由热挤压法直接生产,按 GB/T 4437.1—2000 标准要求进行检验的管材,通常也归属于厚壁管。目前,用穿孔针方式挤压管材的最小内径为 $\phi 5\text{mm}$;最小壁厚为 2mm。

1.1.1.2 薄壁管

薄壁管通常是指管材的壁厚尺寸较小,按照 GB/T 6893—2000《铝及铝合金拉(轧)制无缝管》^[3]、GBn 221—84《铝及铝合金冷拉管》^[4]等标准的要求,由热挤压提供管坯,通过冷加工方式生产的管材。

薄壁管具有以下主要特点:

(1) 管材的管壁较薄、外径尺寸较小。按照 GB/T 4436—1995 标准的规定,薄壁管的壁厚尺寸范围一般为 0.5~5mm;外径尺寸范围一般为 $\phi 6 \sim 120\text{mm}$ 。

目前,用冷拉拔方式可以生产的铝合金薄壁管材的最小壁厚尺寸为 0.1mm;最大直径为 $\phi 500\text{mm}$ 。而用旋压方法则可以轧出直径达 $\phi 3000\text{mm}$ 的薄壁管。

(2) 通常由热挤压提供管坯,也可以通过斜轧穿孔方式提供管坯,然后通过冷拉拔或冷轧—冷拉拔的方式生产出成品管材。

(3) 在通常情况下,要求管材的外径尺寸为负偏差,壁厚尺寸为正负偏差,管材的内径尺寸是通过控制外径和壁厚尺寸来保证的(在 GB/T 4436—1995 标准中,虽然规定了管材

的外径尺寸可以正偏差,但只有在特别说明的情况下才执行;如果规定了外径和内径尺寸偏差,则壁厚尺寸偏差不要求)。

(4) 管材的表面质量、尺寸偏差要求较严格,生产难度较大,成品率相对较低。

(5) 用户在使用薄壁管前一般都不进行机械加工,直接使用。

另外,对于一些壁厚尺寸大于 5mm,外径尺寸大于 $\phi 120\text{mm}$,通过冷加工出成品,按 GB/T 6893—2000、GBn 221—84 等标准的要求进行检验的管材,通常也归属于薄壁管。

1.1.2 按生产方法分类

目前,生产铝合金无缝管材的方法虽然有许多种(如表 1-2^[5]所示),但实际生产中应用最广泛的仍然是热挤压法和热挤压并配合冷轧制、冷拉拔的加工方法。按照管材的生产方法不同,铝合金管材主要分为热挤压管和冷拉拔管两大类。

表 1-2 铝合金无缝管材的主要生产方法

主要加工方法	适用范围	主要优缺点
热挤压法(包括实心锭穿孔挤压法、空心锭不穿孔挤压法)	厚壁圆管、异形断面管材、变断面管材等	1. 生产周期短,生产效率高,成品率高; 2. 所需设备少,厂房面积小,成本较低; 3. 品种多,规格范围广,可生产断面复杂的异形断面和变断面管材; 4. 金属可以发挥其最大塑性,甚至一些采用轧制、锻造等其他方法无法加工的脆性材料,也能够通过热挤压进行加工; 5. 管材的尺寸精度较低,内外表面质量较差
热挤压—冷拉拔法(包括热挤压后的游动芯头盘管拉拔)	各种规格的薄壁圆管、薄壁异形断面管材	1. 与冷轧管方法相比,设备投资少,成本较低; 2. 生产管壁较厚的软合金管材时,生产效率比冷轧法高; 3. 对于偏心较大的管坯,经过多道次拉拔(特别是安排适当道次空拉),可较好地消除偏心; 4. 可以生产所有规格薄壁管,包括矩形、椭圆形、水滴形等异形断面管材; 5. 对于纯铝小规格管材来说,可以在挤压后直接盘卷,采用游动芯头盘管拉拔,生产效率高,成品率高; 6. 生产硬合金管、小直径管和管壁很薄的管材时,生产效率低,周期长; 7. 机械化程度较低,劳动强度较大,适合于较小工厂生产软合金管材
热挤压—冷轧制—冷拉拔法(包括冷轧制后的减径空拉、成形空拉、游动芯头盘管拉拔)	中、小规格薄壁圆管、薄壁异形断面管材	1. 冷变形量大,生产周期短; 2. 生产硬合金管材、管壁较薄的管材时,生产效率比挤压后直接拉拔生产的效率高; 3. 机械化程度高,特别是挤压后采用高速冷轧管机轧制可为盘管拉拔提供坯料,可适合各种合金中、小规格管材生产,生产效率高; 4. 设备数量多且复杂,投资较大,适合大、中型工厂生产; 5. 受冷轧管机限制,一般适合中、小规格管材生产
横向热轧—拉拔法、三辊斜轧—拉拔法	软合金大直径厚壁管	1. 设备简单,投资少; 2. 适合大规格、厚壁软合金管材生产; 3. 生产硬合金管材困难,生产小规格管材效率低,周期长; 4. 机械化程度低,劳动强度大,适合小工厂生产

