

郭成 储家佑 主编

现代冲压技术手册

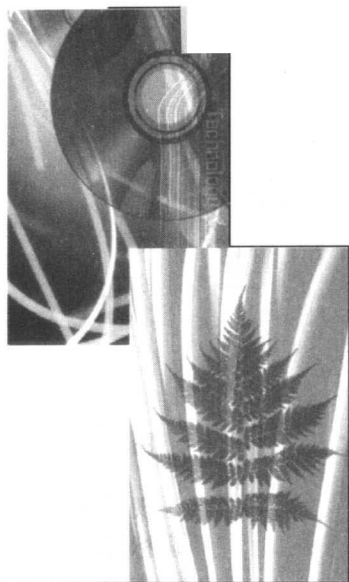
XIANDAI CHONGYA
JISHU SHOUCHE



 中国标准出版社



现代 冲压技术 手册



郭成 储家佑 主编

中国标准出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代冲压技术手册/郭成, 储家佑主编. —北京: 中国标准出版社, 2005

ISBN 7-5066-3647-6

I. 现… II. ①郭…②储… III. 冲压-技术手册
IV. TG38-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 009970 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码: 100045

网址 www.bzcs.com

电话: 68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 43.25 字数 1 460 千字

2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月第一次印刷

*

定价 96.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010)68533533

序

出自于共同的愿望,希望能有一本反映当前技术发展的冲压技术手册供生产企业,研发科技人员和学校师生使用,由郭成、储家佑二位教授主编的《现代冲压技术手册》的出版将是我国锻压行业的一大喜事。

众所周知,冲压成形是广泛应用的工艺技术,冲压行业在国民经济中占有极其重要的地位和作用,随着经济全球化和信息化的深入,我国将成为世界性制造业基地,但也应看到我国冲压行业和技术在总体水平上与先进国家相比仍有相当的差距,如何缩小这种差距将是冲压行业广大管理人员和工程技术人员肩负的重任。

纵观“手册”全篇,我认为可用“全”、“新”、“实”三个字概括其内容,“全”是指“手册”对冲压工艺的主要工序,从变形机理、工艺设计技术、模具技术的全面系统论述到相关技术、过程控制、管理技术等简明论述,手册包含内容的丰富是现有手册所不及的。

“新”是指冲压技术最新发展的内容,如成形极限、高速冲裁、激光成形、无模成形、数字化成形及模拟技术,冲压生产自动化及柔性加工系统、冲模的 CAD/CAM/CAE/PDM、RP 技术等作了详尽的描述,阅后可使读者扩展思路,开扩眼界,对采用新技术起到引导作用。

“实”是指“手册”的实用性,手册从冲压材料性能到主要工序的工艺设计、模具设计、模具材料选择及强化、设备选择及生产线安排、质量控制及生产管理、安全防护,经济分析,均可找到分析案例,这将是冲压生产设计、管理人员不可多得的指导性工具书。

由于受时间和当前冲压技术的研发工作的限制,尽管作者长期从事冲压技术的研发并着重收集、积累了大量资料、数据,仍可能存在着某些不足之处,希望在再版时进一步补充。我确信“手册”是值得推荐使用的一本好手册。

中国锻压协会

理事长 李社钊

2005.6

前 言

冲压是一种先进的少无切削加工方法,具有节能省材、效率高、产品质量好、重量轻、加工成本低等一系列优点,在汽车、航空航天、仪器仪表、家电、电子、通讯、军工、日用品等产品的生产中得到了广泛的应用。据统计,薄板成形后,制造了相当于原材料 12 倍的附加值,在国民经济生产总值中,与其有关的产品占四分之一。在现代汽车工业中,冲压件的产值占总产值的 59% 左右。

模具工业是国民经济的基础工业,是工业生产的重要工艺装备。先进国家的模具工业已摆脱从属地位,发展为独立的行业。日本工业界认为:“模具工业是其它工业的先行工业,是创造富裕社会的动力”。美国工业界认为:“模具工业是美国工业的基石”。在德国,模具被冠以“金属加工业中的帝王”之称。近 20 多年来,美国、日本、德国等发达国家的模具总产值都已超过机床总产值,世界模具市场总量已达 600~650 亿美元。在我国,1998 年 3 月在《国务院关于当前产业政策要点的决定》中,模具被列为机械工业技术改造序列的第一位,生产和基本建设序列第二位。1999 年和 2002 年间,国家计委和科技部又相继把模具及其加工技术和设备列入《当前国家重点鼓励发展的行业、产品和技术目录》、《当前国家优先发展的高技术产品产业化要点指南(目录)》和《当前国家鼓励外商投资产业目录》中,把发展模具工业摆在发展国民经济的重要位置。目前,我国冲压模具的产值占模具总产值的 40% 以上,处于主导地位。

可见,冲压生产及其模具工业在国民经济中占有非常重要的地位。

本手册对冲裁、弯曲、拉深、成形等主要冲压工序的变形机理、工艺特点、工艺参数、工艺与模具设计做了全面、系统的论述;对冲压基础理论、原材料及其性能、冲压件的工艺性和工艺设计、典型冲模结构、冲模材料及其热处理、冲压用设备及其控制、生产与质量管理、环境保护及安全防护和生产的经济性做了扼要介绍;另外,对冲压技术的最新研究成果与加

工方法,以及模具工业的前沿技术及发展方向:高速冲裁,高效、精密、长寿命模具,激光与等离子数控打孔与剪切,板材激光成形,板材多点成形和单点渐进成形,对向液压拉深,内高压成形与粘性介质压力成形,流动控制成形(FCF加工法),精冲复合工艺,SPF/DB成形,高速高能成形,数字化冲压成形关键技术,冲压成形有限元数值模拟和优化,快速样品生产,冲压生产自动化和柔性加工系统,冲压制品与模具的远程网络设计与制造,冲模CAD/CAE/CAM/PDM,RP技术与快速模具制造等作了详尽的介绍,以期引起读者的关注,促进现代冲压与模具技术的推广和应用和发展。

手册在科学研究成果、生产经验的总结和文献资料的搜集、精炼和归纳中,力求做到系统性、科学性、先进性、典型性和实用性。

手册共六篇15章,第3、5、6章由郭成编写;第1、4、12章由储家佑编写;第2、9章由程羽编写;第10、11、13章由苏文斌编写;第7、8章及第13章第6节由王朝明编写;第14、15章由史东才编写。全书由西安交通大学郭成教授和储家佑教授主编,中国标准出版社韩基新编辑策划。

对于手册编写过程中给予大力支持的部门、单位以及热心和无私提供资料的同行,在此表示衷心感谢!

