

应用型本科 机械类专业“十三五”规划教材

冲压工艺与模具设计

主 编 吕建强

副主编 张 跃 刘俊松

- 内容新颖：新知识、新技术、新工艺
- 特色鲜明：突出“应用、实践、创新”
- 定位准确：面向工程技术型人才培养
- 质量上乘：应用型本科专家全力打造



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

应用型本科 机械类专业“十三五”规划教材

冲压工艺与模具设计

主 编 吕建强

副主编 张 跃 刘俊松

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共十一章, 主要内容包括: 冲压加工基础、冲压加工设备、冲裁工艺与模具、弯曲工艺与模具、拉深工艺与模具、其他冲压方法与模具、汽车覆盖件、精密冲裁工艺与模具、多工位精密级进模、冲压工艺规程的编制。本书以冲裁、弯曲、拉深为重点, 单独设章对汽车覆盖件冲压工艺、精密冲压工艺、多工位精密级进模工艺进行介绍, 以适应当前冲压工艺的发展形势。教学中可针对不同专业层次的需要节选相关章节内容进行讲述, 未选章节可供学生自学阅读, 增强学生对当前冲压技术的全面了解。

本书可供应用型本科机械类专业学生使用, 也可供冲压生产及研究相关专业从业人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺与模具设计 / 吕建强主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2017.6

应用型本科 机械类专业“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4414 - 1

I. ① 冲… II. ① 吕… III. ① 冲压—生产工艺 ② 冲模—设计 IV. ① TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 104737 号

策划编辑 高 樱

责任编辑 祝婷婷 阎 彬

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编: 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱: xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 19

字 数 449 千字

印 数 1~3000 册

定 价 39.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4414 - 1/TP

XDUP 4706001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

冲压是工业生产中最重要加工方法之一，应用范围十分广泛。冲压加工在航空航天、交通运输、电子工业、家用电器、装备制造、农业机械、办公机械、生活用品等的生产方面占据着十分重要的地位。冲压模具、冲压设备和冲压材料构成冲压加工的三要素，只有将它们相互有机地结合起来才能得到理想的冲压件。

通过近二十年的快速发展，我国冲压行业取得了长足进步，基本上接近和赶上了世界先进水平，同时冲压工艺、冲压设备、冲压模具等方面也发生了重大变革。冲压模具加工中三轴数控铣床已普遍使用，五轴数控铣床也已在许多模具企业开始使用，甚至更多轴数控铣床也有使用报道。钣金、模具新材料日新月异，激光切割、气相沉积（涂覆 TiN、TiC 等）、等离子喷涂、激光淬火等技术逐步被推广使用。高速冲床、数控冲床、数控弯曲机、伺服技术的使用，以及送取料的机械手的使用，使得冲压设备已开始向多元化、可控化、自动化、柔性化方向发展，从而使冲压生产设备摆脱了传统观念中的简单、低效和安全性、适应性差的问题。

模具设计已经可以完全使用计算机来实现。国际通用的模具设计软件包括 Pro/E、PDX、UG NX、NX Progressive Die Design、I-DEAS、Euclid-IS、Logopress3、3DQuickPress 和 Progress 等。个别厂家还引进了 C-Flow、DYNAFORM 和 MAGMASOFT 等 CAE 软件，并成功应用于冲压模的设计中。另外，许多成熟的 CAD/CAM/CAE 一体化软件也层出不穷。

以华晨宝马铁西厂为例，其全球领先的 6 序冲压线，每小时可以完成上千个冲压件，最高可以达到每分钟冲压 17 个件，是目前世界上速度最快的万吨级冲压机。冲压线采用全封闭模式，噪音低，灰尘少，现在的冲压车间噪音级别仅为 80 分贝，这个分贝数相当于普通马路的十字路口的噪音分贝数，在加工现场使用正常语调即

可进行交流。

本书以简明、新颖、实用为宗旨，在阐明冲压工艺理论的基础上，重点讲述冲裁、弯曲、拉深工艺及模具，同时对冲压加工设备、其他冲压方法、冲压工艺规程编制进行一定的介绍。本书各章既相互独立又相互联系，浅述理论，突出实践，涵盖面广，目的是扩大读者视野，使读者对冲压工艺与模具设计产生完整的认识，为从事冲压生产及模具设计的人员打下良好的基础。教学中可针对不同专业层次的需要节选相关章节内容进行讲述，未选章节可供学生自学阅读，以增强学生对当前冲压技术的全面了解。本书可供应用型本科机械类专业学生使用，也可供冲压生产及研究相关专业从业人员阅读。

