

现代铜加工生产技术丛书

铜及铜合金 挤压生产技术

刘永亮 李耀群 编著



冶金工业出版社

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

现代铜加工生产技术丛书

铜及铜合金挤压 生产技术

刘永亮 李耀群 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2007

内 容 简 介

本书是《现代铜加工生产技术丛书》之一,详细介绍了铜及铜合金挤压生产工艺、技术和设备等。全书共分 11 章,内容包括:概论、挤压加工的应力与变形、挤压力与穿孔力、正向挤压技术、反向挤压技术、挤压产品的缺陷和质量控制、挤压工具设计和使用维护、Conform 连续挤压技术、静液挤压技术、其他挤压技术、挤压设备等。

本书可供从事金属挤压生产的工程技术人员、高级技工以及相关专业的高校师生阅读,也可供金属挤压材销售与使用部门的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铜及铜合金挤压生产技术/刘永亮,李耀群编著. —北京:
冶金工业出版社,2007.7

(现代铜加工生产技术丛书)

ISBN 978-7-5024-4283-5

I. 铜… II. ①刘… ②李… III. ①铜—挤压—生产工艺 ②铜合金—挤压—生产工艺 IV. TG379

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 090175 号

出 版 人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

策划编辑 张登科 (电话:010-64062877, E-mail: zhdengke@sina. com)

责任编辑 张登科 美术编辑 李 心 版面设计 张 青

责任校对 栾雅谦 李文彦 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4283-5

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2007 年 7 月第 1 版,2007 年 7 月第 1 次印刷

148 mm×210 mm;12.625 印张;336 千字;386 页;1—3500 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

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《现代铜加工生产技术丛书》

编委会

主任	潘家柱		
副主任	郭照相	钟卫佳	贾明星
编委	(按姓氏笔画排序)		
	王跃进	冯天杰	刘瑞
	孙立金	孙叙芝	孙徐良
	肖克建	宋宝韞	李文君
	李贻煌	李耀群	张登科
	林永兴	赵孟淥	徐弘
	浦益龙	郭铁军	唐燕林
	傅迎客	蒋明根	鲍志成
			刘占海
			杨世弘
			李保成
			周宁
			袁映辉
			戚建萍
			潘兆友

编写组成员

组长	李耀群		
副组长	张登科		
撰稿专家	(按姓氏笔画排序)		
	马可定	王碧文	兰利亚
	刘华山	杨丽娟	汪明朴
	范顺科	易茵菲	赵宝良
	郭莉	曹建国	萧恩奎
			刘永亮
			李耀群
			钱俏鹇
			梅恒星

前 言

挤压技术是一种经典古老的金属加工技术,有关挤压技术的著作大都为黑色金属挤压,而关于有色金属挤压的书较少。目前我国有色金属产量连续 6 年居世界第一,铜、铝材生产量又居十大有色金属材料之首,从 2004 年开始我国的铜材生产、消费量已居世界第一,2006 年铜加工材年产量达到 506 万 t,表观消费量为 560 万 t。铜及铜合金锭经加热后通过挤压既可生产各种挤压铜材(包括扁、棒、线、管以及异型材等)产品,又可作为较小规格的管、棒、型材的坯料。

近 20 年来金属挤压技术有了较大发展,挤压机的结构、自动控制、工模具、润滑等方面都有了相应的提高,因此挤压铜材的生产效率更高,质量更好。

本书正是对上述问题尤其是最新挤压技术进行了较为系统、全面的阐述,其内容对当前的铜及铜合金挤压生产有一定的指导和参考作用。

本书在出版过程中,得到高新张铜股份有限公司总经理郭照相、无锡市威特机械有限公司董事长唐燕林、无

锡通用电炉变压器有限公司董事长鲍志成、大连交通大学连续挤压工程研究中心主任宋宝韞教授的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中不妥之处,欢迎业界专家和广大读者批评指正。

作 者

2007年5月

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	定价(元)
铜加工技术实用手册	268.00
铜水(气)管及管接件生产、使用技术	28.00
现代铜盘管生产技术	26.00
高性能铜合金及其加工技术	29.00
冷凝管生产技术	29.00
镁合金制备与加工技术	128.00
铝加工技术实用手册	248.00
铝合金材料的应用与技术开发	48.00
大型铝合金型材挤压技术与工模具优化设计	29.00
铝合金无缝管生产的原理与工艺	60.00
连续挤压技术及其应用	26.00
多元渗硼技术及其应用	22.00
铝型材挤压模具设计、制造、使用及维修	43.00
金属挤压理论与技术	25.00
金属塑性变形的实验方法	28.00
复合材料液态挤压	25.00
型钢孔型设计(第2版)	24.00
简明钣金展开系数计算手册	25.00
超细晶钢——钢的组织细化理论与控制技术	188.00
金属塑性变形力计算基础	15.00
金属塑性加工有限元模拟技术与应用	35.00
NiTi 形状记忆合金在生物医学领域的应用	33.00
板带铸轧理论与技术	28.00
高精度板带轧制理论与实践	70.00
小型型钢连轧生产工艺与设备	75.00
二元合金状态图集(日)	38.00
板带轧制工艺学	79.00
高速轧机线材生产	75.00
楔横轧零件成形技术与模拟仿真	48.00
轧制过程的计算机控制系统	25.00
轧制工艺参数测试技术(第3版)	30.00
矫直原理与矫直机械	30.00
连铸连轧理论与实践	32.00

