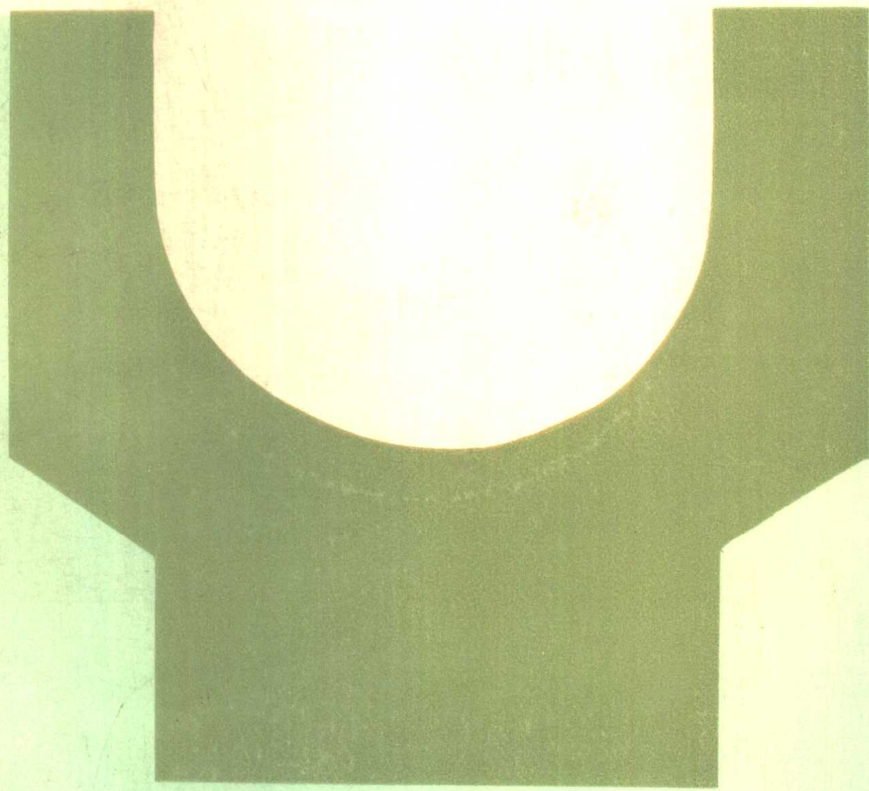


冷挤压模具设计

杨长顺 编著



3

国防工业出版社

冷挤压模具设计

杨长顺 编著

国防工业出版社

(京)新登字 106 号

图书在版编目(CIP)数据

冷挤压模具设计/杨长顺编著. —北京:国防工业出版社, 1994

ISBN 7-118-01170-3

- I. 冷…
- I. 杨…
- II. 挤压模-设计
- IV. TG376.3

冷挤压模具设计

杨长顺 编著

责任编辑 邢海鹰

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新华书店经营

北京市王史山胶印厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 20 465 千字

1994 年 8 月第 1 版 1994 年 8 月北京第 1 次印刷 印数: 1—1000 册

ISBN 7-118-01170-3/TG·77

定价: 21.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

内 容 简 介

本书详细地叙述了冷挤压模具设计的有关内容,总结了作者从事冷挤压工艺及模具设计多年的实践经验,提供了冷挤压工艺和模具设计的必要技术资料。

本书分三篇,第一篇工艺篇,扼要叙述了必要的冷挤压工艺设计的基础知识;第二篇设计篇,系统论述了冷挤压模具设计的基本理论和方法;第三篇应用篇,通过典型实例介绍了冷挤压模具的实际应用;附录中列出与模具设计有关的数据表。

本书可供从事冷挤压工艺和模具设计的工程技术人员阅读及大专院校压力加工专业师生参考。

前 言

近年来,冷挤压技术在国外获得了迅速的发展和广泛的应用。但是在我国,由于缺少系统、完整的冷挤压模具设计指导资料 and 实践经验,该项技术的发展较为缓慢,也极不平衡。

