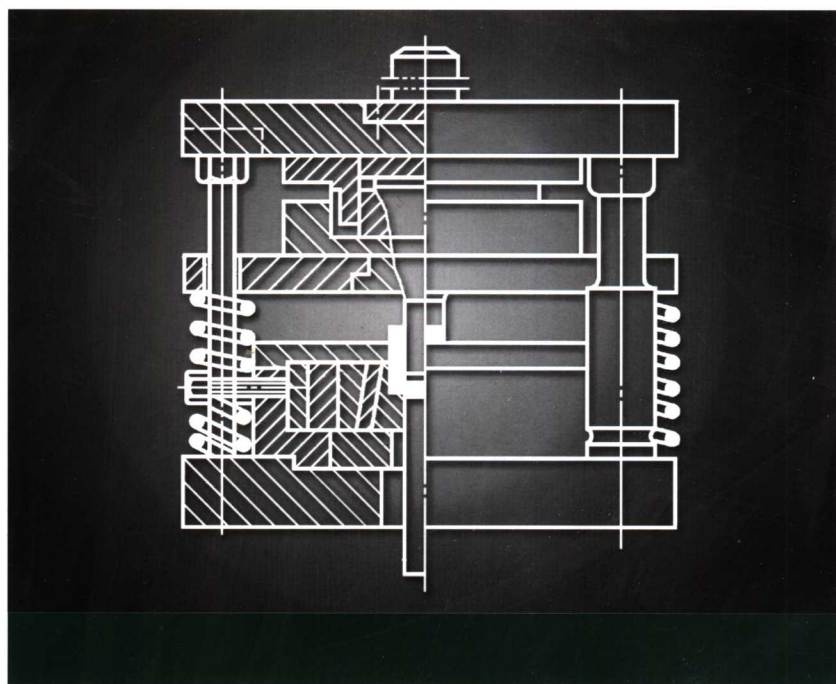


郝滨海 编著

挤压模具 简明设计手册



Chemical Industry Press



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

挤压模具简明设计手册

郝滨海 编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

挤压模具简明设计手册/郝滨海编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 2
ISBN 7-5025-8237-1

I. 挤… II. 郝… III. 挤压模-设计-手册
IV. TG375-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 007653 号

内容提要

本书从实用角度出发介绍了挤压件及挤压模具的设计、模具材料及热处理、挤压设备选择等内容; 提供了设计挤压模具所需的各种数据和模具新结构示例, 特别是加强了对近年来出现的一些新型挤压模具结构和设计方法的介绍。本书是挤压模具设计的综合技术手册, 编写过程中力求使该手册具有锻模设计“手册与图册”的双重功能和现代特征; 力求使书的内容丰富、先进、实用、简明、突出重点、通俗易懂; 力求使书中所用的各种数据、公式、图、表做到易读易用, 便于读者理解和使用。

本书是从事挤压模具设计技术人员急需的简明实用的专业手册。可供从事挤压模具设计的工程技术人员使用, 也可作为材料成形及控制专业本科生相关课程的设计参考资料。

挤压模具简明设计手册

郝滨海 编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 张燕文 徐卿华

责任校对: 于志岩

封面设计: 尹琳琳

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15¼ 字数 374 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8237-1

定 价: 33.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

现代工业的迅猛发展使挤压技术得到越来越广泛的应用，对挤压模具的设计与制造的要求越来越高。由于挤压模具是挤压生产的主要工艺装备，所以其设计是否合理对挤压件的表面质量、尺寸精度、生产率以及经济效益等影响很大。因此提高挤压模具的设计水平和挤压模具的各项技术指标，对现代挤压工业的发展是十分必要的。

挤压工艺广泛应用于机械、汽车、五金制品等行业中，多年来对挤压模具设计资料的需求量一直很大。为满足现代挤压模具设计的要求、挤压技术的发展和挤压生产的需要编写了这本手册。

本书从实用角度出发介绍了挤压件及挤压模具的设计、模具材料及热处理、挤压设备选择等内容；提供了设计挤压模具所需的各种数据和挤压模具新结构示例，特别是加强了对近年来出现的一些新型挤压模具结构和设计方法的介绍。

本书是挤压模具设计的综合技术手册。编写过程中力求使该手册具有挤压模具设计“手册与图册”的双重功能和现代特征；力求使书的内容丰富、先进、实用、简明、突出重点、通俗易懂，力求使书中所用的各种数据、公式、图、表做到易读易用，便于读者理解和使用。

本书是从事挤压模具设计技术人员急需的一本简明实用的专业手册。可供从事挤压模具设计的人员使用，不仅可使他们的设计工作简便快捷，还可以使他们掌握模具设计领域的最新技术和方法。本书也可以作为材料成形及控制专业本科生相关课程的设计参考资料。

