

冲压技术丛书

# 电机电器电子 高速精密冲压件 制造技术

 中国锻压协会 编著



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

冲压技术丛书

# 电机电器电子高速精密 冲压件制造技术

中国锻压协会 编著

主 编 宋拥政

参 编 (按姓氏笔画排序)

王 健	邓卫国	刘江淮	孙维军	李文霞
李学军	李宪平	何灿焜	闵建成	张庆飞
陈奉明	张顺福	金铁军	赵宏松	柯尊芒
秦 剑	钱晓晨	殷黎明	黄益健	鹿新建
蒋宏湘	储 杰			

机械工业出版社

本书介绍电机、电器、电子行业典型高速精密冲压件的制造技术，内容涉及高速精密冲压的材料、工艺、模具、设备和生产实例，及其相互关系与发展趋势。重点介绍电机铁心件、换热器翅片、引线框架、电连接器和精密微薄件的冲压制造技术，高效精密压力机及其自动化周边设备。

本书可供电机、电器、电子行业高速精密冲压领域的工程技术人员参考，可作为理工科中高等院校教学或培训教材，适合机械制造与材料工程方向的研究生作为拓展性学习材料，同时还可作为政府部门、行业协会、科研院所和高等院校了解行业现状、制定发展规划、探究科研项目等的参考文献。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电机电器电子高速精密冲压件制造技术/中国锻压协会编著. —北京:机械工业出版社, 2013. 8

(冲压技术丛书)

ISBN 978-7-111-43910-3

I. ①电… II. ①中… III. ①冲压-制造 IV. ①TG31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 209462 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 孔 劲 责任编辑: 孔 劲 版式设计: 霍永明

责任校对: 肖 琳 封面设计: 姚 毅 责任印制: 张 楠

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2013 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.75 印张 · 5 插页 · 460 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-43910-3

定价: 108.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

# 冲压技术丛书

## 出版委员会

主任 张金

委员 齐俊河 韩木林 朱继美 高丽红

## 顾问委员会

名誉主任 何光远 李社钊

主任 缪文民

副主任 王仲仁 周贤宾

委员 (按姓氏笔画排序)

王红旗 卢险峰 阮雪榆 孙友松 李志刚 李硕本 宋玉泉

宋宝蕴 苑世剑 周开华 周永泰 荣惠康 俞新陆 涂光祺

## 编写委员会

主编 宋拥政

编委 (按姓氏笔画排序)

王野青 任运来 祁三中 许发樾 苏娟华 李光瀛 李继贞

宋拥政 张一 张琦 陈军 赵军 赵升吨 赵彦启

侯英玮 徐伟力 舒鑫源 管延锦

# 丛书序一

继“锻件生产技术丛书”出版之后，锻压行业另一套大型技术文献“冲压技术丛书”也与冲压界的广大同仁见面了。编辑出版“冲压技术丛书”是中国冲压行业一项具有里程碑意义的重要工作！

锻压是人类发明的最古老的生产技术之一。人类发现和使用金属已有数千年，锻压生产技术随之不断发展。锻压技术对人类具有宝贵的实用价值。迄今人类生产的大部分金属材料，都是用锻压方法加工成成品零件。锻压产品无处不在。

锻压加工是指通过设备和模具，使材料受力变形获得要求的成品零件。锻压加工材料大部分为金属材料，金属材料受力变形在学术上称为塑性成形，可分为体积成形和板材成形，有冷、温、热多种成形方式。锻压加工分为锻造、冲压和钣金三大领域。

冲压加工主要针对金属板材的冷态成形，所以被称之为冷冲压或板料冲压，简称冲压。冲压生产与冲压行业在制造业中占有重要地位，冲压制造技术是现代制造技术的重要组成部分。

我国的冲压生产几乎遍布制造业的各个领域，涉及方面广泛，工艺内容繁杂，生产布局分散，且企业群体众多，同时受“工艺性”行业观念的影响，一直没有受到制造业界的应有重视。虽然改革开放以来，尤其是随着汽车制造业的发展，我国冲压行业整体水平明显提高，但与先进工业国家相比，仍有很大差距。从总体上看，冲压行业内的相互交流与合作明显不够，发展不平衡且较为缓慢，这不但影响了冲压行业自身的发展，也影响到与之紧密相关产业的发展与进步。

中国锻压协会本着服务行业、推动进步与发展的宗旨，历时3年多，组织了110余位行业专家、学者和工程技术人员编撰了这套共6个分册的“冲压技术丛书”，它对我国冲压行业的生产技术状况进行了系统的梳理、归纳和总结，内容涉及冲压件的材料、工艺、模具、装备、生产实例，及其相互关系与各自的发展趋势，有基础应用理论，更有实践经验总结，还有对沿革的概述和对未来的展望，是从事冲压技术研究、教学和生产实践者的必不可少的学习资料，也是培养年轻冲压技术人员的重要教材，将有助于冲压行业企业取得更大的进步和发展。