编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,疏漏和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正,提出宝贵意见。

编者

2005年6月

目 录

第一篇 冲压技术基础

第1章 冲压技术概论

- 1.1 冲压技术的先进性 1
- 1.2 冲压技术和模具工业在国民经济中的重要地位 4
- 1.3 冲压工序的分类 5
- 1.4 冲压成形的理论基础 7
 - 1.4.1 塑性成型的基本问题 7
 - 1.4.2 塑性变形的应力、应变状态 8
 - 1.4.3 塑性变形时的体积不变条件 11
 - 1.4.4 塑性条件——屈服准则 11
 - 1.4.5 塑性状态时的应力应变关系 12
 - 1.4.6 应力状态对塑性和变形抗力的影响 14
 - 1.4.7 加工硬化及硬化曲线 15
 - 1.4.8 冲压成形的力学特点与分类 16
 - 1.4.9 板料冲压成形性能与成形极限 18
 - 1.4.10 冲压变形规律及其成形过程控制 21
- 1.5 冲压技术的发展方向 22

第2章 冲压用原材料及其性能

- 2.1 冲压常用原材料的品种与规格 32
- 2.2 冲压用材料的力学性能 38
 - 2.2.1 材料的力学性能及其主要参数 38
 - 2.2.2 黑色金属的力学性能 39
 - 2.2.3 有色金属的力学性能 41
 - 2.2.4 非金属的力学性能 44
- 2.3 板料的冲压成形性能及试验方法 44
 - 2.3.1 板料冲压成形性能的涵义 44
 - 2.3.2 金属板料成形性能参数指标 45
 - 2.3.3 金属板料成形试验 45
- 2.4 板料成形极限图及其应用 47
 - 2.4.1 成形极限图的涵义 47
 - 2.4.2 成形极限图(FLD)试验 47
 - 2.4.3 成形极限图的应用 48
- 2.5 冲压用新材料及其性能 49
 - 2.5.1 高强度钢板 49
 - 2.5.2 双相钢板 50
 - 2.5.3 耐腐蚀钢板 50

- 2.5.4 复合板材 50
- 2.5.5 涂层板 51
- 2.6 国内外常用金属材料牌号对照 51

第二篇 冲压工艺

第3章 冲裁与剪切

- 3.1 冲裁变形特点 57
 - 3.1.1 冲裁变形过程 57
 - 3.1.2 冲裁变形区及其特征 57
 - 3.1.3 变形区受力分析 57
 - 3.1.4 裂纹的形成与发展 59
 - 3.1.5 冲裁力-行程曲线 59
 - 3.1.6 冲裁件断面特征带 59
 - 3.1.7 变形区材料的加工硬化 59
- 3.2 冲裁间隙 60
 - 3.2.1 间隙对冲裁件质量的影响 60
 - 3.2.2 间隙对冲模寿命的影响 62
 - 3.2.3 间隙对力能消耗的影响 63
 - 3.2.4 合理间隙的确定 63
- 3.3 冲裁模具刃口尺寸计算 68
 - 3.3.1 冲裁件尺寸与模具尺寸的关系及其测量基准 68
 - 3.3.2 模具刃口尺寸和公差计算原则 69
 - 3.3.3 模具刃口尺寸计算方法 69
- 3.4 冲裁力和冲裁功 73
 - 3.4.1 冲裁力的计算 73
 - 3.4.2 卸料力、推件力和顶件力 74
 - 3.4.3 压料力 75
 - 3.4.4 侧向力 75
 - 3.4.5 降低冲裁力的方法 75
 - 3.4.6 冲裁功 77
- 3.5 冲裁件的排样与搭边 77
 - 3.5.1 冲裁件的材料利用率 77
 - 3.5.2 冲裁件的排样 77
 - 3.5.3 冲裁件的搭边 79
- 3.6 精密冲裁 80
 - 3.6.1 精密冲裁的变形特点 80
 - 3.6.2 精密冲裁对原材料的要求 81
 - 3.6.3 精密冲裁件结构工艺性 82
 - 3.6.4 精冲的排样与搭边 83

3.6.5	精密冲裁件的质量	84
3.6.6	精冲复合工艺	86
3.6.7	精冲力能参数计算和设备选择	91
3.7	高速冲裁	92
3.7.1	高速冲裁对设备和模具的要求	92
3.7.2	高速冲裁对剪切力的影响	93
3.7.3	高速冲裁对剪切面质量的影响	94
3.8	平刃和斜刃剪切	95
3.8.1	平刃剪切特点	95
3.8.2	平刃剪切力、功	95
3.8.3	斜刃剪切特点	96
3.8.4	斜刃剪切力、功	96
3.8.5	斜剪条料的质量和精度	96
3.9	滚剪与振动剪	98
3.9.1	滚剪	98
3.9.2	振动剪	99
3.10	管材与型材剪切	99
3.10.1	管材剪切	99
3.10.2	型材剪切	103
3.11	激光冲裁	104
3.11.1	激光冲裁的特点	104
3.11.2	设备的分类与加工原理	105
3.11.3	激光冲孔与切割	105
3.12	非金属材料的冲裁与剪切	106
3.12.1	非金属材料的品种	106
3.12.2	非金属材料的冲裁方法	106
3.13	冲裁件废次品分析及预防	112
3.13.1	冲裁件常见废次品及预防措施	112
3.13.2	冲裁件质量控制要点	112