目 录

1 概论	1
1.1 挤压加工的发展与现状	2
1.2 挤压方法的分类	3
1.2.1 几种主要的分类方法	4
1.2.2 主要挤压方法图解说明	4
1.3 挤压加工的技术特点	11
1.3.1 正向挤压加工的技术特点	11
1.3.2 反向挤压加工的技术特点	12
1.3.3 Conform 连续挤压加工的技术特点	13
1.3.4 静液挤压加工的技术特点	14
1.4 挤压加工的适用范围和发展趋势	14
1.4.1 挤压加工的适用范围	14
1.4.2 挤压加工的发展趋势	15
2 挤压加工时的应力与变形	18
2.1 挤压时金属的应力和应变特点	18
2.2 挤压时金属流动的特点及影响因素	19
2.2.1 正向挤压时金属的流动特点	19
2.2.2 不同挤压制品的金属流动特点	22
2.2.3 影响金属流动的因素	25
2.3 金属的不均匀流动对产品质量的影响	31

3 挤压力和穿孔力	33
3.1 影响挤压力的各种因素	33
3.1.1 金属变形程度对挤压力的影响	33
3.1.2 挤压工具对挤压力的影响	34
3.1.3 挤压模角对挤压力的影响	35
3.1.4 挤压温度对挤压力的影响	36
3.1.5 挤压速度对挤压力的影响	36
3.1.6 挤压锭坯长度对挤压力的影响	37
3.1.7 挤压方法对挤压力的影响	38
3.1.8 挤压制品断面形状对挤压力的影响	38
3.2 挤压力的计算	39
3.2.1 利用压力表或专用测压仪器确定挤压力	
计算公式	39
3.2.2 挤压力计算公式	40
3.3 穿孔力	45
3.4 反向挤压力	46
3.5 挤压力计算公式中金属变形抗力的确定	48
3.6 挤压力计算举例	54
3.7 静液挤压单位挤压力计算公式	59
3.8 连续挤压时挤压功率计算公式	60
4 正向挤压技术	62
4.1 正向挤压管、棒、型材	62
4.1.1 正向挤压棒、型材	62
4.1.2 正向挤压管材	63
4.2 正向挤压铜及铜合金管、棒、型材的控制与调整技术	64
4.2.1 脱皮挤压技术	65
4.2.2 压余控制技术	68

4.2.3 挤压制品的调偏技术	69
4.2.4 水封挤压技术	78
4.2.5 挤压润滑和冷却技术	85
4.3 挤压工艺	91
4.3.1 挤压方法的选择	91
4.3.2 铜及铜合金挤压	92
4.3.3 挤压生产工艺及工艺参数的选择	95
4.4 挤压管、棒、型材典型工艺	118
4.4.1 挤压棒材典型工艺	118
4.4.2 挤压管材典型工艺	120
4.4.3 挤压型材典型工艺	126
4.5 挤压过程中的闷锭和夹挤压轴的解决方法	129
4.5.1 闷锭的解决方法	129
4.5.2 夹挤压轴的解决方法	130
5 反向挤压技术	131
5.1 反向挤压方法和选择原则	131
5.1.1 反向挤压方法分类	131
5.1.2 反向挤压选择原则	132
5.2 反向挤压时作用于金属上的力	132
5.3 反向挤压金属流动及变形特征	133
5.4 反向挤压铜及铜合金	133
5.5 普通卧式挤压机反向挤压技术	136
5.6 适合反向挤压的卧式挤压机	137
5.6.1 型、棒材反向挤压工作过程	137
5.6.2 管材反向挤压工作过程	139
5.7 反向挤压的调整技术	140
5.7.1 反向挤压的锭坯质量和脱皮清理技术	141
5.7.2 反向挤压的锭坯镦粗排气技术	142
5.7.3 反向挤压的压余厚度控制技术	144

