

锻压手册

第 2 卷

冲压

中国机械工程学会锻压学会 编

机械工业出版社

锻 压 手 册

第 2 卷

冲 压

中国机械工程学会锻压学会 编



机 械 工 业 出 版 社

(京) 新登字054号

内 容 简 介

为了提高我国机械电子行业的工艺水平,推动企业技术进步;满足科研生产的需要,中国机械工程学会锻压学会组织编写了这部综合性工具书——《锻压手册》。本手册共分3卷:第1卷“锻造”;第2卷“冲压”;第3卷“锻压车间设备”。

本卷内容包括:冲压工艺基础、冲裁、弯曲、拉深、胀形、翻边、成形、特殊成形工艺、冲模、工艺过程设计、机械化自动化、安全技术等。

本手册可供从事冲压工艺与冲模设计的技术人员使用,也可供有关专业的研究人员及大专院校师生参考。

锻 压 手 册

第 2 卷

冲 压

中国机械工程学会锻压学会 编

*

责任编辑:刘彩英 版式设计:冉晓华

封面设计:姚毅 责任校对:肖新民

责任印制:路玉林

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

济南新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 53¹/₂·插页 3·字数 1310 千字

1993年9月济南第1版·1993年9月济南第1次印刷

印数 0001-5 900·定价:50.00 元

*

ISBN 7-111-03355-8/TG·734

发展轻压技术
振兴机电工业

何光远



一九九一年
三月廿日

推广锻压新技术提高
质量节能节材为改
变行业面貌而努力。

陆燕荪



一九九二年三月

《锻压手册》编委会

荣誉主任委员 何光远

主任委员 海锦涛

副主任委员 周大隼 王焱山 闵学熊

王仲仁 李硕本 俞新陆

委员 (按姓氏笔划顺序排列)

王祖唐	付沛福	刘才正	刘庚申
刘彩英	朱红海	孙育志	阮雪榆
陈上达	陈适先	陈锡禄	李成功
李社剑	李郁华	李铁生	吴听松
杨志敏	辛宗仁	何绍元	何富源
张承鉴	肖景容	林秀安	俞云焕
胡世光	胡正寰	皇甫骅	姜奎华
夏天赳	常希如	黄树槐	程瑞全
霍文灿	戴可德		

本卷主编、主审

主 编	李硕本	
副 主 编	涂光祺	周大隽
主 审	姜奎华	储家佑
副 主 审	朱红海	王国治
学术秘书	卢险峰	

本 卷 篇 负 责 人

第一篇	李硕本	周大隽
第二篇	储家佑	涂光祺
第三篇	王新华	
第四篇	杨玉英	
第五篇	于连仲	
第六篇	闵乃燕	
第七篇	李绍林	
第八篇	何奕琦	
第九篇	李硕本	

序

“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几千年的历史，都伴随锻压技术的发展。从最初锻造农具和制造盔甲，到现在生活中随处可见的千千万万的锻压产品，都证明了这一技术对人类的宝贵价值。目前，人类生产的金属材料的大部分，最终都是经过锻压方法加工成成品零件的。

越来越多的生产实践表明，锻压法已遍及国民经济的各个生产领域。这不仅因为它能合理地利用金属的塑性，省时节能地获得产品的形状，而且还能改变金属的性能，通过改善金属的内部组织，提高原始金属本身的承载能力，进而收到节材的效果。近些年的发展也表明，锻压已不再只是一种加工零件毛坯的手段，用它直接成形零件的生产实例已越来越多。这一切证明锻压是一种充满活力和前途宽广的加工技术，它的水平正不断提高，它的作用也不断延伸。所以，现在的飞机、汽车、船舶、大型发电设备和化工容器以及军工领域的许多大型的重要零件和仪器、钟表中的一些小零件，都几乎是用这种方法制造出来的。

建国以来，我国的锻压技术有了飞跃的发展。从教学、科研和生产方面基本形成了一个完整的专业体系。特别是专业人材培养和锻压技术科研方面，与先进国家并没有太大的差距。但是就全行业普遍的生产水平而言，不仅与世界先进国家的差距很大，就是与国内外其它机械制造工艺相比，也是最落后的行业之一。