在这套丛书出版之际，请允许我代表中国锻压协会，代表冲压行业的同仁们，向所有参加编撰辛勤工作的专家、学者和工作人员，致以衷心的祝贺和感谢！

中国锻压协会秘书长  于北京

## 丛书序二

冲压成形是应用广泛、历史悠久的产品制造工艺，是汽车、飞机、农机、机车、电子产品等的基本制造方法，几乎没有一种现代工业装备上不采用冲压成形零件。全世界约70%以上的金属材料要通过变形加工制成产品，其中大部分零件又要以板材、管材或型材作为原材料或半成品进行冲压加工成形。所以，发展冲压制造技术对于发展制造业具有十分重要的意义，冲压行业在国民经济中占有重要的地位。

我国的冲压行业和冲压制造技术经历了六十余年的发展历程。尤其是改革开放三十多年来，冲压行业从小到大、从旧到新、由内向外不断发展壮大，为我国制造业和各行各业的快速发展起到了重要的支撑作用。冲压制造技术随着发展制造业和先进制造技术而不断发展，尤其在汽车工业迅猛发展的推动下，冲压制造技术在深度和广度上取得了前所未有的进展，正在朝着与高新技术结合，用信息技术、计算机技术、现代测控技术和先进适用技术与装备，改造提升传统冲压技术的方向迅速迈进。同时，也为我国冲压行业逐步走上专业化道路，与汽车工业、航空航天工业、装备制造业和材料工业的协调发展，与国际冲压行业和市场接轨奠定了基础。

面对我国冲压行业和冲压制造技术的巨大进步，中国锻压协会秉持服务行业、推动进步和发展的宗旨，历时3年多，组织110余位行业专家、学者和工程技术人员，编撰大型技术文献“冲压技术丛书”，旨在对国内代表性行业的冲压制造技术现状进行系统的梳理、归纳和总结及展望，以满足冲压行业发展的需要，为冲压业界各方面的读者都带来阅读价值。

“冲压技术丛书”共分六册，包括《冲压技术基础》《汽车冲压件制造技术》《航空航天钣金冲压件制造技术》《农业机械工程机械冲压件制造技术》《轨道机车车辆冲压件制造技术》和《电机电器电子高速精密冲压件制造技术》。

《冲压技术基础》分册，介绍冲压制造技术中新的综合性的共性基础内容。重点介绍冲压变形基础理论、冲压用金属板材、冲压工艺、冲压模具、冲压数值模拟与模具数字化制造、省力与近均匀冲压技术、冲压设备和冲压生产设施。

《汽车冲压件制造技术》分册，重点介绍汽车的冲压技术概况、中小件冲压技术、精冲件制造技术、覆盖件成形技术、冲压同步工程与质保体系、车架件冲压技术、车轮冲压技术、桥壳冲压成形技术、拉弯件成形技术、车身轻量化新工艺新技术。

《航空航天钣金冲压件制造技术》分册，重点介绍飞机的蒙皮类零件、框肋类零件、型材类零件、弯管类零件、旋压类零件及其他成形零件的冲压制造技术。

《农业机械工程机械冲压件制造技术》分册，重点介绍农业机械工程机械的中小件

冲压技术、覆盖件成形技术、管材件成形技术、钣金件制作技术。

《轨道机车车辆冲压件制造技术》分册，重点介绍机车、客车、货车和城际机车的分离件、弯曲件、拉深件、胀形件、翻边件和校平件的冲压制造技术。

《电机电器电子高速精密冲压件制造技术》分册，重点介绍电机铁心件、换热器翅片、电子引线框架、电连接器和精密微薄件的冲压制造技术，高效精密压力机及其自动化周边设备。

在“冲压技术丛书”编撰过程中，中国锻压协会与丛书主编始终坚持从企业中来，到企业中去的“企业路线”，从丛书的分册与架构，到章节设置与内容安排等，一切遵循从冲压生产实际出发，满足行业发展需要的原则，尤其重视来自冲压生产一线技术专家的参与和意见；始终贯穿以代表性冲压制造业的典型冲压件制造技术为主线，内容涉及冲压成形的材料、工艺、模具、设备和生产实例，及其相互关系与各自的发展趋势，并注重综合性、典型性、纲目化、实用性和新颖性。这些理念、做法、要求和目标，得到了冲压行业参编单位及其专家、学者、工程技术人员的大力支持和一致赞同，丛书的编辑出版工作也受到机械工业出版社的高度重视并列入重点出版项目。大家为了这个共同的目标，积极努力，不畏艰辛，甘于奉献，终成正果。

应该说，这套凝结着我国冲压行业的专家、学者和工程技术人员心血与智慧的丛书，是国内外冲压业界首套基于冲压生产现状，跨行业、多学科、综合性的技术文献。它的问世，是在我国当今市场经济下，唯有行业协会才能运作完成的具有里程碑意义的大事，它凝聚了我国冲压行业冲压制造技术的精华，体现了我国冲压行业的技术软实力，将为我国冲压行业薪火相传、永续发展做出贡献！

在此，我谨代表丛书编写委员会向所有参与丛书编撰出版的专家、学者、工程技术人员和工作人员表示衷心感谢！在丛书编写过程中，得到了哈尔滨工业大学王仲仁先生、北京航空航天大学周贤宾先生、南昌大学卢险峰先生、华中科技大学李志刚先生、广东工业大学孙友松先生、中国模具协会周永泰先生等老一辈学者、专家的热情帮助，在此深表谢意！

