

普通高等教育“十二五”规划教材

塑性成形设备

李永堂 主 编
付建华 黎俊初 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

塑性成形设备

主 编 李永堂
副主编 付建华 黎俊初
参 编 齐会萍 曹建新
主 审 郝滨海



机械工业出版社

本书在分析研究塑性成形设备共性和普遍规律的基础上,系统地介绍了锻锤、液压机、曲柄压力机、旋转成形机械以及塑料成型机械的基本理论、结构、工作原理、设计计算方法等内容。

本书可作为材料成形及控制工程专业及相关专业的本科生和研究生教材,同时也可供广大工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塑性成形设备/李永堂主编. —北京:机械工业出版社, 2011. 8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-34231-1

I. ①塑… II. ①李… III. ①金属压力加工设备—高等学校—教材
IV. ①TG305

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第151755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:冯春生 责任编辑:冯春生 丁昕祯

版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.25印张·476千字

标准书号:ISBN 978-7-111-34231-1

定价:38.00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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

普通高等教育“十二五”规划教材 编审委员会

主任委员 李荣德 沈阳工业大学

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

方洪渊 哈尔滨工业大学
朱世根 东华大学
邢建东 西安交通大学
李永堂 太原科技大学
聂绍珉 燕山大学

王智平 兰州理工大学
许并社 太原理工大学
李大勇 哈尔滨理工大学
周 荣 昆明理工大学
葛继平 大连交通大学

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁雨田 兰州理工大学
王卫卫 哈尔滨工业大学(威海)
邓子玉 沈阳理工大学
刘金合 西北工业大学
毕大森 天津理工大学
闫久春 哈尔滨工业大学
张建勋 西安交通大学
李 桓 天津大学
李亚江 山东大学
周文龙 大连理工大学
侯英玮 大连交通大学
赵 军 燕山大学
黄 放 贵州大学
薛克敏 合肥工业大学

文九巴 河南科技大学
计伟志 上海工程技术大学
刘永长 天津大学
华 林 武汉理工大学
许映秋 东南大学
何国球 同济大学
李 尧 江汉大学
李 强 福州大学
邹家生 江苏科技大学
武晓雷 中国科学院
姜启川 吉林大学
梁 伟 太原理工大学
蒋百灵 西安理工大学
戴 虹 西南交通大学

秘 书 长 袁晓光 沈阳工业大学

秘 书 冯春生 机械工业出版社

塑性成形及模具教材编委会

顾问

王仲仁 哈尔滨工业大学
聂绍珉 燕山大学

俞新陆 清华大学

主任委员 李永堂 太原科技大学

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

邓子玉 沈阳理工大学
华 林 武汉理工大学
陈拂晓 河南科技大学
赵 军 燕山大学

刘建生 太原科技大学
许映秋 东南大学
周文龙 大连理工大学
薛克敏 合肥工业大学

委员 (按姓氏笔画排序)

于宝义 沈阳工业大学
王雷刚 江苏大学
石连升 哈尔滨理工大学
刘守荣 中国农业大学
毕大森 天津理工大学
闫 洪 南昌大学
侯英玮 大连交通大学
郝滨海 山东大学
曹建国 四川大学
董湘怀 上海交通大学

王 群 湖南大学
冯再新 中北大学
刘全坤 合肥工业大学
吕 琳 重庆理工大学
池成忠 太原理工大学
李国禄 河北工业大学
姚兴军 华东理工大学
袁子洲 兰州理工大学
梅 益 贵州大学
霍晓阳 河南理工大学

秘书长 宋建丽 太原科技大学

秘 书 冯春生 机械工业出版社

前 言

装备制造业在我国国民经济发展中占有非常重要的地位，而装备制造业的发展和技术进步要靠强大的人才支撑。随着我国装备制造业的发展，对高校人才培养模式和教学内容提出了新的要求和挑战。为适应这一变化和要求，目前许多面向装备制造业的高等院校在人才培养模式的改革中按专业方向进行培养。

根据中国机械工业教育协会材料成形及控制学科教学委员会塑性成形分委员会在沈阳、洛阳和南昌会议的安排和部署，组织有关高校教师编写材料成形及控制工程专业中塑性成形方向的教材，并委托太原科技大学李永堂教授等编写《塑性成形设备》一书。

本书在分析研究塑性成形设备共性和普遍规律的基础上，系统地介绍了锻锤、液压机、曲柄压力机、旋转成形机械和塑料成型机械的基本理论、结构、工作原理、设计计算方法等。本书可作为材料成形及控制工程专业及相关专业本科生和研究生教材，同时也可供广大工程技术人员参考。