续表 1-2

主要加工方法	适用范围	主要优缺点
热挤压管坯或用空心锭横向旋压法、旋压-拉拔法	特大直径薄壁管, 异形管及变断面管材(如旗杆管)等	1. 设备简单; 2. 能够生产特大直径薄壁管; 3. 生产效率低, 质量不稳定, 不适合大批量生产普通管材; 4. 适合生产软合金异形断面管材和逐渐变断面管材, 专用设备生产效率
冷挤压法	中、小直径薄壁管	1. 设备少, 效率高; 2. 生产周期短, 成品率高; 3. 产品尺寸精度高, 表面质量好, 但品种、规格有限; 4. 生产硬合金较困难, 需要大吨位冷挤压机; 5. 工模具寿命短, 损耗大, 设计与制造困难; 6. 不适合普通管材生产

1. 1. 2. 1 热挤压管

由热挤压方法直接生产的管材, 通常指厚壁管。管材的质量及其他要求应符合 GB/T 4437. 1—2000 标准的规定。

对于一些由热挤压直接生产的非圆断面管材(如钢索具接头用厚壁扁管、水滴形管及其他异形管), 虽然其壁厚和直径尺寸可能也比较大, 但通常不列入厚壁管范围, 而是列入其他异形管中。

1. 1. 2. 2 冷拉拔管

一般由热挤压方法提供管坯, 然后通过冷拉拔或冷轧制-冷拉拔方法生产出成品管材, 通常指薄壁管。按照 GB/T 4436—1995 标准的规定, 除了圆断面管材外, 铝合金冷拉拔管的断面形状还包括正方形、矩形、椭圆形。

除此之外, 用冷拉方法还可以生产椭圆形、水滴形、扁椭圆形、六边形、五边形、三角形、梯形以及其他异形断面的无缝管材。

1. 1. 3 按管材的断面形状分类

按照管材的横断面形状, 可分为圆形、正方形、矩形、椭圆形、扁椭圆形、水滴形、三角形、多边形以及其他异形管等(如图 1-1 所示)。

根据沿长度方向管材断面尺寸的变化情况, 可分为断面不变化的恒断面管材和变断面管材。而对于变断面管材(如图 1-2 所示)来说, 又可以分为逐渐变断面管材(图 1-2a、b、c、d)和阶段变断面管材(图 1-2e、f、g)。逐渐变断面管材还可以分为: 内径不变化, 外径和壁厚逐渐变化的逐渐变断面管材(图 1-2a); 外径不变化, 内径和壁厚逐渐变化的逐渐变断面管材(图 1-2b); 内、外径和壁厚都逐渐变化的逐渐变断面管材(图 1-2c); 壁厚不变化, 内、外径逐渐变化的逐渐变断面管材(图 1-2d)。阶段变断面管材也可以分为: 外径不变化, 在不同阶段其内径和壁厚不一样的阶段变断面管材(图 1-2e); 内径不变化, 在不同阶段其外径和壁厚不一样的阶段变断面管材(图 1-2f); 在不同阶段, 管材的内、外径和壁厚都有可能不一样的阶段变断面管材(图 1-2g)。