随着我国四化建设，特别是汽车工业的发展，客观上对锻压技术也提出了更新更高的要求。作为锻压技术工作者应当共同携手，为充分发挥成形技术的潜力，尽快掌握更多的先进技术，及时总结技术经验，丰富专业基础文件，大面积提高专业技术水平而努力。

鉴于多年来我国锻压技术工作的基础建设一直较弱，沿用苏联等外国资料的情况较多，从事锻压生产的技术人员普遍希望有一本先进、实用的技术手册来指导自己的工作。因此，中国机械工程学会锻压专业学会受机械工业出版社的委托，出面组织综合性锻压手册的编写工作，以期发挥国内锻压技术界的优势，群策群力编出一套既科学又实用、既符合我国现阶段国情，又体现一定先进性的锻压技术手册，供现场锻压工艺工程师使用。

经过短期的筹备，编写工作于1987年4季度全面铺开。我们从学校、科研单位和工厂中动员了110人的业余编写班子，他们都是各个领域中具有相当高的理论水平和丰富的实践经验的锻压技术专家，经过三年的努力，编就了这套近三百余万字的专业技术手册。

整套手册共分三卷，第一卷为锻造卷（体积成形）；第二卷为冲压卷（板料成形）；第三卷为锻压车间设备卷。按照这种分卷原则，冷挤压和超塑性成形编入第一卷；厚板热冲压、吹塑成型和旋压编入第二卷；下料设备、加热设备和车间机械化运输设备等都编入第三卷。在选材过程中，始终以实用性为主，同时注意吸收一些有用的国外资料，体现了一定程度的先进性。所以，从总体上看，这套手册的内容丰富，实用性强，是建国以来锻压专业最完整、最符合现阶段国情的一部技术手册。希望它的出版能在我国90年代的锻压生产活动中发挥作用。

由于经验、组织能力和活动资金的限制，也由于企业竞争、技术保密的障碍，在编写过程中也遇到前所未有的困难，因此尽管尽了最大的努力，这套手册仍然存在一些欠缺和不足，诚望广大读者在使用本手册过程中提出宝贵的意见，供修订和再版时参考。

最后，衷心希望这部反映了锻压行业广大技术人员和工人几十年所创造和积累的经验，凝结了一百多位编写者几年心血的手册，能对广大锻压行业工作者有所帮助，对我国锻压行业赶上国际先进水平作出贡献。

海锦涛

前 言

冲压生产技术对国民经济各部门的发展具有十分重要的意义。世界上各先进的工业国家，在工业迅猛发展的情况下，它们的冲压技术水平也显示出明显的进步。因此，我国从事冲压生产技术工作的人员，也深感提高业务能力是一项十分紧迫的任务。

虽然近期出版了各种关于冲压和冲模的设计手册与资料，但是从事冲压生产技术的人员仍感到有必要在我国各单位多年科学研究成果和生产实践中取得的大量成功经验的基础上，结合国外冲压生产技术发展的新成就，编写一部既实用、又科学，也能充分反映现代冲压技术发展新动向的一本冲压手册。

基于这样的想法，并在编写工作会议上经同行们的充分酝酿与讨论，一致认为：新编的冲压手册应以冲压工艺分析、冲压工艺过程设计、冲压工艺参数的确定原则与方法以及先进的冲压工艺推广为主要内容。围绕这些内容，力求做到既提供可靠与必要的图表，也在一定程度上尽力给出这些数据的应用条件。以便在条件变更时，也能灵活参考运用。以期成为我国冲压技术人员的一本得力工具书。

在编写这本冲压手册过程中，得到各位编、审人员的协同配合和全力支持，部分院校、研究所和工厂也都提供了许多技术数据和资料，为本手册的编辑出版作出了宝贵的贡献。谨向这些单位和个人，致以深深的谢意。