本书由李永堂担任主编，具体编写分工为：李永堂编写第1章和第2章的2.1~2.6节，齐会萍编写第3章，黎俊初编写第4章，付建华编写第5章，曹建新编写第2章的2.7节和第6章。本书由山东大学郝滨海担任主审，为本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有不妥与不足之处，敬请读者和同行批评指正。

编 者

目 录

前言	
第1章 绪论	1
1.1 塑性成形设备的地位和作用	1
1.2 塑性成形设备的分类和特点	2
1.3 塑性成形设备的发展概况	3
思考题	6
第2章 锻锤	7
2.1 锻锤概述	7
2.1.1 锻锤的分类	7
2.1.2 锻锤的主要特点	8
2.1.3 锻锤的发展概况	8
2.2 锻锤的打击特性	9
2.2.1 锻锤的打击能量	9
2.2.2 打击过程和打击效率	9
2.2.3 锻锤的打击力	12
2.3 蒸汽-空气锤的结构和工作原理	13
2.3.1 蒸汽-空气自由锻锤	13
2.3.2 蒸汽-空气模锻锤	18
2.3.3 蒸汽-空气对击锤	22
2.4 空气锤的结构和工作原理	26
2.4.1 空气锤的规格和参数	26
2.4.2 空气锤的工作原理	27
2.5 液压模锻锤	30
2.5.1 液压模锻锤的特点和发展概况	30
2.5.2 液压模锻锤的工作原理和参数计算	32
2.5.3 液压模锻锤的液压系统与程控系统	39
2.6 电液锤	44
2.6.1 电液锤概述	44
2.6.2 电液锤的结构与参数	45
2.6.3 电液锤的传动与控制系统	50
2.7 螺旋压力机	51
2.7.1 螺旋压力机的工作原理	51
2.7.2 螺旋压力机的工作特性	51
2.7.3 螺旋压力机的特点	52
2.7.4 螺旋压力机的主要技术参数	52
2.7.5 螺旋压力机的力能关系	55
2.7.6 摩擦压力机	58
2.7.7 液压螺旋压力机	60
2.7.8 电动螺旋压力机	62
2.7.9 离合器式高能螺旋压力机	63
思考题	65
第3章 液压机	66
3.1 液压机概述	66
3.1.1 液压机的工作原理	66
3.1.2 液压机的特点	66
3.1.3 液压机的分类与型号	67
3.1.4 液压机的典型结构	68
3.1.5 液压机的发展趋势	74
3.2 液压机的设计计算	74
3.2.1 液压机的基本参数及其选用	74
3.2.2 液压缸的结构及设计计算	76
3.2.3 液压机的主机结构与力学计算	86
3.3 液压机的液压系统	100
3.3.1 液压动力系统	100
3.3.2 几种典型液压机的液压系统	101
3.4 液压机的控制系统	110



3.4.1 液压机控制系统的发展	111	4.5.5 数控步冲压力机	210
3.4.2 可编程控制器 (PLC)	111	思考题	211
3.4.3 应用高级微处理器 (或工业控制 计算机) 的高性能控制系统	112	第5章 旋转成形机械	212
3.4.4 PLC 程序控制系统应用实例	112	5.1 辊锻机	212
3.4.5 16MN 快锻液压机组的计算机 控制	115	5.1.1 辊锻机的工作原理	212
3.5 专用液压机简介	118	5.1.2 辊锻机的分类	212
3.5.1 锻造液压机	118	5.1.3 辊锻机的主要技术参数	215
3.5.2 模锻液压机	119	5.1.4 辊锻机的结构	216
3.5.3 挤压液压机	122	5.2 楔横轧机及斜轧机	219
3.5.4 板料冲压液压机	123	5.2.1 楔横轧机及斜轧机的工作原理	219
思考题	125	5.2.2 楔横轧机及斜轧机的工艺特点	219
第4章 曲柄压力机	126	5.2.3 楔横轧机的分类	220
4.1 曲柄压力机的结构与工作原 理	126	5.2.4 斜轧机的分类	222
4.1.1 曲柄压力机的分类及型号	127	5.2.5 楔横轧机与斜轧机的主要结构	224
4.1.2 通用压力机的技术参数	129	5.3 辗环机	227
4.1.3 曲柄滑块机构的运动与受力分 析	132	5.3.1 辗环机的工作原理	227
4.2 曲柄压力机的主要零部件结 构	138	5.3.2 辗环机的用途及分类	228
4.2.1 曲柄滑块机构	138	5.3.3 辗环机的主要技术参数	231
4.2.2 滑块与导轨	145	5.3.4 辗环机的主要结构	236
4.2.3 机身	146	5.3.5 多工位自动辗环机	238
4.2.4 离合器与制动器	148	5.4 旋压机	239
4.2.5 压力机的传动系统	152	5.4.1 旋压机的工作原理及特点	240
4.2.6 压力机的辅助装置	154	5.4.2 旋压机的分类及技术参数	241
4.2.7 曲柄压力机的润滑系统	157	5.4.3 旋压机的主要结构	243
4.3 曲柄压力机的参数计算	158	5.4.4 普通旋压机	247
4.3.1 工作机构的参数计算	158	5.4.5 强力旋压机	249
4.3.2 传动系统的参数计算	173	5.4.6 特种旋压机	251
4.3.3 操作系统的设计计算	178	5.5 径向锻造机	252
4.3.4 支承部件的设计计算	182	5.5.1 径向锻造机的工作原理	253
4.4 曲柄压力机的控制系统	194	5.5.2 径向锻造的工艺特点及用途	253
4.4.1 气路系统的主要元件	194	5.5.3 径向锻造机的分类及主要技术 参数	254
4.4.2 气路系统简图	200	5.5.4 径向锻造机的主要结构	257
4.5 专用压力机的结构与原理	202	5.5.5 立式径向锻造机	259
4.5.1 热模锻压力机	203	5.5.6 卧式径向锻造机	259
4.5.2 挤压机	204	5.5.7 连续径向锻造机	260
4.5.3 平锻机	205	5.6 摆动辗压机	261
4.5.4 双动拉深压力机	208	5.6.1 摆动辗压机的工作原理	261
		5.6.2 摆动辗压机的分类	261
		5.6.3 摆动辗压机的主要技术参数	263
		5.6.4 摆动辗压机的结构	264
		5.6.5 卧式摆动辗压机	268