这套丛书由于涉及的业务面广，专业类多，内容浩繁，加上时间仓促，经验有限，错误与不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。丛书出版后，随着时间的推移和技术的发展，未来还要再进行修订，以求进一步更新、完善和提高。

中国锻压协会“冲压技术丛书”主编

宋拥政

于北京

# 前言

本书根据中国锻压协会“冲压技术丛书”主编提出的丛书编撰规划和《电机电器电子高速精密冲压件制造技术》编写大纲，由丛书主编组织国内高速精密冲压行业代表性企业的专家和工程技术人员进行编撰。

参编单位有：宁波鸿达电机模具有限公司、徐州锻压机床厂集团有限公司、扬州锻压机床股份有限公司、杭州嘉力讯电子科技有限公司、无锡华晶利达电子有限公司、黄山三佳谊华精密机械有限公司、苏州和林精密科技有限公司、昆山嘉华电子有限公司、中国锻压协会。

本书介绍高速精密冲压行业典型冲压件的现实制造技术，内容涉及冲压的材料、工艺、模具、设备和生产实例，及其相互关系与各自的发展趋势。

本书共分8章。重点论述高速精密冲压技术概况、电机铁心件高速精密冲压技术、换热器翅片高速精密冲压技术、引线框架高速精密冲压技术、电连接器高速精密冲压技术、微薄件高速精密冲压技术、高效精密压力机和自动化周边设备及检测仪器。

第1章由宁波鸿达电机模具有限公司张顺福、无锡华晶利达电子有限公司陈奉明、中国锻压协会宋拥政撰写，第2章由宁波鸿达电机模具有限公司李宪平、邓卫国、王健撰写，第3章由黄山三佳谊华精密机械有限公司储杰、李文霞、金铁军撰写，第4章由无锡华晶利达电子有限公司陈奉明撰写，第5章由杭州嘉力讯电子科技有限公司黄益健、刘江淮和昆山嘉华电子有限公司殷黎明、李学军、蒋宏湘撰写，第6章由苏州和林精密科技有限公司孙维军、钱晓晨撰写，第7章由徐州锻压机床厂集团有限公司柯尊芒、鹿新建、秦剑和扬州锻压机床股份有限公司何灿焜撰写，第8章由柯尊芒、鹿新建、闵建成和扬锻股份公司张庆飞、赵宏松撰写。全书由中国锻压协会宋拥政审定和统稿。

在此谨向参与本书编撰的全体专家、工程技术人员和出版工作人员表示衷心感谢！

本书在编撰过程中得到了参编企业的大力支持。宁波鸿达电机模具有限公司和徐州锻压机床厂集团有限公司，协助中国锻压协会举办过三次编写会议；参编企业积极响应并支持中国锻压协会和“冲压技术丛书”编委会的倡议，予以出版赞助。在此亦谨向这些参编企业的负责人宁波鸿达公司宋红杰、徐锻集团康磊、扬锻股份公司董宏斌、杭州嘉力讯公司杨苏杭、三佳谊华公司吴建军、苏州和林公司骆兴顺、昆山嘉华公司周芝福表示衷心感谢！

编者



# 目 录

丛书序一

丛书序二

前言

第1章 概论	1	1.8 高速精密冲压生产技术的现状与展望	13
1.1 高速精密冲压的应用与分类	1	1.8.1 典型的高速精密冲压生产概况	13
1.1.1 高速精密冲压技术特点与应用领域	1	1.8.2 高速精密冲压技术展望	14
1.1.2 高速精密冲压的定义与划分	1	参考文献	15
1.1.3 高速精密冲压的演变	2	第2章 电机铁心高速精密冲压技术	16
1.2 冲压件的特点及高速精密冲压件分类	3	2.1 概述	16
1.2.1 冲压件的特点	3	2.2 电机铁心冲压件分类	16
1.2.2 高速精密冲压件分类	3	2.2.1 变压器铁心	16
1.3 高速精密冲压件的技术特点与生产模式	4	2.2.2 电动机铁心	17
1.3.1 高速精密冲压件的技术特点	4	2.2.3 电机铁心件分类标准	17
1.3.2 高速精密冲压件的生产模式	5	2.2.4 各类电机及其典型铁心件(冲片)	19
1.4 高速精密冲压件的材料	5	2.3 电机铁心材料	22
1.4.1 高速精密冲压件对材料的要求	5	2.3.1 硅钢片的主要特点和分类	22
1.4.2 常用材料的种类、性能及技术条件	5	2.3.2 无取向硅钢片	23
1.4.3 高速精密冲压材料的选用	6	2.3.3 冷轧取向硅钢	25
1.5 高速精密冲压工艺及其发展趋势	6	2.3.4 热轧取向硅钢	28
1.5.1 高速精密冲压工艺类型	6	2.3.5 工作频率与选用的钢带厚度	29
1.5.2 高速精密冲压工艺发展趋势	7	2.4 电机铁心冲压新工艺与自动叠铆模具	29
1.6 高速精密冲压模具及其发展趋势	7	2.4.1 铁心冲压工艺及其冲压模具的发展	30
1.6.1 高速精密冲压模具分类	7	2.4.2 电机铁心冲压新工艺	30
1.6.2 系列化柔性化模具	8	2.4.3 电机铁心自动叠铆级进模	33
1.6.3 冲压模具的安全性	8	2.4.4 电机铁心级进模具材料	36
1.6.4 多工位与多功能冲压模具的现状、差距及发展趋势	9	2.5 精密电机铁心冲压件使用设备	48
1.7 高速精密冲压装备	12	2.5.1 纵剪开料与卷料堆放	48
1.7.1 高速精密冲压装备的类型	12		
1.7.2 高速精密冲压装备的发展	12		

