



中等职业教育示范专业规划教材

模具概论

MU JU GAI LUN

王昌福◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业教育示范专业规划教材

模 具 概 论

主编 王昌福

参编 张 莉 许 剑 冯开华 陈 琛

主审 任国兴

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书以介绍模具的概念及作用、模具的分类、我国模具的发展现状、模具行业的发展趋势为基础,围绕着模具设计与模具制造两大主题,在冲压成形模具方面以冲裁模具为主,系统详细地阐述了冲裁模具、弯曲模具、拉深模具的成形过程与特点,以及典型模具的结构;在塑料成型模具中以注射成型模具为主,阐述了注射成型模具、压缩成型模具、压注成型模具、挤出成型模具、中空成型模具的成型工艺以及典型模具结构。与此对应,在模具制造方面,从模具制造的基础知识入手,介绍了模具制造的常用加工技术,并以冲裁模和塑料注射模为主,系统详细地阐述了模具典型零件的加工工艺、装配和调试方法,以及常用的模具保养与维护方法。为了使读者较容易掌握本书的各个知识点,本书在各个重要章节前都增加了基础知识章节,并用典型的例题、清晰的图表讲解各个知识点。此外,本书又介绍了金属压铸模具、锻造模具、玻璃模具和橡胶模具的成型原理及典型模具结构。

本书是中等职业学校或技工类学校数控专业用教材,也可用作中等职业学校或技工类学校机械相关专业选修课教材。本书对从事数控加工、模具设计与制造工作的工程技术人员也有很好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

模具概论/王昌福主编. —北京:机械工业出版社, 2008. 4
中等职业教育示范专业规划教材
ISBN 978-7-111-23756-3

I. 模… II. 王… III. 模具—专业学校—教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 036911 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:汪光灿 版式设计:霍永明 责任校对:张媛
封面设计:陈沛 责任印制:杨曦
北京机工印刷厂印刷(兴文装订厂装订)
2008 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm·11.5 印张·281 千字
0 001—4 000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-23756-3
定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 88379182
封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据现阶段数控技术应用专业培养方案的指导思想和最新的教学计划,以及我们多年来在中等职业学校讲授本课程的实际体会编写而成的。

本教材主要适用于中等职业学校、中等专科学校数控专业的教学,以及机械相关专业的选修课程教学。针对中等职业学校理论教学时数少、学生基础知识较薄弱、实用性要求高的特点,在内容选择上,注重知识涵盖面广,使读者能准确而全面地了解模具专业相关知识;在难易度的把握上,删减了大量不必要的计算公式和方法,而把重点放在了各种模具的成形原理、典型模具结构和典型零件的制造工艺上,并结合生产实例进行讲解,突出针对性和实用性。

本书包括绪论部分共12章,知识涵盖模具设计、模具制造、模具使用及维护。具体内容包:绪论、冲压模具基础知识、冲裁模具、弯曲模、拉深模、塑料与塑料模的分类、塑料注射模具、其他塑料成型模具、模具制造的基础知识、模具制造的常用制造技术、模具的制造与维护、压铸模与其他模具。绪论部分主要是介绍模具的基本概念、作用、分类、发展现状和趋势,让读者初步了解和认识模具,约需2学时;第一章至第四章以冲裁模具为主介绍冲压模具设计知识,约需18学时;第五章至第七章以塑料注射成型为主介绍各种塑料成型模具,约需18学时;第八章至第十章介绍的模具制造和维护,约需14学时;第十一章主要是为了拓宽读者的知识面,而增加的其他常用模具的成型原理,约需10学时;由此,本书可以分成以上5部分,不同专业可根据需要灵活选用。

本书绪论、第一章、二章、五章、六章、十一章由王昌福编写,第三章由冯开华编写,第四章由陈琛编写,第七章由许剑编写,第八章、九章、十章由张莉编写。王昌福负责全书统稿。

在本书编写过程中,徐州机电工程高等职业学校的领导及同事们给我们以很大的鼓励和支持;任国兴教授详细审阅了书稿,提出了中肯的修改意见,作者在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中错误和疏漏之处难免,恳望有关专家和读者不吝赐教。

编 者

2007年12月

目 录

前言	
绪论	1
思考与练习题	8
第一章 冲压模具基础知识	9
第一节 冲压模具	9
第二节 冲压设备	16
思考与练习题	18
第二章 冲裁模具	19
第一节 冲裁过程分析及冲裁模间隙	19
第二节 冲裁模具的分类及典型结构分析	24
第三节 冲裁模主要零部件的典型结构	32
思考与练习题	41
第三章 弯曲模	42
第一节 弯曲变形的过程及变形特点	42
第二节 弯曲模具的典型结构	49
思考与练习题	55
第四章 拉深模	56
第一节 拉深的变形过程及变形特点	57
第二节 拉深模的典型结构	61
思考与练习题	64
第五章 塑料与塑料模的分类	65
第一节 塑料	65
第二节 塑料模的分类	73
思考与练习题	74
第六章 塑料注射模具	75
第一节 注射成型工艺	75
第二节 注射模的基本结构	79
第三节 注射模的浇注系统	82
第四节 注射模主要零件的典型结构	87
思考与练习题	100
第七章 其他塑料成型模具	101
第一节 压缩模	101
第二节 压注模	106
第三节 挤出模具	108
第四节 中空成型模具	109
思考与练习题	110
第八章 模具制造的基础知识	111
第一节 模具制造技术的特点与发展趋势	111
第二节 模具制造的基本要求和生产流程	113
第三节 模具生产的组织形式与标准化	116
第四节 模具的测量	119
思考与练习题	120
第九章 模具制造的常用加工技术	121
第一节 模具的一般机械加工	121
第二节 模具的其他加工方法	122
第三节 光整加工	128
思考与练习题	131
第十章 模具的制造与维护	132
第一节 概述	132
第二节 冷冲模零件的制造	137
第三节 塑料模具零件的制造	148
第四节 模具的装配和调试	153
思考与练习题	162
第十一章 压铸模与其他模具	163
第一节 压铸工艺与压铸模结构	163
第二节 锻造工艺与锻造模结构	166
第三节 橡胶模	170
第四节 玻璃模	173
思考与练习题	176
参考文献	178