为了提高我国的冷挤压技术水平,满足工程技术人员的需要,作者紧密结合生产实际,广泛收集了现场的有关技术资料,根据多年来从事冷挤压模具设计的实践经验,参考有关资料,编写了本书,供读者参考。

本书从实际应用观点出发,通过典型模具结构和设计实例,着重分析阐述了冷挤压工艺设计、模具设计和实际应用三个方面。叙述了冷挤压技术必要的基础理论;详细地介绍了冷挤压工序设计和工艺方案的制定,冷挤压模具设计要求、方法和程序,典型结构,主要零部件设计及其选材问题和模具的质量分析;系统地论述了冷挤压模具的结构要素和设计基本点。最后通过对九种类型 30 余种零件的冷挤压模具设计,介绍了目前低碳钢和铝合金冷挤压模具设计在生产应用上取得的实践经验,提供了冷挤压模具设计的必要技术知识。

在编写过程中,作者得到许多院校、工厂和研究单位的大力支持,书中引用和参考了他们所提供的有关资料和插图,在此谨致以深切的谢意。

由于作者水平所限,书中一定会存在不少缺点和错误,敬请读者批评指正。

作 者

EAC66/03

目 录

第一篇 冷挤压工艺基础	
第一章 冷挤压基础知识	1
第一节 冷挤压的基本类型	1
第二节 冷挤压变形程度	4
第二章 冷挤压用材料	7
第一节 冷挤压常用材料	7
第二节 冷挤压材料软化处理	9
第三节 冷挤压材料的润滑处理	13
第三章 挤压力及冷挤设备	16
第一节 挤压力计算	16
第二节 冷挤压设备的选择	23
第四章 冷挤压零件设计	30
第一节 冷挤压零件的分类	30
第二节 挤压件图设计	32
第五章 冷挤压工艺设计	44
第一节 工艺设计的主要内容	44
第二节 冷挤压工序设计	47
第三节 冷挤压工艺方案	61
第四节 典型零件工艺设计示例	73
第二篇 冷挤压模具设计	
第一章 冷挤压模具构造及设计方法	78
第一节 冷挤压模具的分类与构造	78
第二节 冷挤压模具的设计方法与步骤	80
第二章 冷挤压模具结构设计	86
第一节 冷挤模结构设计要求及内容	86
第二节 冷挤模的结构型式	88
第三节 冷挤模部件结构设计	97
第四节 模具工作部件的结构设计	108
第五节 冷挤压模具的配合要求	118
第六节 冷挤模的导向装置	125
第七节 冷挤模的卸料装置和推顶机构	131
第八节 模具的固定	144
第三章 冷挤压凸模设计	153
第一节 凸模设计步骤	153
第二节 凸模设计要点	154
第三节 凸模结构设计	155
第四节 凸模尺寸的确定	163
第四章 冷挤压凹模设计	171
第一节 凹模结构设计	171
第二节 凹模强度计算	182
第三节 凹模尺寸计算	195
第五章 冷挤压模具材料	203
第一节 冷挤模工作零件的材料要求	203
第二节 冷挤模零件常用材料	204
第六章 冷挤压模具技术条件	209
第一节 模具通用技术条件	209
第二节 模具零件技术条件	212
第七章 模具的损坏与预防措施	214
第一节 模具常见损坏形式	214
第二节 凸模的损坏与预防措施	214
第三节 凹模的损坏与预防措施	219
第四节 延长模具寿命的方法	221
第三篇 冷挤压模具设计实例	
第一章 杆形件挤压成形模具	224
第一节 杆形件挤压成形模具的结构特点	224
第二节 杆形件正挤压模具	225
第三节 复杂头部长杆形件的挤镦联合成形模具	227
第四节 具有型孔杆形件的挤镦成形模具	233
第二章 冲挤成形模具	235
第一节 冲挤成形模具的结构特点	235
第二节 浅杯形件的冲挤成形模具	236
第三节 杆形件的冲挤成形模具	238
第三章 杯形件反挤压模具	239
第一节 杯形件反挤压模具的基本类型	239
第二节 浅杯形件反挤压模具	240