2.5.2 国内外高速精密压力机主要参数	49	3.5.3 换热器翅片高速冲压模具材料	90
2.6 精密电机铁心级进冲压排样设计	51	3.5.4 换热器翅片高速冲压模具的设计	92
2.6.1 精密电机铁心冲压件技术要求	51	3.5.5 换热器翅片高速冲压模具的制造	98
2.6.2 精密电机铁心冲裁工艺性要求	52	3.5.6 模具监测和保护装置	99
2.6.3 精密电机冲片(铁心)级进模排样	53	3.5.7 翅片高速冲压模具的使用与维护	99
2.7 精密电机铁心冲压生产	59	3.5.8 翅片高速冲压模具的发展趋势	102
2.7.1 铁心冲压工作流程	59	3.6 翅片专用高速精密冲压设备	102
2.7.2 冲片、铁心的检测	61	3.7 高速精密冲压典型生产实例	104
2.7.3 料头对焊	62	3.7.1 空调换热器翅片生产实例	104
2.7.4 模具刃磨工作流程	62	3.7.2 工业换热器翅片生产实例( $\phi 15.3 \times 12R \times 2P$ 铜翅片高速精密级进模具)	119
2.7.5 刃磨试模后续要求	65	参考文献	123
参考文献	65		
<b>第3章 换热器翅片高速精密冲压技术</b>	67		
3.1 概述	67	<b>第4章 引线框架高速精密冲压技术</b>	124
3.2 换热器翅片冲压件	67	4.1 概述	124
3.2.1 换热器翅片的基本形状与技术要求	67	4.1.1 引线框架的定义	124
3.2.2 换热器翅片的主要规格及分类	69	4.1.2 引线框架的技术特点和生产模式	124
3.2.3 换热器翅片的结构特点	70	4.1.3 引线框架冲压生产的主要装备	125
3.2.4 冲压工艺分析与难点	71	4.1.4 引线框架的特点和分类	127
3.3 换热器翅片冲压材料	72	4.1.5 典型的冲压引线框架分析	128
3.3.1 换热器翅片冲压材料特点	72	4.1.6 引线框架发展趋势	128
3.3.2 换热器翅片冲压材料分类及技术要求	72	4.2 引线框架材料	129
3.3.3 换热器翅片典型材料的性能	75	4.2.1 引线框架材料的特点	129
3.3.4 换热器翅片冲压材料国产化情况	77	4.2.2 引线框架材料的分类	131
3.3.5 换热器翅片冲压材料的发展趋势	77	4.2.3 引线框架材料的国产化	134
3.4 换热器翅片高速精密冲压典型工艺	78	4.2.4 引线框架材料的发展趋势	135
3.4.1 换热器翅片拉深工艺	78	4.3 引线框架高速精密冲压工艺	136
3.4.2 换热器翅片冲裁工艺	80	4.3.1 引线框架冲裁工艺	136
3.4.3 换热器翅片翻边工艺	80	4.3.2 引线框架压印工艺	138
3.4.4 压波形及压花边弯曲工艺	82	4.4 引线框架冲压生产对模具的要求	138
3.5 换热器翅片高速精密冲压模具	82	4.4.1 引线框架对模具的要求	138
3.5.1 换热器翅片对模具的要求	82	4.4.2 引线框架材料对模具的要求	139
3.5.2 换热器翅片冲压模具的分类与结构	84	4.5 引线框架高速精密冲压模具材料	141
		4.5.1 对高速精密冲压模具材料的要求	141
		4.5.2 高速精密冲压模具的材料与性能	141