本书由淮阴工学院吕建强任主编，南理工泰州科技学院张跃和安徽工程大学刘俊松任副主编。全书共 11 章，其中吕建强编写第 1、3、11 章，张跃编写第 4、5 章，刘俊松编写第 6、7 章，淮阴工学院赵庆娟编写第 2、8 章，淮阴工学院郭啸栋编写第 9、10 章。

由于作者学识水平有限，书中不足之处在所难免，敬请读者不吝赐教。同时对提供相关资料的单位及个人表示诚挚的谢意！

编 者

2017 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论.....	1	3.5 冲压生产机械化、自动化装备.....	51
1.1 冲压工艺的特点及应用.....	1	3.5.1 板材开卷校平剪切生产线.....	51
1.1.1 冲压的特点.....	1	3.5.2 冲床自动送料.....	51
1.1.2 冲压生产的安全性.....	2	3.5.3 冲压机械手、机器人.....	52
1.2 冲压行业的现状及发展.....	2	3.6 冲压设备型号.....	54
第 2 章 冲压加工基础.....	7	第 4 章 冲裁工艺与模具.....	56
2.1 冲压工序的分类.....	7	4.1 冲裁变形机理.....	56
2.2 金属冲压变形的基本概念.....	10	4.1.1 冲裁变形过程.....	56
2.2.1 金属塑性变形的概念.....	10	4.1.2 冲裁过程板料受力分析.....	57
2.2.2 金属的塑性与变形抗力.....	14	4.2 冲裁件质量分析及控制.....	57
2.2.3 影响金属塑性和变形抗力的 主要因素.....	15	4.2.1 冲裁件的断面特征及其影响因素.....	57
2.3 金属塑性变形理论.....	17	4.2.2 冲裁件尺寸精度及其影响因素.....	59
2.3.1 金属塑性变形的力学基础.....	17	4.2.3 冲裁件形状误差及其影响因素.....	60
2.3.2 金属塑性变形的屈服准则.....	21	4.3 冲裁工艺计算.....	60
2.3.3 塑性变形时的应力与应变关系.....	22	4.3.1 排样设计.....	60
2.3.4 真实应力应变曲线.....	24	4.3.2 冲裁力的计算.....	62
2.3.5 塑性变形的基本规律.....	27	4.3.3 降低冲裁力的方法.....	66
2.4 冲压材料.....	34	4.4 冲裁工艺设计.....	67
2.4.1 冲压材料的工艺性要求.....	34	4.4.1 冲裁件工艺性分析及方案确定.....	67
2.4.2 常用冲压材料及选用.....	39	4.4.2 模具间隙确定与选择.....	70
第 3 章 冲压加工设备.....	43	4.4.3 刃口尺寸计算.....	73
3.1 曲柄压力机.....	43	4.5 冲裁模总体结构设计.....	77
3.1.1 曲柄压力机的基本组成.....	43	4.5.1 冲裁模具的分类.....	77
3.1.2 曲柄压力机的主要结构类型.....	44	4.5.2 冲裁模的典型结构.....	78
3.1.3 曲柄压力机工作部分的结构.....	45	4.5.3 冲裁模零件结构形式的确定.....	84
3.1.4 曲柄压力机的主要技术参数.....	46	4.6 模具主要零件的设计与标准的选用.....	85
3.2 液压机.....	47	4.6.1 工作零件的设计与标准的选用.....	85
3.2.1 液压机的主要技术参数.....	47	4.6.2 定位零件的设计与标准的选用.....	96
3.2.2 液压机的结构形式.....	48	4.6.3 压料、卸料、送料零件的设计与 标准的选用.....	103
3.3 伺服压力机.....	49	4.6.4 导向零件的设计与标准的选用.....	108
3.4 数控冲、剪、折机床.....	49	4.6.5 连接与固定零件的设计及 标准的选用.....	110
3.4.1 数控转塔压力机.....	49	第 5 章 弯曲工艺与模具.....	113
3.4.2 数控折弯机.....	50	5.1 弯曲变形过程及特点.....	113
3.4.3 数控剪板机.....	51		