绪 论

学习要求：了解模具的概念及其在国民经济发展中起到的重要作用；了解模具的分类方法和各种模具的成型特点；掌握我国模具行业的发展现状，以及模具产业的发展方向。

学习重点：我国模具行业的发展现状以及模具产业的发展方向。

一、模具的概念及作用

1. 模具的概念

模具是由机械零件构成的，在与相应的压力成形机械（如压力机、塑料注射机、压铸机等）相配合时，可直接改变金属或非金属材料的形状、尺寸、相对位置和性质，使之成形为合格制件或半成品的成形工具。图 0-1 为注射模具的应用实例。

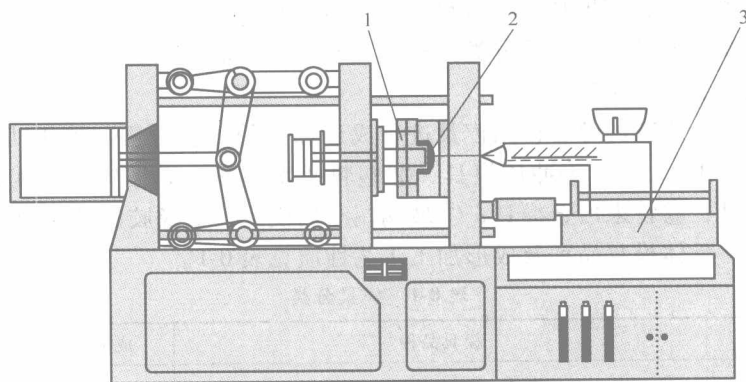


图 0-1 注塑模具应用实例

1—模具 2—塑料制件 3—注塑机

2. 模具在国民经济中的重要地位

在现代工业生产中，模具是成形制品或部件生产的重要工艺装备，由于采用模具进行生产能提高生产效率、节约原材料、降低生产成本，并能保证零件的加工质量，所以，从航空、航天、汽车、轻工、医疗器械、建筑等行业的零部件生产，到计算机及各种家用电器的生产，乃至人们的日常生活用品，几乎各行各业都有模具生产的制品和零部件。

据统计，利用模具制造出的零件，在飞机、汽车、拖拉机、电机电器、仪器仪表等机电产品中占 60% ~ 70%；在电视机、录音机、计算机等电子产品中占 80% 以上；在手表、洗衣机、电冰箱和电风扇等轻工产品中占 85% 以上。

另外，模具具有“一模一样”的特点，也就是说产品的种类、形状、尺寸、精度要求不同，模具就不同。随着工业生产的发展，特别是近几年，工业产品的品种和数量不断增加，换型加快，对产品质量、式样和外观等也不断提出新的要求，使模具的需要量相应地增加，对模具质量的要求也越来越高，模具技术在国民经济中的作用将显得更为重要。

模具工业的潜力很大，具有广阔的前景。因此，工业先进国家都十分重视模具技术的开发。众所周知，二次大战后，日本和德国受到的打击都较为严重，经济生产几乎瘫痪，但短短几十年的发展，这两个国家又跻身发达国家的行列。究其原因，模具技术的发展起到了重要作用。特别是近年来日本的汽车、手表、家用电器、手机等产品的产量猛增，而且品种繁多，在国际市场上占有一定的优势，其重要原因之一就是模具技术的高度发展，它在提高模具质量和缩短制造周期上都比别的国家略胜一筹。在日本，模具被誉为“进入富裕社会的原动力”。德国把模具称为“金属加工业中的帝王”。

可以断言，随着工业生产的迅速发展，模具工业在国民工业中的地位将日益提高。模具技术的发展，对加速国民经济发展将作出更大贡献。

二、模具的分类

科学地对模具进行分类，对于有计划地发展模具工业，系统地研究和开发模具生产技术，研究和制订模具技术标准，实现专业化生产，具有重要的技术经济意义。

模具分类方法很多，过去常使用的有：按模具结构形式分类，如单工序模、复合模等；按使用对象分类，如汽车覆盖件模具、电机模具等；按加工材料性质分类，如金属制品用模具、非金属制用模具等；按模具制造材料分类，如硬质合金模具等；按工艺性质分类，如拉深模、粉末冶金模、锻模等。这些分类方法中，不能全面地反映各种模具的结构和成形加工工艺的特点以及它们的使用功能。