本书编写过程中参考了大量文献资料，得到众多同行和专家的指导和帮助，在此一并表示感谢。

参加本书编写的人员还有李亚江、李新生、党福祥、袁宝国、于斌、徐桂华、陈希亮、贾承安、贾玉玺、高军、马新武、景财年、张勇、杨芳、麻晓飞、卢霄、张伯涛、李永刚等。

本书涉及较多的专业知识，受编者水平所限，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编著者
2005年12月

目 录

第 1 章 概述	1	3.2.3 热挤压许用变形程度	39
1.1 挤压工艺简介	1	3.3 挤压力的计算	40
1.2 冷挤压工艺简介	2	3.3.1 影响挤压力的主要因素	40
1.3 温挤压工艺简介	2	3.3.2 冷挤压力的计算	41
1.4 热挤压工艺简介	3	3.3.3 温挤压力的计算	50
1.5 冷成形、温成形、热成形技术经济 比较	4	3.3.4 热挤压力的计算	54
1.6 挤压变形的类型	5	3.4 挤压力的测定	58
1.7 挤压发展的趋势	8	3.4.1 电测法	59
第 2 章 挤压件的工艺性	9	3.4.2 机械测定法	60
2.1 挤压件的分类	9	第 4 章 挤压温度	61
2.2 挤压件设计	15	4.1 温度选择原则	61
2.2.1 挤压件设计的主要内容	15	4.2 温挤压温度的选择	61
2.2.2 挤压件形状设计	15	4.3 热挤压温度的选择	63
2.2.3 挤压件尺寸设计	20	4.4 坯料加热	65
2.3 冷挤压件的工艺性	22	4.5 加热过程中可能产生的缺陷及预防 措施	66
2.3.1 冷挤压件的极限尺寸	24	4.6 挤压模具的预热	67
2.3.2 冷挤压件的尺寸精度	27	4.6.1 挤压模具预热温度与预热目的	67
2.4 温挤压件的工艺性	29	4.6.2 挤压模具预热的方法	67
2.5 热挤压件的工艺性	30	4.7 挤压模具的冷却	67
2.5.1 热挤压件的设计	30	第 5 章 挤压材料及挤前处理	69
2.5.2 热挤压件加工余量和公差确定	30	5.1 挤压坯料的制备	69
2.5.3 挤压件最小圆角半径的确定	32	5.1.1 挤压坯料的形状	69
2.5.4 挤压斜度的确定	32	5.1.2 挤压件的坯料尺寸计算	69
2.5.5 挤余厚度的确定	32	5.2 挤压件坯料原材料的检验	72
2.5.6 挤压件的飞边	33	5.3 挤压件坯料的下料	72
2.6 挤压件的表面粗糙度	34	5.3.1 挤压件坯料常用下料方法及其 特点	72
2.7 挤压速度	34	5.3.2 剪切下料	73
2.8 挤压工艺方案的确定	35	5.3.3 锯切下料	77
2.8.1 挤压工艺的设计	35	5.4 适用挤压的材料	80
2.8.2 挤压工艺方案的评估	36	5.4.1 对挤压金属材料的要求	80
第 3 章 挤压力与挤压变形程度	37	5.4.2 适用于冷挤压的材料	80
3.1 挤压变形程度	37	5.4.3 适用于温挤压的材料	81
3.2 挤压许用变形程度	38	5.5 冷挤压材料的挤前处理	81
3.2.1 冷挤压许用变形程度	38	5.5.1 冷挤压材料的软化热处理	81
3.2.2 温挤压许用变形程度	39		