5.1.1 弯曲变形过程.....	113	6.6 其他形状零件的拉深.....	172
5.1.2 弯曲变形特点.....	113	6.6.1 带有凸缘圆筒形件的拉深.....	172
5.1.3 弯曲变形区的应力应变状态.....	115	6.6.2 阶梯形零件的拉深.....	178
5.1.4 最小相对弯曲半径 $r_{\min}/t$	115	6.6.3 非直壁旋转体零件的拉深成形.....	179
5.1.5 弯曲件毛坯展开尺寸的计算.....	117	6.6.4 盒形件的拉深.....	183
5.2 弯曲件质量分析.....	118	6.7 其他拉深方法.....	184
5.2.1 弯裂.....	118	第 7 章 其他冲压方法与模具	187
5.2.2 回弹.....	118	7.1 校形.....	187
5.2.3 偏移.....	121	7.1.1 校平.....	187
5.3 弯曲工艺设计.....	123	7.1.2 整形.....	188
5.3.1 弯曲件的工艺性.....	123	7.2 翻边.....	190
5.3.2 弯曲件工序的安排.....	126	7.2.1 圆孔翻边.....	190
5.3.3 弯曲工艺力的计算.....	127	7.2.2 外缘翻边.....	194
5.4 弯曲模设计.....	128	7.2.3 非圆孔翻边.....	195
5.4.1 弯曲模类型及结构.....	128	7.2.4 翻边模结构举例.....	196
5.4.2 弯曲模工作部分结构参数的确定.....	135	7.3 胀形.....	197
第 6 章 拉深工艺与模具	140	7.3.1 胀形变形特点.....	197
6.1 圆筒形零件拉深工艺分析.....	141	7.3.2 平板坯料局部胀形.....	198
6.1.1 拉深变形过程及特点.....	141	7.3.3 空心坯料胀形.....	200
6.1.2 拉深过程中坯料应力应变 状态及分布.....	142	7.4 缩口与扩口.....	203
6.1.3 拉深变形过程的力学分析.....	144	7.4.1 缩口.....	203
6.2 圆筒形件拉深的主要质量问题.....	147	7.4.2 扩口.....	207
6.2.1 起皱.....	147	7.5 旋压.....	210
6.2.2 拉裂.....	147	7.5.1 普通旋压.....	210
6.2.3 硬化.....	148	7.5.2 强力旋压.....	212
6.2.4 拉深凸耳.....	148	第 8 章 汽车覆盖件	214
6.2.5 时效开裂.....	148	8.1 汽车覆盖件的特点及要求.....	214
6.3 圆筒形件拉深工艺计算.....	149	8.1.1 覆盖件的特点.....	214
6.3.1 变形程度和拉深系数.....	149	8.1.2 覆盖件的要求.....	215
6.3.2 后续各次拉深的特点.....	152	8.2 汽车覆盖件冲压工艺.....	216
6.3.3 毛坯尺寸的确定.....	152	8.2.1 覆盖件的变形特点及技术条件.....	216
6.3.4 拉深次数和半成品尺寸的确定.....	154	8.2.2 覆盖件的拉深工艺.....	221
6.4 拉深工艺设计.....	157	8.2.3 覆盖件切边的工艺设计.....	225
6.4.1 拉深件工艺性分析.....	157	8.2.4 覆盖件翻边的工艺设计.....	227
6.4.2 拉深工艺力计算.....	158	8.2.5 覆盖件的工序工件图.....	228
6.4.3 拉深工艺的辅助工序.....	163	8.2.6 拉深和切边、翻边工序间的关系.....	228
6.5 拉深模具设计.....	164	8.3 汽车覆盖件冲压模具.....	229
6.5.1 拉深模的分类及典型结构.....	164	8.4 汽车覆盖件切边模设计及结构.....	238
6.5.2 拉深模工作零件的设计.....	168	8.4.1 覆盖件切边模特点及结构.....	238
		8.4.2 切边模主要零件的设计.....	242