按我国模具行业推荐的综合使用模具进行成形加工的工艺性质和使用功能的分类方法，可将模具分为以下 10 大类：①冲压模具；②塑料成型模具；③压铸模；④锻造成形模具；⑤铸造用金属模具；⑥粉末冶金模具；⑦玻璃制品用模具；⑧橡胶制品成型模具；⑨陶瓷模具；⑩简易模具。具体模具品种及成形加工工艺性质见表 0-1。

表 0-1 模具分类

序号	模具类型	模具品种	成形加工工艺性质及使用对象
1	冲压模具 (冲模)	冲裁模、弯曲模具、拉深模具；单工序模具、复合冲模、级进冲模；汽车覆盖件冲模、组合冲模、电机硅钢片冲模	板材冲压成形
2	塑料成型模具	压塑模具、挤塑模具、注射模具；热固性塑料注射模具、挤出成形模具、发泡成形模具、低刀具工具泡注射成形模具、吹塑成形模具等	塑料制品成形工艺，包括热固性和热塑性塑料
3	压铸模	热室压铸机用压铸模、立式冷室压铸机用压铸模、卧式冷室压铸机用压铸模、全立式压铸机用压铸模、有色金属压铸模、黑色金属压铸模	有色金属与黑色金属压力铸造成形工艺
4	锻造成形模具	模锻和大型压力机用锻模、螺旋压力机用锻模、平锻机锻模、辗锻模等；各种紧固件冷锻模、挤压模具、拉丝模具、液态锻造用模具等	金属零件成形，采用锻压、挤压
5	铸造用金属模具	各种金属零件铸造时采用的金属模型：成形模、手动模、机动模	金属浇铸成型工艺
6	粉末冶金模具	整形模、手动模、机动模等	粉末制品压坯的压制成型工艺

(续)

序号	模具类型	模具品种	成形加工工艺性质及使用对象
7	玻璃制品模具	吹-吹法成型瓶罐模具，压-吹法成型瓶罐模具、玻璃器皿用模具等	玻璃制品成型工艺
8	橡胶成型模具	橡胶制品的压胶模、挤胶模、注射模；橡胶轮胎模、“O”形密封圈橡胶模等	橡胶压制成型工艺
9	陶瓷模具	各种陶瓷器皿等制品用的成型金属模具	陶瓷制品成型工艺
10	经济模具 (简易模具)	低熔点合金成形模具、薄板冲模、叠层冲模、硅橡胶模、环氧树脂模、陶瓷型精铸模、叠层型腔塑料模、快速电铸成形模等	适用多品种少批量工业产品用模具，有很高经济价值

三、我国模具行业的发展现状

现代模具工业有“不衰亡工业”之称。世界模具市场总体上供不应求，市场需求量维持在 600 ~ 650 亿美元。中国模具产业总产值一直保持 20% 的年增长率，我国模具销售额已经从 1995 年的 140 多亿，增长到 2006 年的 700 多亿元，名列日本、美国之后，居世界第三位。单就汽车产业而言，一个型号的汽车所需模具达几千副，价值上亿元，而当汽车更换车型时约有 80% 的模具需要更换。2003 年中国汽车产销量均突破 400 万辆，2004 年汽车产销量突破 500 万辆，其中轿车产量将达到 260 万辆。另外，电子和通信产品对模具的需求也非常大，在发达国家往往占到模具市场总量的 20% 之多。

据不完全统计，我国目前共有生产模具的厂家约 2 万多家，其中一半以上是自产自用的，而且绝大部分都是小型企业。近年来，模具行业结构调整和体制改革步伐加快，主要表现为：大型、精密、复杂、长寿命等中高档模具及模具标准件发展速度快于一般模具产品；塑料模和压铸模比例增大；专业模具厂数量增加较快，其能力提高显著；“三资”及私营企业发展迅速，尤其是“三资”企业目前已成为行业的主力军；股份制改造步伐加快等。从地区分布来说，以珠江三角洲和长江三角洲为中心的东南沿海地区发展快于中西部地区，南方的发展快于北方。目前，发展最快、模具生产最为集中的省份是广东和浙江，这两个省的模具产值已占全国总量的 6 成以上。江苏、上海、山东、安徽等地目前发展态势也很好。

我国要从模具大国成为真正的模具强国，仍然任重道远，我国的模具设计和制造水平在总体上要比工业发达国家落后许多。由于历史原因形成的封闭式、“大而全”的企业特征，我国大部分企业均设有模具车间，处于本厂的配套地位，自 20 世纪 70 年代末才有了模具工业化和生产专业化这个概念。模具工业主要生产能力分散在各部门主要产品厂内的工模具车间，所生产的模具基本自产自用。据粗略估计，产品厂的模具生产能力占全国模具生产能力的 75%，他们的装备水平较好，技术力量较强，生产潜力较大，但主要为本厂产品服务，与市场联系较少，经营机制不灵活，不能发挥人力物力的潜力。模具专业厂全国只有二百家左右，商品模具只占总数的 20% 左右，模具标准件的商品率也不到 20%。由于受旧管理体制的影响较深，缺乏统筹规划和组织协调，存在着“中而全”、“小而全”的结构缺陷，生产效率不高，经济效益较差。

