

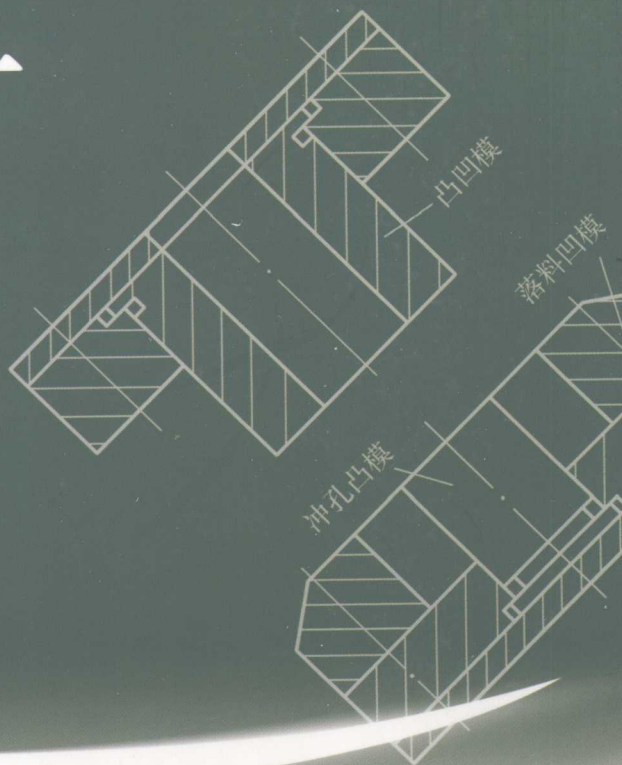
高职高专

模具设计与制造专业 规划教材

# 冷冲压工艺与 模具设计

LENGCHONGYA GONGYI YU  
MUJU SHEJI

汤猷则 主编



湖南大学出版社

高职高专模具设计与制造专业规划教材

# 冷冲压工艺与模具设计

主 编 汤猷则

副主编 周春华 张建卿 朱爱元 席 军

主 审 曾霞文

湖南大学出版社

2007年·长沙

## 内 容 简 介

本书取材广泛,内容丰富。全书共 11 章,主要内容包括冷冲压加工概述与冲压设备、冷冲压变形基础知识、冲裁工艺与冲裁模设计、弯曲工艺与弯曲模设计、拉深工艺与拉深模设计、其他冲压成形工艺与模具设计、冷挤压工艺与冷挤压模设计、多工位级进模设计、冲压模具材料与寿命、冲模的安装使用及冲压生产自动化、冷冲压工艺设计及冷冲压模具设计实例等。

本书为高职高专模具设计与制造专业及相关专业的专业教材,也可作为普通高等工科院校相关机类专业及成教自考教材,同时也可作为从事模具设计与制造的工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

冷冲压工艺与模具设计/汤猷则主编.

—长沙:湖南大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-81113-181-9

I. 冷... II. 汤... III. ①冷冲压—工艺 ②冷冲模—设计

IV. TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 128422 号

## 冷 冲 压 工 艺 与 模 具 设 计

Lengchongya Gongyi yu Muju Sheji

主 编:汤猷则

责任编辑:张建平

封面设计:张毅

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山

邮 编:410082

电 话:0731-8821691(发行部),8820006(编辑室),8821006(出版部)

传 真:0731-8649312(发行部),8822264(总编室)

电子邮箱:presszhangjp@hnu.cn

网 址: <http://press.hnu.cn>

印 装:湖南省地质测绘印刷厂

开本:787×1092 16开

印张:22.75

字数:580千

版次:2007年10月第1版

印次:2007年10月第1次印刷

书号:ISBN 978-7-81113-181-9/TH·16

定价:38.00元

版权所有,盗版必究

湖南大学出版社凡有印装差错,请与发行部联系

# 高职高专模具设计与制造专业规划教材 编写委员会

主任:叶久新

总主编:汤猷则

副主任(以姓氏笔画为序):

马洪儒	邓子林	米久贵	汤长清	朱江峰	刘茂福
刘 胜	刘海渔	苏庆勇	李名望	李佳民	张君伟
李灶福	李建跃	陈 勇	张 勇	陈厚德	肖调生
张海筹	邱葭菲	张群生	吴解奇	欧阳中和	
钟 波	徐友良	徐政坤	梁旭坤	董建国	曾谊晖
蔡超强					

委员(以姓氏笔画为序):