5.5.2 冷挤压坯料表面预处理	82	6.12 挤压模具失效的主要类型与原因	134
5.5.3 磷酸盐处理	84	6.12.1 挤压凸模的早期失效分析	135
5.5.4 草酸盐覆层	86	6.12.2 挤压凹模的早期失效分析	136
5.6 挤压润滑剂	86	6.12.3 热挤压凹模和凸模常见失效形式	137
5.6.1 冷挤压润滑剂	86	6.12.4 挤压模具失效的检查方法	137
5.6.2 温挤压常用润滑剂	89		
5.6.3 热挤压常用润滑剂	89		
5.7 表面处理与润滑程序	92		
5.8 挤压件表面润滑剂的清理	92		
5.9 坯料直径与挤压工艺的关系	93		
第6章 挤压模具设计	94	第7章 挤压模具结构及挤压工艺实例	138
6.1 挤压工艺设计时应考虑的主要问题	94	7.1 冷挤压模具结构	138
6.2 挤压模具设计时应考虑的主要问题	94	7.1.1 有导向的通用反挤压模	138
6.3 冷挤压模具设计	95	7.1.2 纯铝反挤压可调整式通用模	138
6.3.1 冷挤压模具设计要求	95	7.1.3 纯铝反挤压不可调整式通用模	138
6.3.2 凸模设计	95	7.1.4 铝质挤压件反挤压专用模	139
6.3.3 凹模设计	103	7.1.5 钢质挤压件反挤压通用模	139
6.3.4 冷挤压组合凹模设计	109	7.1.6 纯铝正挤压通用模	139
6.4 温挤压模具设计	112	7.1.7 铝质管状件正挤压模	141
6.4.1 温挤压整体模具设计	113	7.1.8 钢质挤压件冷挤压不可调整式通用模	143
6.4.2 温挤压组合凹模设计	113	7.1.9 气门顶杆冷挤压模	143
6.5 热挤压模具设计	114	7.1.10 极铁冷挤压模	144
6.5.1 热挤压模具设计的主要内容	114	7.1.11 梭心套冷挤压模	145
6.5.2 热挤压对模具的要求	114	7.1.12 双水内冷发电机水冷接头复合挤压模	145
6.5.3 热挤压模具的设计步骤	114	7.1.13 六角外形件墩挤压模	147
6.5.4 热正挤压模凸模设计	114	7.1.14 铝质电器连接件挤压模	147
6.5.5 热反挤压模凸模设计	116	7.1.15 铝制多层环状电容器挤压模	147
6.5.6 热正挤压模凹模设计	118	7.1.16 紫铜接点件复合挤压模	149
6.5.7 热反挤压模凹模设计	119	7.2 冷挤压工艺实例	150
6.5.8 热挤压组合凹模设计	120	7.2.1 汽车活塞销冷挤压	150
6.5.9 墩挤压模的设计与计算	122	7.2.2 芯轴套冷挤压	150
6.5.10 热挤压凸模与凹模的间隙	125	7.2.3 空心导杆冷挤压	151
6.6 挤压模凸、凹模的紧固方式	125	7.2.4 壳体冷挤压	152
6.6.1 挤压模凸模的紧固方式	125	7.2.5 深孔薄壁壳体冷挤压	153
6.6.2 挤压模凹模的紧固方式	126	7.2.6 阶梯形空心件冷挤压	154
6.7 挤压模架设计	127	7.2.7 汽车轮胎螺母冷挤压	154
6.7.1 挤压模架设计的基本原则	127	7.2.8 多阶梯件冷挤压	156
6.7.2 挤压模架的基本结构	127	7.2.9 阶梯轴冷挤压	157
6.8 卸件和顶出装置	128	7.2.10 球头销冷挤压	158
6.8.1 顶出装置	129	7.2.11 齿轮冷挤压	159
6.8.2 卸件装置设计	130	7.2.12 铝合金隔罩壳冷挤压	159
6.9 垫板的设计	131	7.2.13 2A12 铝管接头冷挤压	160
6.10 模具导向装置的设计	132	7.2.14 铜及铜合金冷挤压	161
6.11 挤压模具的冷却装置	134	7.3 温挤压模具结构	162

7.3.1	钢质筒形件温反挤压模	162
7.3.2	带预热器温正挤压模	164
7.3.3	带冷却系统温反挤压模	164
7.3.4	六方形内孔件温反挤压模	165
7.3.5	采用活动卸料板温反挤压模	165
7.3.6	行星齿轮闭塞挤压模	166
7.3.7	轴承套圈温翻边挤压复合模	167
7.4	温挤压工艺实例	167
7.4.1	钟形壳件温挤压	167
7.4.2	花键轴温挤压	169
7.4.3	复杂内形铝件温挤压	169
7.4.4	GCr15 轴承套圈温挤压	170
7.5	热挤压模具结构	171
7.5.1	热挤压模的种类	171
7.5.2	热反挤压模	172
7.5.3	热正挤压模	172
7.5.4	多工位通用热挤压模	173
7.5.5	转向节轴套热挤压模	175
7.5.6	后桥轴套颈热挤压模	175
7.6	热挤压工艺实例	175
7.6.1	排气门热挤压	175
7.6.2	带圆柱或椎体空腔的阶梯杆类件 热挤压	180
第 8 章	挤压润滑	183
8.1	冷挤压润滑	184
8.2	温挤压润滑	185
8.2.1	对温挤压润滑剂的要求	185
8.2.2	常用温挤压润滑剂	188
8.3	热挤压润滑	189
8.3.1	对热挤压润滑剂的要求	189
8.3.2	常用热挤压润滑剂	190
8.3.3	热挤压生产的新型润滑剂	191
第 9 章	挤压件质量分析	192
9.1	冷挤压件的质量分析	192
9.1.1	挤压件缺陷生成原因	192

9.1.2	冷挤压产品质量分析	194
9.2	热、温挤压件的质量分析	198
9.3	挤压件热处理中可能产生的缺陷及预 防措施	201

第 10 章 挤压模具常用材料 203

10.1	冷挤压模具常用材料	203
10.2	温挤压模具常用材料	206
10.3	热挤压模具常用材料	206
10.3.1	热挤压工艺对模具材料的要求	206
10.3.2	热挤压模具用钢	206
10.3.3	热挤压模具材料的选择	208
10.3.4	热挤压模具钢的热处理	211
10.4	挤压模具工作零件的机加工	212
10.5	冷、温挤压模的精度要求	212
10.6	热挤压模的精度要求	213
10.7	提高挤压模具使用寿命的措施	214