现代工业的发展要求各行各业产品更新换代快，对模具的需求量加大。一般模具国内可以自行制造，但很多大型复杂、精密和长寿命的级进模、大型精密塑料模、复杂压铸模和汽

车覆盖件模等仍需依靠进口。近年来,模具进口量已超过国内生产的商品模具的总销售量。为了推进社会主义现代化建设,适应国民经济各部门发展的需要,我国模具工业面临着进一步技术结构调整和加速国产化的繁重任务。

1. 模具工业产品结构的现状

按照中国模具工业协会的划分,我国模具基本分为十大类,其中,冲压模和塑料成型模两大类占主要部分。按产值计算,目前我国冲压模占 50% 左右,塑料成型模约占 20%,拉丝模(工具)约占 10%,而世界上发达工业国家和地区的塑料成型模比例一般占全部模具产值的 40% 以上。

我国冲压模大多为简单模、单工序模和复合模等,精冲模、精密多工位级进模还为数不多,模具平均寿命不足 100 万次,模具最高寿命达到 1 亿次以上,精度达到 $3 \sim 5 \mu\text{m}$,有 50 个以上的级进工位,与国际上最高模具寿命 6 亿次,平均模具寿命 5000 万次相比,处于 20 世纪 80 年代中期国际先进水平。

我国的塑料成型模具设计,制作技术起步较晚,整体水平还较低。目前单型腔、简单型腔的模具达 70% 以上,仍占主导地位。一模多腔精密复杂的塑料注射模,多色塑料注射模已经能初步设计和制造。模具平均寿命约为 80 万次左右,主要差距是模具零件变形大、溢边毛刺大、表面质量差、模具型腔冲蚀和腐蚀严重、模具排气不畅和型腔易损等,注射模精度已达到 $5 \mu\text{m}$ 以下,最高寿命已突破 2000 万次,型腔数量已超过 100 腔,达到了 20 世纪 80 年代中期至 20 世纪 90 年代初期的国际先进水平。

2. 模具工业技术结构现状

我国模具工业目前技术水平参差不齐,悬殊较大。从总体上来讲,与发达工业国家相比,还有较大的差距,主要表现在以下两方面。

1) 在采用 CAD/CAM/CAE/CAPP 等技术设计与制造模具方面,无论是应用的广泛性,还是技术水平上都存在很大的差距。在应用 CAD 技术设计模具方面,仅有约 10% 的模具在设计中采用了 CAD,距抛开绘图板还有漫长的一段路要走;在应用 CAE 进行模具方案设计和分析计算方面,也才刚刚起步,大多还处于试用和动画游戏阶段;在应用 CAM 技术制造模具方面,一是缺乏先进适用的制造装备,二是现有的工艺设备(包括近 10 多年来引进的先进设备)或因计算机制式(IBM 微机及其兼容机、HP 工作站等)不同,或因字节差异、运算速度差异、抗电磁干扰能力差异等,联网率较低,只有 5% 左右的模具制造设备近年来才开展这项工作;在应用 CAPP 技术进行工艺规划方面,基本上处于空白状态,需要进行大量的标准化基础工作;在模具共性工艺技术,如模具快速成形技术、抛光技术、电铸成型技术、表面处理技术等方面的 CAD/CAM 技术应用在我国才刚起步。计算机辅助技术的软件开发,尚处于较低水平,需要知识和经验的积累。我国大部分模具厂、车间的模具加工设备陈旧,在役期长,精度差,效率低,至今仍在使用普通的锻、车、铣、刨、钻、磨设备加工模具,热处理加工仍在盐浴、箱式炉,操作凭工人的经验,设备简陋,能耗高。设备更新速度缓慢,技术改造、技术进步力度不大。虽然近年来也引进了不少先进的模具加工设备,但过于分散,或不配套,利用率一般仅有 25% 左右,设备的一些先进功能也未能得到充分发挥。

2) 缺乏技术素质较高的模具设计、制造工艺技术人员和技术工人,尤其缺乏知识面宽、知识结构层次高的复合型人才。中国模具行业中的技术人员,只占从业人员的 8% ~ 12% 左

右,且技术人员和技术工人的总体技术水平也较低。1980年以前从业的技术人员和技术工人知识老化,知识结构不能适应现在的需要;而1980年以后从业的人员,专业知识、经验匮乏,动手能力差,不安心,不愿学技术。近年来人才外流不仅造成人才数量与素质水平下降,而且人才结构也出现了新的断层,青黄不接,使得模具设计、制造的技术水平难以提高。

3. 模具工业配套材料、标准件结构现状

近10多年来,特别是“八五”以来,国家有关部委已多次组织有关材料研究所、大专院校和钢铁企业,研究和开发模具专用系列钢种、模具专用硬质合金及其他模具加工的专用工具、辅助材料等,并有所推广。但因材料的质量不够稳定,缺乏必要的试验条件和试验数据,规格品种较少,大型模具和特种模具所需的钢材及规格还有缺口。在钢材供应上,解决用户的零星用量与钢厂的批量生产的供需矛盾,尚未得到有效的解决。另外,国外模具钢材近年来相继在国内建立了销售网点,但因渠道不畅、技术服务支撑薄弱及价格偏高、外汇结算制度等因素的影响,目前推广应用不多。