万远厚	王立新	刘卫东	许孔联	朱爱元	杨友才
陈元华	邱玉平	张秀玲	沈言锦	李 奇	邵建华
张建卿	邵家云	杨晓红	陈艳辉	吴 敏	肖露云
范 云	罗永新	罗正斌	周 钢	周 虹	周春华
林章辉	林黄耀	徐石交	高作武	钱 萍	梁合意
黄朗宁	曾霞文	雷云进	谭赞良		

# 序

当今,高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的最重要标志之一。面对这一深刻的变化和严峻的形势,我们必须转变教育观念,坚持以邓小平同志提出的“三个面向”和胡锦涛同志提出的“构建和谐社会”的思想为指导,以持续发展为主题,以结构优化升级为主线,以改革开放为动力,以全面推进素质教育和改革人才培养模式为重点,以构建新的教学内容和课程体系为核心,努力培养素质高、应用能力与实践能力强、富有创新精神和特色的应用型复合人才。

教书育人,教材先行,教育离不开教材。为了认真贯彻中共中央、国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求,根据高职高专的教学计划,湖南省模具设计与制造学会、湖南大学出版社组织部分教学经验丰富的普通高等学校、高职高专学校的老师编写了这套系列教材。

本套教材的编写以培养高职高专技能型人才为目标,在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论内容以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点。专业内容加强了针对性和实用性,强化了实践教学。为了扩大使用面,在内容的取舍上也考虑到了电大、职大、业大、函大等教育的教学及自学需要。

这套教材具有以下特点:

**科学定位。**本套教材以高职高专技术教育教学中的实际技能要求为主旨,内容简明扼要,突出重点,主要适用于高职高专应用性人才培养。

**突出特色。**体现高职高专院校的教学特点。教材中编写有大量实例,符合一般高职高专学校的实践教学要求。注重技能性、实用性,内容覆盖了实验、实训、实习等实践环节。

**强调适用。**充分体现“浅、宽、精、新、用”。所谓“浅”,就是深浅适度;所谓“宽”,就是知识面宽;所谓“精”,就是少而精,不繁琐;所谓“新”,就是紧跟应用学科前沿,跟踪先进技术前沿,推陈出新,反映时代要求,反映新理论、新思想、新材料、新技术;所谓“用”,就是理论联系实际,学以致用。

**以学生为本。**本套教材尽量体现以学生为本、以学生为中心的教育思想,不为教而教。要有利于培养学生自学能力和知识扩展能力,为学生今后持续创造性学习打好基础;也要有利于学生在获得学历证书的同时,顺利获得相应的职业技能资格证书,以增强学生的就业竞争能力。

为了提高本系列教材的质量,在组织编写队伍时,采取了高职高专院校与普通高等院校相互协作编写并交叉审稿的方法,以利于实践教学和理论教学的相互渗透。

这套系列教材,以新体系、新面孔呈现在读者面前,不但能够满足当前高职高专教学的需要,而且将对高等职业技术教育的发展起到推动作用,为培养新世纪的高质量人才作出新的贡献。

叶久新

2007年8月于岳麓山

(序作者为湖南大学教授,湖南省模具设计与制造学会理事长,湖南省模具设计职业鉴定专家委员会主任)

# 前 言

本教材是高职高专院校模具设计与制造专业技能型紧缺人才学习和培训系列教材之一,是根据教育部“关于加强高职高专教育教材建设的若干意见”和“冲压工艺与模具设计”课程教学大纲编写的。教材体现了教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合启动的《职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程》的要求精神。

本书在编写中突出体现以下特色:

(1)充分体现面向职业技术教育的指导思想。本书根据“理论够用,能力为本,应用型人才培养”的新世纪应用型人才培养的思想,对冷冲压工艺及模具设计的有关知识进行了有机的融合。本书作者均来自教学一线,具有多年生产实践和专业教学经验,因此能根据高职高专教育的教学特点,结合目前高职高专学校教学的实际情况编写。

(2)努力做到知识内容难易适度。本书借鉴了国内外职业技术教育的有关教材,删除了那些理论内容偏深,与实际工作联系很少的内容,着重强调结论性强、应用性广的内容;但同时又保证相应的理论基础知识,使学生能够在分析和解决实际问题时拥有足够的理论依据。

(3)注重加强针对性和实用性。本书力求把传授专业知识和培养专业技术应用能力有机地结合起来。不但要使学生的基本素质能够得到提高,也要使学生能够运用所学的基本知识举一反三,触类旁通。培养学生正确运用设计理论和方法,掌握解决实际问题的方法和手段,最终达到毕业时学生所学知识即可以与岗位工作要求内容接轨的目的。

(4)语言精炼,图文并茂,易懂好学。本书大量采用示意图,提高直观教学效果,降低学生的学习难度。文字描述通俗易懂。归纳与对比内容多采用图表代替文字说明,重要章节均精选了综合应用实例,章后备有思考练习题,便于教学及自学。