5.6.6 摆动铆接机	268	6.2 塑料注射机	284
思考题	270	6.2.1 注射机的结构组成及其工作 过程	284
第6章 塑料成型机械	271	6.2.2 注射机的分类与基本参数	285
6.1 塑料挤出机	271	6.2.3 注射装置	288
6.1.1 挤出成型过程及挤出机组组成 ...	271	6.2.4 合模装置	295
6.1.2 挤出过程分析	274	6.2.5 注射机的液压控制系统	296
6.1.3 挤出机结构与参数选用	274	思考题	297
6.1.4 挤出机辅机	283	参考文献	298
6.1.5 其他类型挤出机	283		

第 1 章 绪 论

1.1 塑性成形设备的地位和作用

装备制造业的整体能力和水平决定着国家的经济实力、国防实力、综合国力和在全球经济形势下的竞争与合作能力,决定着国家实现现代化和民族复兴的进程。装备制造业承担着为国民经济各行业提供装备的重任,带动性强,涉及面广。装备制造业的技术水平不仅决定了相关产业的质量、效益和竞争力的高低,而且是传统产业借以实现产业升级的基础和根本手段。没有强大的装备制造业,就不可能实现生产力的跨越发展;就不会有现代化和国家的富强,经济的繁荣;国防和军事装备现代化,国家军事和政治的安全也就无从谈起。

知识经济的出现和信息技术的发展,无不以制造业作为物质载体。目前发达国家的装备制造业仍占重要地位,如美国、德国和日本的装备制造业是世界上最发达和最先进的,在国际市场上的竞争力也是最强的,这三个国家始终把装备制造业作为支撑产业和立国强国之本,从未受到削弱。由此看来,高度发达的装备制造业和先进制造技术已成为衡量一个国家国际竞争力的重要标志,是在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素。

塑性成形加工在装备制造业中占有举足轻重的地位。由于成形生产具有生产率高,材料利用率高和改善了制件的内部组织及力学性能等显著特点,因此,成形加工的零件数量在各行各业中所占的比例很大,如:在航空工业中占 85%;汽车工业中占 80%;电器、仪表工业中占 90%;农机、拖拉机工业中占 70%。随着精密成形、少无切削技术的发展,降低生产成本、减少产品重量、提高产品性能和质量要求的不断提高,塑性成形加工在工业、国防、航空航天以及其他各种装备制造业中的作用会越来越大。

塑性成形设备是完成成形加工的装备,是装备制造业中的一大类工作母机,在各类机床中占有较大的比例,按 20 世纪 90 年代中期的统计数据,全世界主要机床生产国中,金属成形设备的产值占有所有各类机床产值的 30% 左右。塑性成形设备不仅影响着成形加工的水平、数量和质量,而且关系到我国装备制造业的能力和水平。塑性成形设备的技术水平、生产能力和自动化程度直接影响着我国工业、农业、国防、航空航天等行业的发展和技术进步,影响着我国现代化进程。随着计算机技术、自动控制技术、网络通信技术和新材料技术的发展,研制开发新型材料成形设备,提高塑性成形设备技术性能、产品质量、生产能力和自动化程度,对于加快我国装备制造业的发展,促进工业、农业、国防和航空航天等行业的技术进步和现代化进程,具有重要意义。