模具加工的辅助材料和专用技术近年来虽有所推广应用,但未形成成熟的生产技术,大多仍还处于试验摸索阶段,如模具表面涂层技术、模具表面热处理技术、模具导向副润滑技术、模具型腔传感技术及润滑技术、模具去应力技术、模具抗疲劳及防腐技术等尚未完全形成生产力,走向商品化。一些关键、重要的技术也还缺少知识产权的保护。

我国的模具标准件生产,20世纪80年代初才形成小规模生产,模具标准化程度及标准件的使用覆盖面约占20%,从市场上能配到的也只有约30个品种,且仅限于中小规格。标准凸凹模、热流道元件等刚刚开始供应,模架及零件生产供应渠道不畅,精度和质量也较差。

4. 模具工业产业组织结构现状

我国的模具工业相对较落后,至今仍不能称其为一个独立的行业。我国目前的模具生产企业可划分为四大类:专业模具厂,专业生产外供模具;产品厂的模具分厂或车间,以供给本产品厂所需的模具为主要任务;三资企业的模具分厂,其组织模式与专业模具厂相类似,以小而专为主;乡镇模具企业,与专业模具厂相类似。其中以第一类数量最多,模具产量约占总产量的70%以上。我国的模具行业管理体制分散。目前有19个大行业部门制造和使用模具,没有统一管理的部门。仅靠中国模具工业协会统筹规划,集中攻关,跨行业,跨部门管理困难很多。

模具适宜于中小型企业组织生产,而我国技术改造投资向大中型企业倾斜时,中小型企业企业的投资得不到保证。包括产品厂的模具车间、分厂在内,技术改造后不能很快收回其投资,甚至负债累累,影响发展。

我国模具价格长期以来同其价值不协调,造成模具行业“自身经济效益小,社会效益大”的现象。“干模具的不如干模具标准件的,干标准件的不如干模具带件生产的。干带件生产的不如用模具加工产品的”之类不正常现象存在,极大地挫伤了模具企业(包括模具车间和分厂)职工的积极性。这也是模具行业留不住人才、青年技术人员和青年工人不愿学技术的原因之一。

四、模具的发展趋势

1. 模具 CAD/CAE/CAM 正向集成化、三维化、智能化和网络化方向发展

(1) 模具软件功能集成 模具软件功能的集成化要求软件的功能模块比较齐全,同时各功能模块采用同一数据模型,以实现信息的综合管理与共享,从而支持模具设计、制造、装配、检验、测试及生产管理的全过程,达到实现最佳效益的目的。如英国 Delcam 公司的系列化软件就包括了曲面/实体几何造型、复杂形体工程制图、工业设计高级渲染、塑料模设计专家系统、复杂形体 CAM、艺术造型及雕刻自动编程系统、逆向工程系统及复杂形体在线测量系统等。集成化程度较高的软件还包括 Pro/ENGINEER、UG 和 CATIA 等。国内有上海交通大学金属塑性成型有限元分析系统和冲裁模 CAD/CAM 系统;北京北航海尔软件有限公司的 CAXA 系列软件;吉林金网格模具工程研究中心的冲压模 CAD/CAE/CAM 系统等。

(2) 模具设计、分析及制造的三维化 传统的二维模具结构设计已越来越不适应现代化生产和集成化技术要求。模具设计、分析、制造的三维化、无纸化要求新一代模具软件以立体的、直观的感觉来设计模具,所采用的三维数字化模型能方便地用于产品结构的 CAE 分析、模具可制造性评价和数控加工、成形过程模拟及信息的管理与共享。如 Pro/ENGINEER、UG 和 CATIA 等软件具备参数化、基于特征、全相关等特点,从而使模具并行工程成为可能。另外, Cimatron 公司的 Moldexpert, Delcam 公司的 Ps-mold 及日立造船的 Space-E/mold 均是 3D 专业注塑模设计软件,可进行交互式 3D 型腔、型芯设计、模架配置及典型结构设计。澳大利亚 Moldflow 公司的三维真实感流动模拟软件 Moldflow Advisers 已经受到用户广泛的好评和应用。国内有华中理工大学研制的同类软件 HSC3D4.5F 及郑州工业大学的 Z-mold 软件。面向制造、基于知识的智能化功能是衡量模具软件先进性和实用性的重要标志之一。如 Cimatron 公司的注塑模专家软件能根据脱模方向自动产生分型线和分型面,生成与制品相对应的型芯和型腔,实现模架零件的全相关,自动产生材料明细表和供 NC 加工的钻孔表格,并能进行智能化加工参数设定、加工结果校验等。

(3) 模具软件应用的网络化趋势 随着模具在企业竞争、合作、生产和管理等方面的全球化、国际化,以及计算机软硬件技术的迅速发展,网络使得在模具行业应用虚拟设计、敏捷制造技术既有必要,也有可能。美国在其《21 世纪制造企业战略》中指出,到 2006 年要实现汽车工业敏捷生产/虚拟工程方案,使汽车开发周期从 40 个月缩短到 4 个月。

