

锻压手册

冲 压

第2版

中国机械工程学会锻压学会 编

2



机械工业出版社
China Machine Press

锻压手册

冲压

第2版

2

中国机械工程学会锻压学会 编



机械工业出版社
China Machine Press

● ISBN 7-111-03355-8/TG·734

封面设计 / 电脑制作 : 姚毅



锻压手册

第1卷 锻造

第2卷 冲压

第3卷 锻压车间设备

ISBN 7-111-03355-8



0 1>



9 787111 033554

定价: 78.00 元

1025027

锻 压 手 册

第 2 卷

冲 压

第 2 版

中国机械工程学会锻压学会 编



机 械 工 业 出 版 社

1102501

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,满足科研生产的需求,中国机械工程学会锻压学会组织有关专家学者对这部综合性工具书——《锻压手册》进行修订。本手册仍分三卷,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、精密冲裁、弯曲、拉深、胀形、翻边、成形、汽车覆盖件成形、特殊成形工艺、冲模、工艺过程设计、机械自动化、安全技术、冲压加工智能化技术及计算机在冲压加工中的应用等。

本手册可供从事冲压工艺与模具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。

图书在版编目(CIP)数据

锻压手册. 第2卷, 冲压/中国机械工程学会锻压学会编.
—2版. —北京: 机械工业出版社, 2002. 1
ISBN 7-111-03355-8

I. 锻... II. 中... III. ①锻压—手册②冷冲压—手册
IV. TG31-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第061605号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑: 刘彩英 版式设计: 张世琴 责任校对: 张媛
封面设计: 姚毅 责任印制: 路琳
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002年1月第2版·第1次印刷
1000mm×1400mm B5·29.75印张·4插页·1796千字
8 901—12 900册
定价: 78.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

本卷第2版编审人员

主 编 李硕本

副主编 涂光祺 郭 斌

主 审 周贤宾 常志华

编写人员 (按姓氏笔划排列)

于连仲 王志恒 王典均 王新华

卢险峰 孙 进 冯贵荣 李绍林

李硕本 李春峰 李顺平 陈适先

杨玉英 何奕琦 赵 军 胡伟丽

胡福泰 张维民 荣 焯 涂光祺

郭 斌 康达昌 崔令江 储家佑

第 1 版《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 周大隽 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

李社钊 李郁华 李铁生 吴听松

杨志敏 辛宗仁 何绍元 何富源

张承鉴 肖景荣 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

第 2 版序

《锻压手册》第 2 版于 21 世纪初出版,这是我国锻压行业的一件大事。自手册第 1 版问世以来,已近十载。它受到了广大读者的欢迎,在生产、科研和教学中起到了十分显著的指导作用,为推动我国锻压事业的发展和提高锻压行业的整体技术水平发挥了积极的作用。

近 10 年来,大家对发展先进制造技术取得了共识,塑性加工技术也取得了前所未有的进展。塑性成形技术的发展涉及材料、能源、模具和设备等各个方面。成形技术、方法的创新及其过程的科学分析与控制是发展的核心。十多年来,精确成形技术在国内外迅速发展,许多优质、高效、节能省力的塑性成形技术相继出现,并在生产中获得广泛应用,取得了十分可观的经济效益;同时,也积累了大量宝贵的经验。手册第 2 版的编写顺应了进一步完善、充实内容和体现先进性的迫切要求。

塑性成形技术发展的现代特征是与高新技术相结合。随着汽车、航空航天、电子等工业的发展,信息技术、计算机技术、数字化技术、现代测控技术等向塑性加工领域的渗透与交叉融合,全面促进了传统成形技术的改造及先进塑性成形技术的形成和发展,使塑性加工在理论、方法与体系上开始发生很大变化。

先进塑性成形技术的主要标志是科学化、数字化、可控化。科学化主要体现在成形过程、产品质量以及成本效益的预测与优化,需要以对材料变形规律的认识和把握为基础,以计算机虚拟仿真技术为工具。20 世纪八、九十年代数字模拟技术的发展是塑性加工技术从经验走向科学化的重大转折。同时,人工智能和智能控制技术也将在塑性加工领域协同发展。