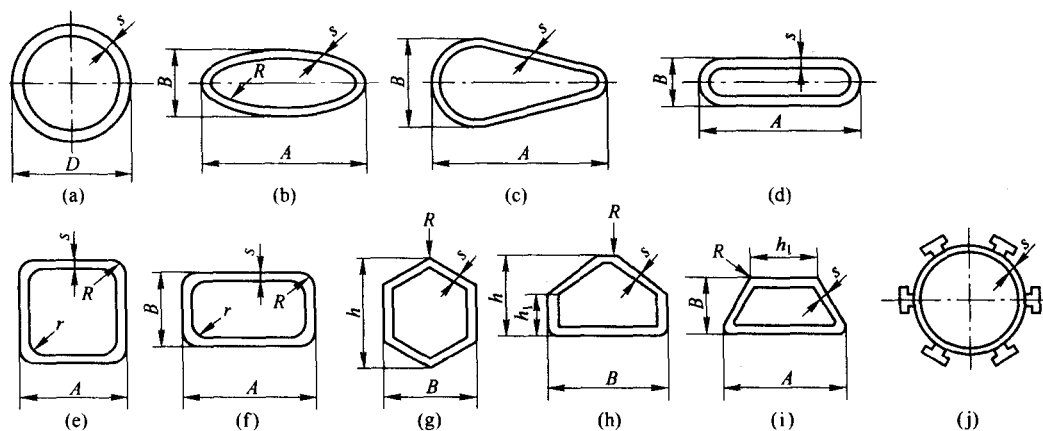


图 1-1 管材各种断面形状示例

(a) 圆形; (b) 椭圆形; (c) 水滴形; (d) 扁椭圆形; (e) 正方形; (f) 矩形; (g) 六边形; (h) 五边形; (i) 梯形; (j) 带筋管

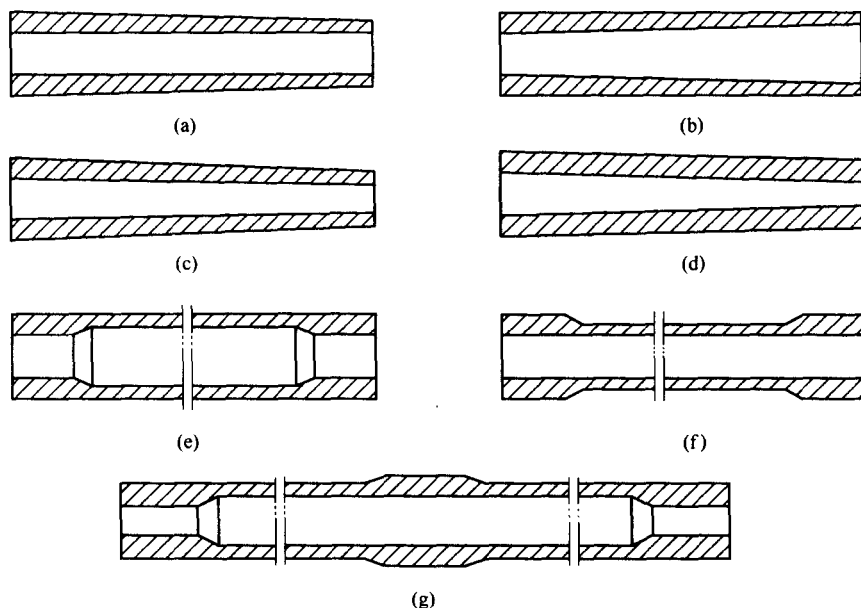


图 1-2 变断面管材示例

(a) 内径不变的逐渐变断面管材; (b) 外径不变的逐渐变断面管材; (c) 内、外径和壁厚都有变化的逐渐变断面管材; (d) 内、外径变化, 壁厚不变的逐渐变断面管材; (e) 外径不变的阶段变断面管材; (f) 内径不变的阶段变断面管材; (g) 内、外径和壁厚都有变化的阶段变断面管材