第4章 弯曲

4.1	弯曲变形特点	117
4.1.1	弯曲受力分析	117
4.1.2	弯曲变形过程	118
4.1.3	弯曲变形分析	118
4.1.4	弯曲变形区应力、应变状态	119
4.1.5	弯曲时应变中性层的位置	119
4.1.6	弯曲变形区内应力的分布	120
4.2	弯曲件毛坯尺寸计算	121
4.2.1	有圆角半径($r/t \geq 0.5$)的弯曲件	121
4.2.2	无圆角半径或 $r/t < 0.5$ 的弯曲件	125
4.2.3	用试验方法确定毛坯展开长度	126
4.2.4	铰链式弯曲件	126
4.2.5	棒料弯曲件	126
4.3	最小弯曲半径的确定	127
4.3.1	最小弯曲半径的理论计算	127
4.3.2	影响最小弯曲半径的因素	127

4.4	弯曲回弹及提高弯曲件精度	129
4.4.1	自由弯曲时的回弹值	130
4.4.2	校正弯曲时的回弹角	132
4.4.3	影响回弹角的因素	133
4.4.4	提高弯曲件精度的技术措施	134
4.5	弯曲力的计算	138
4.5.1	弯曲过程力-行程曲线	138
4.5.2	弯曲力计算的经验公式	138
4.6	弯曲模具工作部分尺寸计算	139
4.6.1	凸、凹模的圆角半径	139
4.6.2	凹模深度	140
4.6.3	凸、凹模间隙	140
4.6.4	凸、凹模工作部分的尺寸与公差	141
4.7	弯曲件的废次品分析及预防	141
4.7.1	弯曲件废次品的主要形式	141
4.7.2	弯曲件质量控制要点	141
4.7.3	弯曲件常见缺陷及消除方法	144
4.8	其它弯曲成形方法	146
4.8.1	折弯机上的弯曲成形	146
4.8.2	自动弯曲机上的弯曲成形	149
4.8.3	滚弯机上的弯曲成形	157
4.8.4	滚压成形机上的弯曲成形	165
4.9	管材与型材的弯曲	170
4.9.1	管材弯曲的变形特点和方法	170
4.9.2	型材弯曲	179

第5章 拉深

5.1	拉深变形特点	183
5.1.1	圆筒形零件的拉深变形过程	183
5.1.2	拉深变形的区域划分及主要变形区的应力应变状态	184
5.1.3	拉深力-行程曲线	184
5.1.4	应变状态图和板厚的分布	184
5.1.5	圆筒形件拉深变形规律	184
5.2	圆筒形件的拉深	185
5.2.1	拉深件毛坯尺寸的确定	185
5.2.2	拉深中的主要问题及成形极限	197
5.2.3	圆筒形件的拉深工序计算	198
5.3	阶梯形圆筒形件的拉深	208
5.3.1	阶梯形零件的一次拉深	208
5.3.2	阶梯形零件多次拉深	209
5.4	盒形件的拉深	210
5.4.1	盒形件的分类与工序分区	210
5.4.2	盒形件的毛坯计算	211
5.4.3	盒形件的拉深系数、拉深次数及工序尺寸的计算	213
5.4.4	盒形件拉深工序计算的新方法	219
5.5	带料连续拉深	222

5.5.1	分类及应用范围	222
5.5.2	带料连续拉深的料宽和进距的计算	223
5.5.3	带料连续拉深的拉深系数和相对拉深高度	224
5.5.4	带料连续拉深的工序计算程序	225
5.5.5	小型空心件带料连续拉深的经验计算法	228
5.6	其它拉深方法	229
5.6.1	变薄拉深	229
5.6.2	流动控制成形(Flow Control Forming, FCF)	233
5.6.3	橡胶模拉深	234
5.6.4	温差拉深	236
5.7	拉深模具工作部分尺寸计算	237
5.7.1	凸模和凹模工作部分尺寸确定	237
5.7.2	凸、凹模圆角半径	238
5.7.3	凸凹模间隙	239
5.8	压边力、拉深力和拉深功	240
5.8.1	压边力	240
5.8.2	拉深力	241
5.8.3	拉深功	242
5.9	拉深辅助工序	243
5.9.1	退火	243
5.9.2	酸洗	243
5.9.3	润滑	244
5.10	拉深件废次品分析及预防	245
5.10.1	拉深件常见废次品及预防措施	245
5.10.2	拉深件质量控制要点	245
第6章 成形		
6.1	胀形	250
6.1.1	胀形变形特点	250
6.1.2	胀形成形极限及工艺计算	251
6.2	翻边	254
6.2.1	内孔翻边的变形特点	255
6.2.2	普通内孔翻边成形极限及工艺计算	256
6.2.3	外缘翻边	259
6.2.4	变薄翻边	260
6.3	缩口与扩口	261
6.3.1	缩口	261
6.3.2	扩口	263
6.4	复合成形	264
6.4.1	半球形件成形	265
6.4.2	锥形件成形	267
6.4.3	抛物线形件的成形	268
6.5	覆盖件的成形	269

6.5.1	覆盖件成形的工艺特点和分类	269
6.5.2	覆盖件成形工艺性	270
6.5.3	覆盖件成形对原材料的要求	272
6.5.4	覆盖件成形工艺要素	272
6.5.5	覆盖件成形模具的调试	278
6.5.6	网格变形分析法和成形极限图的应用	280
6.6	校平、整形与压印	283
6.6.1	校平	283
6.6.2	整形	283
6.6.3	压印	284
6.6.4	校平、整形和压印力的计算	284
6.7	旋压	284
6.7.1	旋压工序分类	285
6.7.2	旋压件结构设计的一般原则	287
6.7.3	旋压主要工艺参数的确定	287
6.7.4	旋压件毛坯的确定	289
6.7.5	旋压加工时的冷却与润滑	291
6.7.6	旋压设备的选择	291
6.8	成形件废次品分析及预防	297
6.8.1	成形件常见废次品及预防措施	297
6.8.2	成形件质量控制要点	297