2. 模具检测、加工设备向精密、高效和多功能方向发展

(1) 模具检测设备的日益精密、高效 精密、复杂、大型模具的发展,对检测设备的要求越来越高。现在精密模具的精度已达 $2 \sim 3 \mu\text{m}$,目前国内厂家使用较多的有意大利、美国、日本等国的高精度三坐标测量机,并具有数字化扫描功能。如东风汽车模具厂不仅拥有意大利产 $3250\text{mm} \times 3250\text{mm}$ 三坐标测量机,还拥有数码摄影光学扫描仪,率先在国内采用数码摄影、光学扫描作为空间三维信息的获得手段,从而实现了从测量实物→建立数学模型→输出工程图样→模具制造全过程,成功实现了逆向工程技术的开发和应用。这方面的设备还包括:英国雷尼绍公司第二代高速扫描仪(CYCLON SERIES2)可实现激光测头和接触式测头优势互补,激光扫描精度为 0.05mm ,接触式测头扫描精度达 0.02mm 。另外,德国 GOM 公司的 ATOS 便携式扫描仪,日本罗兰公司的 PIX-30、PIX-4 台式扫描仪和英国泰勒·霍普森公司的 TALYSCAN150 多传感三维扫描仪分别具有高速化、廉价化和功能复合化等特点。

(2) 数控电火花加工机床 日本沙迪克公司采用直线电动机伺服驱动 AQ550LLS-WEDM、AQ325L 具有驱动反应快、传动及定位精度高、热变形小等优点。瑞士夏米尔公司

的 NCEDM 具有 P-E3 自适应控制、PCE 能量控制及自动编程专家系统。另外,有些 EDM 还采用了混粉加工工艺、微精加工脉冲电源及模糊控制 (FC) 等技术。

(3) 高速铣削机床 (HSM) 铣削加工是型腔模具加工的重要手段。而高速铣削具有工件温升低、切削力小、加工平稳、加工质量好、加工效率高 (为普通铣削加工的 5 ~ 10 倍) 及可加工硬材料 ($<60\text{HRC}$) 等诸多优点,因而在模具加工中日益受到重视。瑞士克朗公司 UCP710 型五轴联动加工中心,其机床定位精度可达 $8\mu\text{m}$,自制的具有矢量闭环控制电主轴,最大转速为 42000r/min 。意大利 RAMBAUDI 公司的高速铣床,其加工范围可以达到 $2500\text{mm} \times 5000\text{mm} \times 1800\text{mm}$,转速可以达到 25000r/min ,切削进给速度达 20m/min 。HSM 一般主要用于大、中型模具加工,如汽车覆盖件模具、压铸模、大型塑料等曲面加工,其曲面加工精度可达 0.01mm 。

3. 快速经济制模技术

缩短产品开发周期是赢得市场竞争的有效手段之一。与传统模具加工技术相比,快速经济制模技术具有制模周期短、成本较低的特点,精度和寿命又能满足生产需求,是综合经济效益比较显著的模具制造技术,具体主要有以下一些技术。

1) 快速原型制造技术 (RPM)。它包括激光立体光刻技术 (SLA)、叠层轮廓制造技术 (LOM)、激光粉末选区烧结成形技术 (SLS)、熔融沉积成形技术 (FDM) 和三维印刷成形技术 (3D-P) 等。

2) 表面成形制模技术。它是指利用喷涂、电铸和化学腐蚀等新的工艺方法形成型腔表面及精细花纹的一种工艺技术。

3) 浇铸成型制模技术。它主要有铋锡合金制模技术、锌基合金制模技术、树脂复合成型模具技术及硅橡胶制模技术等。

4) 冷挤压及超塑成型制模技术。

5) 无模多点成形技术。

6) KEVRON 钢带冲裁落料制模技术。

7) 模具毛坯快速制造技术。它主要有干砂实型铸造、负压实型铸造、树脂砂实型铸造及失蜡精铸等技术。

8) 其他方面技术,如采用氮气弹簧压边、卸料、快速换模技术、冲压单元组合技术、刃口堆焊技术及实型铸造冲模刃口镶块技术等。

4. 模具材料及表面处理技术发展迅速

模具工业要上水平,材料应用是关键。因选材和用材不当,致使模具过早失效,大约占失效模具的 45% 以上。在模具材料方面,常用冷作模具钢有 CrWMn、Cr12、Cr12MoV 和 W6Mo5Cr4V2,火焰淬火钢 (如日本的 AUX2、SX105V (7CrSiMnMoV)) 等;常用新型热作模具钢有美国 H13、瑞典 QRO80M、QRO90SUPREME 等;常用塑料模具用钢有预硬钢 (如美国 P20)、时效硬化型钢 (如美国 P21、日本 NAK55 等)、热处理硬化型钢 (如美国 D2,日本 PD613、PD555,瑞典一胜白 136 等)、粉末模具钢 (如日本 KAD18 和 KAS440) 等;覆盖件拉伸模常用 HT300、QT60-2、Mo-Cr、Mo-V 铸铁等,大型模架用 HT250。多工位精密冲模常采用钢结硬质合金及硬质合金 YG20 等。在模具表面处理方面,其主要趋势是:由渗入单一元素向多元素共渗、复合渗 (如 TD 法) 发展;由一般扩散向 CVD、PVD、PCVD、离子渗入、离子注入等方向发展;可采用的镀膜有 TiC、TiN、TiCN、TiAlN、CrN、Cr7C3、