4.6	引线框架高速精密冲压模具的设计与制造	142	5.5.3	冲压工艺对模具的要求	174
4.6.1	引线框架高速精密冲压模具设计	142	5.5.4	模具与设备的关系	175
4.6.2	引线框架高速精密冲压模具制造	146	5.6	电连接器高速精密冲压模具的典型结构	175
4.7	模具监测和保护装置	146	5.7	电连接器高速精密冲压模具的材料	177
4.8	高速精密冲压模具的使用与维护	147	5.8	电连接器高速精密冲压模具的设计与制造	178
4.8.1	模具的安装与使用	147	5.8.1	模具设计	178
4.8.2	模具维护的要领	148	5.8.2	模具制造	180
4.8.3	模具常见故障的排除	149	5.9	电连接器冲压模具的监测和保护装置	182
4.9	引线框架高速精密冲压模具的发展趋势	152	5.10	高速精密冲压模具的使用与维护	183
4.10	引线框架高速精密冲压典型生产实例	153	5.10.1	模具使用	183
4.11	引线框架高速精密冲压发展趋势	157	5.10.2	模具维护	183
参考文献		159	5.10.3	常见故障的排除	184
<b>第5章 电连接器高速精密冲压技术</b>			5.11	电连接器高速精密冲压典型生产实例	185
5.1	概述	160	5.11.1	典型外壳件	185
5.1.1	电连接器的定义	160	5.11.2	端子1	186
5.1.2	电连接器的技术要求和生产方式	160	5.11.3	端子2	187
5.1.3	电连接器冲压生产流程	161	5.11.4	焊接固定片	188
5.2	电连接器的特点及分类	161	5.12	精密端子冲裁连续模设计实例	188
5.2.1	电连接器的特点	161	5.13	电连接器高速精密冲压发展趋势	192
5.2.2	电连接器的分类	162	参考文献		193
5.2.3	电连接器的基本性能	162	<b>第6章 微薄件高速精密冲压技术</b>		
5.2.4	电连接器冲压件的演变	163	6.1	概述	194
5.2.5	电连接器的发展趋势	164	6.1.1	微薄化成形的技术发展	194
5.3	电连接器冲压件材料	164	6.1.2	微成形工艺	195
5.3.1	电连接器冲压件材料特点	164	6.1.3	微成形模具及设备	195
5.3.2	电连接器冲压件典型材料	165	6.2	微成形件的种类及特点	196
5.3.3	电连接器冲压件材料国产化	169	6.2.1	注射类	196
5.4	电连接器高速精密冲压典型工艺	170	6.2.2	声学类	197
5.4.1	高速精密冲裁工艺	170	6.2.3	摄像类	197
5.4.2	高速精密弯曲工艺	171	6.2.4	信号传输类	198
5.4.3	高速精密压印工艺	173	6.2.5	微电动机铁心类	198
5.4.4	拉深与翻边结合工艺	173	6.3	微薄冲压件材料	198
5.5	电连接器高速精密冲压对模具的要求	174	6.3.1	对冲压材料的要求	198
5.5.1	电连接器对模具的要求	174	6.3.2	材料特点	199
5.5.2	冲压材料对模具的要求	174	6.3.3	材料的冲压成形性能	199
			6.3.4	典型材料铍青铜的性能	200
			6.3.5	新型冲压箔材	201

6.4 微薄材料冲压工艺机理 .....	202	7.1.1 高速精密冲压工艺对设备的 要求 .....	216
6.4.1 冲裁工艺 .....	202	7.1.2 设备类型及其特点 .....	218
6.4.2 微弯曲工艺 .....	203	7.1.3 主要部件及其特点 .....	227
6.4.3 拉深工艺 .....	204	7.1.4 高速压力机发展趋势 .....	246
6.4.4 微超塑成形工艺 .....	204	7.2 快速压力机 .....	250
6.4.5 纳米压印工艺 .....	205	7.2.1 快速压力机的应用领域 .....	250
6.4.6 其他微成形工艺 .....	205	7.2.2 快速精密冲压对设备的 要求 .....	251
6.5 冲压件和压力机与模具的关系 .....	205	7.2.3 设备类型及特点 .....	251
6.5.1 微薄冲压件与其成形模具的关系 ..	205	7.2.4 主要部件及其特点 .....	256
6.5.2 微薄件成形模具设计要点 .....	205	7.2.5 快速压力机的发展趋势 .....	259
6.5.3 微薄件模具与设备的关系 .....	206	7.3 高效精密压力机的使用与维护 .....	259
6.6 微薄件冲压模具的类型与结构 .....	206	7.3.1 使用 .....	259
6.6.1 微薄件模具类型 .....	206	7.3.2 维护 .....	263
6.6.2 微薄件模具结构 .....	207	参考文献 .....	265
6.7 微薄件冲压模具材料 .....	209	<b>第8章 自动化周边设备及检测仪器</b> ...	267
6.7.1 模具材料分类 .....	209	8.1 自动化周边设备简介 .....	267
6.7.2 模具材料性能 .....	209	8.1.1 料架 .....	268
6.8 微薄件冲压模具的设计与制造 .....	210	8.1.2 裁焊机 .....	270
6.8.1 微薄件模具设计 .....	210	8.1.3 校平机 .....	270
6.8.2 微薄件模具制造 .....	211	8.1.4 送料机 .....	273
6.9 模具监测和保护装置 .....	211	8.1.5 三合一送料机 .....	280
6.10 模具的使用与维护 .....	211	8.1.6 给油机 .....	281
6.10.1 模具的使用 .....	211	8.1.7 负压吸废料装置 .....	281
6.10.2 模具的维护 .....	212	8.1.8 收料装置 .....	282
6.10.3 常见故障的排除 .....	212	8.2 检测仪器 .....	284
6.11 典型微成形件生产实例 .....	213	8.2.1 下死点检测仪 .....	284
6.11.1 工艺方案与模具 .....	213	8.2.2 废料上跳检测仪 .....	285
6.11.2 流量控制器模具设计 .....	213	8.2.3 送进错误检测仪 .....	286
6.11.3 流量控制器冲压生产 .....	214	参考文献 .....	286
参考文献 .....	215		
<b>第7章 高效精密压力机</b> .....	216		
7.1 高速压力机 .....	216		