第7章 冲压件的工艺性和工艺设计

7.1	冲压件的工艺性	303
7.1.1	冲裁件的结构工艺性	303
7.1.2	弯曲件的结构工艺性	303
7.1.3	拉深、翻边、胀形件的结构工艺性	304
7.2	冲压工艺设计的主要内容及步骤	304
7.3	确定冲压工艺方案的一般原则	304
7.3.1	冲压变形规律的要求	304
7.3.2	冲压件尺寸精度的要求	305
7.3.3	操作上的要求	305
7.3.4	模具的结构与强度上的要求	306
7.3.5	半成品形状与尺寸的确定	306
7.4	典型零件冲压工艺设计实例	306
7.4.1	摩托车侧盖前支承冲压工艺设计	306
7.4.2	玻璃升降器外壳冲压工艺设计	308

第三篇 冲压模具

第8章 冲模结构与设计

8.1	冲模分类及其特点	315
8.2	冲模零部件分类及功能	315
8.3	冲模主要零部件结构设计	316

8.3.1	工作零件	316
8.3.2	定位零件	322
8.3.3	卸料、推件零件	326
8.3.4	导向零件	328
8.3.5	固定零件	330
8.3.6	冲模零件的配合要求和表面粗糙度	331
8.4	单工序模	333
8.4.1	无导向简单落料模	333
8.4.2	导板式简单落料模	333
8.4.3	导柱式简单落料模	334
8.5	复合模	334
8.5.1	复合模正装和倒装的比较	334
8.5.2	出件机构设计	335
8.5.3	复合模的典型结构	336
8.6	级进模	339
8.6.1	冲压工序设计	339
8.6.2	级进模的典型结构	339
8.7	高效率、高精度、高寿命多工位级进模	342
8.7.1	三高模具的设计和制造特点	342
8.7.2	定转子铁芯高速冲裁工艺与模具结构	349
8.8	多工位传递模	352
8.8.1	多工位传递模的有关参数	352
8.8.2	多工位传递模模架	352
8.8.3	制件传递与机械手设计	353
8.8.4	多工位传递模结构设计要点	353
8.8.5	多工位传递模的典型结构	354
8.9	精冲模	358
8.9.1	精冲的工作原理	358
8.9.2	精冲模主要零件的设计要求	358
8.9.3	精冲模的结构	358
8.10	覆盖件冲模	360
8.10.1	覆盖件拉深模的典型结构	360
8.10.2	覆盖件翻边模的典型结构	360
8.10.3	凸模、凹模及压边圈的结构尺寸	362
8.10.4	拉深筋(拉深槛)	362
8.11	简易模类型及特点	363
8.11.1	低熔点合金模具	363
8.11.2	锌基合金模	364
8.11.3	聚氨酯橡胶模	365
8.11.4	组合冲模	366
8.11.5	钢带模	371
8.11.6	钢板模	374

8.12	冲模总体设计要点	375
8.13	冲模的安装与调试	377
8.13.1	冲模安装的准备工作的	377
8.13.2	冲裁模的安装与调试	377
8.13.3	弯曲模、拉深模的安装与调试	377

第9章 冲模材料及其热处理

9.1	冲模的服役条件和性能要求	378
9.1.1	模具材料的耐磨性	378
9.1.2	模具的韧性	378
9.1.3	硬度和热稳定性	378
9.2	冲模材料的选用原则	379
9.2.1	下料冲孔模具用材料的选择	379
9.2.2	冲压成形模具用钢的选择	380
9.2.3	冷拉深模具用材料的选择	381
9.3	冲模常用材料及热处理要求	382
9.3.1	冲模常用材料	382
9.3.2	冲模常用材料的热处理	386
9.4	新型模具钢的性能与应用	389
9.5	新型模具钢的锻造和热处理	391
9.6	冲模的表面处理技术	398
9.6.1	改变表面化学成分的强化方法	399
9.6.2	在表面形成各种覆层的强化方法	402
9.6.3	不改变表面化学成分的强化方法	402
9.7	冲模主要材料的许用应力	402
9.8	国内外常用优选模具钢号对照	402

第四篇 冲压设备及其控制

第10章 冲压用设备及其控制

10.1	概述	405
10.2	常用压力机的分类及规格	405
10.2.1	分类	405
10.2.2	压力机的主要技术参数	407
10.2.3	规格	408
10.3	压力机的选择	414
10.3.1	压力机类型的选择	414
10.3.2	压力机规格的选择	415
10.3.3	应用实例	417
10.4	现代精密高速压力机	417
10.4.1	精密冲裁压力机	417
10.4.2	高速压力机的分类和规格	418
10.5	板料冲压多工位压力机	422
10.5.1	板料冲压多工位压力机的特点	422
10.5.2	板料冲压多工位压力机的结构	423