1.2 塑性成形设备的分类和特点

塑性成形设备涉及面广,种类名目繁多,包括金属成形和非金属成形等各个领域。塑性成形设备不仅是材料加工生产的基础和手段,而且决定着生产零件的精度、质量和生产率。不同塑性成形设备的原理不同,结构特点和工艺特点不同,应用范围也不同。就金属成形领域而言,按照工艺用途不同,我国行业标准将塑性成形设备分为8大类。

(1) 机械压力机 包括手动压力机、单柱压力机、开式压力机、闭式压力机、拉深压力机、压制压力机、板材自动压力机、精压挤压压力机和其他压力机。

(2) 液压机 包括手动液压机、锻压液压机、冲压拉深液压机、一般用途液压机、校正压装液压机、层压液压机、挤压液压机、压制液压机、打包压块液压机和其他液压机。

(3) 自动锻压机 包括自动锻压机,自动搓丝、滚丝机,自动冷锻机,自动卷簧机,自动弯曲机和其他自动机。

(4) 锻锤 包括蒸汽-空气自由锻锤、蒸汽-空气模锻锤、蒸汽-空气对击锤、空气锤、气动液压锤、高速锤和螺旋压力机等。

(5) 锻机 包括平锻机、热模锻压力机、辊锻机、模横轧机、辗环机、摆动辗压机、径向锻机和其他锻机。

(6) 剪切机 包括手动剪切机、板料剪切机、联合冲剪机、型材棒料剪断机、板材切割机和其他剪切机。

(7) 弯曲校正机 包括手动弯曲校正机、板料弯曲机、型材弯曲机、板料校平机、型材校直机、板料折弯机、旋压机和其他弯曲校正机械。

(8) 其他锻压机械 包括板料开卷校平机、锻造操作机、铆接机和其他专用设备。

近年来,随着塑料工业的迅速发展和其他非金属材料成型需求的增加,塑料成型设备和各种非金属成型设备也得到了快速发展和广泛应用,技术水平和自动化程度得到了不断提高。

塑性成形设备虽然种类名目繁多,工艺用途与结构特点各有不同,但许多设备具有相同的驱动原理、工艺特点和相近的结构,存在一些共性。因此若按照驱动原理、结构特点和工艺用途的不同,塑性成形设备主要分为以下几大类:

(1) 机械压力机类 采用电动机驱动和机械传动,通过曲柄滑块机构或其他机构将旋转运动转变为滑块的往复直线运动,它是一种定行程设备,其工作行程主要取决于机械传动部分的结构和尺寸。这类设备包括通用机械压力机、热模锻压力机、挤压机、平锻机和机械传动的板材成形机等。

机械压力机的工艺特点主要有:由于采用机械传动,滑块运动有固定的下死点;滑块速度和滑块的有效载荷随滑块位置而变化;当压力过程所需载荷小于压力机的有效载荷,该工艺过程便能实现;当滑块载荷超过压力机有效载荷,就会出现闷车现象,需装有过载保护装置;压力机的加工精度与机械传动机构和机架的刚度有关。

(2) 液压机类 利用帕斯卡原理,采用液压传动,泵站将电能转变为液体压力能,通过液压缸和滑块(活动横梁)完成锻压工艺。它是一种定力设备,其输出载荷的大小主要取决于液体的工作压力和工作缸面积。这类设备包括锻造液压机、冲压液压机、挤压液压机



和板料成形液压机等。

液压机的工艺特点主要有：在滑块（活动横梁）工作行程的任一位置都可以获得最大载荷，因此更适用于需要长行程范围内载荷几乎不变的挤压类工艺；由于液压系统中溢流阀的作用，易于实现过载保护；液压机液压系统中压力、流量调节方便，可获得不同的载荷、行程、速度特性，既扩大了液压机的应用范围，又为优化锻造过程创造了条件；由于滑块（活动横梁）没有固定的下死点，因此液压机机身刚度对锻件尺寸精度的影响可在一定程度上得到补偿。近年来由于液压技术的进步、液压元件质量和精度的提高，液压机类设备得到了较快的发展。