第三节	杯形件反挤压模具	241	模具	265	
第四节	山形件反挤压模具	242	第二节	浅锥形孔扁平件冷挤压模具 ...	268
第五节	深孔筒形件反挤压模具	243	第三节	浅孔扁平件冲挤成形模具	269
第四章	空心件正挤压模具	245	第八章	锥体成形模具	272
第一节	深孔筒形件的正挤压模具	245	第一节	锥体正挤压模具	272
第二节	具有梯形孔筒形件的正挤压 模具	247	第二节	锥体复合挤压成形模具	274
第三节	带凸缘空心圆筒件的正挤压 模具	248	第三节	锥体微挤成形模具	277
第四节	具有贯穿槽口零件的正挤压 模具	250	第九章	齿形件冷挤压模具	284
第五章	阶梯形件冷挤压模具	253	第一节	齿形件成形工艺和模具结构 特点	284
第一节	一端带孔阶梯形件的冷挤压 模具	253	第二节	齿形套筒的冷挤压模具	285
第二节	复杂阶梯形件冷挤压模具	254	第三节	齿形复合件的冷挤压模具	286
第三节	阶梯形空心件的正挤压模具 ...	255	第四节	具有阶梯孔棘齿件的冷挤压 模具	288
第六章	凸缘件冷挤压模具	259	第五节	壳体冷挤压模具	291
第一节	凸缘件成形模具的设计要点 ...	259	第六节	内齿套筒冷挤压模具	293
第二节	凸缘类深孔筒形件的微挤成 形模具	261	附录	296	
第三节	宽大凸缘件的多次成形模具 ...	262	一、角度与倒角	296	
第七章	扁平件冷挤压模具	265	二、螺纹及连接	299	
第一节	细小深孔扁平零件的冷挤压		三、常用几何体的体积	302	
			四、材料性能	305	
			五、常用压力机的分类和规格	310	
			参考文献	312	

第一篇 冷挤压工艺基础

第一章 冷挤压基础知识

第一节 冷挤压的基本类型

按照挤压时的功能作用进行区分,冷挤压变形方式主要有三种类型见图 1-1,即:(1)基本形式见表 1-1;(2)辅助形式见表 1-2;(3)组合形式见表 1-3。

表 1-1 冷挤压的基本变形方式

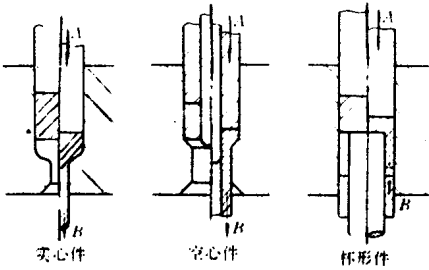
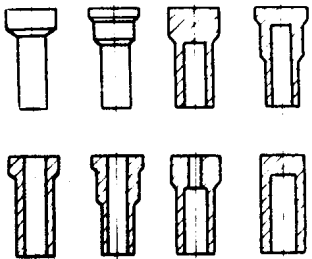
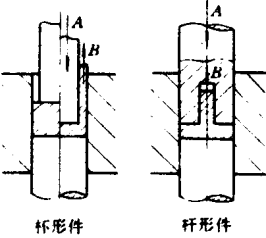
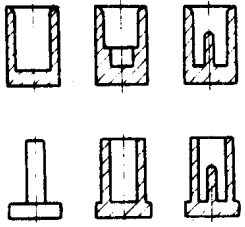
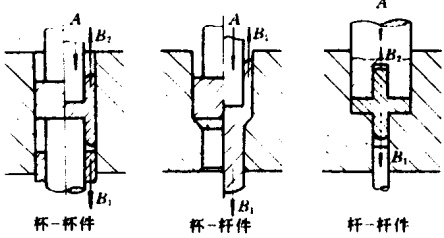
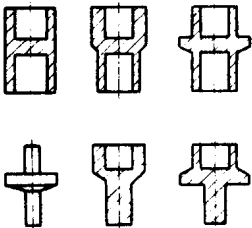
名称	定义	变形略图	加工示例
1 正挤压	凡金属的流动方向(B)与凸模的运动方向(A)相同的变形方式	 <p>实心件 空心件 杯形件</p>	
2 反挤压	凡金属的流动方向(B)与凸模的运动方向(A)相反的变形方式	 <p>杯形件 杆形件</p>	
3 复合挤压	一部分金属的流动方向(B ₁)与凸模运动方向(A)相同,另一部分金属的流动方向(B ₂)与凸模运动方向相反	 <p>杯-杯件 杯-杆件 杆-杆件</p>	