5.7.4 反向挤压工模具的预热温度和润滑要求·····	144
5.8 反向挤压工艺参数选择·····	145
5.8.1 反向挤压铜及铜合金挤压比 λ 和比压的 确定·····	145
5.8.2 反向挤压时挤压筒尺寸及挤压制品最大 外接圆直径确定·····	147
5.8.3 反向挤压锭坯尺寸的确定·····	148
5.8.4 反向挤压比 λ 的确定原则及计算公式·····	148
5.8.5 反向挤压时温度和速度的选择·····	149
5.9 反向挤压生产工艺、工艺条件和 几何损失·····	151
5.9.1 工艺条件比较·····	151
5.9.2 几何损失比较·····	151
5.9.3 反向挤压生产工艺·····	152
5.10 反向挤压操作要求和闷锭的处理方法·····	154
5.10.1 反向挤压操作要求·····	154
5.10.2 反向挤压闷锭的处理方法·····	154
5.11 联合挤压法(堵板挤压技术)·····	155
6 挤压产品的缺陷和质量控制·····	158
6.1 挤压制品的内部组织和性能不均匀性·····	158
6.2 挤压制品的层状组织·····	162
6.3 挤压缩尾·····	163
6.3.1 中心缩尾·····	163
6.3.2 环形缩尾·····	164
6.3.3 皮下缩尾·····	164
6.3.4 消除或减少缩尾的措施·····	165
6.4 挤压制品端面、长度上的形状和尺寸质量·····	165
6.4.1 挤压制品端面尺寸偏差·····	165
6.4.2 挤压制品长度上的形状和尺寸质量·····	168

6.5 挤压制品的表面质量	169
6.5.1 挤压制品内外表面划伤、擦伤、碰伤的 质量缺陷	169
6.5.2 挤压制品表面夹灰、压入质量缺陷	171
6.5.3 挤压裂纹和撕裂缺陷	172
6.5.4 挤压制品的气泡、起皮和重皮缺陷	173
6.6 挤压工艺参数对制品质量的影响	174
6.7 实际生产中常见挤压制品的质量缺陷	175
6.7.1 对锭坯质量的要求	175
6.7.2 实际生产中常见挤压制品的废品及 产生原因	177
7 挤压工具设计和使用维护	179
7.1 挤压模设计	180
7.1.1 模子的外形尺寸	181
7.1.2 模角 α	184
7.1.3 模子工作带的直径 d_g 和长度 h	185
7.1.4 模子的入口圆角半径 r	187
7.1.5 模子出口直径 d_{ch}	187
7.1.6 常用挤压模外形图和典型模子的 技术参数	187
7.1.7 多孔挤压模	190
7.1.8 型材挤压模	192
7.2 挤压轴设计	202
7.2.1 挤压轴尺寸确定	202
7.2.2 挤压轴强度校核	204
7.2.3 常用挤压轴的结构形式和挤压轴 尺寸参数	205
7.3 穿孔针设计	206
7.3.1 穿孔针的结构	206

7.3.2	穿孔针的尺寸确定·····	209
7.3.3	穿孔针强度的校核·····	210
7.3.4	常用穿孔针的结构形式和穿孔针尺寸 参数·····	211
7.3.5	带润滑槽的穿孔针(一种新型穿孔针)·····	213
7.4	挤压垫片设计 ·····	215
7.4.1	挤压垫片的尺寸确定·····	216
7.4.2	挤压垫片强度校核·····	218
7.4.3	常用挤压垫片结构形式和垫片典型尺寸 参数·····	218
7.5	挤压筒设计 ·····	219
7.5.1	挤压筒的结构·····	220
7.5.2	挤压筒尺寸确定·····	222
7.5.3	挤压筒各层套的应力计算·····	226
7.5.4	挤压筒的设计计算·····	227
7.5.5	常用挤压筒结构尺寸和典型尺寸参数·····	233
7.6	挤压工具材料的选择 ·····	237
7.6.1	工具钢钢种的发展·····	237
7.6.2	挤压工具材料选择·····	239
7.6.3	挤压工具钢的选用·····	248
7.6.4	其他几种工具钢·····	249
7.7	提高挤压工具寿命的途径 ·····	256
7.7.1	优选、研制和寻找新的钢种与材料 ·····	256
7.7.2	改进挤压工具的结构形状·····	257
7.7.3	制定和严格控制合理的挤压工艺参数·····	257
7.7.4	合理预热和冷却挤压工具·····	257
7.7.5	合理润滑挤压工具·····	258
7.7.6	正确使用、维护挤压工具 ·····	258
7.7.7	修理和修补挤压工具·····	258
7.7.8	采用新的加工工艺,提高挤压工具的	