1.1.4 按精度等级分类

铝加工厂生产的管材, 通常属于半成品。按照 GB/T 4436—1995 标准的规定, 铝合金管材的尺寸允许偏差精度等级可分为普通级和高精级。

随着科学技术的发展, 作为其他高技术产品配套使用的管材, 对其尺寸精度的要求越来越

高,应用范围也越来越广。例如:用来制作各种自动控制装置所使用的铝合金汽缸的缸套用管材,其内径尺寸偏差通常要求达到 $+ (0.03 \sim 0.05) \text{mm}$ 范围以内,远远高出 GB/T 4436—1995 标准对高精级铝合金管材的要求,达到了机械加工的精度要求;作为复印机、激光打印机的感光磁鼓用铝合金管材,其内、外径尺寸偏差通常要求达到 $\pm (0.02 \sim 0.03) \text{mm}$ 。而铝加工技术的进步,也为生产这种高精度的管材提供了有力的技术支持。

1.1.5 按供货方式分类

根据用户的要求及生产方式,铝合金管材可盘管供货,也可直管供货;可定尺供货,也可不定尺供货。定尺供货的管材只适用于直管,按照 GB/T 4436—1995 标准的规定,其供货长度一般在 $300 \sim 5800 \text{mm}$ (厚壁管)或 $1000 \sim 5500 \text{mm}$ (薄壁管)范围内,根据用户的要求提供定尺或倍尺管材;不定尺管材的供货长度在此范围内由生产厂家确定。根据用户的要求也可以提供超出此长度范围的管材。

1.1.6 按用途分类

按用途铝合金管材通常分为两大类:军工用和一般工业用管材。

1.1.6.1 军工用铝合金管材

军工用铝合金管材,通常是指飞机、导弹、火箭、雷达、武器制造等部门使用的管材。目前,我国军工用铝合金管材主要采用的国家标准有:GBn 221—84、GJB 2379—95《航空航天用铝及铝合金拉制(轧制)管材规范》^[6]、GJB 2381—95《航空航天用铝及铝合金挤压管材规范》^[7]。

另外,许多军工用产品,根据需要也经常采用 GB/T 6893—2000 等一般工业用管材产品标准。

除了航空、航天工业外,对于厚壁铝合金管材,在使用标准上无军工与一般工业用管材之分,都使用 GB/T 4437.1—2000 技术标准。

1.1.6.2 一般工业用铝合金管材

一般工业用铝合金管材,通常也称为民用管材。其用途非常广泛,涉及到各行各业、各部门和人民的日常生活中,如化工管、纺织管、无线电用管材、家具管、喷灌管、自行车管、凿岩机管、热交换器管、箭管、光学仪器用管、网球及羽毛球拍用管、石油天然气钻探用管等等。目前,我国一般工业用铝合金管材主要采用的国家标准是 GB/T 6893—2000 和 GB/T 4437.1—2000。

1.2 管材生产工艺流程

管材的生产工艺流程与其所采用的生产方法有关,与所要生产管材的合金、品种、规格、状态及所采用的技术条件和用户的特殊要求有关,还与生产厂家的设备和工艺条件有关。对于用户所需要的某一种管材,往往可以采用多种方法进行生产,不同的生产方法其工艺流程和各工序的工艺制度是不完全相同的。即便是某一种生产方法,也可以采用不同的生产工艺过程及工艺制度。各厂家的设备状况和工艺条件不同,其生产工艺流程也不完全相同。为了高效、优质、低消耗地生产出用户满意的管材,应根据管材的合金、品种、规格、状态、用途及相应的技术条件,并结合设备及工艺条件,选择最佳的生产工艺流程及各工序合理的生产工艺制度。铝合金管材生产典型工艺流程见表 1-3。