W2C 等,同时热处理手段由大气热处理向真空热处理发展。另外,目前对激光强化、辉光离子氮化技术及电镀(刷镀)防腐强化等技术也日益受到重视。

5. 模具工业新工艺、新理念和新模式逐步得到了认同

在成形工艺方面,主要有冲压模具功能复合化、超塑性成形、塑性精密成形技术、塑料模气体辅助注射技术及热流道技术、高压注射成形技术等。另一方面,随着先进制造技术的不断发展和模具行业整体水平的提高,在模具行业出现了一些新的设计、生产、管理理念与模式。具体主要有:适应模具单件生产特点的柔性制造技术;创造最佳管理和效益的团队精神,精益生产;提高快速应变能力的并行工程、虚拟制造及全球敏捷制造、网络制造等新的生产哲理;广泛采用标准件通用件的分工协作生产模式;适应可持续发展和环保要求的绿色设计与制造等。

总之,进入 21 世纪,在经济全球化的新形势下,随着资本、技术和劳动力市场的重新整合,我国装备制造业在加入 WTO 以后,将成为世界装备制造业的基地。而在现代制造业中,无论哪一行业的工程装备,都越来越多地采用由模具工业提供的产品。为了适应用户对模具制造的高精度、短交货期、低成本的迫切要求,模具工业正广泛应用现代先进制造技术来加速模具工业的技术进步,满足各行各业对模具这一基础工艺装备的迫切需求。

思考与练习题

- 0-1 模具的概念是什么?在日常生产和生活中有哪些应用?
- 0-2 按使用模具进行成形加工的工艺性质和使用功能的分类方法,可以将模具分为哪些类?各类模具的成形特点是什么?
- 0-3 我国模具行业的发展存在哪些不足?
- 0-4 模具行业的发展趋势是什么?
- 0-5 快速制模技术有哪些特点?主要包括哪些技术?

第一章 冲压模具基础知识

学习要求：理解冲压及冲压模具的基本概念；掌握冲压加工基本工序的分类和特点；了解常用的冲压设备的分类和特点；掌握曲柄压力机的原理；掌握合理选择冲压设备的方法。

学习重点：冲压加工基本工序的分类和特点。

第一节 冲压模具

一、冲压模具概述

1. 冲压的概念

在工业生产中，利用安装在冲压设备（主要指压力机）上的专用工具对金属或非金属材料施加压力，使其产生分离或塑性变形，从而获得所需要零件（俗称冲压件或冲件）的一种压力加工方法称为冲压。因为它通常是在常温下进行加工，而且主要采用板料来加工成所需零件，所以也叫冷冲压或板料冲压。

在冲压加工中，安装在冲压设备上的专用工具称为冲压模具。图 1-1 为多工位级进冲压模具。

冲模在冲压中至关重要，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。模具、冲压设备和合理的工艺条件构成冲压加工的三要素，它们之间的相互关系如图 1-2 所示。

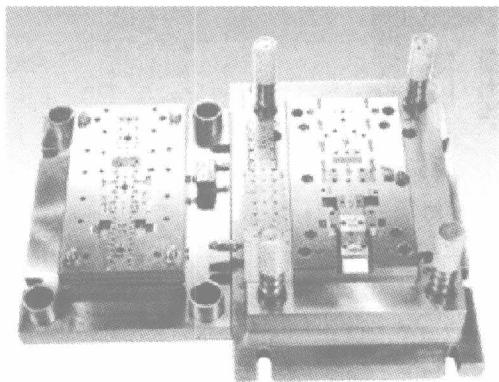


图 1-1 多工位级进冲压模具

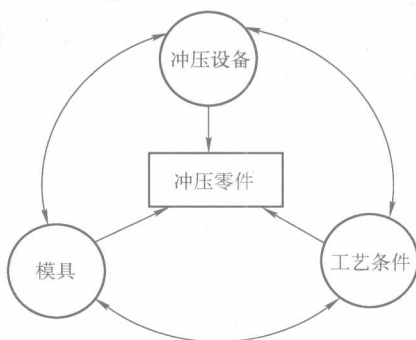


图 1-2 冲压加工的要素

2. 冲压的特点及应用

与机械加工及塑性加工的其他方法相比，冲压加工无论在技术方面还是经济方面都具有许多独特的优点。其主要表现在以下几个方面：

1) 生产率高, 操作简单, 便易实现生产的自动化, 适用于大批量零件与制品的加工与制造。这是因为冲压是依靠冲模和冲压设备来完成加工的, 一台普通压力机的行程次数为每分钟几十次, 高速压力机每分钟可达数百次甚至千次以上, 而且每次冲压行程就可能得到一个或者多个冲件。

2) 冲压加工与普通的切削加工相比, 一般没有切削碎料生成, 材料的消耗较少, 而且利用冷冲压所获得的零件一般不需要进一步加工, 可一次成形。所以冲压加工是一种省料, 节能的加工方法, 冲压件的成本较低。

3) 由于冷冲压所用原材料多是表面质量好的板料或带料, 冲件的尺寸公差由冲模来保证, 所以冲压零件表面光洁, 尺寸精度稳定, 互换性好。

4) 冲压可加工出尺寸范围较大、形状较复杂的零件, 比如小到钟表的秒针, 大到汽车纵梁、覆盖件等。

但是, 冲压生产必须具备相应的冲模, 而冲压加工所使用的模具一般具有专用性, 即具有“一模一样”的特征, 有时一个复杂零件需要数套模具才能加工成形; 且模具制造属于单件小批量生产, 精度高, 技术要求高, 是技术密集型产品。所以, 在一般情况下, 只有在产品生产批量大的情况下, 才能得到较高的经济效益。