第 11 章 挤压设备的选用 216

11.1	挤压工艺对设备的要求	216
11.2	挤压设备的选用	217
11.2.1	挤压设备的选用原则	217
11.2.2	专用挤压设备的类型	217
11.2.3	专用挤压设备的比较及选用	217
11.2.4	专用机械挤压压力机标称压力 的确定	219
11.2.5	挤压压力机工艺性比较	219
11.2.6	常用挤压设备的主要技术参数	220
11.3	通用压力机用于冷挤压加工	224
11.3.1	通用曲柄压力机的特点	224
11.3.2	通用曲柄压力机的选用	227
11.3.3	曲柄压力机和液压机工艺性 比较	229
11.3.4	万能液压机	229
11.3.5	液压机的选用	231

参考文献 234

第 1 章 概 述

金属材料的冷、温、热变形通常是以金属成形过程中的加工硬化、回复和再结晶状况来判定的。金属塑性变形后，材料处于加工硬化状态，称为冷变形；金属塑性变形后，材料具有再结晶组织，称为热变形；介于冷变形与热变形之间，材料处于回复状态，称为温变形。各种塑性变形的温度范围见图 1.1。

挤压工艺正是在金属材料冷变形、温变形、热变形这三种状态下进行的，并按被挤压材料的温度分为冷挤压、温挤压、热挤压三大类。

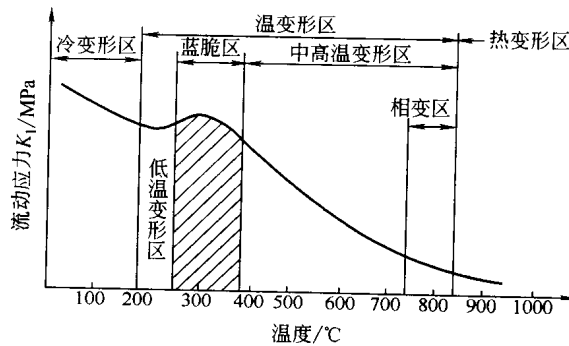


图 1.1 各种塑性变形的温度范围

1.1 挤压工艺简介

挤压工艺简介见表 1.1。

表 1.1 挤压工艺简介

项 目	简 介
挤压加工方法	挤压是金属压力加工的一种少切削和无切削加工工艺。将挤压模具装在压力机上，利用压力机的往复运动，在室温、中温或高温下使金属在三向压应力状态下发生塑性变形，从而挤出所需尺寸、形状及性能的零件
挤压加工原理	金属坯料处于三向压应力状态下变形时，能大大提高金属的塑性，允许金属有较大的变形
挤压加工适用范围	金属挤压工艺不仅可以成形各种复杂的零件，而且还使低塑性金属和合金有成形加工的可能性；挤压工艺既可用于成批生产有色金属与黑色金属零件，也可用于制造模具的型腔
挤压加工分类	①按挤压坯料的温度分为冷挤压、温挤压和热挤压 ②按金属流动方向和凸模运动方向的关系分为正挤压、反挤压、复合挤压（正、反挤压复合）、径向挤压、斜向挤压及墩挤等 正挤压、反挤压与复合挤压是冷挤压中应用最广泛的三种方法。它们共同的特点是金属的流动方向与凸模的轴线相平行，因此又统称为轴向冷挤压

项 目	简 介
挤压加工使用的设备	挤压加工可以在专用挤压压力机上进行,也可在通用曲柄压力机、通用液压机、螺旋压力机、热模锻压力机、电液锤及高速锤上进行
挤压加工的优点	<p>①节约原材料,提高生产率</p> <p>②提高零件的力学性能 切削加工时,将金属内部的纤维割断,从而降低了零件的力学性能。挤压过程中,金属处于三向压应力状态,变形后零件内部的纤维组织是连续的,基本上沿外形分布,提高了零件的力学性能。另外,冷挤压成形过程中,金属材料冷变形的冷作硬化特性,使制件的强度大为提高,可用低强度钢材代替高强度钢材</p> <p>③可加工形状较复杂的零件。一些形状复杂的零件,采用其他方法制作是十分复杂的,而采用挤压加工却十分方便</p> <p>④提高零件的精度及表面粗糙度。挤压过程中,金属表面在高压下,受到模具表面的挤压作用,其表面粗糙度可达 $R_a 1.6 \sim 0.2$。尺寸精度的公差范围最高可控制到 $\pm 0.015\text{mm}$</p>