(5)专业名词术语等均采用最新国家标准和行业标准。

本书由湖南师范大学职业技术学院汤猷则任主编,长沙航空职业技术学院周春华、怀化职业技术学院张建卿、益阳职业技术学院朱爱元、永州市高级技工学校席军任副主编。其中绪论,第1、3、11章,附表由汤猷则编写,第2章由岳阳职业技术学院徐石交编写,第4章由周春华编写,第5章由朱爱元编写,第6章由娄底职业技术学院高宗为编写,第7章由席军编写,第8章由湖南铁道职业技术学院熊建武编写,第9章由湖南怀化职业技术学院肖露云编写,第10章由张建卿编写。全书由汤猷则统稿,湖南工业职业技术学院曾霞文担任主审。

本书在编写过程中,得到了许多教授、专家的热情支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2007年8月

# 目 次

## 0 绪 论

0.1 模具工业在工业生产中的地位 .....	1
0.2 我国模具工业的发展现状 .....	1
0.3 冷冲压模具的发展趋势 .....	2
0.4 本课程教学目的与要求 .....	4

## 1 冷冲压加工概述与冲压设备

1.1 冷冲压加工概述 .....	6
1.1.1 冷冲压加工的基本概念 .....	6
1.1.2 冷冲压加工的基本工序 .....	6
1.1.3 冷冲压工艺的特点及应用 .....	9
1.2 冲压设备 .....	10
1.2.1 冲压设备的分类及型号规格 .....	10
1.2.2 曲柄压力机 .....	12
1.2.3 液压机 .....	24
1.2.4 高速压力机 .....	30
1.2.5 剪切机 .....	31
1.2.6 冲压设备的选择 .....	31
思考练习题 1 .....	33

## 2 冷冲压变形基础知识

2.1 金属塑性变形概述 .....	34
2.1.1 塑性变形、塑性与变形抗力的概念 .....	34
2.1.2 影响金属塑性和变形抗力的因素 .....	35
2.2 塑性变形时的应力与应变 .....	36
2.2.1 点的应力与应变状态 .....	36
2.2.2 金属的屈服条件 .....	36
2.2.3 金属塑性变形时的应力应变关系 .....	37
2.3 金属塑性变形的基本规律 .....	38
2.3.1 硬化现象与硬化曲线 .....	38
2.3.2 加载卸载规律与反载软化现象 .....	39
2.3.3 最小阻力定律 .....	39
2.3.4 冲压成形中的变形趋向性分析及其控制 .....	40
2.4 冲压材料及其冲压成形性能 .....	42
2.4.1 材料的冲压成形性能 .....	42

2.4.2	板料冲压成形性能试验 .....	42
2.4.3	对冲压材料的基本要求 .....	45
2.4.4	常用冲压材料及选用 .....	46
	思考练习题 2 .....	48
<b>3</b>	<b>冲裁工艺与冲裁模设计</b>	
3.1	冲裁工艺分析 .....	49
3.1.1	冲裁变形过程 .....	49
3.1.2	冲裁断面分析 .....	50
3.1.3	冲裁件的质量分析 .....	51
3.2	模具间隙 .....	53
3.2.1	模具间隙对冲裁件质量的影响 .....	53
3.2.2	凸、凹模间合理间隙值的确定 .....	54
3.3	凸模与凹模刃口尺寸的计算 .....	57
3.3.1	凸模与凹模刃口尺寸计算的原则 .....	57
3.3.2	凸模与凹模刃口尺寸计算的方法 .....	58
3.4	排样设计 .....	62
3.4.1	冲裁排样 .....	62
3.4.2	排样方法 .....	63
3.4.3	搭边 .....	64
3.4.4	送料步距与条料宽度的计算 .....	65
3.4.5	排样图 .....	69
3.5	冲压力 and 压力中心的确定 .....	69
3.5.1	冲裁力的计算 .....	69
3.5.2	降低冲裁力的方法 .....	70
3.5.3	卸料力、推件力及顶件力的计算 .....	72
3.5.4	压力机标称压力的确定 .....	72
3.5.5	模具压力中心的确定 .....	73
3.6	冲裁件的工艺设计 .....	75
3.6.1	冲裁件的工艺分析 .....	75
3.6.2	冲裁工艺方案的确定 .....	77
3.7	冲裁模具的典型结构 .....	79
3.7.1	冲裁模具的分类 .....	79
3.7.2	冲裁模具的结构组成 .....	80
3.7.3	单工序冲裁模的典型结构 .....	81
3.7.4	级进冲裁模的典型结构 .....	86
3.7.5	复合冲裁模的典型结构 .....	88
3.8	其他冲裁工艺及模具 .....	91
3.8.1	精密冲裁 .....	91
3.8.2	半精密冲裁 .....	95