由于我们缺乏编写大型工具书的经验，更兼业务能力的不适应，不足之处，在所难免，诚望读者指正。

主编 李硕本

目 录

第一篇 冲压工艺基础

第一章 概述	1	第六节 冲压变形的实验研究方法	26
第一节 冲压生产技术的特点	1	参考文献	31
第二节 冲压生产的概况	2	第三章 冲压用原材料及冲压性能	32
第三节 冲压生产技术的发展	7	第一节 冲压用原材料及其规格	32
第二章 冲压工艺基础	11	第二节 板料冲压性能概述	46
第一节 冲压变形毛坯的分析	11	第三节 板材拉伸试验	48
第二节 冲压变形的基本形式	12	第四节 各种工艺试验方法	51
第三节 冲压变形的分类	14	第五节 冲压生产中的合理选材	61
第四节 冲压变形中的应力	19	第六节 冲压用新材料及其性能	63
第五节 冲压变形趋向性规律及其应用	21	参考文献	69

第二篇 分 离

第一章 剪切	71	第十节 高速冲裁	144
第一节 平刃剪切	71	第十一节 提高冲裁件精度的方法	150
第二节 斜刃剪切	72	参考文献	161
第三节 滚剪与振动剪	75	第三章 精密冲裁	162
第四节 管材与型材的剪切	76	第一节 精冲工艺过程分析	162
参考文献	82	第二节 精冲工艺的力能参数	166
第二章 冲裁	83	第三节 精冲件结构工艺性	168
第一节 冲裁过程变形分析	83	第四节 精冲复合工艺	171
第二节 冲裁间隙	88	第五节 精冲件质量及影响因素	180
第三节 冲裁模刃口尺寸的计算	99	第六节 精冲材料	188
第四节 冲裁力和功	105	第七节 精冲工艺润滑	194
第五节 材料的经济利用	109	第八节 精冲模具	197
第六节 冲裁件的工艺性	121	第九节 在通用压力机上的精冲	205
第七节 非金属材料的冲裁	126	第十节 对向凹模精冲	211
第八节 其它冲裁方法	134	参考文献	215
第九节 管材与型材的冲裁	140		

第三篇 弯 曲

第一章 板材弯曲	217	第五节 弯曲力的计算	238
第一节 概述	217	第六节 复杂形状零件的弯曲	239
第二节 弯曲件的工艺性	219	第七节 提高弯曲件精度的工艺措施	246
第三节 弯曲时的回弹	223	第八节 弯曲件常见缺陷及消除方法	247
第四节 弯曲毛坯展开长度的计算	227	第九节 拉弯	248

XIV

第十节 滚弯	250	第二节 毛坯展开长度的计算	265
第十一节 滚压成形	256	第三节 断面形状的畸变及其防止	266
参考文献	262	第四节 弯曲成形极限	268
第二章 管材与型材的弯曲	263	第五节 弯矩的计算	269
第一节 概述	263		

第四篇 拉 深

第一章 圆筒形零件的拉深	271	参考文献	359
第一节 拉深时的变形特点	271	第二章 扁圆及椭圆形零件拉深	360
第二节 拉深系数及拉深次数	275	第一节 低扁圆、低椭圆形零件的拉深	360
第三节 带法兰圆筒形零件的拉深	282	第二节 高扁圆零件的多次拉深	365
第四节 拉深件毛坯尺寸的确定	292	第三节 高椭圆零件的多次拉深	372
第五节 拉深起皱及防止措施	309	参考文献	380
第六节 拉深模工作部分的结构设计	314	第三章 盒形件拉深	381
第七节 回转体阶梯形零件的拉深	319	第一节 低盒形件的拉深	381
第八节 其它拉深方法	322	第二节 高盒形件的拉深	394
第九节 拉深力和拉深功	346	第三节 带法兰盒形件的拉深	403
第十节 提高拉深变形程度的方法	348	第四节 模具工作部分形状和尺寸	408
第十一节 拉深件工艺性及质量分析	351	参考文献	409
第十二节 拉深过程中的热处理与润滑	355		