（3）锻锤类 采用蒸汽-空气驱动、液气驱动或机械驱动，利用锤头（滑块）在下落过程中积蓄的能量完成锻件变形。它是一种定能量设备，其输出的能量主要来自于气缸中气体膨胀做功和锤头重力位能。这类设备包括空气锤、蒸汽-空气锤、蒸汽-空气对击锤、高速锤、液压模锻锤、电液锤和螺旋压力机等。

锻锤类设备的载荷与锻造能力的标志是锤头（滑块）输出的有效打击能量。在工作行程范围内，其载荷-行程特性曲线呈非线性变化，越接近行程终点，其打击能量越大。在完成锻造变形阶段后，能量突然释放，在千分之几秒内，锤头速度由最大速度变为零，因此具有冲击成形特征。锤头（滑块）没有固定的下死点，锻件精度靠导向装置和模具保证。

（4）旋转成形机械 采用电动机驱动和机械传动，在工作过程中，设备的工作部分和所加工的工件同时或其中之一作旋转运动。该类设备包括楔横轧机、辗锻机、辗环机、旋压机、摆动辗压机和径向锻机等。

旋转成形机械的工艺特点是工件局部连续变形，故加工时需要的力能较少，也可以加工尺寸较大的工件；由于加工过程中工件或设备工作部分作旋转运动，所以更适合加工轴类、盘类、环类等轴对称零件。

（5）塑料成型设备 主要分为挤出成型设备和注射成型设备两大类。前者通过螺旋装置的旋转，将加热熔融塑化后的塑料连续挤出，制成管材、线材、板材、棒材和薄膜等塑料制品。后者通过注射装置和模具，以一定的压力和速度，将熔融塑化的塑料注射进模具型腔，制成各种形状的塑料制品。

（6）金属半固态成形设备 该设备是一种在较高的压力和速度下使熔融状态的金属冷却凝固成形的设备。

1.3 塑性成形设备的发展概况

金属材料锻造成形的历史可追溯到 2000 多年以前，然而直到第一次工业革命，手工锻造才被机器锻造所取代。伴随着蒸汽机的发明和蒸汽作为动力的应用，19 世纪出现了工业汽锤，有关热力学理论和蒸汽锤的设计理论也逐渐完善。1650 年法国人帕斯卡（Blaise Pascal）提出了封闭静止流体中压力传递的帕斯卡原理，1795 年英国人约瑟·步拉默（Joseph Bramah）根据帕斯卡原理发明了世界上第一台水压机。到 1870 年，应用液压传动技术的液压机、挤压机、剪切机和铆接机等锻压设备已得到了普遍应用。电气技术的发展和电动机驱动的应用，促进了机械压力机的发展；以矿物油作为工作介质的液压元件的出现和液压技术的发展，促进了液压机和液气驱动锻锤的发展。特别是 20 世纪 50 年代以后，随着计算机技



术、控制技术、液压技术、加工制造技术和材料科学的发展,塑性成形设备得到了快速发展,设备能力进一步提高,产品种类和应用范围进一步扩大,设备性能进一步完善,控制手段更趋先进,在装备制造业中发挥了和正在发挥着越来越大的作用。

我国塑性成形设备的设计制造在 1949 年以前几乎是空白,新中国成立以后,通过引进技术、仿制和自行研制等方式,我国塑性成形设备的设计制造从无到有,从小到大,建立了较完整的设计、研制和生产体系。20 世纪 60 年代初,以万吨水压机为代表的各种金属成形设备的研制成功,标志着我国装备制造业有了自己的脊梁,为我国工业、农业、国防等行业的发展提供了强有力的支撑。20 世纪 80 年代,我国实行改革开放政策,塑性成形设备制造行业大力推进技术进步和科技创新,采取自主开发,引进国际先进技术和合作生产等多种方式,大大提高了设计开发能力和制造水平。目前我国制造的塑性成形设备,不仅保证了良好的性能、质量和可靠性,在装备的成套制造、生产线、数控化和自动化等方面也有了长足的发展,已经能开发、设计、制造大型精密高效的成套设备、自动化生产线、柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)等具有高新技术、高附加值的塑性成形装备,不仅为国民经济各部门提供了基础装备、关键设备和成套装置,还扩大了出口创汇。

改革开放以后,我国塑性成形设备的快速发展主要体现在以下几方面:

1) 随着微电子技术、自动控制技术的发展和广泛应用,我国塑性成形设备自动化水平和数控技术有了大幅提高,开发出了不同规格的数控回转头压力机、数控弯管机、数控卷板机、数控折弯机、数控激光切割机、数控辗环机、板材柔性加工系统和板材柔性加工单元等各类数控金属成形设备,提高了设备的自动化程度、安全性和可靠性,提高了生产率和产品质量,改善了生产条件。