10.5.3 板料多工位压力机的主要类型和规格
..... 424

10.5.4 板料冲压多工位压力机技术参数的
选择..... 425

10.6 数控冲切及步冲压力机 425

10.7 冲压设备的计算机控制 426

10.7.1 概述..... 426

10.7.2 冲压设备 CNC 的体系结构 426

10.8 冲压 FMS 和冲压 CIMS 428

第 11 章 冲压机械化与自动化

11.1 概述 431

11.1.1 冲压生产自动化的种类..... 431

11.1.2 冲压自动化系统的组成..... 431

11.1.3 冲压自动化程度的确定..... 432

11.2 一次供料和送料装置..... 433

11.2.1 一次供料装置..... 433

11.2.2 一次送料装置..... 436

11.3 二次送料装置 449

11.3.1 送料装置..... 450

11.3.2 辅助机构..... 460

11.4 冲压机械手 467

11.4.1 概述..... 467

11.4.2 冲压机械手的主要结构..... 468

11.4.3 冲压机械手举例..... 471

11.5 自动保护和检测装置..... 472

11.6 自动冲压设备与自动冲模 475

11.6.1 普通压力机的自动化改装..... 475

11.6.2 自动冲模..... 476

11.7 冲压自动线 493

11.7.1 单机冲压自动生产线..... 493

11.7.2 冲压自动生产线..... 495

11.8 冲压柔性加工系统 499

11.8.1 柔性加工系统的发展和特点..... 499

11.8.2 冲压柔性加工的基本类型..... 500

11.8.3 冲压柔性加工系统的主要组成..... 502

11.8.4 国内自行开发的冲压柔性加工系统
简介..... 505

第五篇 冲压新技术

第 12 章 特种成形技术

12.1 概述 508

12.2 爆炸成形 511

12.2.1 爆炸拉深..... 512

12.2.2 爆炸胀形..... 517

12.2.3 其它爆炸成形方法..... 521

12.3 电液成形 523

12.3.1 电液成形原理..... 523

12.3.2 电液成形方法..... 523

12.3.3 电液成形工艺参数选择..... 525

12.3.4 典型零件的电液成形..... 526

12.3.5 电液成形的特点及应用..... 527

12.4 电磁成形 528

12.4.1 电磁成形原理..... 528

12.4.2 电磁成形加工方法..... 528

12.4.3 电磁成形工艺与工装设计要点..... 529

12.4.4 电磁成形技术特点..... 532

12.5 液压成形 533

12.5.1 板材液压成形..... 533

12.5.2 管材液压成形..... 546

12.6 超塑性成形 552

12.6.1 金属超塑状态下的特性..... 552

12.6.2 金属超塑性的特定条件..... 552

12.6.3 超塑性气压成形..... 553

12.6.4 超塑性挤压成形..... 558

12.6.5 超塑性成形与扩散连接 (SPF/DB)
复合工艺..... 560

12.6.6 其它超塑性成形方法..... 562

12.6.7 超塑性制模技术..... 563

12.7 蠕变成形 567

12.8 激光成形技术 568

12.9 板材多点成形技术 573

12.10 板材单点渐近成形技术 575

12.11 拉力成形 576

12.12 扩展成形 577

第 13 章 数字化冲压成形关键技术及其应用

13.1 概述 579

13.2 冲压件样品柔性快速生产技术
..... 579

13.2.1 样品制造的特点和类型..... 580

13.2.2 样品制造的流程..... 580

13.2.3 样品制造常用设备..... 581

13.2.4 冲压件少量样品生产工艺..... 590

13.2.5 量产样品制造工艺..... 595

13.2.6 基座的少量样品与量产样品制造工
艺方案比较..... 596

13.3 快速原型/模具制造技术 597

13.3.1 快速原型/模具制造技术的形成及

发展 597

13.3.2 快速成型技术基本原理 597

13.3.3 快速成型技术的应用 599

13.3.4 快速成型技术典型方法 600

13.3.5 RPM常用的成型材料 602

13.3.6 快速成型制造模具 603

13.3.7 快速成型/模具制造技术展望 605

13.4 冲压成形过程的数值模拟 606

13.4.1 冲压成形有限元模拟技术简介 606

13.4.2 冲压成形数值模拟软件系统 607

13.4.3 冲压成形的数值模拟与参数优化实例 610

13.5 计算机辅助工艺规划(CAPP) ... 614

13.5.1 冲压工艺CAPP系统 614

13.5.2 智能CAPP系统 616

13.5.3 冲压CAPP系统举例 618

13.6 冲模CAD/CAM 625

13.6.1 概述 625

13.6.2 冲模CAD/CAM系统的组成 625

13.6.3 模具设计准则和数据处理 626

13.6.4 冲模CAD中的几何造型 626

13.6.5 冲裁模CAD/CAM系统 627

13.7 CAx集成过程的数据管理技术和
网络化设计与制造 630

13.7.1 产品数据的特点 630

13.7.2 产品信息传递的途径 631

13.7.3 集成化产品数据管理平台 632

13.7.4 网络化设计与制造简介 636

13.7.5 冲压产品及模具信息集成技术 639

第六篇 冲压生产过程及管理技术

第14章 冲压生产与质量管理、环境保护及安全防护

14.1 概述 644

14.2 冲压生产管理 644

14.3 冲压件质量控制 644

14.3.1 新零件的质量认可程序 645

14.3.2 产品、工艺和模具的设计控制 645

14.3.3 环境的控制 646

14.3.4 文件与资料的控制 646

14.3.5 设备、仪表与工装的控制 646

14.3.6 原材料的控制 647

14.3.7 过程控制 647

14.3.8 外协加工质量控制 648

14.3.9 过程检验控制 648

14.3.10 服务质量控制及质量信息反馈 ... 649

14.3.11 人员素质控制 649

14.4 冲压件的检测与检具 649

14.4.1 冲压制件的检测原则 649

14.4.2 检具以及设计原则 650

14.5 冲压生产中的声害及防治 650

14.5.1 噪声对人体及环境的危害 650

14.5.2 噪声的允许标准 651

14.5.3 冲压车间噪声以及控制目标 652

14.5.4 噪声产生的原因 652

14.5.5 噪声控制的方法和措施 653

14.6 冲压生产的安全防护 655

14.6.1 冲压生产的不安全因素分析 655

14.6.2 安全防护 655

第15章 冲压生产的经济性分析

15.1 概述 668

15.2 冲压生产的成本分析 668

15.2.1 冲压件的成本构成对工艺决策的主要影响 668

15.2.2 成本对工艺决策的主要影响 668

15.2.3 工艺决策中常用的模具价格的估算方法 669

15.3 冲压件材料消耗 669

15.3.1 冲压件材料消耗工艺定额的构成 669

15.3.2 冲压件材料消耗工艺定额的计算方法 670

15.3.3 冲压件材料消耗工艺定额明细表及计算方法举例 672

15.3.4 冲压件材料消耗工艺定额计算法举例 673

15.4 降低冲压生产成本的措施 674

15.5 技术经济分析 676

15.5.1 技术经济一体化与企业成本管理工程 676

15.5.2 飞机组合模的成本分析示例 678

参考文献 679

第一篇 冲压技术基础

第1章

冲压技术概论

冲压是借助冲压设备的动力,通过模具的作用,使板料分离或经塑性成形而获得一定形状、尺寸和性能制件的加工技术。冲压加工是金属塑性加工的主要方法之一,也是先进制造技术中的一种少无切削加工方法,是一种多、快、好、省的加工技术。