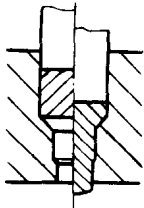
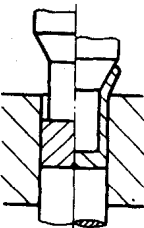
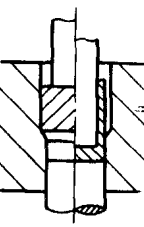
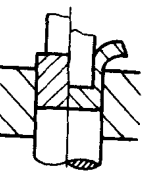
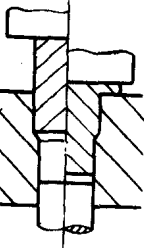
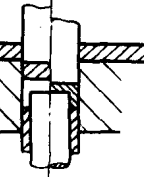
表 1-2 冷挤压的辅助变形方式

名称	定义	变形略图	加工示例
1 自由镦粗	使坯料高度减小,横截面增大的变形称为镦粗。在平行平板间进行的镦粗,称为自由镦粗		
2 局部镦粗	在局部聚集金属,使其横截面增大,形成所要求的局部粗大形状		
3 校整	在封闭模腔中校整零件外形,使其端面平整、形状对称、尺寸精确		
4 缩径	缩径是变形程度较小的一种特殊的正挤压变形方式		
5 自由减径	坯料在无约束情况下,进行减径挤压,是变形率较小的一种轴向拉伸		
6 变薄拉伸	用减小直径与壁厚的方式,来改变空心件的尺寸		

基本形式包括正挤压、反挤压和复合挤压三种最基本的变形方式。

冷挤压工艺过程是个综合系统,在这个系统里,不仅有基本的成形工序,还包括成形前的准备工序和成形后的继续加工工序。就是说,在挤压成形的先后,还要使用镦粗、校整和缩径等惯用的各种锻压加工方法,即加工的辅助形式。它同样是挤压加工中的重要组成

表 1-3 冷挤压的组合变形方式

	名称	说明	变形略图
1	正挤-缩径	使正挤压出的杆形部分再次缩小直径	
2	反挤-胀径	使反挤压的筒形部分继续膨胀成锥状口部	
3	缩径-反挤	先行缩径, 然后进行反挤	
4	胀径-反挤	露出模腔之外的坯料首先沿径向分流, 然后进行反挤压	
5	缩径-墩粗	在缩径的同时预墩头部或墩粗法兰	
6	冲裁-挤压	在板料冲裁之后, 接着进行挤压成形	