1.2 冷挤压工艺简介

冷挤压工艺简介见表 1.2。

表 1.2 冷挤压工艺简介

项 目	简 介
温度范围	挤压时不加热坯料,也就是在室温下对坯料进行挤压
优点	冷挤压是少切削和无切削工艺,节约原材料、生产率高、产品强度高、精度高,表面光洁
缺点	冷挤压需要的变形力大,尤其冷挤压较硬的金属材料时,所需的变形力更大。当变形抗力大到超过模具材料允许的强度时,就造成模具的破坏。因此,冷挤压对模具材料提出了很高的要求,从而限制了冷挤压零件的尺寸范围,也限制了难变形材料采用冷挤压工艺。目前一般模具材料在冷挤压时允许的单位挤压力为 $2500 \sim 3000\text{MPa}$ 。当单位挤压力超过 $2500 \sim 3000\text{MPa}$ 时,模具的寿命就大大降低,甚至不可能进行挤压。此外,产生大的变形力需要具有相当强度和刚度的大型冷挤压设备,因此使固定资产投资大大增加
冷挤压工艺过程	冷挤压时,包括挤压低碳钢在内,一般在加工前要进行预先软化退火,在各道冷挤压工序之间往往也要进行退火处理;在冷挤压以前要进行磷化处理(对不锈钢是草酸盐处理)

1.3 温挤压工艺简介

温挤压工艺简介见表 1.3。

表 1.3 温挤压工艺简介

项 目	简 介
温度范围	温挤压将坯料加热到比热挤压时低的适当温度(金属再结晶温度以下)进行挤压。一般钢材温挤压的温度范围是高于室温而低于 $750 \sim 850^\circ\text{C}$,对铝及铝合金是从室温以上到 350°C 以下,对铜及铜合金是从室温以上到 350°C 以下
优点	<p>①由于被加热后金属坯料的变形抗力比冷挤压时要小(温挤压的温度在 $750 \sim 850^\circ\text{C}$ 时,材料的屈服应力大约降低 $1/3$),因此可显著减小挤压时模具所受的压力;并可应用于挤压难加工材料;显著提高材料挤压变形程度,因此可以减少工序和中间处理次数</p> <p>②坯料的变形抗力减小使得成形压力机的吨位也可以减少,如果控制合适,模具的寿命也比冷挤压时要高</p>

续表

项 目	简 介
优点	<p>③温挤压坯料在较低的温度范围内加热,使氧化、脱碳大大减轻,所以产品的尺寸精度较高,表面粗糙度值降低。温挤压件的力学性能比退火材料要高。如果在低温范围内温挤压,产品的力学性能与冷挤压件差别不大</p> <p>④在较高温度(650~800℃)范围内进行温挤压时,材料不需要预先软化退火和各工序之间的退火,也不需要进行表面磷化处理,可以减少许多辅助工序(磷化、退火等),更便于组织连续生产</p> <p>⑤温挤压成形比冷挤压容易,可以采用大的变形量,从而减少了工序数目,使模具费用大为减少,特别是在制造工序复杂的非轴对称的异形零件时,温挤压的优势更加突出</p> <p>⑥温挤压主要适用于以下几种情况:</p> <ol style="list-style-type: none"> 用冷挤压对高合金钢、高强度材料进行大变形加工有困难时 一般材料变形尺寸或者零件尺寸较大,以致冷挤压时现有设备能力不足时 打算组织连续生产时 形状复杂或者为了改善产品综合力学性能而不宜采用冷变形时 <p>⑦温挤压适用的主要材料</p> <ol style="list-style-type: none"> 冷变形时硬化剧烈或者变形抗力高的不锈钢、高碳高合金钢、轴承钢和工具钢等 在室温下难加工的材料,不锈钢和一些含铬量高的钢、耐热钢及其合金、镁及镁合金、钛及钛合金等 冷变形时塑性差、容易开裂的某些铝合金、铜合金、钛合金材料 冷态难加工而热态时严重氧化,吸气的材料,如钛、钨、钼等 <p>在国内,对纯铁,20钢,45钢,20Cr,40Cr,GCr15,12CrNi3,30CrMnSiA,2Cr13,4Cr13,1Cr18Ni9Ti,18Cr2Ni4WA,38CrA,T10V,T10A,Cr12MoV,W6M05Cr4V2Al以及高温合金GH140等均已成功地进行温挤压。冷挤压难以成形的铅黄铜HPb59-1的温挤压成形效果也好</p>
缺点	<p>温挤压与冷挤压相比,需要增添加热装置,产品尺寸精度与表面粗糙度虽与冷挤压较接近,但总不免稍差一些,由于坯料需要加热,使劳动条件较冷挤压差一些</p>
温挤压工艺过程	<p>温挤压将坯料加热到比热挤压低的,某个适当温度进行挤压,一般不需要进行坯料预先软化退火和工序之间的退火,也可不进行表面磷化处理</p>