# 第 1 章 概论

高速精密冲压技术是机械、电子、材料、自动化、计算机、精密检测、信息网络和管理技术等多学科、多领域、多种高新技术的综合集成,是现代冲压生产的先进制造技术。应用高速精密冲压技术进行制品的批量化冲压生产,具有高生产率、高质量、高精度、节能降耗、减少人工、降低成本和安全生产的特点。在现代制造业中,特别是在当今快速发展的市场经济下的冲压制造业中,高速精密冲压技术与生产占据着十分重要的地位,代表着冲压技术与生产的发展方向之一。

## 1.1 高速精密冲压的应用与分类

### 1.1.1 高速精密冲压技术特点与应用领域

高速精密冲压是基于板材、设备和模具来冲压制件,主要由高速压力机及辅机、精密冲压模具和良好的卷料三个基本要素构成。高速精密冲压生产技术具有生产效率高、质量好、成本低、机械自动化、生产批量化、节材节能等特点,主要用于制造电机、电器、电子、仪器、仪表、器械、家电等产品的冲压件,广泛用于机械、电子、汽车、通信、军工、轻工等行业,在轨道交通、航空航天、新能源等行业的应用也日渐广泛。

### 1.1.2 高速精密冲压的定义与划分

随着电子通信、电机电器、汽车和家电行业等产品技术的迅速发展,对精密冲压件的需求量越来越大,技术要求越来越高,应用范围越来越广。因此在大量和超大量生产中,普通压力机已不能满足生产和技术要求,而采用高速精密压力机进行高速度、自动化、连续冲压是提高生产效率的有效途径。高速精密压力机滑块每分钟的行程次数比同规格普通压力机高达 5 倍以上,使用高速精密压力机,不仅可获得高精度和高表面质量的冲压件,而且可延长模具的使用寿命。

近年来,冲压技术不断向高速化、精密化和智能化方向发展,推进了高速压力机的发展,涌现出了许多高速和超高速压力机,如德国拉斯特公司、美国明斯特公司、瑞士布鲁德尔公司、德国舒勒公司等研制的小吨位高速精密压力机,滑块行程次数均达 2000 次/min;日本能率电产京利公司研制的小吨位高速精密压力机滑块行程次数可达到 3000 次/min 和 4000 次/min,并在满负荷状态下也可达到日本国家标准(JIS)中的特级精度要求。这标志着高速精密压力机已发展到超高速、超精密技术阶段。高速精密冲压是一个相对概念,很难用简单的数字进行划分。目前国际上对高速冲压的速度范围尚未作明确定义,通常把滑块行

程次数比普通压力机高 5 ~ 10 倍的统称为高速精密冲压。

日本有些公司对 600kN 以下的小型高速精密压力机按行程次数分为四个速度等级：常速 ( $\leq 250$  次/min)，次高速 ( $> 250 \sim 400$  次/min)，高速 ( $> 400 \sim 1000$  次/min) 和超高速 ( $\geq 1000$  次/min)。

国内在由徐州锻压机床厂集团有限公司（简称徐锻集团）和济南铸造锻压机械研究所有限公司（简称济南铸锻所）共同起草的《闭式高速精密压力机技术条件》中，按公称力和滑块行程次数对高速压力机进行了划分（见表 1-1）。

表 1-1 高速压力机划分

公称力/kN	$\leq 800$	$> 800 \sim 3150$	$> 3150 \sim 6300$	$> 6300$
滑块行程次数/(次/min)	$\geq 400$	$\geq 300$	$\geq 200$	$\geq 100$

目前实际使用的滑块行程次数为：微电机定转子 200 ~ 400 次/min；集成电路引线框架 300 ~ 500 次/min；接插件端子 800 ~ 1300 次/min；金属薄片冲裁 1500 ~ 2500 次/min。

大吨位的高速精密压力机与普通压力机一样，滑块每分钟行程次数也低些。如 3000kN 的大型高速精密压力机，行程次数一般为 100 ~ 400 次/min。再如 1000kN 的翅片高速精密压力机，行程次数一般为 150 ~ 250 次/min。

大量实验数据表明，大吨位高速精密压力机当滑块行程次数高达 500 次/min 时，压力机运行中的不平衡现象明显增加，出现剧烈晃动，滑块下死点动态性能恶化。作为高速精密压力机生产线，还必须解决卷料质量、送料精度、模具性能与寿命、设备的刚度和精度、故障的自动监控、振动与噪声以及润滑系统等一系列技术问题。因此高速精密压力机选用合理的滑块行程次数非常关键。