冲压加工不仅可以加工金属板料、棒料、型材、管材、线材,也可加工非金属材料。冲压加工通常在室温下进行,故称之为冷冲压。冲压加工用的原材料大多为板料,故也称之为板料冲压。

1.1 冲压技术的先进性

与塑性加工的其它方法及机械制造中其它冷、热加工方法相比,冲压加工具有明显的技术、经济优越性。

(1) 生产效率高

冲压加工借助冲压设备和模具实现对板料毛坯的加工。一般冲压设备的行程次数为每分钟几十次,而高速压力机的行程次数高达数百次,甚至千次乃至数千次,所以冲压加工的生产效率很高,特别适宜产品零件的大批量生产。

(2) 易于实现机械化与自动化

冲压件的质量依靠模具制造精度来保证,这使生产操作变得十分简单容易,为生产的机械化与自动化提供了十分有利的条件。国外已出现示教再现式机器人替代冲压工送料和出件的操作,以实现无人化生产。采用计算机技术和数控技术,可建立柔性加工系统(FMS)和冲压加工中心。与控制技术和计算机技术有机结合,还可实现冲压加工的智能化控制。

(3) 节约材料、节省能源

冲压加工一般不需加热毛坯,也不像切削加工那样大量切削金属形成废屑,所以它不但节能和具有环保意义,而且节约材料。冲压加工的材料利用率一般

可达70%~85%。例如,汽车发动机用曲柄皮带轮原采用铸造和切削加工制造,材料利用率为45.5%,每个铸造皮带轮净重5kg,而改用冲压皮带轮,材料利用率增至71.5%,且净重降低一半,仅为2.5kg。又如Dainler Chrysler公司采用液压成形排气管代替铸造排气管,不但降低了成本,改善了排气流动阻力,降低了噪声,而且重量由4kg降到2.5kg,从而为汽车轻量化创造了条件。

(4) 冲压件尺寸精度稳定,表面质量好

冲压件尺寸精度由模具保证,基本不受操作方法和其它偶然因素影响,一般不需机械加工便可直接用于装配或制成产品零件。冲压加工使用的原材料多为冷轧板材或带材,原材料的良好表面质量是用大量生产方式、廉价的方法获得的。在加工中,材料表面未遭受破坏,所以冲压件的表面质量好。

美观、流线型的轿车车身覆盖件大多由冷轧深冲钢板经落料、拉深、翻边、冲孔、修边等工序冲压而成,这是其它加工方法难以实现的。

手表夹板可由精密整修模冲压制成。该零件有15个孔,最大孔为 $\phi 1.4\text{mm}$,最小孔为 $\phi 0.13\text{mm}$,孔径偏差最高为 $+0.005\text{mm}$,孔距公差为 $\pm 0.008\text{mm}$,孔型表面粗糙度为 $Ra=0.4\sim 0.8\mu\text{m}$,并且要求尺寸精度稳定,具有互换性。

精密冲裁可以取代扁平类零件的机械加工,具有优质、高效、低耗的特点,技术经济效果十分显著。20世纪70年代以来,该项技术在仪器仪表、办公机械、汽车、农机、运输机械、纺织机械、航空器等制造部门得到了推广应用。一辆小轿车就采用70多种精冲件,已成为汽车制造业降低成本增加产量的重要技术措施之一。如图1-1所示为由4个精冲件组成的卡车控制液压泵。图1-2所示为由两个4mm厚的精冲件组成的行星齿轮机构。

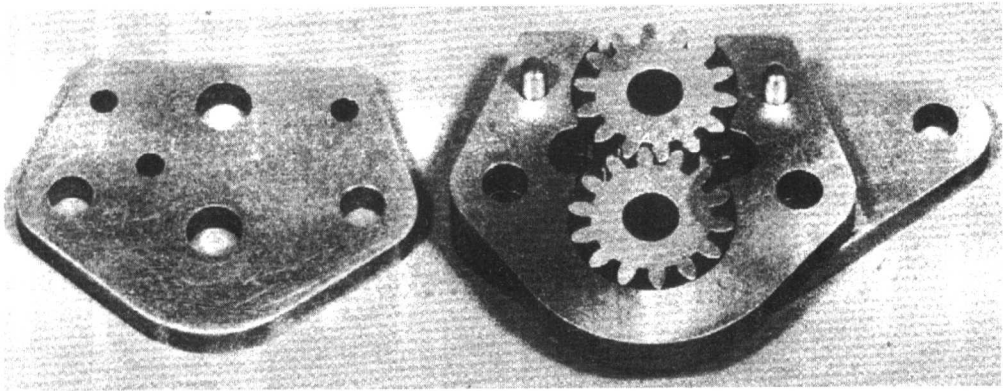


图 1-1 液压泵(由 4 个精冲件组成)



图 1-2 行星齿轮机构(由两个精冲件组成)

(5) 冲压件强度高、刚度大、重量轻

冲压加工通常在室温下进行,由于冷作硬化提高了零件的强度。另外,零件受力面上设置的加强筋,可有效提高零件的刚度。薄壁壳体类零件系轻量化结构,不仅重量轻,且受力条件好,比强度高。这类零件在汽车、飞机、飞船、导弹、火箭等工业产品中比较常见。例如汽车离合器壳体、航空喷气发动机上的整流罩、压气机后机匣、尾喷管、火焰筒、加力燃烧室及导弹壳体都是采用冲压加工的。在汽车轻量化中,许多汽车零件通过有效的截面与壁厚设计,都能采用标准管材经液压成形制成结构很复杂的单一整体结构,如图 1-3 所示。这显然在产品质量,生产工艺简捷等方面都比传统加工方法优越得多。



