



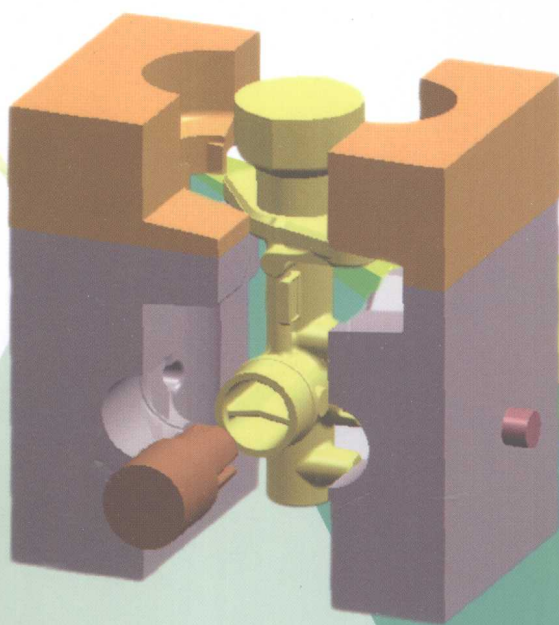
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

模具设计与制造系列

模具制造工艺学

(第二版)

郭铁良 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

模具设计与制造系列

模具制造工艺学

(第二版)

郭铁良 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书以现代制造技术和工艺方法为主线,围绕模具制造特点,阐述了模具基本表面机械加工、数控加工工艺、电加工、成形表面无屑加工、逆向工程与快速成形、典型零件加工、表面光整加工和装配等。此外,还介绍了与模具制造工艺相关的设备、刀具及测量。书中的例子和方法基本采用了工程实例、实图。

本书可作为应用型本科院校材料成型与控制工程专业、高职高专院校模具设计与制造专业及机械制造类专业选修课程的教学用书,也可作为从事模具设计与制造人员的业务参考书及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

模具制造工艺学/郭铁良主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2009.1

ISBN 978-7-04-025607-9

I. 模… II. 郭… III. 模具-制造-工艺-高等学校: 技术学校-教材 IV. TG760.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第188800号

策划编辑	王 博	责任编辑	薛立华	封面设计	于 涛	责任绘图	尹 莉
版式设计	马敬茹	责任校对	刘 莉	责任印制	宋克学		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 15.25
字 数 360 000

版 次 2002年3月第1版
2009年1月第2版
印 次 2009年1月第1次印刷
定 价 20.30元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25607-00

第二版前言

本书第一版由高等教育出版社于2002年出版,至今已印刷12次,发行6万册。本书第一版根据模具类专业教学需要选取内容,语言阐述科学严谨,插图示例尽可能用工程实例,受到读者广泛好评。然而6年过去了,模具制造技术得到了进一步发展和提高,新技术应用日趋成熟和广泛,加之教育部为推动高等教育质量工程和高职高专教育改革组织编写普通高等教育“十一五”国家级规划教材,本书也纳入其中等,这些构成了本书修订的主要动因。

近年来,数控机床应用的普及程度越来越高。随着数控机床应用的普及并逐步占主导地位,模具制造工艺也必须与之相适应。传统模具制造工艺的内容,特别是手工、修配、配作等工艺正在逐步减少,数控制造工艺不断增加,特别是复杂、高精度的模具型腔型面,或凸、凹模及多孔固定板等,大多采用数控机床加工制造。因此,本次修订更加突出数控技术的应用,全书贯穿数控设备、数控工艺、数控刀具的内容,使本书适应制造技术现代化运用的需要。

根据大部分学校材料成型或模具类专业单独开设数控编程课程的实际,本次修订中删除了第一版中数控加工与编程的内容,代之以数控加工工艺,使本书更符合教学的实际需要。

根据快速模具制造技术发展、应用的实际,本次修订将原逆向工程一节的内容单列一章,加以拓展和深化,并增加实际运用的例子,以进一步推动快速制模技术的发展与应用。

随着劳动力成本的提高和模具制造周期的进一步缩短,模具标准化的应用程度已经大大提高。因此,修订中把属于标准化内容的例子原则上删除,代之以能够表述模具工艺内容和特点的例子,以更符合模具行业发展的需要。

本书主体内容仍然维持了第一版的编写思想、体系结构和特点,仍以模具单件小批制造为背景,着重阐述各种机械制造共同核心的基本工艺方法,配以典型模具零件实例,力求符合工程实际的需要。

本书如作为材料成型或模具类专业的教材,建议设64学时。该课程宜与模具设计与制造课程同步或滞后开设。本书各章内容具有一定的独立性,教学内容可根据不同区域技术应用特点和未来毕业生的需要取舍。