第五篇 成 形

第一章 胀形	411	第四章 缩口、扩口与校形	484
第一节 胀形特点	411	第一节 缩口	484
第二节 平板坯料的局部胀形	413	第二节 扩口	493
第三节 圆柱空心坯料胀形	417	第三节 校形	497
第四节 超塑性气胀成形	421	参考文献	501
第五节 胀形成形极限及其控制	427	第五章 旋压	502
参考文献	436	第一节 普通旋压	502
第二章 曲面零件成形	437	第二节 变薄旋压	518
第一节 概述	437	参考文献	551
第二节 锥形件成形	441	第六章 厚板成形	552
第三节 球形件成形	455	第一节 概述	552
第四节 抛物线形件成形	462	第二节 典型厚板零件的成形	554
参考文献	465	第三节 其它厚板零件的成形	560
第三章 翻边	467	第四节 模具设计	564
第一节 平面翻边	467	第五节 缺陷的产生及其防止	576
第二节 曲面翻边	475	参考文献	578
参考文献	483		

第六篇 特殊冲压工艺

第一章 爆炸成形	579	参考文献	589
第一节 概述	579	第三章 软模成形	590
第二节 爆炸成形装置与模具特点	580	第一节 概述	590
第三节 爆炸成形工艺参数	581	第二节 橡胶成形工艺	590
参考文献	584	第三节 橡胶成形模具及设备	598
第二章 放电成形	585	第四节 液压成形	600
第一节 概述	585	参考文献	604
第二节 电磁成形	585		

第七篇 冲 模

第一章 冲模结构	605	第三章 简易冲模	693
第一节 冲模分类与基本结构组成	605	第一节 钢带冲模	693
第二节 冲裁模	606	第二节 薄板冲模	698
第三节 成形模	619	第三节 聚氨酯冲模	699
第四节 组合冲模	637	第四节 低熔点合金、锌合金冲模	708
第五节 多工位连续模	640	第五节 超塑性材料冲模	712
第二章 冲模设计	645	参考文献	714
第一节 冲模设计总体要求及内容	645	第四章 冲模管理	715
第二节 冲模零部件的设计	648	第一节 冲模的前期管理	715
第三节 冲模CAD	684	第二节 冲模的中期管理	716
第四节 冲模常用材料	690	第三节 冲模的后期管理	719
参考文献	692		

第八篇 冲压自动化与安全技术

第一章 冲压生产自动化	721	第七节 冲压柔性加工系统	787
第一节 概述	721	参考文献	792
第二节 条料、卷料和板料送料装置	723	第二章 冲压安全技术	793
第三节 半成品送料装置	747	第一节 概述	793
第四节 自动检测装置	772	第二节 压力机安全装置和手用工具	793
第五节 冲压自动线	777	第三节 冲压模具的安全技术要求	802
第六节 微机控制技术在冲压自动化生产中的应用	784	第四节 冲压生产中的噪声及其控制	807
		参考文献	813

第九篇 冲压工艺过程设计

第一章 冲压工艺过程设计基础	815	第二章 冲压工艺过程设计经济分析	827
第一节 概述	815	第一节 概述	827
第二节 冲压变形工序的确定原则	816	第二节 经济分析的方法与内容	829
第三节 冲压设备的选择	822	第三节 工艺成本的内容和计算	830
参考文献	826	参考文献	840

第一篇 冲压工艺基础

第一章 概 述

燕山大学 李硕本
机电部机电所 周大隼

第一节 冲压生产技术的特点

冲压是金属塑性加工的基本方法之一，它主要用于加工板料零件，故常称为板料冲压。由于这种加工方法多在常温下进行，所以也叫冷冲压。虽然上述两种叫法都不能十分确切地把冲压加工内容充分地表达出来，但在机械加工领域里已得到广泛的应用。

冲压加工时，冲压设备给出的力，通过模具的作用，施加在板料毛坯的全体或局部，使之产生内应力。当内应力达到一定数值时，板料毛坯就会产生一定的塑性变形。在这种情况下，借助于模具工作部分对板料毛坯变形的控制，使毛坯按照预期的要求成为产品零件，实现加工的过程。因此，可以认为冲压设备、冲模和板料毛坯是构成冲压加工的三个基本要素（图1-1-1）。