8.5 汽车覆盖件翻边模具结构及设计 245

8.5.1 翻边模具的分类 245

8.5.2 覆盖件翻边模结构设计要点 246

第 9 章 精密冲裁工艺与模具 249

9.1 精密冲裁的工作原理及过程 249

9.2 普通冲裁与精密冲裁的工艺特点对比 250

9.3 精冲件的工艺性 251

9.4 精冲模的设计 253

9.4.1 凸模、凹模间隙 253

9.4.2 凸模、凹模刃口尺寸 253

9.4.3 齿圈压板设计 254

9.4.4 精冲模的排样 256

9.5 精冲力的计算 256

9.6 精冲模的结构 258

第 10 章 多工位精密级进模 260

10.1 多工位精密级进模的特点及分类 260

10.1.1 多工位精密级进模的特点 260

10.1.2 多工位精密级进模的分类 261

10.2 多工位精密级进模的排样设计 261

10.3 多工位精密级进模的主要零件设计 266

10.3.1 多工位精密级进模凸模的
结构设计 266

10.3.2 多工位精密级进模凹模的
结构设计 269

10.4 多工位精密级进模的自动送料与
检测保护装置 270

10.4.1 多工位精密级进模自动
送料装置 270

10.4.2 多工位精密级进模自动
检测装置 274

第 11 章 冲压工艺规程的编制 275

11.1 冲压工艺规程的编制依据 275

11.1.1 冲压件的工艺性分析 276

11.1.2 冲压工艺方案的制定 276

11.1.3 冲压设备的选择 279

11.1.4 冲压模具结构的确定 280

11.1.5 冲压工艺文件的编制 280

11.2 典型实例 281

11.2.1 冲压件的工艺分析 282

11.2.2 工艺方案的分析与确定 282

附录 285

附录 A 几种常用冲压设备规格 285

附录 B 压件尺寸公差
(GB/T 13914—2013) 286

附录 C 冲压件角度公差
(GB/T 13915—2013) 290

附录 D 冲压件形状和位置未注公差
(GB/T 13916—2013) 291

附录 E 冲压模具零件的常用公差配合及
表面粗糙度 293

参考文献 295

第1章 绪论

1.1 冲压工艺的特点及应用

冲压是以冲压设备和模具对板材、带材、管材和型材等施加外力,使之产生塑性变形或分离,从而获得所需形状和尺寸的工件(冲压件)的成形加工方法。冲压和锻造同属塑性加工(或称压力加工),合称锻压。冲压的坯料主要是热轧和冷轧的钢板、带钢及型钢。全世界的钢材中,约有 60%~70%是板材,大部分经过冲压加工成成品。冲压也称为板料冲压。冲压加工在航空航天、交通运输、电子工业、家用电器、装备制造业、农业机械、办公机械、生活用品等的生产方面占据着十分重要的地位。

按冲压加工温度可将冲压分为热冲压和冷冲压。前者适合于变形抗力高、塑性较差的材料加工;后者则在室温下进行,是薄板常用的冲压加工方法。冲压是金属塑性加工(或压力加工)的主要方法之一,隶属于材料成形工程技术。本书重点介绍冷冲压工艺技术。

冲压所使用的模具称为冲压模具,简称冲模。冲模是将材料(金属或非金属)批量加工成所需形状、尺寸冲压件的专用工具。冲模在冲压加工中至关重要,没有符合要求的冲模,批量冲压生产就难以进行;没有先进的冲模,先进的冲压工艺就无法实现。冲压工艺与模具、冲压设备和冲压材料构成冲压加工的三要素,只有它们相互结合才能生产出合格的冲压件。

基于要施加一定的压力才能完成加工的共性,锻造、冲压、轧制、挤压、拉拔等总称为金属压力加工。金属压力加工迫使金属发生塑性变形,既改变了形状、尺寸,又改变了性能,故也称为金属塑性加工。轧制、挤压、拉拔等方法是将钢锭加工成板材、带材、管材和型材等制品,但通常不制成零件,故称为一次塑性加工;锻压加工则是在一次塑性加工的基础上,将板材、带材、管材和型材等制成具有特定用途的制件(或零件),故称为二次塑性加工。20 世纪后期流行将塑性加工称为塑性成形。

1.1.1 冲压的特点

1. 冲压的优点

(1) 冲压可使金属薄板、管材、型材进行较大程度的变形,形成较为复杂的形状,同时材料发生加工硬化作用。冲压材料利用率高,工件重量轻、刚性好、强度高。

(2) 由于冲压件所用的原材料表面质量好,冲压件形状、尺寸精度由模具保证,而模具的寿命一般较长,因此冲压件质量稳定、互换性好,具有外形一模一样的特征。

(3) 冲压成形不需切削去除材料, 能耗少, 成本较低。

(4) 冲压易于实现机械化和自动化, 生产率高。普通压力机每分钟可完成数十次冲裁, 高速压力机每分钟可完成数百次甚至千次以上的冲裁。

(5) 冲压生产工艺操作简单, 劳动强度低, 对操作人员技术要求较低。

(6) 冲压适合于成批、大量零件生产。

2. 冲压的缺点

(1) 冲压不适应于单件、小批量生产, 冲压模具具有专用性, 一个复杂的冲压件需要数套模具加工成形, 冲模的制造精度高, 技术要求高。因此, 冲压件生产只有在批量较大的情况下才能充分体现其优点, 取得较好的经济效益。但随着数控冲床的使用, 这一情况将会得以改善。

(2) 在冲压加工时会产生噪音和振动两种公害, 而且操作者的安全事故时有发生。随着科学技术的进步, 特别是数控技术的发展, 机电一体化技术的进步, 这些问题将会得到快速而完善的解决。