图 1-3 液压成形技术在汽车轻量化中的应用

(6) 冲压加工可以制造形状复杂的零件
冲压加工可以制造其它加工方法所不能或难以制

造的形状相当复杂的零件,像带易拉攀的饮料罐、军用水壶、金属表链和拉链、精致的浮雕工艺品、硬币和不

锈钢、铝制品等(见图1-4)。

图1-5所示G1膜片是彩色电视机显象管电子枪用精密零件。它是保证彩色显象管分辨率和图像质量的关键部件,材料为不锈钢,厚度为0.33 mm,年产量百万件以上,技术要求严格。3孔 $\phi 0.67$ 是电子束通过孔,要求孔径、孔距和位置公差均为 ± 0.01 mm。孔周围压薄成 0.10 ± 0.01 mm厚的平台,孔口毛刺凸起高度不大于0.005 mm。并且要求中间孔边 0.10 ± 0.01 mm平台较两边平台凹下 $0.005 \sim 0.020$ mm。其凸肋和拉深部为增加强度用,耳部供安装用。为满足产量、质量要求和降低成本,可采用全自动、高效、长寿命、高精度的级进模,由14道工序,经21个工位压制而成,显示了冲压技术的独到之处。



图1-4 金属器皿及制品

引线框架种类繁多,从结构形式上分成单列扁平型、双列直插型、四列弯曲型;带散热板或铆接散热板型。以引出线腿数的多少分,国内已生产出8、10、12、

14、16、18、24、40、42、48条腿的引线框架;国外还有64、72、86、96、108条腿的引线框架。常用引线框架的材料有Fe-Ni-Co型可伐合金;Fe-Ni42型合金;Cu-KA、C1220R-2C型磷无氧铜;KFC、CCZ-F、KLF-1、CDA194等高强度铜合金材料。材料厚度一般为 $0.2 \sim 0.8$ mm。这类精密零件唯有采用先进的冲压技术,才能确保产品质量,降低生产成本和提高生产效率。如图1-6所示24腿引线框架,材料为CDA194铜合金,料厚 $t = 0.254 \pm 0.008$ mm。它是采用36个工位硬质合金级进模在中、高速压力机上自动冲压加工成的。

(7) 冲压生产操作容易,不需要高级操作技工

冲压模具的安装和调整,一般由经验丰富的调整工完成,一旦进入正常生产,便可移交给冲压工操作。调整工级别较高,而冲压工级别较低,这对降低冲压生产成本有利。

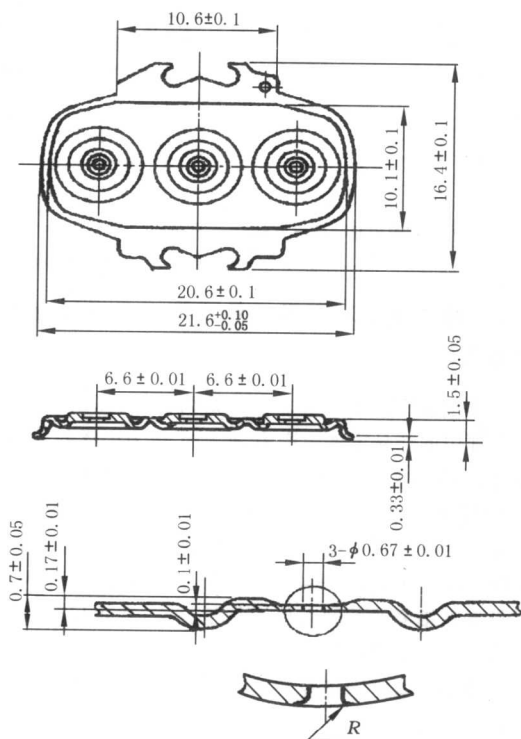
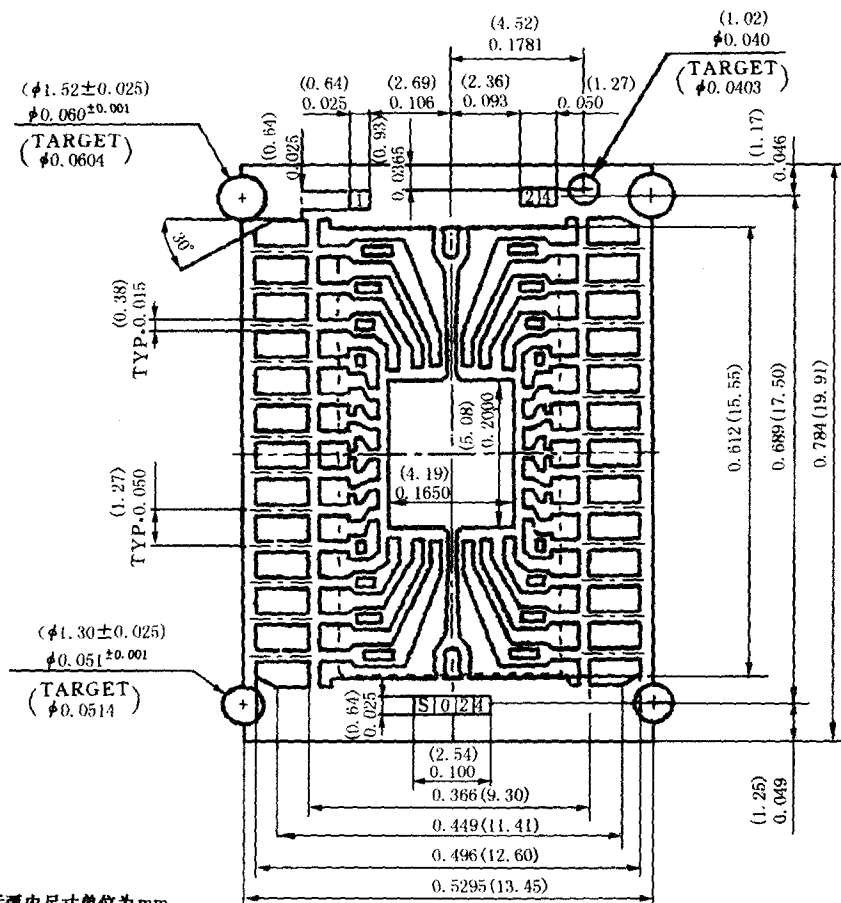