### 1.1.3 高速精密冲压的演变

冲压主要是按工艺分类，可分为分离工序和成形工序两大类。分离工序也称冲裁，是使工件沿一定轮廓线与板料分离，同时保证分离断面的质量要求。成形工序是使板料在不破坏的条件下发生塑性变形，制成所需形状和尺寸的工件。在实际生产中，常常是多种工序综合应用于一个工件。冲裁、弯曲、剪切、拉深、胀形、旋压、校正是几种主要的冲压工艺。传统的冲压生产都是在普通压力机上进行的。近年来冲压件功能和复杂程度日益增加，对冲压件精度的要求也越来越高，同时人力成本剧增，熟练技工越来越短缺，而低效率生产的普通冲压件，其利润率越来越低，因此，传统的冲压生产方式已不能适应产品和市场的要求。应用自动化、高效率、高稳定性的高速精密冲压技术，在一台压力机上完成多道冲压工序，实现由带料开卷、矫平，从冲裁、成形到精整的全自动冲压，生产更加精密、复杂的工件，从而获得更大的技术附加值，已成为众多企业的不懈追求。

高速精密冲压生产技术是一种集成高速压力机、精密模具、自动化装置、材料、润滑、电控等多方面先进技术的现代生产方式。我国相关行业企业自 20 世纪 80 年代初以来，经过 30 年的引进、消化、吸收与发展，从各环节近乎零起点开始，已取得长足的进步与发展，在整体上达到了中等水平。与先进工业国家相比，国内相关企业还存在一定差距。就高速精密冲压零部件的生产而言，在中低档制品的产能和性价比方面，国内企业具有明显的实力与竞争力，但由于企业技术与装备的起点较低，从业人员技术经验不足等，在高速冲压工艺的

应用与创新等方面还有较大差距。就高速精密冲压装备制造而言,在中低端装备方面已能满足国内需求,但在高端装备的性能、精度、品种和规格等方面,与德国、瑞士、美国、日本等先进工业国家相比,还存在一定差距。我国在快速精密多工位级进模的设计与制造方面已具有相当的水平与实力,但其高端模具与重要的模具材料还依赖进口。在高速精密冲压的箔材方面进行了大量的国产化工作,为降低高速精密冲压件的成本奠定了基础,但在高档箔材的性能、品种等方面,仍有一定差距。

电机、电器、电子等产品的冲压件向高精度、复杂化、超批量、低成本方向的发展,高端冲压产品的不断涌现及各种新材料的广泛应用,将不断推动高速精密冲压向高速、精密、大型化、微薄化、高效率、集成化、复合化等深层次方向发展。

## 1.2 冲压件的特点及高速精密冲压件分类

### 1.2.1 冲压件的特点

冲压件是靠压力机和模具对板材、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。冲压件无处不在,从汽车的车身、底盘、油箱、散热器片,到锅炉容器的壳体、电机的铁心冲片、空调的换热器翅片、电子产品的连接器、半导体引线框架等都是冲压加工的,在仪器仪表、家用电器、自行车、办公器材、生活器皿等产品中也有大量冲压件。

冲压件具有如下特点。

1) 冲压件是在材料消耗不大的前提下,经冲压制造出来的,板料经过塑性变形后,其金属组织结构得到改善和强化,使冲压件强度有所提高。

2) 冲压件的尺寸与模具尺寸一致,具有较高的尺寸精度和较好的互换性,不需要进一步机械加工即可满足一般的装配和使用要求。

3) 冲压可制出其他方法难于制造的带有加强筋、肋、起伏或翻边的工件,提高了工件的结构刚性。

4) 冲压件具有较好的表面质量,外观光滑美观,为表面喷漆、电镀、磷化及其他表面处理提供了理想条件。

5) 冲压件为板材成形,具有材料薄、重量轻、一致性好、材料利用率高等特点。

高速精密冲压件是冲压件中的典型代表,采用高速冲压设备、精密模具和自动化生产模式,工件精度可达微米级,重复精度高、生产效率高,并可冲压出孔窝、凸台等复杂形状,正逐步向高精度、复杂化、微型化方向发展。

### 1.2.2 高速精密冲压件分类

高速精密冲压件按行业、用途和工艺特点一般可分为以下几类。

1) 电机电器铁心冲压件类。

2) 换热器翅片冲压件类。

3) 半导体引线框架冲压件类。

4) 电连接器冲压件类。

5) 汽车零件冲压件类。

- 6) 家电零件冲压件类。
- 7) 五金冲压件类。
- 8) 微成形冲压件类。
- 9) 仪器仪表冲压件类。
- 10) 其他冲压件类。

## 1.3 高速精密冲压件的技术特点与生产模式

### 1.3.1 高速精密冲压件的技术特点

高速精密冲压件种类繁多、生产量大、精度高、形状复杂,使用薄板材料且材料多样。主要类型的高速精密冲压件具有如下技术特点。

定、转子铁心是电机的重要部件,它的质量好坏直接影响到电机的技术性能。传统电机定、转子铁心制造工艺,是用一般冲模冲压出定、转子冲片(散片),经过齐片,再用铆钉铆接、扣片、氩弧焊等方法制成铁心。对于交流电机转子铁心还需用手工扭转出斜槽。步进电动机要求定、转子铁心磁性能和厚度方向均匀,定子铁心和转子铁心冲片之间分别要求旋转一定的角度,如用传统方法制作,效率低,精度很难达到技术要求。随着工业生产技术的不断发展,在电机、电器等技术领域,已广泛采用高速冲压多工位级进模制造自动叠片式结构铁心,如各种微电机的定、转子铁心,及山字形、U字形、小型变压器铁心等。其中定、转子铁心还可带扭转叠斜槽,冲片之间带大角度回转叠铆结构等。与普通冲模相比,多工位级进模具有冲压精度高、生产效率高、使用寿命长、所冲压铁心尺寸精度一致性好、容易实现自动化、适合大批量生产等优点,是微电机行业精密模具发展的方向。