3.8.3	非金属材料的冲裁	96
3.9	冲裁模主要零部件设计	98
3.9.1	模具零件的分类	98
3.9.2	模具的标准化	98
3.9.3	工作零件	99
3.9.4	定位零件	104
3.9.5	卸料与推件零件	109
3.9.6	模架	114
3.9.7	固定与紧固零件	116
3.9.8	冲模的典型组合	117
3.10	冲裁模具设计步骤及实例	117
3.10.1	冲裁模具设计的一般步骤	117
3.10.2	冲裁模具设计实例	118
	思考练习题 3	121
<b>4</b>	<b>弯曲工艺与弯曲模设计</b>	
4.1	弯曲变形分析	124
4.1.1	弯曲变形过程及特点	124
4.1.2	塑性弯曲变形区的应力与应变状态	126
4.2	弯曲件的质量分析	127
4.2.1	弯裂与最小相对弯曲半径	127
4.2.2	弯曲回弹	129
4.2.3	弯曲偏移	132
4.2.4	翘曲与畸变	133
4.3	弯曲工艺设计	134
4.3.1	最小弯曲半径的确定	134
4.3.2	弯曲件的工艺性	135
4.3.3	弯曲件的工序安排	137
4.4	弯曲力的计算	139
4.4.1	自由弯曲时的弯曲力	139
4.4.2	校正弯曲时的弯曲力	139
4.4.3	顶件力或压件力	139
4.4.4	压力机标称压力的确定	139
4.5	弯曲件毛坯尺寸的确定	140
4.5.1	弯曲应变中性层位置的确定	140
4.5.2	弯曲件坯料尺寸的确定	140
4.6	弯曲模工作部分尺寸的确定	142
4.6.1	弯曲凸模、凹模圆角半径	142
4.6.2	弯曲凹模部分深度	143
4.6.3	弯曲凸模、凹模间隙	143

4.6.4	U形件弯曲凸、凹模横向尺寸及公差 .....	144
4.7	弯曲模结构与设计 .....	145
4.7.1	弯曲模的分类与设计要点 .....	145
4.7.2	弯曲模的典型结构 .....	145
	思考练习题 4 .....	154
<b>5</b>	<b>拉深工艺与拉深模设计</b>	
5.1	圆筒形件拉深变形分析 .....	156
5.1.1	拉深变形过程、特点及应力与应变分析 .....	156
5.1.2	起皱与拉裂 .....	159
5.2	旋转体拉深件坯料尺寸的计算 .....	161
5.2.1	坯料形状和尺寸确定的原则 .....	161
5.2.2	形状简单的旋转体拉深件坯料直径的计算 .....	162
5.2.3	形状复杂的旋转体拉深件坯料直径的计算 .....	163
5.3	圆筒形件拉深的工艺计算 .....	164
5.3.1	拉深系数 .....	164
5.3.2	无凸缘圆筒形件的拉深次数及工序尺寸的计算 .....	166
5.3.3	带凸缘圆筒形件拉深方法及工序尺寸的计算 .....	169
5.3.4	阶梯圆筒形件的拉深 .....	175
5.4	盒形件的拉深 .....	176
5.4.1	盒形件拉深的特点 .....	176
5.4.2	盒形(包括正方形)件毛坯尺寸的确定 .....	177
5.4.3	盒形件多次拉深工艺计算 .....	179
5.5	其他旋转体零件的拉深 .....	181
5.5.1	概述 .....	181
5.5.2	球面零件的拉深 .....	183
5.5.3	锥形零件的拉深 .....	184
5.5.4	抛物面零件的拉深 .....	186
5.6	圆筒形件压料力、拉深力及压料装置 .....	186
5.6.1	压料力的计算 .....	186
5.6.2	拉深力的计算 .....	187
5.6.3	压料装置 .....	188
5.6.4	压力机吨位选择及拉深功计算 .....	189
5.7	拉深模工作部分的尺寸设计 .....	190
5.7.1	凸、凹模的圆角半径 .....	190
5.7.2	拉深模的间隙 .....	191
5.7.3	凸、凹模工作部分尺寸及公差的确定 .....	192
5.8	拉深模结构与设计 .....	193
5.8.1	拉深模的分类 .....	193
5.8.2	拉深模的典型结构 .....	193