使用寿命和质量	260
8 Conform 连续挤压技术	261
8.1 Conform 连续挤压原理	261
8.2 Conform 连续挤压金属变形	263
8.2.1 金属流动过程	263
8.2.2 金属受力分析	263
8.2.3 充填段和挤压段长度的理论计算	265
8.2.4 连续挤压功率	266
8.3 Conform 连续挤压工艺	267
8.3.1 工艺特点	267
8.3.2 Conform 连续挤压的工艺冷却	269
8.3.3 Conform 连续挤压的质量缺陷	269
8.4 Conform 连续挤压棒、线材和型材的模具设计	270
8.4.1 棒、线材挤压模具设计	270
8.4.2 型材挤压模具	271
8.4.3 Conform 连续挤压机使用的几种模子 形式	275
8.5 连续挤压的其他方法	276
8.5.1 连续铸挤法(Castex)	276
8.5.2 履带式连续挤压法	277
9 静液挤压技术	279
9.1 静液挤压的工作原理	279
9.2 挤压力	280
9.3 静液挤压工艺	282
9.3.1 挤压工艺特点	282
9.3.2 挤压比	282
9.3.3 挤压锭坯	283
9.3.4 挤压温度	284

9.3.5 挤压速度·····	284
9.3.6 挤压工艺润滑·····	285
9.3.7 挤压产品及工艺·····	285
9.3.8 静液挤压时的质量缺陷·····	286
9.4 静液挤压工具·····	287
9.4.1 挤压模·····	287
9.4.2 挤压轴·····	288
9.4.3 穿孔针·····	288
9.4.4 挤压筒·····	288
9.4.5 高压密封·····	289
9.5 静液挤压的几种方法·····	289
9.5.1 一般静液挤压法·····	289
9.5.2 背压静压挤压方法·····	290
9.5.3 拉伸-静液挤压方法·····	291
10 其他挤压技术·····	293
10.1 冷挤压技术·····	293
10.1.1 冷挤压润滑·····	294
10.1.2 冷挤压工艺·····	294
10.1.3 冷挤压工具·····	296
10.2 等温挤压技术·····	298
10.2.1 挤压过程中温度的变化与测定·····	299
10.2.2 挤压过程中温度变化的不良影响与 速度控制等温挤压·····	300
10.3 固-液态金属挤压技术·····	302
10.3.1 半固态挤压锭坯获得的方法·····	303
10.3.2 挤压模·····	304
10.3.3 半固态挤压制品的力学性能·····	304
10.4 挤压加工技术中的一些其他挤压方法·····	305

11 挤压设备	306
11.1 挤压设备的选择.....	309
11.1.1 锭坯加热设备	311
11.1.2 挤压机设备的类型及其主要结构	317
11.1.3 典型挤压机及主要技术参数	343
11.2 挤压机液压传动和控制.....	367
11.2.1 挤压机的液压传动	367
11.2.2 挤压机的控制系统	373
11.3 国内挤压设备研发制造概况.....	379
参考文献	386

1 概 论

铜及铜合金采用挤压方法生产管、棒、型材是金属加工中的一种重要方法。金属挤压加工是用施加外力的方法,使放在耐压容器中的金属使之承受三向压应力状态并产生塑性变形。在挤压加工时首先将加热的锭坯放入挤压筒内,在挤压轴压力(外力)的作用下金属通过模孔流出,从而产生断面压缩和长度伸长的塑性变形过程,获得断面形状、尺寸与模孔相同的制品,金属挤压在挤压机上完成。如图 1-1 所示;挤压原理如图 1-2 所示

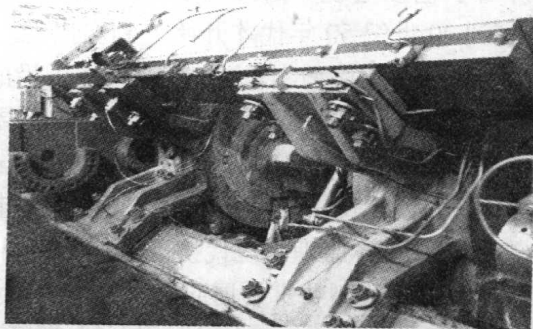


图 1-1 金属挤压

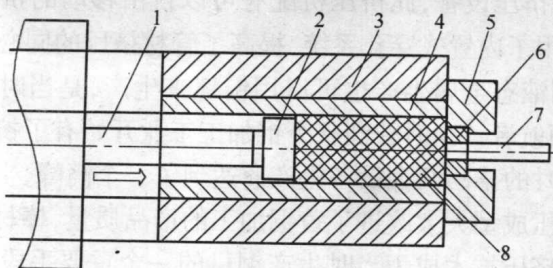


图 1-2 金属挤压基本原理图

- 1—挤压轴;2—挤压垫片;3—挤压筒;4—挤压筒内衬;
5—模支承;6—挤压模;7—挤压制品;8—锭坯