综上所述, 冲压与其他加工方法相比, 具有独到的特点, 所以在工业生产中, 特别是批量生产中应用十分广泛。相当多的工业部门越来越多地采用冲压方法加工产品零部件, 如汽车、农机、电器、仪表、电子、国防以及日用品等行业(冲压成型产品示例见图 1-3)。据统计在电子产品中, 冲压件约占 80%~85%; 在汽车、农业机械产品中, 冲压件约占 75%~80%; 在轻工产品中, 冲压件约占 90% 以上。此外, 在航空及航天工业生产中, 冲压件也占有很大的比例。因此可以说, 如果生产中不采用冲压工艺, 许多工业部门要提高生产效率、提高产品质量、降低生产成本、进行产品更新换代等都是难以实现的。



图 1-3 冲压产品示例

二、冲压的基本工序及模具

1. 冲压工序的分类及特点

冲压加工因冲压件的形状、尺寸和精度的不同, 所采用的工序也不同。概括起来, 冲压工序可分为分离工序和成形工序两类。分离工序是指板料在模具刃口作用下, 沿一定的轮廓线分离而获得冲压件的加工方法。分离工序主要有冲孔、落料、切断等, 见表 1-1。

成形工序是指坯料在不破裂的条件下产生塑性变形而获得具有一定形状和尺寸的冲压件的加工方法。成形工序主要有弯曲、拉深、翻边、胀形等, 见表 1-2。

在实际生产中, 当冲压件的生产批量较大、尺寸较小而公差要求较小时, 若用分散的单一工序来冲压是不经济甚至难于达到要求。这时在工艺上多采用工序集中的方案, 即把两种

或两种以上的单一工序集中在一副模具内完成，称为组合工序。根据工序组合的方法不同，又可将其分为复合、级进和复合-级进三种组合方式。

表 1-1 冲压分离工序

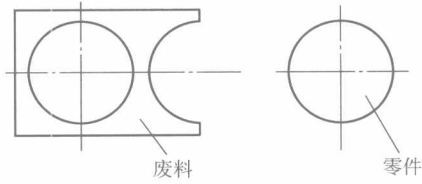
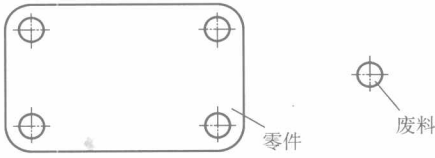
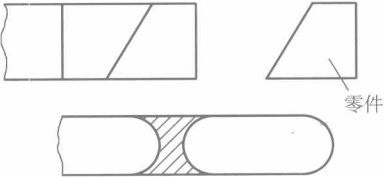
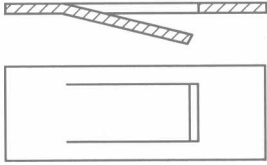
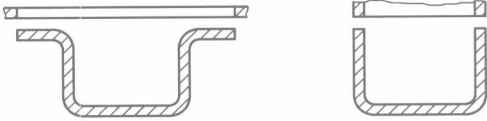
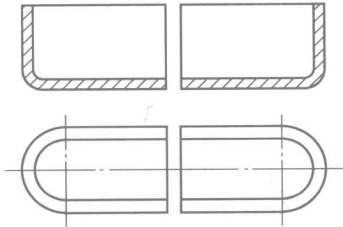
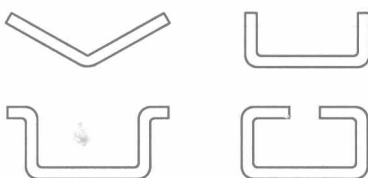
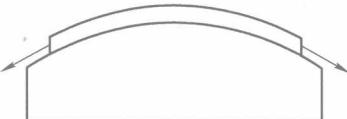
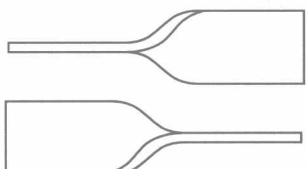
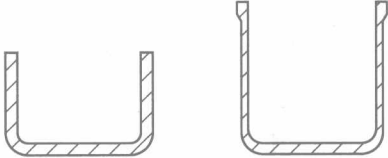
工序名称	工序简图	特 点
落料		用冲模沿封闭线冲切板料，冲下来的部分为冲件
冲孔		用冲模沿封闭线冲切板料，冲下来的部分为废料
切断		用剪刀或冲模切断板料，切断线不封闭
切口		在坯料上沿不封闭线冲出缺口，切口部分发生弯曲
切边		将工件的边缘部分切除
剖切		把工件切开成两个或多个零件

表 1-2 成形工序

工序名称	工序简图	特 点
弯曲		将板料沿直线弯成一定的角度和曲率
拉弯		在拉力和弯矩共同作用下实现弯曲变形
扭弯		把工件的一部分相对另一部分扭转成一定角度
拉深		把平板坯料制成开口空心件，壁厚基本不变
变薄拉深		把空心件进一步拉深成侧壁比底部薄的零件
翻孔		沿工件上孔的边缘翻出竖立边缘
翻边		沿工件的外缘翻起弧形的竖立边缘