(3) 随着高强钢、超高强钢的使用, 传统的冷冲压工艺在成形过程中容易产生破裂现象, 无法满足高强度钢板的加工工艺要求。

(4) 一般工件在冲压过程中, 由于冲压过程中, 尤其是冷锻冲压加工过程中温度会很快升高, 因此必须加润滑油润滑。如果不使用润滑油而直接冲压, 除工件光洁度受到影响外, 模具寿命将缩短, 同时精度也会降低。

1.1.2 冲压生产的安全性

在每分钟生产数十、数百件冲压件的情况下, 在短暂时间内完成送料、冲压、出件、排废料等工序, 常常会导致人身、设备和质量事故。因此, 冲压中的安全生产是一个非常重要的问题。冲压生产的安全措施有:

(1) 实现机械化、自动化进出料。

(2) 设置机械防护装置防止伤手, 应用防护罩、自动退料装置和手工工具进出料。

(3) 设置光电或气幕保护开关、双手或多手串联启动开关、防误操作装置等。

(4) 改进离合器和制动结构, 使在危险信号发出后, 压力机的曲轴、连杆、冲头能立即停止在原位上。

1.2 冲压行业的现状及发展

利用冲压设备和冲压模具进行的现代冲压加工技术已经有二百多年的发展历史。1839年英国成立了 Schubler 公司, 这是早期颇具规模的、现今也是世界上最先进的冲压公司之一。

从学科角度上看, 到 20 世纪 10 年代, 冲压加工技术已经从一种从属于压力加工工艺的地位, 发展成为了一门具有自己理论基础的应用技术科学。俄罗斯(从苏联时期开始)就有各类冲压技术学校, 日本有冲压工学之说, 而我国也有冲压工艺学、薄板成形理论方面的教材及专著。可以认为这一学科现已形成了比较完整的知识结构系统。

通过近二十年的快速发展,我国冲压行业取得了长足进步,基本上接近和赶上了世界先进水平,同时冲压工艺、冲压设备、冲压模具等方面发生了重大变革。总体的发展情况表现在以下几个方面。

1. 冲压件材料

根据使用与制造上的要求,很多冲压用的新型板材应运而生。

1) 高强度钢板

高强度钢板通过固溶强化、析出强化、细晶强化、组织强化(相变强化及复合组织强化)、时效强化及加工强化等,抗拉强度可以达到 600~800 MPa。高强钢、超高强钢实现了车辆的轻量化,提高了车辆的碰撞强度和安全性能,已成为车用钢材的重要发展方向。

2) 耐腐蚀钢板

耐腐蚀钢板主要有两类:一类是加入新元素的耐腐蚀钢板,如耐大气腐蚀钢板等。我国研制的耐大气腐蚀钢板中,有 10CuPCrNi(冷轧)和 9CuPCrNi(热轧),其耐蚀性是普通碳素钢板的 3~5 倍。另一类是在表面涂或镀一层防腐材料,也是涂层板的一种。

3) 涂层板

在耐腐蚀钢板中,镀覆金属层的钢板属于一种涂层板。因为传统的镀锡板、镀锌板等已不能适应汽车工业、电器工业、农用机械及建筑工业的需要,因此一些新品种的镀层钢板不断被开发出来。在涂层板中,各种涂覆有机膜层的板材具有更好的防腐蚀、防表面损伤的性能,因此正被大量用做各类结构件。

4) 双相钢板

双相钢又称复相钢,是由马氏体、奥氏体或贝氏体与铁素体基体两相组织构成的钢。一般将铁素体与奥氏体相组织组成的钢称为双相不锈钢,将铁素体与马氏体相组织组成的钢称为双相钢。双相钢是低碳钢或低合金高强度钢经临界区热处理或控制轧制后而获得的。典型的双相钢屈服强度 σ_s 为 310 MPa,拉伸强度 σ_b 为 655 MPa。双相钢用于制造冷冲、深拉成形的复杂构件,也可用做管线钢、链条、冷拔钢丝、预应力钢筋等。

5) 复合板材

涂覆塑料的钢板是一种复合板,不同金属板叠合在一起(如冷轧叠合等)也是一种复合板,或叫叠合复合板。这类复合板材破裂时的变形比单体材料破裂时的变形要大,其冲压性能更优良。

2. 冲压工艺

1) 控制工序数

以汽车覆盖件为例,随着计算机的发展,各种工业专用软件的应用,通过优化改进产品结构,满足冲压工艺性要求,采用大尺寸的合理车身总成分块,减少冲压件数、节省模具数量、简化冲压过程中的传送装置、减少操作人员和设备占地面积,从而节约投资和能耗,降低制造成本。如整块式车身左右侧板及车顶盖,既使汽车外观美观实用,减少空气阻力,又能减少冲压件数量及焊点数。