先进塑性成形技术将更加注重产品制造全过程,既重“形”又重“质”,从产品初步设计起就对产品的可成形性、可加工性及期望性能的保证度作出快速分析与评估,从而尽快实现并行设计模式。

先进塑性成形技术将具有更大的柔性,以适应未来多样化及产品个性化的发展趋势,增强企业对市场变化的快速响应能力。同时,也将更加重视复合化工艺技术,为发展净近成形和零件-结构的一体化成形提供新的技术途径。

先进塑性成形技术将更加重视资源的综合利用和对环境的影响,“绿色塑性加工”将获得系统的研究和发展。

总之,中国塑性加工技术的发展,需要加快从经验向科学转化的进程,做到更精、更省、更净。中国的锻压技术和水平与世界先进国家相比,总体上仍有较大的差距。随着我国加入 WTO,锻压技术和工业既充满发展的机遇,又面临以高新技术改造传统产业技术的严峻挑战。

跨世纪的《锻压手册》第 2 版的编写,是一项十分艰巨的工作。它再一次集中了本行业内高水平专家的智慧和经验,是锻压界同行共同努力的结果。大家在认真总结 10 年来积累的丰富经验的基础上,继续坚持可靠性、实用性和综合性相结合的原则,注意到

先进塑性成形技术的发展,适当补充了一部分最新研究成果和具有前瞻性的新内容,以期引起读者的关注。由于新技术发展迅速,深度广度不断增加,在新内容的增补取舍上带有相当程度的探索性,错误与不足之处在所难免,恳切希望广大读者给予指正,为今后的修订提供依据,以求进一步完善提高。相信手册第2版将成为广大从事塑性加工的科技人员的好帮手。

对于手册第2版编写过程中给予支持的部门、单位和付出辛勤劳动的编写、评审人员,以及所有热心提供资料的人员表示衷心的感谢。

周贤宾、刘正襄

第 1 版序

“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。

海錦涛

第2版前言

《锻压手册》冲压卷编写出版已十几年了,为我国冲压技术的发展和冲压生产水平的提高起到了重要的作用,在此,对在第一版编写过程中付出辛勤劳动的各位编者表示衷心的感谢!

在这十几年的期间里,冲压技术得到了迅猛的发展,出现了许多新的研究成果与加工方法,计算机技术在冲压加工领域中的应用日益广泛,大大地提高了劳动生产率。为此,本版在手册第一版的基础上进行了必要的修订,以适应时代的发展和生产的需求。

本次修订工作内容主要包括以下几个方面:

一、根据冲压技术的发展和冲压生产的需要,增加了汽车覆盖件、冲压成形过程智能化、计算机辅助技术在冲压中的应用等内容;

二、按修订工作的总体要求,重新编写了管材与型材弯曲、电磁成形、液压成形等部分;

三、对相当多的部分做了改进、充实的修订工作,如冲裁、精密冲裁、管材剪切、冲压用原材料与冲压性能等;

四、对其余部分,也做了必要的局部修订工作。

此次修订工作,尽量反映国内外最新冲压技术成果,做到言简意赅、便于实用。但是,我们也深切地感到,即使做了这些努力,在本次修订工作中,还存在许多需要改进与提高的地方,敬请广大读者批评指正,提出宝贵意见。

编 者

2001年7月

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	25
第一节 冲压生产技术特点	1	参考文献	29
第二节 冲压生产概况	2	第三章 冲压用原材料及冲压性能	30
第三节 冲压技术的发展	6	第一节 冲压用原材料及其规格	30
参考文献	9	第二节 板料冲压性能概述	52
第二章 冲压工艺基础	10	第三节 板材拉伸试验	54
第一节 冲压变形毛坯的分析	10	第四节 各种工艺试验方法	56
第二节 冲压变形的形式	11	第五节 常用板料冲压成形性能	65
第三节 冲压变形的分类	13	第六节 冲压生产中的合理选材	70
第四节 冲压变形中的应力	17	第七节 冲压用新材料及其性能	73
第五节 冲压变形趋向性规律及其 应用	21	参考文献	77