本次参加修订的人员有郭铁良、赵先仲、付建军、张守学、张丽桃和刘新宇。赵先仲重新改编了第三章;付建军修订了第一章;张守学修订了第五、八章;张丽桃修订了第二章;刘新宇重新改编了第六章;郭铁良提出修订要求,撰写了第二版前言,修订了绪论、第四、七、九章,对全书进行统稿,并担任全书的主编。

在本书修订前,许多同行在宁波会议上提出了一些有价值的意见和建议;在本书的编写、出版过程中,出版社的编辑也提出了富有建设性的意见建议;特别是许多多年使用本书的读者也提出了宝贵的批评和建议。在此一并深表感谢。根据这些批评、意见和建议,我们对本书的内容取舍、语言描述、资料提供、教学时数与进度设计等方面进行了相应地修订。

囿于编者水平和对教育、教学与工程应用的理解,书中难免存在错误和偏好,恳请读者不吝赐教。

编者

2008年11月

第一版前言

本书为教育部高职高专规划教材,是依据工程类高职高专教育的特点、模具设计与制造专业的培养目标和教学基本要求,同时兼顾非模具设计与制造专业的选修课要求而编写的。

本书共8章,分别为模具机械加工基础、模具基本表面的机械加工、模具数控加工与编程、模具成型表面的电火花加工、模具成型表面的无屑加工方法、模具典型零件的加工、光整加工和模具装配工艺。

本书在阐述机械加工共性的同时,重点介绍了模具制造技术的特性。一般机械加工方法从简,精密异型加工、特种加工等从详,以使学生在掌握一般机械制造常规和较成熟的制造方法的基础上,掌握合理设计模具结构和正确选择模具制造工艺的方法。本书以冲压模和塑料模的制造技术为研究对象,以塑料模中的型腔类模具制造为教学重点,可使学生在这些知识的基础上,通过类比掌握其他模具的制造方法。

本书强调工艺及工艺与设计、设备、材料的关系,所用设备只介绍其外部特性,而不讲其结构和原理,突出应用性和针对性,以培养学生的工艺分析能力,使学生能通过正确地分析工艺来选择工艺方法,确保加工的质量、效率和成本,同时从设计、设备、材料和工艺等全方位考虑问题,寻求工艺设计的整体最优。限于篇幅和学时要求,本书省略了部分非常用的内容、非基础的内容和实践性、专业性极强的内容,侧重于工程实践基础内容的介绍。

本书以现代制造技术为主线,兼顾传统制造技术。数控加工技术的应用占有相当的篇幅,包括数控车、铣、加工中心、电火花、电火花线切割以及快速成型系统的制造工艺与编程等内容,使读者熟悉国内外较先进的制造工艺。

本书注重实用性。书中的例子和方法主要取自于工程实例和实用的工程方法,零件、数控程序和工艺路线采用工程图而非示意图,以增强学生的工程化意识,并获取一定的间接工程经验。书中各章后均附有一定量的思考题,供教学使用。

本书由郭铁良担任主编,赵先仲、付建军和张世全担任副主编,由沈阳工业学院申奎东审稿。全书编写分工如下:第1章由华北航天工业学院付建军编写;第2章由华北航天工业学院张丽桃编写;第3章由华北航天工业学院赵先仲编写;第4章、前言、绪论由华北航天工业学院郭铁良编写;第5章和第7章由华北航天工业学院张守学编写;第6章和第8章由宁波高等专科学校张世全编写。全书由郭铁良提出编写大纲及要求并统稿。

感谢华北航天工业学院对本书编写给予的大力支持,感谢为本书提供参考资料的香港理工大学周裕教授,感谢为本书提供参考著作的各位编者。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请各位读者不吝赐教。

编者

2001.11

目 录

绪论	1	第一节 无屑加工方法概述	114
第一章 模具机械加工基础	6	第二节 熔模铸造	115
第一节 工艺规程设计	6	第三节 电铸成形	117
第二节 模具的制造精度	23	第四节 陶瓷型铸造成形	124
第三节 机械加工的表面质量	29	第五节 环氧树脂型腔模	127
思考题	37	第六节 硅橡胶模具	128
第二章 模具基本表面的机械加工		思考题	129
方法	38	第六章 模具逆向工程与快速成形	130
第一节 模具零件的常用加工方法及选择	38	第一节 模具逆向工程	130
第二节 圆柱面加工	39	第二节 快速成形与快速制模	144
第三节 平面加工	43	思考题	150
第四节 孔加工	46	第七章 模具典型零件的加工	152
第五节 孔系加工	53	第一节 杆类零件的加工	152
思考题	55	第二节 套类零件的加工	154
第三章 数控加工工艺	56	第三节 板类零件的加工	156
第一节 数控加工的坐标系	56	第四节 滑块的加工	165
第二节 数控加工的工艺处理	60	第五节 凸模的加工	168
第三节 数控加工工艺的制订	65	第六节 凹模的加工	175
第四节 数控车床加工工艺	73	第七节 塑料模型腔的加工	182
第五节 数控铣床和加工中心的加工工艺	81	思考题	189
思考题	88	第八章 光整加工	190
第四章 模具成形表面的电火花加工	90	第一节 研磨与抛光	190
第一节 电火花加工的基本原理	90	第二节 电化学抛光	197
第二节 电火花加工与编程	92	第三节 超声抛光	200
第三节 电火花线切割加工与编程	104	第四节 挤压研磨抛光	203
思考题	113	第五节 其他光整加工	205
第五章 模具成形表面的无屑加工		第六节 照相腐蚀	206
方法	114	思考题	208
		第九章 模具装配工艺	209
		第一节 装配精度与保证装配精度的方法	209
		第二节 装配尺寸链	210