2) 多件冲压工艺

随着大型压力机械的推广,车门翼子板等冲压件从过去的一模一件发展为双槽模生产,生产效率成倍提高,最新已发展到车门内外板采用四槽模生产。多件冲压工艺不仅使模具

费、材料费和加工费降低,同时可使材料应力、应变对称,提高冲压件质量。双件生产的最新趋势是内外板同时生产,生产数量匹配,还可同时送焊装线及时压合,物流顺畅、便捷。

3) 级进组合冲模

级进组合冲模已在发达国家汽车工业中普遍应用,与多工位压力机上使用的阶梯模相比,生产率高、模具成本低、不需要板料剪切,可节约 30% 成本,但其应用受拉深深度、导向和传输带料边缘材料表面硬化的限制,主要用于拉深较浅的简单零件。

4) 超高强度钢板的热冲压成形新工艺

随着板料强度的提高,传统的冷冲压工艺在成形过程中容易产生破裂现象,无法满足高强度钢板的加工工艺要求。目前国际上正逐渐研究超高强度钢板的热冲压成形技术,该技术是综合了成形、传热以及组织相变的一种新工艺,主要是利用高温奥氏体状态下,板料的塑性增加、屈服强度降低的特点,通过模具进行成形的工艺。但是,热成形需要对工艺条件、金属相变、CAE 分析技术进行深入研究。目前该技术被国外厂商垄断,国内发展缓慢。

3. 冲压设备

1) 重型机械压力机及其覆盖件生产线、大型多工位压力机

汽车覆盖件是标志汽车质量的最重要钣金零件,是大型冲压件的典型件,其生产目前主要有两种方法:一是由多台大重型机械压力机配以自动化机械手,组成自动化柔性冲压生产线;二是应用大型多工位压力机生产。

2) 数控板冲、剪、折机床及柔性加工生产线

我国的数控冲(剪、折)机床始于 1982 年,经过 20 多年的发展,已经到 4 轴控制、辅助功能增多、模位数增大并带两个自转模位,又进一步发展为液压驱动 4、5 轴控制,现在还出现了网络式数控转塔冲床。

3) 无模多点成形压力机

多点成形是将柔性成形技术和计算机技术结合为一体的先进技术。它利用多点成形装备的柔性 with 数字化制造特点,无需换模就可完成板材不同曲面的成形,从而实现无模、快速和低成本生产。该工艺目前已在高速列车流线型车头制作、船舶外板成形、建筑物内外饰板成形及医学工程等领域得到广泛应用。

4) 高速压力机

随着电子工业的发展,小型电子零件的需求日趋高涨,促进了高精度、高效率的高速压力机的发展。目前日本已成为高速压力机技术的领军,在 100 kN 压力、8 mm 冲程下,滑块速度可达 4000 次/min。我国金丰、江苏扬锻、高将精机、江苏扬力、徐锻和西安通力等公司都有高速压力机产品。2004 年已开发出了速度达 1200 次/min 的 SH 系列 SH—25 开式高速精密压力机,其他还有 VH 开式、JF75G 闭式系列高速压力机。这些压力机广泛应用于电子和微电子行业,全面提高了行业技术装备水平,替代了大量的进口机床。

5) 数控激光切割机

激光切割加工的成本主要有气体、电力损耗和设备折旧维修费。它不需要模具,适合小批量、复杂零件生产中替代冲压加工,其运转成本低于数控冲床。当今的数控激光切割

机普遍采用全飞行光路技术,动态加速性能优良;高性能数控系统和内置激光切割专用工艺软件,使机床自动处于最佳运行状态;封闭式防护舱防止辐射泄漏,机床安全性强;造型宜人化、用户界面人性化,体现了以人为本;机床采用网络连接控制技术。随着我国汽车工业的快速发展,以及其他工业产品高质量规模化生产的到来,先进的冲压设备必将逐步进入更多的企业。

4. 模具设计

当前,模具设计完全依赖于计算机,Pro/E、PDX、UG NX、NX Progressive Die Design、I-DEAS、Euclid-IS、Logopress3、3DQuickPress 和 Progress 等国际通用软件开始普遍使用,各企业还将加大 CAD/CAM 技术培训和技術服务的力度,一些厂家还引进了 C-Flow、DYNAFORM 和 MAGMASOFT 等 CAE 软件,并成功应用于冲压模的设计中。计算机和网络技术的发展正在使 CAD/CAM/CAE 技术在整个行业中跨区域、跨企业、跨院所地推广成为可能,实现技术资源的重新整合,使虚拟制造成为可能。