第二篇 分 离

第一章 剪切	78	第一节 精冲工艺过程分析	157
第一节 平刃剪切	78	第二节 精冲工艺的力能参数	160
第二节 斜刃剪切	79	第三节 精冲件结构工艺性	162
第三节 滚剪与振动剪	82	第四节 精冲复合工艺	165
第四节 管材与型材的剪切	83	第五节 精冲件质量及影响因素	175
参考文献	90	第六节 精冲材料	183
第二章 冲裁	91	第七节 精冲工艺润滑	188
第一节 冲裁过程变形分析	91	第八节 精冲模具	191
第二节 冲裁间隙	95	第九节 在通用压力机上的精冲	198
第三节 冲裁模刃口尺寸的计算	106	第十节 对向凹模精冲和平面压边精 冲	204
第四节 冲裁力和冲裁功	111	参考文献	208
第五节 材料的经济利用	116	第四章 高速冲裁	209
第六节 冲裁件的工艺性	126	第一节 高速冲裁的特点	209
第七节 非金属材料的冲裁	131	第二节 高速精密送料装置	214
第八节 其他冲裁方法	138	第三节 三高模具设计与制造要点	220
第九节 管材与型材的冲裁	143	第四节 典型零件的高速冲裁	230
第十节 提高冲裁件精度的方法	146	参考文献	239
参考文献	156		
第三章 精密冲裁	157		

第三篇 弯 曲

第一章 板材弯曲	241	第九节 拉弯	271
第一节 概述	241	第十节 滚弯(卷板)	272
第二节 弯曲件的工艺性	243	第十一节 辊压成形(辊形)	278
第三节 弯曲时的回弹	246	参考文献	284
第四节 弯曲毛坯展开长度的计算	250	第二章 管材与型材弯曲	285
第五节 弯曲力的计算	261	第一节 管材与型材弯曲的特点	285
第六节 复杂形状零件的弯曲	262	第二节 管材与型材的弯曲方法	288
第七节 提高弯曲件精度的工艺措施	268	第三节 特种弯曲方法	295
第八节 弯曲件常见缺陷及消除方法	268	参考文献	300

第四篇 拉 深

第一章 圆筒形零件的拉深	301	滑	376
第一节 拉深时的变形特点	301	参考文献	380
第二节 拉深系数及拉深次数	304	第二章 扁圆及椭圆形零件拉深	381
第三节 带法兰圆筒形零件的拉深	311	第一节 低扁圆、低椭圆形件的拉深	381
第四节 拉深件毛坯尺寸的确定	319	第二节 高扁圆形件的多次拉深	385
第五节 拉深起皱及防止措施	335	第三节 高椭圆形件的多次拉深	391
第六节 拉深模工作部分的结构设计	339	参考文献	397
第七节 回转体阶梯形零件的拉深	344	第三章 盒形件拉深	398
第八节 其他拉深方法	347	第一节 低盒形件的拉深	398
第九节 拉深力和拉深功	367	第二节 高盒形件的拉深	409
第十节 提高拉深变形程度的方法	369	第三节 带法兰盒形件的拉深	418
第十一节 拉深件工艺性及质量分析	372	第四节 模具工作部分形状和尺寸	421
第十二节 拉深过程中的热处理与润		参考文献	422

第五篇 成 形

第一章 胀形	423	第一节 平面翻边	473
第一节 胀形特点	423	第二节 曲面翻边	479
第二节 平板坯料的局部胀形	424	参考文献	487
第三节 圆柱空心坯料胀形	428	第四章 缩口、扩口与校形	488
第四节 超塑性气胀成形	432	第一节 缩口	488
第五节 胀形成形极限及其控制	436	第二节 扩口	496
参考文献	444	第三节 校形	500
第二章 曲面零件成形	446	参考文献	503
第一节 概述	446	第五章 旋压	504
第二节 锥形件成形	450	第一节 普通旋压	504
第三节 球形件成形	462	第二节 变薄旋压	525
第四节 抛物线形件成形	468	参考文献	565
参考文献	472	第六章 厚板成形	566
第三章 翻边	473	第一节 概述	566