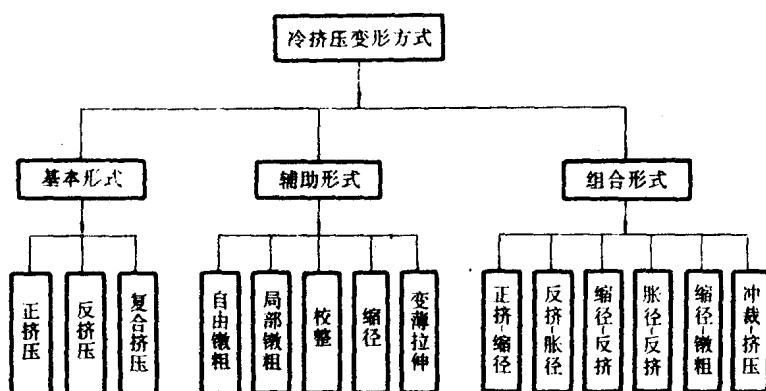


图 1-1 冷挤压变形方式的分类

部分,对挤压件质量、生产率和成本有直接影响。

由于各种加工方法都有自己的限度,所以采用单纯的挤压或单一的变形方式,还不能做出零件所要求的全部形状,只能加工形状简单的工件。一个形状比较复杂的零件,往往采取几种变形方式,经过多道工序方能最终成形,如图 1-2 所示零件。

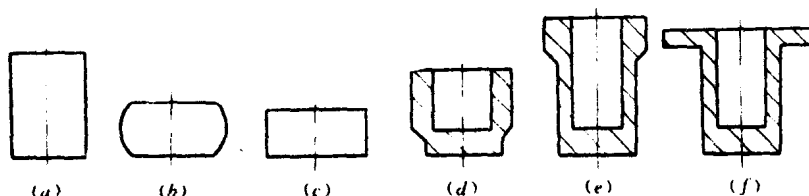


图 1-2 冷挤压生产带凸缘筒形件的典型加工工序
(a)、(b)、(c)辅助形式; (d)、(e)基本形式; (f)组合形式。

有时,还将一些方法有机的结合在一起,形成组合加工的工艺方法。它可以将金属流动的两种形式(横向和纵向流动)结合在一起,在压力机的一次工作行程中,同时完成两种或两种以上的变形工序。这种包括有挤压、缩径、胀径、镦粗和冲裁工艺的“组合加工形式”,已经突破了很受局限的加工范围,成为一种重要的工艺方法。

第二节 冷挤压变形程度

挤压件的变形程度一般用断面缩减率 ϵ_A 表示:挤压前后横截面积差与挤压前毛坯横截面积之比的百分数。此外,变形程度亦可用挤压比表示,它的定义是坯料与挤压件横截面积之比。当挤压比对数表示时,又称为对数塑性变形,在计算中用的场合也不少。表示方法见表 1-4。典型挤压件变形程度的简易计算和表示方法,归纳成表 1-5。

许用变形程度,即挤压加工所容许的变形程度。其数值取决于挤压材料的塑性和变形抗力的大小,模具材料的性能及其承载能力的大小。常用有色金属及其合金和低碳钢及某些低合金钢的许用变形程度,见表 1-6。



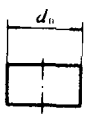
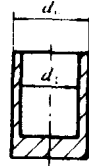
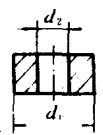
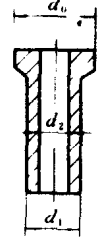
表 1-4 变形程度的表示方法

术语名称	计算公式	换算关系	符号意义
断面缩减率	$\epsilon_A = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$	$\epsilon_A = \left(1 - \frac{1}{r}\right) \times 100\%$ $r = \frac{1}{1 - \epsilon_A}$	F_0 - 冷挤前毛坯的横断面积 (mm ²); F_1 - 冷挤后工件的横断面积 (mm ²).
挤压比	$r = \frac{F_0}{F_1}$		
对数塑性变形	$R = \ln \frac{F_0}{F_1}$		

表 1-5 变形程度的简易计算方法

材料		反挤压		正挤压		自由锻粗	
名称	代号	$\epsilon_A(\%)$	R	$\epsilon_A(\%)$	R	$\epsilon_A^D(\%)$	R
优质碳素钢	10	75~80	1.4~1.6	82~87	1.7~2.0	75~81	1.4~1.65
	15	70~73	1.2~1.3	80~82	1.6~1.7	70~73	1.2~1.3
	35	50	0.70	55~63	0.8~1.0	63	1.0
	45	40	0.50	45~48	0.6~0.65	40~45	0.5~0.6