冲压生产是靠冲压设备和模具实现对板料毛坯的加工过程。它利用冲压设备和冲模的简单的直线往复运动或回转运动完成相当复杂形状零件的制造过程，所以冲压加工的生产效率很高，每分钟可以加工数十个零件、甚至达到千件以上。由于这样的特点，使冲压生产中的操作过程变得十分简单而容易，为操作过程的机械化与自动化，提供了十分方便的条件。和当代的电子计算机技术相结合，也易于实现无人化的生产过程。

冲压生产用的原材料多为冷轧板材或冷轧带材。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。在冲压加工中，这些良好的表面又不致遭到破坏，所以冲压件的表面质量好，而成本却很低廉。

利用冲压加工方法，可以制造形状相当复杂的零件，且能够把强度好、刚度大、重量轻等相互矛盾的特点融为一体，形成十分合理的结构形式。图1-1-2即为这种合理结构的实例，

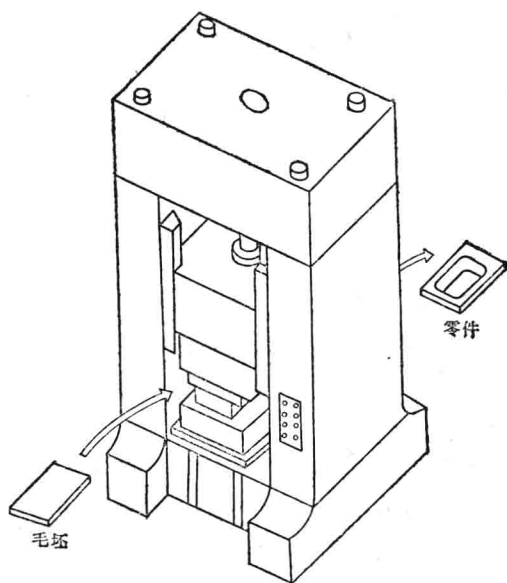


图1-1-1 冲压加工示意图

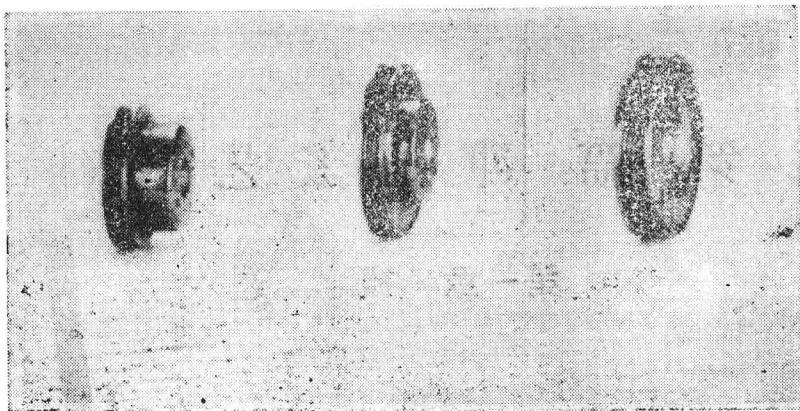


图1-1-2 冲压方法制造的带轮

它是用冲压方法制造的槽形皮带轮。

冲压加工时，不需要对毛坯加热，也不像切削加工那样把大量金属切成切屑，所以它是一种节约能源和资源的加工方法。

冲压产品的质量与尺寸精度，都由冲模保证，基本上不受操作方法和其它偶然因素的影响，所以冲压产品的质量稳定，也容易采取必要的技术措施以提高产品的质量。

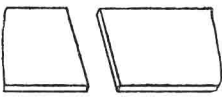
由于冲压生产具有上述的许多特点，现在它已经成为金属制品加工中的一种非常重要的加工方法。在大多数情况下，冲压产品不再经过后继的加工，而直接用于装配或做为成品零件，直接使用。

第二节 冲压生产的概况

冲压生产的制品，根据原材料种类、板材的厚度、零件的形状和尺寸、精度要求、批量大小等方面，在非常大的范围内变化。因此，冲压加工方法、使用的冲模和冲压设备也是多种多样的。概括起来，可以把全部的冲压加工工艺方法归纳为两大类：分离工序与成形工序。