5. 模具加工

1) 高速铣削加工

高速铣削加工得到大力发展,大幅度提高了加工效率,并可获得极高的表面光洁度。另外,这种工艺还可加工高硬度模块,并具有温升低、热变形小等优点。高速铣削加工技术的发展,对汽车、家电行业中大型型腔模具制造注入了新的活力。目前它已向更高的敏捷化、智能化和集成化方向发展。三轴数控铣床已普遍使用,五轴数控铣床也已在许多模具企业开始使用,甚至更多轴数控铣床也有使用报道。

2) 模具扫描及数字化系统

高速扫描仪和模具扫描系统提供了从模型、实物扫描到模型加工所需的诸多功能,大大缩短了模具的研发制造周期。有些快速扫描系统可快速安装在已有的数控铣床及加工中心上,实现快速数据采集、自动生成各种不同数控系统的加工程序、不同格式的 CAD 数据,用于模具制造业的“逆向工程”。模具扫描系统已在汽车、摩托车、家电等行业得到成功应用。

3) 电火花铣削加工

电火花铣削加工是一种代替传统的用成形电极加工型腔的新技术。它是由高速旋转的简单的管状电极做三维或二维轮廓加工,因此不再需要制作复杂的成形电极,这显然是电火花成形加工领域的重大发展。国外已有使用这种技术的机床应用在模具加工中。

4) 提高模具标准化程度

我国模具标准化程度正在不断提高,估计目前我国的模具标准件使用覆盖率已达到40%左右,国外发达国家一般在80%左右。

5) 优质材料及先进表面处理化技术

优质钢材和科学的表面处理技术对提高模具寿命十分重要。模具热处理的发展方向是采用真空热处理,模具表面处理正在完善,应不断发展先进的气相沉积(TiN、TiC 等)、等离子喷涂、激光淬火等先进的工艺技术。

6) 模具研磨抛光自动化、智能化

模具表面的质量对模具使用寿命、制件外观质量等方面均有较大的影响,研究自动化、

智能化的研磨与抛光方法替代现有手工操作，以提高模具表面质量是重要的发展趋势。

7) 模具自动加工系统

模具自动加工系统是应用多台设备进行组合，配备随行定位夹具，完整的机具、刀具数控库，完整的数控柔性同步系统和质量监测控制系统。

6. 智能控制技术

冲压生产智能控制技术在材料与工艺一体化的基础上，依据材料和工艺数据库实现冲压生产过程的在线控制、智能控制(也称自适应控制)。首先对材料、工艺参数建立在线检测系统，当材料性能、工艺参数发生变化或波动时，自动检测系统(传感器和信号转换系统)在线确定相关参数的瞬时量值，通过计算机模拟分析和优化软件(人工神经网络方法、专家系统等)确定参数变化后的最佳工艺参数组合。自动控制系统调整工艺参数后，实现冲压工艺过程的自适应控制。新的生产数据逐渐积累可进一步成为后续加工过程的工艺优化基础。

第 2 章 冲压加工基础

2.1 冲压工序的分类

冲压加工的零件，由于其形状、尺寸、精度要求、生产批量等各不相同，因此生产中所采用的冲压工艺方法也是多种多样的，相应的冲压工序也有不同的分类。

1. 按冲压变形的性质分类

按照冲压变形的性质分类，可以分为分离工序和成形工序。

(1) 分离工序是将板料或毛坯按一定的轮廓线进行断裂分离，以获得一定形状、尺寸和断面质量的冲压件(冲裁件)的工序，又称为冲裁工序。

(2) 成形工序是指在不破坏坯料的条件下使坯料产生塑性变形而获得一定形状、尺寸的冲压件的工序，又称为变形工序。

2. 按冲压工序的组合方式分类

按冲压工序的组合方式分类，大致可分为以下几种工序类型。

(1) 单工序。在冲压的一次工作行程中，只完成单一冲压内容的工序。单工序中所使用的模具称为单工序模。

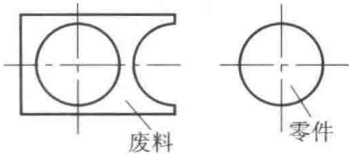
(2) 复合工序。复合工序是在冲压的一次工作行程中，在模具的同一工位上同时完成两种或两种以上冲压内容的工序。复合工序所使用的模具称为复合模。