2) 随着计算机设计技术的发展,塑性成形设备的设计方法和设计手段发生了根本的变化。几乎所有塑性成形设备的设计、制造单位都实施了甩图板工程,摆脱了长期以来手工绘图设计的局面,大大缩短了设计周期,提高了设计效率。与此同时,一批功能强大的商用软件和自主研制的专用软件广泛应用于塑性成形设备的产品设计及其零部件性能分析,使塑性成形设备的性能和质量得到了大幅度提高。

3) 一大批科技攻关项目和科研成果得到了推广应用,推动了塑性成形设备设计、研究领域的技术进步和科技创新,开发了一批具有自主知识产权的塑性成形设备新产品。如华中科技大学与黄石锻压机床厂于 1991 年研制成功的国家“七五”重点攻关项目——RD-W67K-135/300 型板材柔性加工单元,这是一种机电一体化的高科技产品,广泛用于机械、电子、轻纺、航空、交通、船舶等行业。济南铸锻机械研究所于 1991 年研制成功的我国第一条板材加工 FMS,投入使用以后,效益显著。太原科技大学(原太原重型机械学院)承担了原机械工业部科技攻关项目——新型程控液压模锻锤的研制,与安阳锻压机械股份有限公司和长治锻压机床集团公司合作开发了新型程控液压模锻锤系列产品。华中科技大学、西安重型机械研究所等单位研制的快锻液压机及其控制系统,在生产中取得了良好的经济效益和社会效益。

4) 产品种类不断完善。近三十年来我国塑性成形设备的产品种类不仅囊括了锻压机械的 8 大类,还开发了不少锻压设备辅机及配套装置。在制造生产通用设备的同时,注重各种专用设备的研制,如金刚石成形液压机,铜材、铝材挤压机等。在开发生产金属成形设备的同时,大力发展各种非金属材料的成形加工设备。



5) 设备制造能力不断提高。如长治锻压机床集团公司引进日本和瑞典技术设计制造的 $140\text{mm} \times 4000\text{mm}$ 等规格的大型卷板机,已应用于三峡水利工程和渤海造船厂等单位;中国第二重型机械集团公司引进消化德国 Eumeco 公司技术,形成和具备了国际先进水平的大吨位热模锻压力机的制造能力。近年来,西安重型机械研究所设计研制了 100MN 双动铝材挤压机及其生产线;长治锻压机床集团公司引进国外三维数控弯管技术,于1992年成功开发了国内立体冷弯最大规格的DB275型CNC(计算机数控技术)弯管机,该机可与管形测量机CAD联机联网。在大、重型压力机方面,20世纪90年代以来取得了显著成绩,达到了国际80年代的技术水平。济南第二机床厂于1991年研制成功的J47-1250/2000型闭式四点双动拉深压力机,工作台面尺寸为 $4600\text{mm} \times 2500\text{mm}$,最大拉深度为 300mm 。该机在结构上采用了先进的多连杆传动系统,可使内滑块在工作循环中具有较高的空程和回程速度,但工作行程速度却低而均匀,能有效地提高制件精度和模具寿命,降低废品率。电气控制系统采用全功能可编程逻辑控制器(PLC)控制技术。此外, 30000kN 闭式双点汽车大梁压力机、成系列的多连杆传动单动压力机以及其他规格的大型双动拉深压力机的成功开发,都标志着我国大、重型板冲机械压力机的制造技术已经登上了一个新的台阶,基本上具备了装备汽车冲压生产线的能力。近年来,在大型锻造液压机、锻造操作机和装取料机等大型装备的自主研发方面都取得了突破。

但是,与工业发达国家相比,我国塑性成形设备的技术和水平还有一定的差距。如品种和规格不全,特别是大、高、精、尖的锻压设备有些还依赖进口;主机可靠性和自动化程度还有待于进一步提高,在国际市场上还缺乏竞争力;设备种类的比例不合理,如模锻设备比例偏低;先进的工艺和设备所占比例小,如加热设备、下料设备和成形设备在能耗、精度、材料利用率、生产率和环保方面有待提高和改进;技术创新能力有待进一步增强。

为了适应科学技术的发展和锻压生产的需要,满足国内装备制造业的需求,扩大出口创汇,促进经济发展,应该加快我国塑性成形装备制造业的发展,改造传统设备,加快科技进步和技术创新,提高我国塑性成形设备的技术水平和自动化程度。结合国内外锻压设备现状以及相关技术发展状况,我国塑性成形设备的研究和发展方向主要有:

(1) 提高设备制造能力,发展专用设备 我国塑性成形设备的生产在加工制造能力等方面与工业发达国家相比,还有差距。尤其是大型模锻设备如大吨位热模锻压力机、高能螺旋压力机和轿车生产线的大型装备等方面,许多设备还依赖进口。另一方面,我国通过引进消化已经掌握了大、重型成形设备的制造技术,具备了生产能力,应大力提高大、重型成形设备的设计制造水平和产品性能,扶持和鼓励国产成形设备的发展。专用塑性成形设备具有生产率高、质量稳定等优点,随着经济的发展和各种特殊加工需要的增加,各种专用塑性成形设备的需求会进一步增加。

(2) 提高设备加工制造精度,发展精密成形设备 塑性成形设备的加工精度直接影响产品质量和生产稳定性,因此对设备精度的要求会越来越高。提高设备精度的措施可以从提高设备刚度、设备制造精度、导向及活动部分的配合精度和控制精度等方面入手。研制和发展精密成形设备有助于促进精密成形工艺和少无切削工艺的发展,有利于节约材料,降低生产成本和提高产品的质量和性能。

(3) 提高塑性成形设备数控程度和柔性化 提高设备的控制水平,普及和采用数控(NC)技术和CNC技术;发展各种柔性加工单元(FMC)和柔性加工系统(FMS);提高各



种工业机器人和锻造操作机等辅助设备的控制水平并与主机联网，形成自动化生产线；研制成套技术装备及其生产线，这是塑性成形设备的主要发展方向之一。

(4) 完善设计手段，提高设计水平 在塑性成形设备设计过程中普遍采用计算机辅助设计（CAD）、可靠性设计和计算机辅助性能分析等方法 and 手段，在设计阶段便可预测设备的静态和动态性能，提高设备的工作稳定性、可靠性、动态特性、故障分析和诊断功能。

(5) 推广新材料技术和信息技术 在塑性成形设备的主要零部件和辅助零件中，采用新型功能材料、先进的材料性能分析方法和先进的热处理工艺，提高零部件性能和整机性能。随着科技进步和信息技术的发展，数字化制造、网络技术和远程设计与制造技术会逐步应用到塑性成形设备设计制造领域。

(6) 发展绿色设计与制造 塑性成形设备生产涉及环境、能源、材料等各个领域，因此在产品的设计、外观造型、材料选用、加工制造工艺和包装设计等各个环节均要考虑节约能源、节约材料、环境保护、零部件回收利用和互换性。降低振动和噪声，提高设备宜人性，提高产品使用周期和寿命等，实现绿色设计与制造。

随着我国加入世界贸易组织（WTO）和制造业国际化进程的加快，世界装备制造业的中心正向中国转移。因此，发展我国塑性成形装备制造业，提高产品质量和水平，对于促进我国装备制造业和国民经济的发展，满足国家建设与发展的需要，替代进口和出口创汇，使我国向装备制造业强国迈进，具有重要的意义。

思考题

1. 学习本课程的重要性有哪些？
2. 说出身边或你知道的一些锻压设备。
3. 你知道的锻压设备所成形的零件有哪些，试说出它的名称。

第 2 章 锻 锤

2.1 锻锤概述

锻锤是一种利用工作部分（落下部分或活动部分）所积蓄的动能在下行程时对锻件进行打击使锻件获得塑性变形的设备，在机械制造领域应用非常广泛，在锻压生产中一直发挥着重要作用。随着液压机、机械压力机和其他类锻压设备的出现和发展，在一定程度上取代了一部分锻锤的工作。但是直到现在，锻锤仍是锻压生产的主要设备之一。

2.1.1 锻锤的分类

锻锤的形式和种类多种多样。若按驱动力，可分为单作用锤和双作用锤；若按工艺用途，可分为自由锻锤和模锻锤；若按打击特性，又可分为有砧座锤和对击式锤。为了研究方便，按驱动原理、结构特点和工艺用途不同，锻锤可分为以下几大类：

(1) 机械锤 用电动机驱动，靠机械传动提升锤头的锻锤，统称为机械锤。它是一类主要依靠重力位能实现锻件变形的单作用落锤，根据连接机构不同，分为夹板锤（或夹杆锤）、弹簧锤和钢丝绳锤（或链条锤）等。该设备效率低，目前已较少使用。

(2) 空气锤 由电动机驱动，通过减速机构和曲轴，带动压缩活塞上下往复运动，在压缩缸内产生压缩空气。压缩空气通过配气旋阀进入工作缸，驱动工作活塞和锤头上、下运动。通过操作配气机构，可实现空气锤各种动作循环。空气锤应用很普遍，主要用于自由锻件的锻造或胎模锻。