表 1-6 冷挤压的许用变形程度

变形方式	变形略图		断面缩减率(ϵ_A)	挤压比(r)	对数塑性变形(R)
	坯料	工件			
实心件 正挤压			$\epsilon_A = \left(\frac{d_0^2 - d_1^2}{d_0^2}\right) \times 100\%$	$r = \frac{d_0^2}{d_1^2}$	$R = \ln\left(\frac{d_0^2}{d_1^2}\right)$
杯形件 反挤压			$\epsilon_A = \left(\frac{d_1^2}{d_0^2}\right) \times 100\%$	$r = \frac{d_0^2}{d_1^2 - d_1^2}$	$R = \ln\left(\frac{d_0^2}{d_1^2 - d_1^2}\right)$
空心件 正挤压			$\epsilon_A = \left(\frac{d_0^2 - d_1^2}{d_0^2 - d_2^2}\right) \times 100\%$	$r = \frac{d_0^2 - d_1^2}{d_1^2 - d_2^2}$	$R = \ln\left(\frac{d_0^2 - d_1^2}{d_1^2 - d_2^2}\right)$

(续)

材料		反挤压		正挤压		自由墩粗	
名称	代号	$\epsilon_A(\%)$	R	$\epsilon_A(\%)$	R	$\epsilon_A^{\text{①}}(\%)$	R
合金结构钢	15Cr	42~45	0.55~0.60	53~63	0.75~1.0	53~60	0.75~0.9
	34CrMo	40~45	0.5~0.6	50~60	0.7~0.9	50~60	0.7~0.9
铝及铝合金	L1	90~99	2.3~4.5	95~99	3~4.5	~96	~3.2
	LF3	90~95	2.3~3.0	95~98	3~4	~92	~2.5
	LY11	75~82	1.4~1.8	90~92	2.3~2.5	70~78	1.2~1.5
铜及铜合金	M1、M2	85~90	1.9~2.3	92~95	2.5~3.0	78~82	1.5~1.8
	H62	75~78	1.4~1.5	75~87	1.4~2.0	73~80	1.3~1.6

① ϵ_A 为墩粗许用变形程度

$$\epsilon_A = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \times 100\%$$

 H_0 —毛坯高度； H_1 —墩粗后的高度。此外，还可以利用图表或计算公式^①，确定挤压材料的许用变形程度。

第二章 冷挤压用材料

冷挤压用原材料应具有良好的塑性,较低的变形抗力和冷作硬化敏感性。冷挤压材料的选择,是挤压生产中重要问题之一。它不仅关系到产品的质量和性能,也直接影响着模具的寿命,在某种程度上决定着挤压加工的难易程度。

随着大吨位专用挤压机、新型模具材料的出现,供冷挤压的材料范围愈来愈宽,材料品种也逐渐扩大。许多低塑性和高强度材料,也可在一定的变形程度内进行挤压。目前,国内外用于挤压的材料,列于表 1-7。

表 1-7 冷挤压用材料

材料名称		材料牌号
铝及铝合金	纯 铝	L1,L2,L3,L4,L5
	防锈铝合金	LF2,LF5,LF21
	硬铝合金	LY11,LY12,LY13
	锻铝合金	LD5,LD10
	超硬铝合金	LC9
铜及铜合金	纯 铜	T1,T2,T3
	黄 铜	H62,H68,H70,H80,H85,H90
锌及锌合金	纯 锌	纯 Zn
	锌铜合金	Zn-Cu 合金
	锌铝镁合金	Zn-Al-Mg 合金
铁	纯 铁	DT1
钢	优质碳素结构钢	08F,15F,10,15,20,25,35,40,45,50,15Mn,16Mn,20Mn
	深冲钢	S10A,S15A,S20A
	合金结构钢	15Cr,20Cr,30Cr,40Cr,15CrMo,20CrMo,30CrMo,35CrMo,42CrMo,12CrNi2,30Mn2,40CrNiMo
	不锈钢	1Cr13,2Cr13,3Cr13,Cr17,Cr17Ni2,0Cr18Ni9,1Cr18Ni9
	轴承钢	GCr9,GCr9,GCr15
	碳素工具钢	T8,T9