第二节 典型厚板零件的成形	568	第五节 缺陷的产生及其防止	587
第三节 其他厚板零件的成形	572	参考文献	589
第四节 模具设计	577		

第六篇 汽车覆盖件成形

第一章 概述	590	第三章 汽车覆盖件冲压模具	609
第一节 汽车覆盖件的结构特点	590	第一节 拉深成形模	609
第二节 汽车覆盖件成形的变形特点	592	第二节 斜楔模	619
第三节 汽车覆盖件的变形分析方法	594	第三节 修边模	625
参考文献	595	第四节 翻边模	627
第二章 汽车覆盖件冲压成形		第五节 覆盖件拉深模的调试	629
工艺	596	参考文献	633
第一节 汽车覆盖件的拉深件设计	596	第四章 汽车覆盖件成形中的质量	
第二节 拉深筋及其选用	601	问题	634
第三节 覆盖件拉深成形	605	第一节 破裂问题	634
第四节 拉深件的修边与切断	605	第二节 起皱问题	636
第五节 修边件的翻边	607	第三节 尺寸精度与刚度问题	643
参考文献	608	参考文献	644

第七篇 特种冲压工艺

第一章 电磁成形	645	第六节 充液拉深新工艺	668
第一节 概述	645	参考文献	670
第二节 电磁成形工艺特点及应用范围	647	第三章 管材液压成形	671
第三节 电磁成形工艺设计要点	653	第一节 概述	671
第四节 电磁成形设备	655	第二节 管材液压成形工艺	672
参考文献	657	第三节 管材液压成形应用举例	678
第二章 充液拉深	658	参考文献	680
第一节 概述	658	第四章 其他特种成形方法	682
第二节 充液拉深特点	660	第一节 橡胶翻边	682
第三节 破裂的特征及影响因素	661	第二节 橡胶模拉深	691
第四节 充液拉深设备及模具	664	第三节 橡皮囊成形	693
第五节 充液拉深方法的应用	666	第四节 粘性压力成形	696
		参考文献	698

第八篇 冲 模

第一章 冲模结构	699	第一节 冲模设计总体要求及内容	734
第一节 冲模分类与基本结构组成	699	第二节 冲模零部件的设计	737
第二节 冲裁模	700	第三节 冲模 CAD	767
第三节 成形模	711	第四节 冲模常用材料	772
第四节 组合冲模	726	参考文献	774
第五节 多工位级进模	730	第三章 简易冲模	775
第二章 冲模设计	734	第一节 钢带冲模	775

第二节 薄板冲模	779	第五节 超塑性材料冲模	791
第三节 聚氨酯冲模	780	参考文献	793
第四节 低熔点合金、锌合金冲模	788		

第九篇 冲压自动化与安全技术

第一章 冲压生产自动化	794	第一节 概述	861
第一节 概述	794	第二节 V型弯曲的智能化控制	863
第二节 条料、卷料和板料送料装置	796	第三节 拉深成形的智能化控制	866
第三节 半成品送料装置	819	参考文献	894
第四节 自动检测装置	842	第三章 冲压安全技术	896
第五节 冲压自动线	847	第一节 概述	896
第六节 微机控制技术在冲压自动化 生产中的应用	852	第二节 压力机安全装置和手用工具	896
第七节 冲压柔性加工系统	856	第三节 冲压模具的安全技术要求	903
参考文献	860	第四节 冲压生产中的噪声及其控制	908
第二章 板材冲压智能化技术	861	参考文献	913