5.9 拉深工艺设计 .....	194
5.9.1 拉深件的工艺性 .....	194
5.9.2 工序设计 .....	196
5.9.3 拉深过程中的辅助工序 .....	197
5.10 其他拉深方法及模具 .....	198
5.10.1 变薄拉深 .....	198
5.10.2 温差拉深 .....	201
思考练习题 5 .....	202
<b>6 其他冲压成形工艺与模具设计</b>	
6.1 胀形 .....	204
6.1.1 胀形的变形特点 .....	204
6.1.2 平板坯料的局部胀形 .....	205
6.1.3 空心坯料的胀形 .....	207
6.2 翻孔与翻边 .....	209
6.2.1 翻孔 .....	210
6.2.2 翻边 .....	213
6.2.3 翻孔翻边模结构设计 .....	214
6.2.4 翻孔模设计实例 .....	216
6.3 缩口 .....	218
6.3.1 缩口成形的特点与缩口系数 .....	218
6.3.2 缩口工艺计算 .....	218
6.3.3 缩口模结构设计 .....	220
6.4 校平与整形 .....	221
6.4.1 校平 .....	221
6.4.2 整形 .....	223
6.5 旋压 .....	223
6.5.1 不变薄旋压 .....	224
6.5.2 变薄旋压 .....	225
思考练习题 6 .....	228
<b>7 冷挤压工艺与冷挤压模设计</b>	
7.1 冷挤压分类、特点和应用 .....	229
7.1.1 冷挤压的分类 .....	229
7.1.2 冷挤压的特点及应用 .....	230
7.1.3 当前应用冷挤压技术应解决的主要问题 .....	231
7.2 冷挤压的变形程度 .....	232
7.2.1 冷挤压变形程度的表示方法 .....	232
7.2.2 冷挤压的许用变形程度 .....	233
7.3 冷挤压材料及表面处理 .....	233

7.3.1	冷挤压材料	233
7.3.2	冷挤压材料的软化处理	235
7.3.3	冷挤压材料的表面处理与润滑	235
7.3.4	冷挤压毛坯的加工方法	236
7.4	冷挤压力的计算	237
7.4.1	冷挤压力-行程曲线	237
7.4.2	影响挤压力的主要因素	237
7.4.3	冷挤压力的计算	239
7.5	冷挤压工艺设计	243
7.5.1	冷挤压件的工艺性	243
7.5.2	冷挤压工艺过程的制定	246
7.5.3	冷挤压变形工艺制定实例	251
7.6	冷挤压模具设计	253
7.6.1	冷挤压模具的基本结构	254
7.6.2	冷挤压模具设计	255
	思考练习题 7	262
<b>8</b>	<b>多工位级进模设计</b>	
8.1	概述	263
8.1.1	多工位级进模的分类	263
8.1.2	多工位级进模的送料方式和送料装置	264
8.2	多工位级进模的排样设计与工位安排	264
8.2.1	多工位级进模的排样设计	264
8.2.2	多工位级进模的工位设计	272
8.3	多工位级进模的主要零部件设计	274
8.3.1	凸模设计	274
8.3.2	凹模设计	274
8.3.3	卸料装置	277
8.3.4	限位装置	278
8.3.5	监测装置	279
8.4	多工位级进模设计实例	280
	思考练习题 8	285
<b>9</b>	<b>冲压模具材料与寿命</b>	
9.1	冲模材料	287
9.1.1	冲模材料的性能和种类	287
9.1.2	冲模材料的选用及热处理要求	289
9.2	冲模寿命	291
9.2.1	冲模的工作条件及失效形式	291
9.2.2	影响冲模寿命的因素及提高冲模寿命的措施	293

思考练习题 9 .....	296
<b>10 冲模的安装使用及冲压生产自动化</b>	
10.1 冲模的安装使用 .....	297
10.1.1 冲模的安装与调试 .....	297
10.1.2 冲模安全技术 .....	298
10.2 冲压生产自动化 .....	301
10.2.1 冲压生产自动化概述 .....	301
10.2.2 自动送料装置 .....	301
10.2.3 自动出件装置 .....	306
10.2.4 自动检测与保护装置 .....	308
思考练习题 10 .....	310
<b>11 冷冲压工艺设计及冷冲压模具设计实例</b>	
11.1 冷冲压工艺设计 .....	311
11.1.1 工艺设计原始资料 .....	311
11.1.2 制定冲压工艺过程的程序及方法 .....	312
11.2 冷冲压模具设计实例 .....	322
11.2.1 复合冲裁模设计实例 .....	322
11.2.2 落料冲孔、弯曲模设计实例 .....	324
思考练习题 11 .....	332
<b>附表</b>	
附表 1 冲压常用金属材料的力学性能 .....	333
附表 2 轧制薄钢板的厚度公差(GB 708—1988) .....	334
附表 3 轧制薄钢板的尺寸规格(GB 708—1988) .....	334
附表 4 国内外常用钢钢号对照表 .....	335
附表 5 开式双柱可倾压力机主要技术规格表 .....	337
附表 6 闭式单点压力机主要技术规格表 .....	337
附表 7 四柱万能液压机主要技术规格表 .....	338
附表 8 机械式剪板机的主要技术规格表 .....	338
附表 9 冲压模零件常用公差、配合及表面粗糙度 .....	339
附表 10 冲压模具常用螺钉和销钉 .....	340
附表 11 专业术语中英文对照表 .....	341
<b>参考文献</b> .....	344