第一节 冷挤压常用材料

常用于冷挤压的材料主要是有色金属及其合金,含碳量在 0.2% 以下的低碳钢和合金钢。冷挤压常用材料的化学成分及机械性能,见表 1-8~表 1-13。

表 1-8 常用于冷挤压的工业纯铝的化学成分及机械性能

牌号	主要化学成分(%)		状态	机械性能				
	铝	杂质		σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	δ (%)	φ (%)	HB
L1	99.7	0.3	退火 (M)	70~110	50~80	35	80	15~25
L2	99.6	0.4						
L3	99.5	0.5						
L4	99.3	0.7	冷作硬化 (Y)	150	100	6	60	32
L5	99	1.0						
L6	98.8	1.2						

表 1-9 LF2 和 LF21 防锈铝的化学成分及机械性能

牌号	主要化学成分(%)			状态	机械性能(室温)				
	镁	锰	铝		σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	δ (%)	φ (%)	HB
LF2	2~2.8	0.15~0.4	97.85~96.8	退火(M)	190	80	23	64	45
				半硬(Y/2)	250	210	6		60
LF21		1~1.6	99~98.4	退火(M)	130	50	23	70	30
				硬化(Y)	220	180	5	50	55

表 1-10 LY11 和 LY12 硬铝的化学成分及机械性能

牌号	主要化学成分(%)					状态	机械性能(室温)		
	铜	镁	锰	杂质总和	铝		σ_b (MPa)	δ (%)	HB
LY11	3.8~4.8	0.4~0.8	0.4~0.8	1.8	余量	退火(M)	<240	12	55~65
						淬火(CZ)	380~420	8~12	95~110
LY12	3.8~4.9	1.2~1.6	0.3~0.9	1.5	余量	退火(M)	<240	12~14	55~65
						淬火(CZ)	440~470	8~12	110~120

表 1-11 锻铝 LD10 的化学成分与机械性能

牌号	主要化学成分(%)					状态	机械性能(室温)			
	铜	镁	锰	硅	铝		σ_b (MPa)	δ (%)	φ (%)	HB
LD10	3.9~4.8	0.4~0.8	0.4~1.0	0.6~1.2	余量	退火(M)	190~215	10~15	43.5	62~65
						淬火时效(CS)	≥ 460	≥ 10	25	≥ 130

表 1-12 冷挤压用铜及其合金的化学成分与机械性能

名称	牌号	主要化学成分(%)			状态	机械性能(室温)		
		铜	锌	杂质总和		σ_b (MPa)	φ (%)	HB
紫铜	T1	99.95			退火	21~23	47.5~50	40~50
紫铜	T2	99.9			退火	21~23	47.5~50	40~50
紫铜	T3	99.7			退火	21~23	47.5~50	40~50
黄铜	H62	60.5~63.5	39~36	0.5	退火	30~35	30~40	50~60
黄铜	H68	67~70	30~32	0.3	退火	30~32	30~45	45~55