图1-5 G1膜片制件简图



注：括弧内尺寸单位为mm。

图 1-6 24 腿引线框架(材料:194 铜合金,料厚 $t=0.254 \pm 0.008$ mm)

1.2 冲压技术和模具工业在国民经济中的重要地位

由于冲压技术具有上述一系列优点,在国民经济各个部门的产品零件生产中,得到了极为广泛的应用。据统计,薄板经过成形后,制造了相当于原材料价格 12 倍的附加值,在整个国民生产总值中,与薄板成形相关的产品约占总值的 1/4。在现代汽车工业中,冲压件的生产总值占 59% 左右。可见,冲压技术作为板材投入直接消费前的主要深加工方法,在国民经济中占有非常重要的地位。

模具工业是国民经济的基础工业,是工业生产的重要工艺装备。由于模具成形零部件具有生产效率高、质量好、节约原材料、成本低等一系列优点。它的重要性已在工业生产中显示出来,并成为当代工业生产的重要手段和发展方向。

据国际生产技术协会测定:2000 年,工业品零件粗加工的 75%、精加工的 50% 是由模具成形完成的。据统计,利用模具制造的零件数量,在飞机、汽车、拖拉

机、电机、电器、仪器、仪表等机电产品中占 80% 以上;在电视机、收录机、计算机等电子产品中占 85% 以上;在自行车、摩托车、手表、洗衣机、电冰箱、空调、电风扇等轻工业产品中占 90% 以上;在枪支、子弹等兵器产品中占 95% 以上。产品中的金属制品、塑料制品、橡胶制品、玻璃制品、陶瓷制品等主要采用冲压模、塑料模(包括注塑模)、铸模(包括压铸模)、锻模、橡胶模、粉末冶金模、玻璃模和陶瓷模等八类模具加工成形。在我国模具总产值中,冲压模占 40% 以上,一直处于主导地位。

据中国模具工业协会提供的资料显示:近年来,世界模具市场总量一直为 600~650 亿美元,美、日、德等发达国家每年出口模具约占本国模具总产值的 1/3。改革开放以来,我国模具工业虽然有了较大发展,但还满足不了汽车、家电、电子等产业迅猛发展的需求,尤其是大型、精密、复杂、长寿命模具。近十年来,我国模具产品进出口统计见表 1-1。2003 年,我国进口模具 13.693 亿美元,冲压模具约占 35%,其中轿车车身覆盖件模具仍占有较大比例。

表 1-1 1992~2003 年我国模具产品进出口统计

万美元

年份	1992	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2002	2003
进口额	42009	67500	81100	91799	63000	66300	88274	97700	127200	136930
出口额	3000	3890	4941	7000	9428	9591	13286	17800	25200	33680

近年来,汽车、家用电器、IT 产品发展迅猛,更新换代频繁,大大促进了冲压技术和模具工业的发展。冲压技术在汽车制造中尤为重要,因为汽车覆盖件大都采用薄板冲压成形,汽车覆盖件的冲压成形不仅影响汽车外观,更影响汽车制造的成本以及新产品的开发周期,因而影响整个汽车产品的综合经济效益。

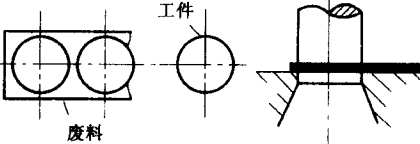
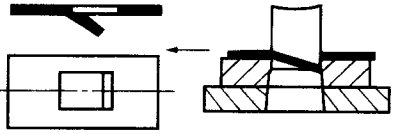
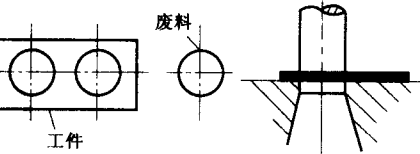
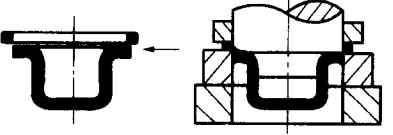
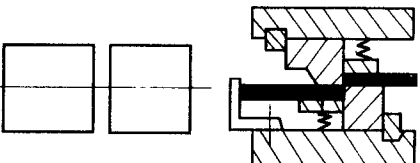
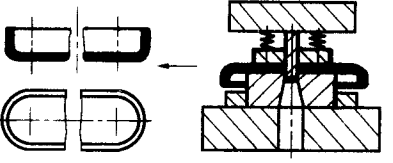
1.3 冲压工序的分类

由于冲压加工的零件形状、尺寸、精度要求、批量大小、原材料性能不同,冲压件种类繁多,其成形方法

也多种多样。概括起来可分为分离工序和成形工序两大类。分离工序是使冲压件与板料,或者冲压件与半成品的某个部分,沿一定轮廓线实现相互分离的冲压方法;成形工序则是使平板毛坯或半成品的某个部分或整体发生塑性变形,成为所需形状及尺寸制件的冲压方法。这两大类成形方法又包括很多不同的工序。

表 1-2 所列冷冲压基本工序的分类,比较直观地反映出每类零件的成形过程、工序特点及模具结构原理,有助于制定加工工艺和设计模具,是一种传统的分类方法,在生产中得到广泛的应用。

表 1-2 冲压的基本工序

类别	工序	图例、特点及应用范围	类别	工序	图例、特点及应用范围
分离	落料	 <p>用模具沿封闭线冲切板料,冲下的部分为工件,其余为废料</p>	分离	分离	 <p>在坯料上将板材部分切开,切口部分发生弯曲</p>
	冲孔	 <p>用模具沿封闭线冲切板材,冲下的部分是废料</p>		修边	 <p>将拉深或成形后的半成品边缘部分的多余材料切掉</p>
	剪切	 <p>用剪刀或模具切断板材,切断线不封闭</p>		剖切	 <p>将半成品切成两个或几个工件,常用于成双冲压</p>