第三节	模具装配工艺过程	213	修整	221	
第四节	模具间隙、位置控制	214	第八节	模具装配实例	223
第五节	模具连接件的固定及 连接	216	第九节	试模与调试	227
第六节	模具装配精度及检查	221	思考题	231	
第七节	模具连接件的调试与 参考文献	232			

绪 论

一、模具制造技术的现状与发展

(一) 我国模具制造技术的现状

随着我国从制造业大国向制造业强国迈进的脚步不断加快,市场竞争的日益加剧,人们已经越来越认识到产品质量、成本和新产品的开发能力的重要性。而模具制造是整个链条中最基础的要素之一,模具制造技术现已成为衡量一个国家制造业水平高低的重要标志,并在很大程度上决定企业的生存空间。我国的模具制造技术从过去只能制造简单模具已发展到可以制造大型、精密、复杂、长寿命模具。例如:在冲压模具方面,我国设计和制造的电动机定转子硅钢片硬质合金多工位自动级进模,电子、电器行业用的 50 余工位的硬质合金多工位自动级进模等,都达到了国际同类模具产品的技术水平;凹模镶件的重叠定位精度小于 0.005 mm,步距精度小于 0.005 mm,模具成形表面粗糙度达到 $Ra0.4 \sim 0.1 \mu\text{m}$;零件可以互换,模具寿命可达 1 亿冲次;级进冲裁和叠铆相结合的技术已在高速冲床上使用,具有自动冲切、叠压、铆合、扭角、记数分组、安全保护功能。在塑料模具方面,能设计制造汽车保险杠及整体仪表盘大型注射模,大型彩色电视机、洗衣机和电冰箱等多种精密、大型注射模。例如设计和制造的汽车后保险杠模具重达 10 余吨,模具尺寸精度可达 $10 \mu\text{m}$,型腔表面粗糙度为 $Ra0.1 \mu\text{m}$,型芯表面粗糙度为 $Ra3.2 \mu\text{m}$,模具寿命达 30 万冲次以上,达到国际同类模具产品的技术水平。

近年来,我国许多模具企业加大了用于技术进步的投资力度,将技术进步视为企业发展的重要动力。一些模具企业已普及应用了 CAD 技术,并陆续开始使用一些国际通用软件。以汽车覆盖件模具为代表的大型冲压模具的制造技术已取得很大进步,东风汽车公司、一汽等厂家已能生产部分轿车覆盖件模具。此外,许多研究机构和高校开展了模具技术的研究和开发,经过多年的努力,在模具 CAD/CAE/CAM 技术方面已取得显著进步,在提高模具质量和缩短模具设计制造周期等方面做出了贡献。

虽然中国模具工业在过去几十年取得了令人瞩目的发展,但许多方面与工业发达国家相比仍有较大的差距。例如,精密加工设备在模具加工设备中的比重比较低,CAD/CAE/CAM 技术的普及率不高,许多先进的模具技术应用不够广泛,等等,致使相当一部分大型、精密、复杂和长寿命模具仍然依赖进口。

(二) 模具制造技术伴随着制造业技术发展而发展

1) 模具制造技术随着制造设备水平的提高而提高。随着先进、精密和高自动化程度的模具加工设备的应用,如数控仿形铣床、数控加工中心、精密坐标磨床、连续轨迹数控坐标磨床、高精度低损耗数控电火花成形加工机床、慢走丝精密电火花线切割机床、精密电解加工机床、三坐标测量仪、快速成形技术、挤压研磨机以及模具专用刀具等模具加工和检测设备、工具的应用,拓展了机械加工模具的范围,提高了加工精度,降低了制件的表面粗糙度,大大提高了加工效率,推进