(3) 蒸汽-空气锤 利用来自动力站的蒸汽或压缩空气作为工作介质，通过滑阀配气机构和气缸驱动落下部分作上、下往复运动的锻锤称为蒸汽-空气锤。工作介质通过滑阀配气机构在工作气缸内进行各种热力过程，将热力学能转换成锻锤落下部分的动能，从而完成锻件变形。根据工艺用途不同，蒸汽-空气锤主要分为蒸汽-空气自由锻锤和蒸汽-空气模锻锤两大类，由于热效率低，目前一些单位采用电液锤技术进行了技术改造。

(4) 蒸汽-空气对击锤 与蒸汽-空气锤一样，使用蒸汽或压缩空气作为工作介质，用上跳的下锤头代替了固定的砧座的锻锤称为蒸汽-空气对击锤。工作过程中，工作介质驱动上锤头向下打击的同时，通过联动机构带动下锤头向上作加速运动，与上锤头等行程实现悬空对击。根据联动方式不同，主要有钢带联动式和液压联动式蒸汽-空气对击锤。

(5) 高速锤 气缸中一次性充入高压氮气，回程时靠来自于液压系统的高压液体驱动锤头回程，使气缸中的气体得到进一步压缩；打击时，液体快速排出，气体膨胀做功，驱动锤头快速下落，与此同时，气缸中气体反作用力驱动锤身向上运动，与锤头实现对击。该锤的打击速度可达 $15 \sim 25\text{m/s}$ ，同样重量的设备，打击能量要大得多，所以又称为高能高



速锤。

(6) 液压模锻锤 采用液气驱动,工作前气缸一次性充入压缩空气或氮气,来自于液压系统的压力液体推动上锤头回程,气缸中压缩气体推动上锤头向下作加速运动,与此同时,通过联动油路推动下锤头(或锤身)微动上跳,与上锤头实现对击。液压模锻锤的打击速度与蒸汽-空气锤相同,主要用于模锻,也可用于自由锻。

(7) 电液锤 采用液压或液气驱动的有砧座式的锻锤,称为电液锤。传统的蒸汽-空气锤多已改造成此类锻锤。

(8) 螺旋压力机 螺旋压力机是一种利用驱动装置使飞轮旋转储能,以螺杆滑块机构作为执行机构,依靠滑块动能完成锻件变形的成形设备。由于它的打击特性与锻锤类似,因此本书中作为一种锤类设备介绍。

2.1.2 锻锤的主要特点

与机械压力机类、液压机类和其他类锻压设备相比,锻锤在结构和工艺方面上具有如下特点:

1) 锻锤是一种冲击成形设备,打击速度高,一般为 7m/s 左右,因此金属流动性和成形工艺性好。

2) 锻锤行程次数高,空气锤打击次数在 $100 \sim 250$ 次/ min 之间,蒸汽-空气锤全行程平均打击次数一般也大于 70 次/ min ,因而有较高的生产率。

3) 锻锤操作灵活,功能性强,作为模锻设备时,在一台锤上可以完成拔长、滚挤、预锻、终锻等各种工序的操作,一般不需要配备制坯设备。

4) 锻锤是一种定能量设备,它不同于定行程设备的机械压力机和定力设备的液压机,锤头没有固定的下死点。其锻造能力不严格受吨位限制,当锻锤的有效打击能量小于锻件变形所需能量时,可以多打几锤。另外当锻件变形量较小时,可以产生很大的打击力。

5) 锤类设备结构简单,制造容易,安装方便。

然而,锻锤在使用中也存在一些问题,例如:

1) 有砧座锤工作时振动、噪声大,对于大吨位锻锤来说,不仅会恶化锻工车间的工作环境,而且还影响到厂内外的机加工设备、精密仪器的工作和附近居民的生活。

2) 蒸汽-空气锤需要配套蒸汽动力设备或大型空气压缩站,能量有效利用率低。

2.1.3 锻锤的发展概况

为了既能发挥锤类设备的优点,又能克服蒸汽-空气锤存在的浪费能源和振动公害等问题,国内外许多科技人员在现有锻锤革新、技术改进和研制发展新型锤类设备等方面进行了不懈的努力和卓有成效的工作,取得了一定的成就,归纳起来,主要有以下几点:

1) 研制、开发电液锤或液压动力头,用于对传统的蒸汽-空气锤进行换头改造,可实现节能 85% 以上。

2) 在有砧座式锻锤的下砧座与基础之间安装隔振装置,以消除振动,改善锻压车间及周围的工作和生活环境。目前较成熟的隔振装置有悬吊式板弹簧隔振基础和砧下橡胶支撑式隔振基础等。

3) 20 世纪 30 年代出现的蒸汽-空气对击锤(也称无砧座锤),采用上、下两锤头对击