1.4 热挤压工艺简介

热挤压工艺简介见表1.4。

表 1.4 热挤压工艺简介

项 目	简 介
温度范围	<p>一般将坯料加热至热锻温度</p>
优点	<p>①可使材料变形抗力降低,从而降低了对模具材料和挤压设备的要求,使固定资产投资大大减少。同时扩大了挤压零件的尺寸范围,使得一些低塑性的合金和难变形材料也可以采用挤压工艺成形</p> <p>②与普通模锻件相比,热挤压件加工余量很小,通常单边余量只给0.5~2.5mm</p> <p>③热挤压件的表面质量和尺寸精度较模锻件高,其表面粗糙度一般可达R_a3.2,尺寸精度可以达到6~7级</p> <p>④热挤压件具有良好的力学性能</p>
缺点	<p>①由于加热产生氧化、脱碳及热膨胀等问题,降低了产品的尺寸精度和表面质量,因而一般都需要经过切削加工,才能作为最后成品</p> <p>②热挤压生产采用的模具,特别是凹模,使用寿命较低。一只普通合金工具钢的凹模,仅能生产1000~2000只热挤压件。如果选择更优良的材料和进行恰当的处理,并有理想的冷却与润滑,那么使用寿命就能得到显著提高</p>

项 目	简 介
缺点	<p>③热挤压生产要求对被挤压的坯料进行高质量的加热。由于热挤压时,氧化皮会在模具上刻出凹痕或粘在模具上刮伤挤压件。所以,热挤压坯料最好采用少氧化和无氧化加热。如果采用一般的加热方法来加热坯料,则必须将坯料上的氧化皮清除干净才可进行热挤压</p> <p>④钢质热挤压件的壁厚必须大于 2mm</p>
热挤压工艺过程	<p>首先将要进行挤压的金属坯料加热,加热温度应由坯料的化学成分和坯料尺寸的大小来决定。当坯料加热到所需的温度时,除去其表面的氧化铁皮并迅速放入热挤压模的凹模模腔内进行挤压。挤压设备的一次行程结束后,即能完成一个热挤压件,假如下道工序需要切边或冲孔,则根据选择的切边或冲孔形式(系指热切边或冷切边,热冲孔或冷冲孔),进行切边或冲孔工作</p> <p>热挤压过程应当迅速进行,否则会使坯料温度下降,压力急剧上升,金属塑性变形差,影响成形。所以热挤压过程的持续时间通常在 3~6s 之间完成。因此,热挤压的生产率是很高的</p>
热挤压生产的工艺特点	<p>①为了保证挤压件的质量,要求坯料端面平整,并不能留有切割毛刺。否则在热挤压过程中,将会引起挤压件壁厚不均和上口高低不平等缺陷</p> <p>②为了提高挤压件的质量,延长热挤压模的使用寿命,应该尽可能采用无氧化和少氧化加热,并力求做到均匀加热</p> <p>③热挤压过程中,要对热挤压模的工作部分进行很好的冷却和润滑。模具长时间地与热坯料接触,如果得不到充分的冷却,很快就会产生热疲劳。良好的润滑能减少摩擦,降低热挤压力,大大提高模具的使用寿命</p> <p>④在设计多型槽热挤压工艺和模具时,一定要合理分配金属在各型槽内的挤压变形量。挤压量分配适当与否,将影响热挤压模的使用寿命和热挤压工艺能否顺利进行</p> <p>⑤在热挤压后的热处理及表面清理等工序中,挤压件的各部分尺寸会略微有减少,在设计热挤压模时,应当增加余量</p> <p>⑥挤压坯料的体积必须符合要求,如果热挤压坯料的体积过大,挤压时金属过剩,由于金属流动受阻,造成压力急剧上升,致使模具破裂或设备损坏。如果坯料的体积过小,则会造成挤压件尺寸小于负公差,致使热挤压件报废</p>

1.5 冷成形、温成形、热成形技术经济比较

钢质挤压件冷成形、温成形、热成形技术经济比较见表 1.5。

表 1.5 钢质挤压件冷成形、温成形、热成形技术经济的比较

项 目	变形的分类		
	冷变形	温变形	热变形
变形温度范围/℃	室温	200~850	850~1200
尺寸精度/mm	±(0.03~0.25)	±(0.05~0.25)	±0.5
金相组织	晶粒细小	晶粒细小	晶粒粗大
表面质量	无氧化、脱碳	几乎没有氧化、脱碳	严重氧化、脱碳
工序数量	多	较少	少
能量消耗	少	少	大
劳动条件	好,但难以组织连续生产	好,易于组织连续生产	差
设备投资	大	较大	较小