(3) 连续工序。连续工序是在冲压的一次工作行程中，在不同的二个以上工位依次完成两种或两种以上冲压内容的工序。连续工序中所使用的模具称为连续模(又称级进模)。

3. 按冲压工序的特征分类

实际工作中，按冲压工序的特征分类，可分为分离工序和成形工序两大类，每类又可以分为许多基本工序，见表 2-1、表 2-2 所示。

表 2-1 分离工序

工序名称	工 序 简 图	特点及应用范围
落料		将材料沿封闭轮廓分离，被分离下来的部分大多是平板形的零件或工序件

续表

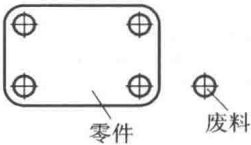
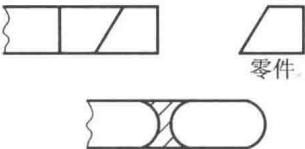
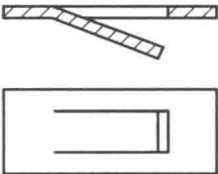
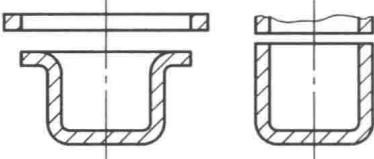
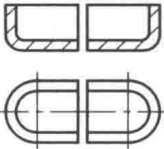
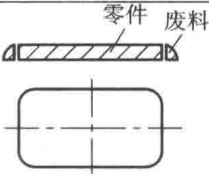
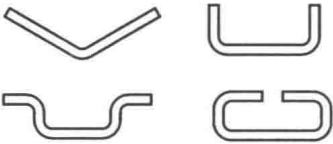
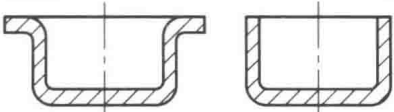
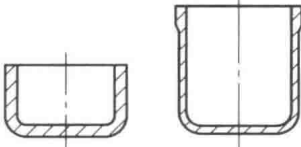
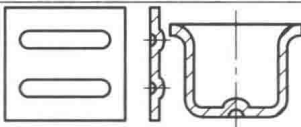
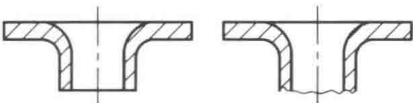
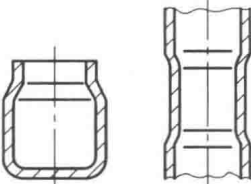
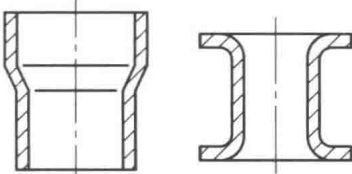
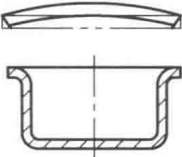
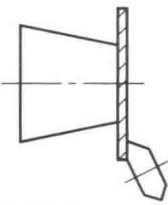
工序名称	工 序 简 图	特点及应用范围
冲孔		将废料沿封闭轮廓从材料或工序件上分离下来，从而在材料或工序件上获得需要的孔
切断		将材料沿敞开轮廓分离，被分离的材料称为零件或工序件
切舌		将材料局部分离而不是全部分离，并使被局部分离的部分达到工件所要求的形状和尺寸，局部分离部分不再位于分离前所处的平面上
切边		利用冲模修切成形工序件的边缘，使之具有一定的形状和尺寸
剖切		用剖切模将成形工序件一分为二，主要用于不对称零件的成形或成组冲压成形之后的分离
整修		沿外形或内形轮廓切去少量材料，从而降低断面的表面粗糙度，提高断面垂直度
精冲		用精冲模冲出尺寸精度高、断面光洁而垂直的零件

表 2-2 成 形 工 序

工序名称	工 序 简 图	特点及应用范围
弯曲		用弯曲模使材料产生塑形弯曲，从而弯成一定曲率、一定角度的零件，它可以加工各种复杂的弯曲件

续表

工序名称	工 序 简 图	特点及应用范围
拉深		将平板形的坯料或工序件变为开口空心件，或使开口空心工序件进一步改变形状和尺寸成为开口空心件
变薄拉深		将拉深后的空心工序件进一步拉深，使其侧壁减薄、高度增大，从而来获得底部厚度大于侧壁厚度的零件
起伏		依靠材料的伸长变形使工序件形成局部凹陷或凸起
翻孔		沿内孔周围将材料翻成竖边
翻边		沿外形曲线周围翻成侧立短边
缩口缩颈		对空心工序件或管状件的口部或中部加压，使其直径缩小，形成口部或中部直径较小的零件
扩口		将空心工序件或管状件沿径向向外扩张，形成局部直径较大的零件
校平整形		校平是将有拱弯或翘曲的平板形零件压平以提高它的平直度
旋压		用旋轮使旋转状态下的坯料逐步成形为各种旋转体空心件