第十篇 冲压工艺过程设计

第一章 冲压工艺过程设计基础	914	第二节 冲压成形过程的计算机模拟 及应用	926
第一节 概述	914	第三节 计算机辅助工艺设计	930
第二节 冲压变形工序的确定原则	915	第四节 冲压模具 CAD/CAM	933
第三节 冲压设备的选择	921	第五节 计算机辅助冲压成形系统的 实施	935
参考文献	924	参考文献	936
第二章 计算机技术在冲压加工中 的应用	925		
第一节 概述	925		

第一篇 冲压工艺基础

第一章 概 述

燕山大学 李硕本

第一节 冲压生产技术特点

冲压加工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,所以也时常称为板料冲压。由于这种方法多在常温下进行,所以也叫做冷冲压。虽然上述两种叫法都不能十分确切地把冲压加工的内容充分地表达清楚,但在机械工程领域里已经得到广泛的应用。

冲压加工时,冲压设备给出的力(总体力)作用在模具上,继而通过模具的作用,把这个总体力按一定的顺序,根据冲压成形的要求分散地作用在板料毛坯的不同部位,使其产生必要的应力状态和相应的塑性变形。实际上,不但利用模具的工作部分对板料毛坯的作用使其产生塑性变形,而且也是利用模具工作部分对毛坯的作用,实现对其产生的塑性变形进行控制,达到冲压成形的目的。因此,可以认为冲压设备、模具和板料毛坯是构成冲压加工的三个基本要素(图 1-1-1)。对这三个基本要素的研究,也就是冲压技术的主要内容。

与其他塑性加工方法相比,冲压加工具有许多十分明显的特点。

冲压加工是靠冲压设备和模具实现对板料毛坯的塑性加工过程。它利用冲压设备与冲模的简单的运动完成相当复杂形状零件的制造过程,而且并不需要操作工人的过多参与,所以冲压加工的生产效率很高,产品质量稳定,一般情况下,冲压加工的生产效率为每分钟数十件。又由于冲压加工中的操作十分简单,为操作过程的机械化与自动化提供了十分有利的条件。因此,对某些工艺技术成熟的冲压件,生产效率可达每分钟数百件,甚至超过一千件以上(如需要量很大的一些标准件、易拉罐等)。

冲压加工用的原材料多为冷轧板料和冷轧带

材。原材料的良好表面质量是用大量生产方式、高效而廉价的方法获得的。在冲压加工中这些良好的表面质量又不致遭到破坏,所以冲压件的表面质量好,而成本都很低廉。这个特点,在汽车覆盖件的生产上表现的十分明显。

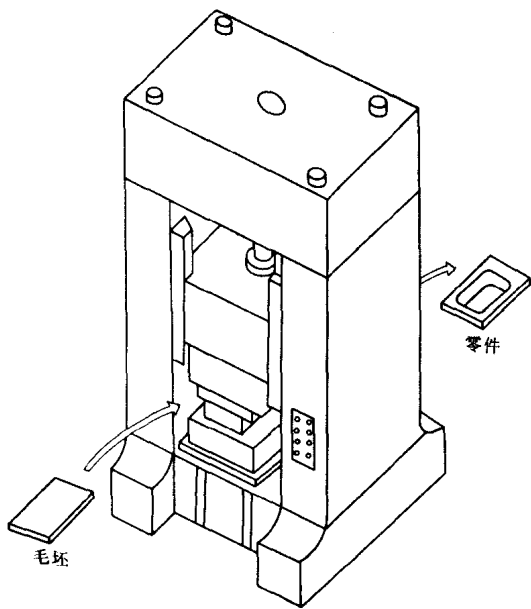


图 1-1-1 冲压加工示意图^[1]

利用冲压加工方法,可以制造形状十分复杂的零件,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 即是这种合理结构形式的零件实例。它是用冲压方法制造的槽形带轮^[1]。

冲压加工时,一般不需要对毛坯加热,而且也不像切削加工那样把一部分金属切成切屑,造成原材料的损耗,所以它是一种节约能源和资源的具有环保意义的加工方法。