1.6 挤压变形的类型

挤压变形方式主要有三种类型：①挤压的基本变形方式见表 1.6；②挤压的辅助变形方式见表 1.7；③挤压的组合变形方式见表 1.8。

表 1.6 挤压的基本变形方式

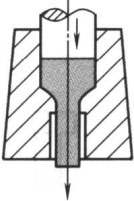
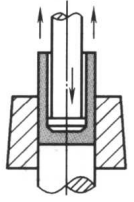
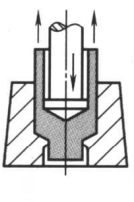
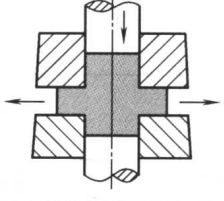
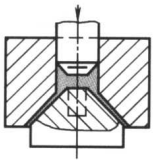
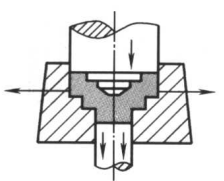
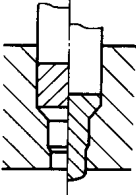
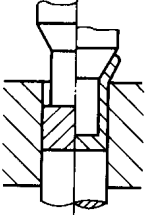
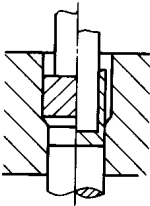
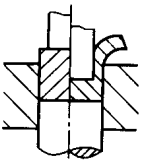
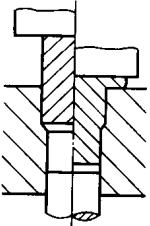
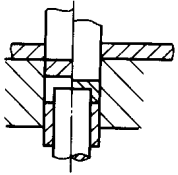
挤压方法	成形示意图	金属流动特点	应用范围
正挤压		挤压时,金属流动方向与凸模运动方向相同	各种形状的实心件(用实心坯料),各种形状的管件、杯形件(用空心坯料)
反挤压		挤压时,金属流动方向与凸模运动方向相反	各种断面形状的杯形件
复合挤压		挤压时,一部分金属的流动方向与凸模运动方向相同,另一部分金属的流动方向则相反	各种复杂形状的零件
径向挤压		挤压时,金属的流动方向与凸模运动方向垂直	具有法兰及凸台的轴对称零件
斜向挤压		挤压时,金属的流动方向倾斜或弯曲于凸模的运动方向	具有倾斜或弯曲分支的各种复杂零件
墩挤		金属的流动具有挤和墩的特点,即一部分金属沿凸模轴向流动,另一部分金属则沿径向流动	大头类零件及阶梯轴类零件

表 1.7 挤压的辅助变形方式

变形方式	成形示意图	金属流动特点	加工示例
自由镦粗		<p>在压力作用下,使位于平行平板间的坯料高度减小,横截面积增大</p>	
局部镦粗		<p>使坯料局部聚集金属,横截面积增大,形成所要求的局部粗大形状</p>	
校整		<p>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</p>	
缩径		<p>缩径是变形程度较小的一种特殊的正挤压方式</p>	
自由减径		<p>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深</p>	
变薄拉深		<p>用减小直径和壁厚的方式,来改变空心件的尺寸</p>	

表 1.8 冷挤压的组合变形方式

名称	成形示意图	说明
正挤压-缩径		使正挤压的杆形部分再次缩小直径
反挤压-胀径		使反挤压的筒形部分继续扩张成锥状口部
缩径-反挤压		先行缩径, 然后进行反挤压
胀径-反挤压		位于模腔之外的坯料首先沿径向分流, 然后进行反挤压
缩径-墩粗		在缩径的同时, 预墩粗头部或墩粗法兰
冲裁-挤压		在板料冲裁之后, 接着进行挤压成形

1.7 挤压发展的趋势

① 进一步提高成形件的强度，以取得最好的经济效益。

② 扩大冷温挤压工艺的应用范围，使挤压成形件材质的含碳量及合金元素更高，形状更复杂，尺寸更大。

③ 研究挤压成形的新技术，即新工艺、新模具、新设备及其应用。例如带附加拉深力的杯形件反挤压工艺（见图 1.2），从图（a）可以看出，在杯形件正挤压过程中，除由凸模 1 施加于挤压件 2 的变形力外，芯棒 4 还有一个适度的向下的附加拉深力，以减少工件壁部的变形抗力，改善材料流动，减少工件壁部和凹模之间的摩擦。图（b）的成形原理和图（a）基本相同。

扩径正挤压工艺（见图 1.3）坯料为圆柱形，成形力由顶杆 4 向上加压，凸模 1 相对静止，材料轴向流动的同时，还有径向流动，成形后的杯形件外径大于原始坯料直径。

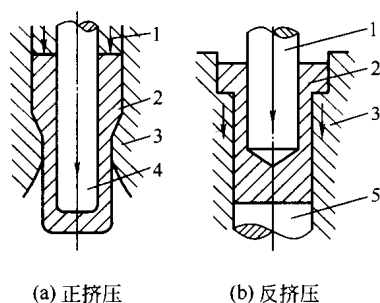


图 1.2 杯形件附加拉深力挤压

1—凸模；2—挤压件；3—凹模；4—芯棒；5—顶杆

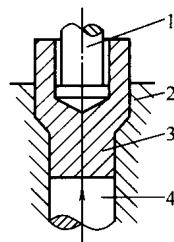


图 1.3 扩径正挤压

1—凸模；2—凹模；3—挤压件；4—顶杆

④ 冷温复合挤压工艺的研究。采用先温挤压后冷锻的复合工艺可得到单用冷挤压所能达到的尺寸精度和表面粗糙度，同时能减少工序数目，使用小吨位的压力机。

⑤ 加强高精度复杂形状及难成形材料零件的冷温精密成形工艺开发。对于形状复杂难成形材料的零件，冷锻成形工艺的主要技术难点是要优化模具承受的压力，摩擦条件，材料流动情况和速度。