分离工序是使冲压件与板料，或者使冲压件与半成品的某个部分，沿一定的轮廓曲线实现相互分离的冲压加工方法。成形工序是使平板毛坯或冲压半成品的某个部分或整体改变形状的冲压加工方法。分离工序与成形工序的概况与特点，分别列于表1-1-1、表1-1-2及表1-1-3中。分离工序有：剪切、落料、冲孔、修边、剖切、精密冲裁等。成形工序有：弯曲（压弯、滚弯、卷弯、拉弯等）、拉深、胀形、翻边扩口、缩口、卷边、校平等。

表1-1-1 分离工序

工序名称	简 图	特点及应用范围
剪切（切断）		沿不封闭的直线分离，应用于冲压毛坯的下料、板料剪切成条料或形状简单零件的加工

(续)

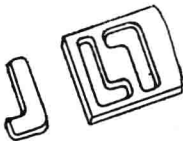
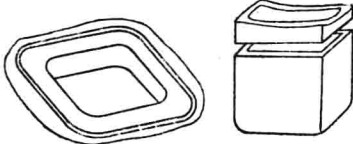
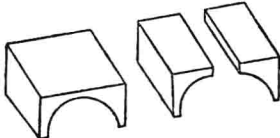
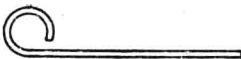
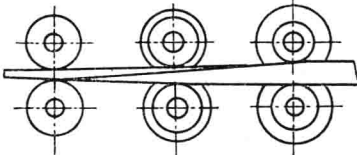
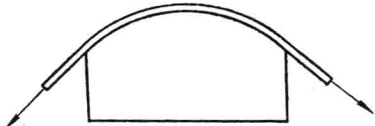
工序名称	简 图	特点及应用范围
冲裁 (落料)		沿封闭的轮廓曲线实现分离, 用以加工各种形状的平板型冲压件
冲 孔		在零件上加工各种形状的孔
修 边		在冲压半成品的平面或曲面上沿一定的轮廓曲线修切边缘
剖 切		把经过整体成形获得的半成品, 沿一定的轮廓剖切成两个或更多个冲压件
冲压-压弯		沿不封闭的轮廓曲线冲孔, 同时也完成压弯的复合加工方法

表1-1-2 弯曲工序

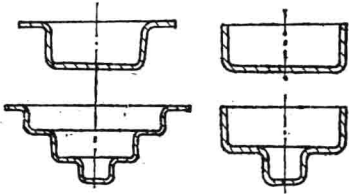
工序名称	简 图	特点及应用范围
弯曲 (压弯)		用冲模将板料毛坯沿直线压弯成各种形状, 可以制造形状很复杂的零件

(续)

工序名称	简 图	特点及应用范围
滚 弯		沿直线用辊子(2~4个)实现板料的逐步弯曲加工, 常用于各种容器直筒部分的成形等
卷 弯		用模具对毛坯的一端施加压力使之弯曲的加工方法, 常用于铰链的制造等
纵向辊弯成形		用多对成形辊, 沿纵向使带料逐渐弯曲的方法, 用于型材、管材和各种异形管的加工
拉 弯		在施加拉力的条件下实现弯曲加工, 多用于大曲率半径和精度要求高的零件的成形
扭 曲		使毛坯的局部变形且扭转成一定的角度, 其变形性质不同于一般弯曲

由于冲压加工具有前述的许多突出的特点和在技术、经济方面明显的优越性, 现在它在汽车与拖拉机工业、电机电器与仪表工业、航空与航天工业、国防工业、轻工业、家用电器制造业等部门占据十分重要的地位。据冲压工业界的统计, 现代汽车工业中, 冲压件的生产总值, 约占59%左右。从图 1-1-3 可见的汽车外表面零件, 几乎全部都是由冲压件所构成。从图1-1-4也可明显地说明冲压件在日常家庭生活用具方面所处的地位。

表1-1-3 成形工序

工序名称	简 图	特点及应用范围
拉 深		各种形状的直壁空心零件的冲压成形, 可以采用多次拉深工序制造高度很大的空心零件