表 1-13 冷挤压用钢材的化学成分与机械性能

名称	牌号	主要化学成分(%)						机械性能(室温)			
		碳	锰	硅	磷	硫	铬	σ_b (MPa)	δ (%)	φ (%)	HB
优质碳素结构钢	10	0.07~ 0.14	0.35~ 0.65	0.17~ 0.37	≤ 0.035	≤ 0.04		340~360	43~40	60	107~110
	15	0.12~ 0.19	0.35~ 0.65	0.17~ 0.37	≤ 0.04	≤ 0.04		360~380	38~40	55~60	109~121
	20	0.17~ 0.24	0.35~ 0.65	0.17~ 0.37	≤ 0.04	≤ 0.04		390~420	28~32	55	121~131
合金结构钢	15Cr	0.12~ 0.18	0.4~ 0.7	0.17~ 0.37			0.7~1.0	750	11	40	
	20Cr	0.17~ 0.24	0.5~ 0.8	0.17~ 0.37			0.7~1.0	850	10	45	133~138
	40Cr	0.37~ 0.44	0.5~ 0.8	0.17~ 0.37			0.8~1.1	≥ 1000	≥ 9	≥ 45	156
深冲钢	S10A	0.06~ 0.12	0.25~ 0.5	≤ 0.1	≤ 0.03	≤ 0.035		300~400	46~50		
	S15A	0.12~ 0.18	0.25~ 0.5	≤ 0.1	≤ 0.03	≤ 0.035		340~450	44~48		
	S20A	0.16~ 0.22	0.25~ 0.5	≤ 0.1	≤ 0.03	≤ 0.035		380~500	≥ 26		

第二节 冷挤压材料软化处理

为了提高挤压材料的塑性,降低其硬度和变形抗力,冷挤压原材料和中间工序的半成品,在挤压之前需要进行软化处理。软化处理时,一般要把材料处理到其延性达到最高、硬度最低,即充分软化的程度,使金属的冷挤压成形容易在较小压力下进行。中间工序的软化处理是为了消除冷作硬化和内应力,用以恢复材料的塑性。一般认为,挤压件若有一个表面的硬度超过 HB130 时,工件在下一道挤压之前必须进行软化处理。

软化处理方法,根据加热温度和冷却速度的不同,主要有以下四种:(1)完全退火;(2)不完全退火;(3)球化退火;(4)等温退火,见表 1-14。按照装炉方法和采用设备的异同进行划分,退火又可分为四种类型,见表 1-15。冷挤压常用材料的热处理工艺规范,见表 1-16。

材料经退火后应满足以下质量要求:

- (1)表面光洁,无氧化、发蓝现象;
- (2)硬度均匀一致。钢件退火后硬度不应超过 HB130;硬铝件退火后硬度不应超过 HB71;
- (3)当硬度偏高或不符合挤压工艺和质量要求时,应该重新退火;
- (4)硬铝合金坯料退火时,不允许发生过热和过烧现象。

表 1-14 软化处理方法

名称	热处理规范			适用范围
	加热温度	保温冷却方法	规范图	
1 完全退火	临界温度 (AC_3)以上 30~50℃	随炉缓 冷至 550℃ 以下出炉 空冷	<p>低碳钢 低合金钢</p>	含碳量 在 0.2% 以 下的低碳 和低合金 钢的坯料 与中间退 火
2 不完全退火	稍低于 或接近临 界温度范 围的下限	允许保 温时间很 长,然后根 据需要进 行冷却		低碳钢 中间退火
3 球化退火	AC_1 或 AC_3 以 上温度	随炉缓 慢冷却,或 在 AC_1 以 下温度等 温保温	<p>低碳钢 低合金钢</p>	合金钢 和含碳量 在 0.3% 以 上的碳钢。 形状复杂 工件的坯 料和中间 退火
4 等温退火	相变温 度以上	保温一 定时间,得 到奥氏体 组织,然后 立即送进 另一个炉 子保温,保 温温度低 于 A_{f1}		工具钢 合金钢的 坯料退火

表 1-15 冷挤压常用的退火方式

	退火方式	特 点	设 备	适用范围
1	暴露退火	零件裸露于炉膛之中	箱式电阻炉	铝铜合金
2	装罐密封退火	零件装于特制铁罐中,并加以密封	箱式电阻炉	低碳钢
3	真空退火	零件放于真空炉或抽真空的铁罐中	真空炉、井式炉、箱式电阻炉	低碳、低合金钢
4	保护气体退火	在保护气体气氛中加热	钟罩形炉	低碳、低合金钢