# 0 绪 论

## 0.1 模具工业在工业生产中的地位

在现代工业生产中,模具是重要的工艺装备之一,它在铸造、锻造、冲压、塑料、橡胶、玻璃、粉末冶金、陶瓷制品等生产行业中得到了广泛应用。由于采用模具进行生产能大大提高生产效率、节约原材料、降低成本,并保证优良的加工质量要求,所以,汽车、飞机、拖拉机、电器、仪表、玩具和日常用品等产品的零部件很多都采用模具进行加工。据国际技术协会统计,自2000年以来,机械零件中粗加工的75%以上、精加工的50%以上都是由模具压力加工完成的。

世界上一些工业发达国家,模具工业的发展非常迅速。据有关资料介绍,某些国家的模具总产值已超过了机床工业的总产值,其发展速度超过了机床、汽车、电子等工业。模具工业已摆脱了从属地位而发展成为独立的行业,是国民经济的基础工业之一。模具技术,特别是制造精密、复杂、大型、长寿命的模具技术,已成为衡量一个国家机械制造技术水平的重要标志之一。

可以说,模具工业是国家工业的基石。

## 0.2 我国模具工业的发展现状

历经半个多世纪,我国模具工业从起步迈向了飞跃发展,特别是近几年来,我国模具技术有了很大发展,模具水平有了较大提高。

### 1. 冷冲模

轿车覆盖件模具具有设计和制造难度大、质量和精度要求高的特点,可代表冷冲压模具的水平。我国已能生产部分轿车覆盖件模具,如东风汽车公司冲模厂已设计制造了富康轿车部分内覆盖件模具,一汽模具中心生产了捷达王轿车外覆盖件模具。在设计制造方法、手段方面,我国已基本达到了国际水平,模具结构功能方面也接近国际水平,在轿车模具国产化进程中前进了一大步。但在制造质量、精度、制造周期和成本方面,我国与国外相比还存在一定的差距。标志着冷冲压模具技术先进水平的多工位级进模和多功能模具,已基本达到国际水平。例如,电机铁芯自动叠铆硬质合金多工位级进模具有自动冲切、叠压、铆合、计数、分组、转子铁芯扭斜、安全保护等功能,凹模采用拼块式,零部件可互换。

### 2. 塑料模

塑料模是应用最广泛的一类模具。近年来,我国塑料模有了长足的进步。在大型塑料模方面,已能生产34英寸大屏幕彩电塑壳模具,6 kg大容量洗衣机全套塑料模具及汽车保险杠和整体仪表板等的塑料模具,模具重量可达10~20 t。在精密塑料模具方面,能生产多型腔小模数齿轮模具和600腔塑封模具,还能生产厚度仅为0.08 mm的一模两腔的航空杯模具和难度较高的塑料门窗挤出模等。在制造技术方面,采用CAD/CAM技术,用计算机造型、编程并由数控机床加工已成为主要手段,CAE软件也得到应用。

### 3. 压铸模

汽车和摩托车工业的快速发展,推动了压铸模生产技术的发展。汽车发动机缸罩、盖板、变速器壳体和摩托车发动机缸机、齿轮箱壳体、制动器、轮毂等铝合金铸件模具以及自动扶梯级压铸模等,我国均已能生产,技术水平不断提高。汽车、摩托车上配套的铝合金压铸模大部分实现了国产化。

### 4. 模具 CAD/CAM 技术

模具 CAD/CAM 技术是改造传统模具生产方式的关键技术,是一项高科技、高效益的系统工种。它以计算机软件的形式,以 CAD 绘图代替了手工制图,CAM 取代了手工编程,并能采用 CAE 技术对成型过程进行计算机模拟等,为用户提供了一种有效的辅助工具,使技术人员能借助于计算机对产品、模具结构、成型工艺、数控加工及成本等进行设计和优化。