电子冲压件种类最多,结构也最为复杂。电子类冲压件一般精度要求都比较高,同时还要求冲压材料厚度精确、均匀,表面光洁,无斑、无疤、无擦伤、无表面裂纹等,材料的屈服强度均匀、无明显方向性、均匀伸长率高、加工硬化性低。

换热器翅片是指换热装置中进行热传递的金属片,增大换热装置的换热表面积,可提高换热效率。换热器翅片年产量达数亿件,其材料通常为0.08~0.20mm厚的铝箔,因此必须采用高速级进模生产。

半导体引线框架是半导体芯片的载体,扮演半导体器件与印制电路板(PCB)之间的接口角色。其显著的特点是:表面质量、形状精度、形位精度、积累误差、外观特性等要求,是所有冲压件中最高的。尤其是其内引线的形状,基本上都像是螃蟹脚状细而长的悬臂,有别于常规的冲压工艺性。

电连接器种类繁多,应用领域广泛,其中所包含的冲压件更是形态多样,一般有以下几个特点。

(1) 可靠度高 由于是子系统之间的电信号连接,要求在使用恶劣条件下仍能够保持可靠度,如冲击、振动、应力松弛、环境腐蚀等。一般会进行电镀处理来保证耐腐蚀性。

(2) 精度要求高 常规民用产品连接器冲压件,一般冲裁精度在 $\pm 0.03\text{mm}$ 以内,折弯精度在 $\pm 0.05\text{mm}$ 以内,而高等级冲裁精度要求 $\pm 0.01\text{mm}$ ,折弯在 $\pm 0.02\text{mm}$ 以内。

微成形冲压件主要有薄板的微拉深、增量成形、微冲裁和微弯曲等微冲压方法。与传统



冲压工艺相比,虽然过程相同,但微冲压并不是传统冲压形状的简单缩小。

随着成形零件尺寸缩小,微冲压具有以下的特点。

- 1) 其表面积和体积之比增大,从而影响到温度条件。
- 2) 零件尺寸越小,工模具之间的黏附力和表面张力的影响越大。
- 3) 晶粒尺度的影响很显著,不再像传统的成形那样,被看成同性的均匀连续体。
- 4) 当产品的宽度尺寸和板厚相当时,很高的应变速率会影响到材料的塑性和微观组织,特别是晶粒尺寸和典型的工件尺寸。
- 5) 零件的尺寸越小,闭式的润滑坑面积占总润滑面积的比例缩小,工件表面存储润滑剂越困难。

五金冲压件广泛应用在我们熟知的各个领域,包括一些电子器件、汽车配件、装饰材料、仪器仪表等。五金冲压件具有薄、匀、轻、小、强的特点。由于五金冲压件为大家所熟知,在此不再赘述。

### 1.3.2 高速精密冲压件的生产模式

高速精密冲压件均以高速精密压力机生产线和多工位硬质合金级进模作为主要工艺手段实施量产,其中也包含冲裁、拉深、弯曲、翻边、铆接等工序复合的级进模具。材料多为卷状带料,由自动放料架自动放料,一般需经校平机矫平。经过矫平的材料由高速压力机附属送料机进行自动送料。为改善冲压性能,材料表面需浸或喷冲压油,选择冲压油同时需要评估后工序的需要。制件一般由收料机卷盘自动包装,制件加层间纸或塑料薄膜,或由传送带直接送入集料器。部分冲压件需进行后处理,如清洗、电镀等。绝大多数高速精密冲压件以单机自动化生产,个别复杂制件采用多机自动生产线。

## 1.4 高速精密冲压件的材料

### 1.4.1 高速精密冲压件对材料的要求

为了适应高速精密冲压件加工,需采用卷料,卷料的厚度公差、宽度公差、表面质量等应符合国家规定的标准。不同的冲压件对材料的力学性能、物理性能、工艺性能等提出了不同要求。除此之外,对材料纵剪成带料的精度与毛刺、材料利用率及合理的冲裁间隙等均有相关要求。

### 1.4.2 常用材料的种类、性能及技术条件

高速精密冲压生产中最常用的材料是金属材料(包括黑色金属和有色金属)。其中黑色金属主要有普通碳素结构钢、优质碳素结构钢、合金结构钢、碳素工具钢、不锈钢、电工硅钢片等;有色金属主要有纯铜、黄铜、青铜、铜合金、铝等。材料的供应状态一般是各种规格的卷料。关于各种材料的牌号、规格和性能,可查阅有关手册和标准。高速精密冲压件使用的原材料应符合产品图样的要求,应具备质保书或理化试验报告单,保证材料符合标准规定的技术要求,当无质量证明书或其他原因时,应委托有资质的第三方机构进行理化试验。除冲切断面外,高速精密冲压件表面状况的要求与所用材料一致,在成形过程中允许有轻微的拉深纹和较小的表面不平度。