⑥ 改进模具制造技术、提高模具寿命。挤压模具工作负荷大，磨损快，除开发更好的模具材料外，还要开发无污染的白色润滑剂和冷却液，并开发研究模具精密加工、模具精密测量技术及装备。

⑦ 开发新型的挤压压力机和自动传送设备。挤压压力机尤其是多工位自动挤压压力机在国外发展较快。其设备的特性是：工作行程较长；设备刚性好，滑块运动精度高；滑块行程速度合理，即在工作行程范围内速度低，而在非工作行程范围内速度高；压力机滑块带有温度补偿系统等。

第 2 章 挤压件的工艺性

挤压件的工艺性对挤压件的质量、模具寿命和生产效率影响很大。挤压件的外形多数是轴对称形状，设计挤压零件时应根据其挤压变形的规律，对产品零件图进行适当修改，使之成为具有良好挤压工艺性的适合挤压加工的零件。

2.1 挤压件的分类

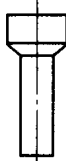

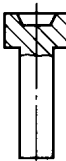
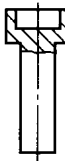






按照轮廓形状及工艺特点，挤压件可分如下几类。

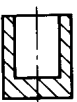
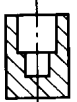
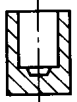
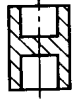
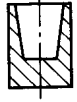

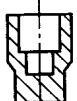
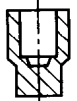
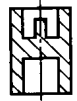

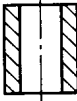


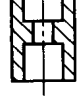
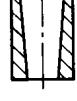






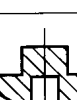
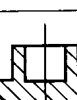


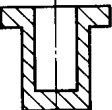

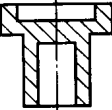
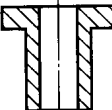
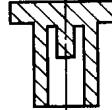
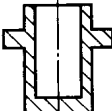
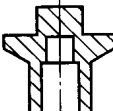
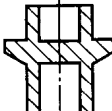
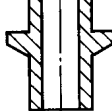
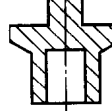
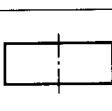
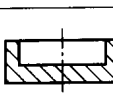
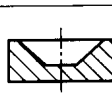
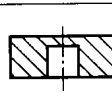
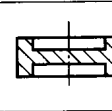
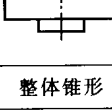
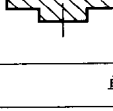
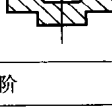

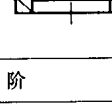
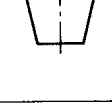
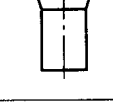
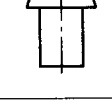
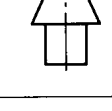
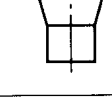
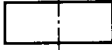
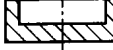
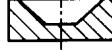

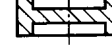




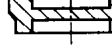
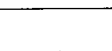

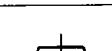
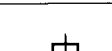
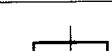
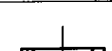

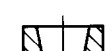
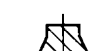
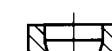
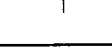
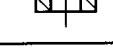
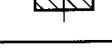
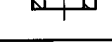
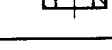










- ① 阶梯轴类挤压件——形状细长且有多段杆形部分。
- ② 筒类挤压件——带有各种通孔或沉孔和一定壁厚的浅杯形、深筒形或空心管类零件。
- ③ 凸缘类挤压件——在其局部位置上有凸出零件主体部分的粗大扁平形状的凸缘形体。
- ④ 盘形类挤压件——呈扁平形状，其高度尺寸明显小于平面尺寸。
- ⑤ 锥形类挤压件——某一部分形状为锥形。

上述的每一类零件都具有一些共同特性，所以有可能采用相同的挤压工序和方法成形。

表 2.1 列有挤压件的主要类别与组别，以及每组中的典型形状和变体形状。

表 2.1 挤压件类别

挤压件类别	挤压件特征	挤压件分组				
		单阶	多阶	端面带凹窝	端面带浅孔	锥形过渡
阶梯轴	单向台阶					
	双向台阶					

挤压件类别	挤压件特征	挤压件分组				
		单阶	多阶	端面带凹窝	端面带浅孔	锥形过渡
筒类	不通孔	直孔	阶梯孔	带凹窝	双向带孔	锥孔
						
						
筒类	附有凹体					
						
						
凸缘类	一端带凸缘	直孔	阶梯孔	双向带孔	通孔	附凸出部分
						
						
凸缘类	中间带凸缘					
						
						
盘形类	板状	实心体	带直孔	带锥孔	细小孔径	双向带孔
						
						
盘形类	附有凸体					
						
						
锥形类	外部带锥形	整体锥形	单向台阶		双向台阶	
						
						
锥形类	附有锥孔	