### 5. 快速经济制模技术

与传统的机械加工相比,快速经济制模技术具有模具制造周期短、制造成本低、综合经济效益好等突出特点,已在我国得到越来越广泛的应用。

快速原型制造(RPM)技术是一种集 CAD、CAM、NCN、激光及材料科学于一体的新技术,是当前最先进的零件及模具的成型方法之一,近年来在我国也发展很快。

### 6. 模具标准件

模具标准件对缩短模具制造周期、提高质量、降低成本,能起到很大作用,因此,越来越广泛地得到采用。模具标准主要有冷冲模架、塑料模架、推杆和弹簧等。

### 7. 模具材料与热处理

模具材料的质量、性能、品种和供货是否及时,对模具的质量和使用寿命以及经济效益有着直接的重大影响。大量使用的模具材料为模具钢,年消耗量在 10 万吨以上。近年来,国内一些模具钢生产企业已相继建成和引进了一些先进工艺设备,使国内模具钢品种规格不合理状况有所改善,模具钢质量有较大程度的提高。近年来,真空热处理炉有了很大发展,正在推广使用。

### 8. 模具制造的相关技术

模具制造的相关技术与工艺发展,对模具水平的提高起到了重要作用。模具抛光技术引起重视,针对机械磨抛光、超声波抛光、电化学抛光及上述几种方法的复合抛光,已开发出专用机械、专用工具,得到了广泛的应用。

综上所述,近年来我国模具技术有了长足的进步,但与国外先进技术相比还存在一定的差距。主要原因是我国在冲压基础理论及成型工艺、模具标准化、模具设计、模具制造工艺及设备等方面与工业发达国家尚有相当大的差距,导致我国模具在寿命、效率、加工精度、生产周期等方面与先进工业发达国家的模具相比差距较大。

## 0.3 冷冲压模具的发展趋势

### 1. 冲压成形理论及冲压工艺研究不断深入

加强冷冲压变形基础理论的研究,以提供更加准确、实用、方便的计算方法,正确地确定冲压工艺参数和模具工作部分的几何形状与尺寸,解决冷冲压变形中出现的各种实际问题,进一步提高冲压件的质量。

研究和推广新工艺,如精冲工艺、软模成形工艺、高能高速成形工艺、超塑性成形工艺以及

其他高效率、经济成形工艺等,进一步提高冷冲压技术水平。

## 2. 模具先进制造工艺及设备水平不断提高

模具制造技术现代化是模具工业发展的基础。随着科学技术的发展,计算机技术、信息技术、自动化技术等先进技术正不断向传统制造技术渗透、交叉、融合,对其实施改造,形成先进制造技术。模具先进制造技术的发展主要体现在如下方面:

### (1) 高速铣削加工

普通铣削加工采用低的进给速度和大的切削参数,而高速铣削加工则采用高的进给速度和小的切削参数,高速铣削加工相对于普通铣削加工具有如下特点:

① 高效 高速铣削的主轴转速一般为 15 000~40 000 r/min,最高可达 100 000 r/min。在切削钢时,其切削速度约为 400 m/min,比传统的铣削加工高 5~10 倍;在加工模具型腔时与传统的加工方法(传统铣削、电火花成形加工等)相比其效率提高 4~5 倍。

② 高精度 高速铣削加工精度一般为 10  $\mu\text{m}$ ,有的精度还要高。

③ 高的表面质量 由于高速铣削时工件温升小(约为 3  $^{\circ}\text{C}$ ),故表面没有变质层及微裂纹,热变形也小。最好的表面粗糙度  $R_a$  小于 1  $\mu\text{m}$ ,减少了后续磨削及抛光工作量。

④ 可加工高硬材料 可铣削 50~54HRC 的钢材,铣削的最高硬度可达 60HRC。

鉴于高速加工具备上述优点,所以高速加工在模具制造中正得到广泛应用,并逐步替代部分磨削加工和电加工。

### (2) 电火花铣削加工

电火花铣削加工(又称为电火花创成加工)是电火花加工技术的重大发展,这是一种替代传统用成型电极加工模具型腔的新技术。像数控铣削加工一样,电火花铣削加工采用高速旋转的杆状电极对工件进行二维或三维轮廓加工,无需制造复杂、昂贵的成型电极。

### (3) 慢走丝线切割技术

目前,数控慢走丝线切割技术发展水平已相当高,功能相当完善,自动化程度已达到无人看管运行的程度。最大切割速度已达 300  $\text{mm}^2/\text{min}$ ,加工精度可达到  $\pm 1.5 \mu\text{m}$ ,加工表面粗糙度  $R_a$  0.1~0.2  $\mu\text{m}$ 。直径 0.03~0.1 mm 细丝线切割技术的开发,可实现凹凸模的一次切割完成,并可进行 0.04 mm 的窄槽及半径 0.02 mm 内圆角的切割加工。锥度切割技术已能进行 30 $^{\circ}$ 以上锥度的精密加工。

### (4) 磨削及抛光加工技术

磨削及抛光加工由于精度高、表面质量好、表面粗糙度值低等特点,在精密模具加工中广泛应用。目前,精密模具制造广泛使用数控成形磨床、数控光学曲线磨床、数控连续轨迹坐标磨床及自动抛光机等先进设备和技术。

### (5) 数控测量

产品结构的复杂,必然导致模具零件形状的复杂。传统的几何检测手段已无法适应模具的生产。现代模具制造已广泛使用三坐标数控测量机进行模具零件的几何量的测量,模具加工过程的检测手段也取得了很大进展。三坐标数控测量机除了能高精度地测量复杂曲面的数据外,其良好的温度补偿装置、可靠的抗振保护能力、严密的除尘措施以及简便的操作步骤,使得现场自动化检测成为可能。

模具先进制造技术的应用改变了传统制模技术中模具质量依赖于人为因素,不易控制的状况,使得模具质量依赖于物化因素,整体水平容易控制,模具再现能力强。



### 3. 模具新材料及热、表面处理

随着产品质量的提高,对模具质量和寿命要求越来越高。而提高模具质量和寿命最有效的办法就是开发和应用模具新材料及热、表处理新工艺,不断提高使用性能,改善加工性能。

#### (1) 模具新材料

冲压模具使用的材料属于冷作模具钢,是应用量大、使用面广、种类最多的模具钢。主要性能要求为强度、韧性、耐磨性。目前冷作模具钢的发展趋势是在高合金钢 D2(相当于我国 Cr12MoV)性能基础上,分为两大分支:一种是降低含碳量和合金元素量,提高钢中碳化物分布均匀度,突出提高模具的韧性。如美国钒合金钢公司的 8CrMo2V2Si、日本大同特殊钢公司的 DC53(Cr8Mo2SiV)等。另一种是以提高耐磨性为主要目的,以适应高速、自动化、大批量生产而开发的粉末高速钢。如德国的 320CrVMo13,5 等。

#### (2) 热处理、表面处理新工艺

为了提高模具工作表面的耐磨性、硬度和耐蚀性,必须采用热、表处理新技术,尤其是表面处理新技术。除人们熟悉的镀硬铬、氮化等表面硬化处理方法外,近年来模具表面性能强化技术发展很快,实际应用效果很好。其中,化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)以及盐浴渗金属(TD)的方法是几种发展较快,应用最广的表面涂覆硬化处理的新技术。它们对提高模具寿命和减少模具昂贵材料的消耗,有着十分重要的意义。

#### 4. 模具 CAD/CAM/CAE 技术将全面推广

模具 CAD/CAM/CAE 技术是模具技术发展的一个重要里程碑。实践证明,模具 CAD/CAM/CAE 技术是模具设计制造的发展方向。

CAD/CAM/CAE 是改造传统模具生产方式的关键技术,是一项高科技、高效益的系统工程,它以计算机软件的形式为用户提供一种有效的辅助工具,使工程技术人员能借助计算机对产品、模具结构、成形工艺、数控加工及成本等进行设计和优化。模具 CAD/CAM/CAE 能显著缩短模具设计及制造周期、降低生产成本、提高产品质量。

随着功能强大的专业软件和高效集成制造设备的出现,以三维造型为基础、基于并行工程(CE)的模具 CAD/CAM 技术正成为发展方向,它能实现面向制造和装配的设计,实现成形过程的模拟和数控加工过程的仿真,使设计、制造一体化。

#### 5. 快速经济制模技术更受重视

为了适应工业生产中多品种、小批量生产的需要,加快模具的制造速度,降低模具生产成本,开发和应用快速经济制模技术越来越受到人们的重视。目前,快速经济制模技术主要有低熔点合金制模技术、锌基合金制模技术、环氧树脂制模技术、喷涂成形制模技术、叠层钢板制模技术等。应用快速经济制模技术制造模具,能简化模具制造工艺、缩短制造周期(比普通钢模制造周期缩短 70%~90%)、降低模具生产成本(比普通钢模制造成本降低 60%~80%),在工业生产中取得显著的经济效益。它对提高新产品的开发速度,促进生产的发展有着非常重要的作用。

#### 6. 模具高速扫描及数字化系统将发挥更大作用

模具高速扫描及数字化系统可提供从模型或实物扫描到加工出期望的模型所需的诸多功能,大大缩短研制周期。

## 0.4 本课程教学目的与要求

本课程是模具设计与制造专业的一门主干专业课程。