了模具设计制造一体化的发展。

2) 模具制造技术随着模具新材料的应用而提高。模具材料是影响模具寿命、质量、生产效率和生产成本的重要因素。必须有充足的、高质量的、品种系列齐全的模具用材料,模具工业才能与世界先进制造业同步发展。目前我国模具的平均寿命仅为国外的 $1/5 \sim 1/3$, 分析造成这一差距的因素表明,模具材料和热处理方面的影响占 60% 以上。经过多年努力,我国已经开发了一些专用模具材料,实践证明这些材料(如 65Nb、LDI、HMI、GR 等钢)具有良好的使用效果。除材料研究生产部门要继续开发生产塑料模具钢、压铸模具钢,高强韧、高耐磨优质模具钢等以外,模具设计和制造者也要大力推广应用新型优质模具材料。

热处理是提高模具钢的强韧性和表面性能,发挥模具钢潜力的有效措施。为了提高模具基体的强度、刚度和韧性,应进一步完善并扩大使用组织预处理、高淬低回、低淬低回、低温快速退火等热处理工艺;为了使模具表面强化,即提高模具表面强度、润滑性、耐蚀性,应推广化学热处理(氮化、硫化)、渗金属、化学沉积、电镀、涂层及电火花强化等技术。

3) 模具制造技术随着标准化程度的提高而提高。我国模具标准化体系包括四大类标准,即模具基础标准、模具工艺质量标准、模具零部件标准及与模具生产相关的技术标准。模具标准又可按模具主要分类分冲压模具标准、塑料注射模具标准、压铸模具标准、锻造模具标准、紧固件冷镦模具标准、拉丝模具标准、冷挤压模具标准、橡胶模具标准、玻璃制品模具标准和汽车冲模标准等 10 大类。目前,已有 50 多项模具标准共 300 多个标准号及汽车冲模零部件方面的 14 种通用装置和 244 个品种,共 363 个标准,基本满足了国内模具生产技术发展的需要。模具的标准化是代表模具工业与模具技术发展的重要标志,所谓的模具标准化率是指“模具标准件使用覆盖率”。目前,我国模具标准件的生产、销售、推广和应用工作还比较落后,模具标准件品种规格少、供应不及时、配套性差等问题长期存在,从而使模具标准件使用覆盖率一直较低,目前大致为 40% ~ 45%,而国际上一般在 70% 以上,中小模具在 80% 以上。由于中国模具企业的性质和所在的地区不同,模具标准件使用覆盖率存在很大差异。三资企业要比其他企业高,南方的企业要比北方的高,如广东的模具企业模具标准件的使用覆盖率远远高于其他地区的模具企业。国家努力推动模具标准件的使用覆盖率到 2010 年达到 70% 以上。贯彻模具标准,采用模具标准件,不但能有效提高模具质量,而且能降低模具生产成本及大大缩短模具生产周期。有关统计资料表明:采用模具标准件可使企业的模具加工工时节约 25% ~ 45%,能缩短模具生产周期 30% ~ 40%。随着工业产品多品种、小批量、个性化、快周期生产的发展,为了提高市场经济中的快速应变能力,模具标准化的意义就显得更为重大。

4) 模具制造技术随着模具现代设计与制造技术的发展而提高。随着计算机技术的发展应用,我国的模具设计与制造正朝着数字化方向发展,国内外一些通用或专用软件已经有了比较普遍的应用,特别是模具成形零件,采用计算机辅助设计,进而将数据交换到加工制造设备,实现计算机辅助制造,或将设计与制造连成一体实现所谓的设计制造一体化。计算机辅助设计制造不仅提高了设计速度,还可以实现模具工作状况的初步模拟,不仅可以依据设计模型进行自动加工程序编制,还可以实现加工结束后的自动检测。实践证明,采用计算机辅助设计与制造技术大大缩短了模具制造周期,提高了模具成形零件的设计制造质量。今后,模具现代设计与制造技术必将大大推进模具的设计与制造水平。

(三) 模具制造技术的发展趋势

随着我国社会主义市场经济的不断发展,工业产品的品种增加,产品更新换代加快,市场竞争日益激烈。因此模具质量的提高和生产周期的缩短显得尤为重要,模具制造技术的发展出现以下趋势。

1) 模具粗加工技术向高速加工发展。以高速铣削为代表的高速切削加工技术是模具零件外形表面粗加工发展的方向。高速铣削可以大大改善模具表面质量状况,并大大提高加工效率和降低加工成本。例如 INGERSOLL 公司生产的 VHM 型超高速加工中心的切削进给速度为 76 m/min、主轴转速为 45 000 r/min,瑞士 SIP 公司生产的 AFX 立式精密坐标镗床主轴转速为 30 000 r/min,日本森铁工厂生产的 MV-40 型立式加工中心,其转速达 40 000 r/min。另外,毛坯下料设备出现高速锯床、阳极切割和激光切割等高速高效率加工设备,还出现了高速磨削设备和强力磨削设备等。

2) 成形表面的加工向精密、自动化发展。成形表面的加工向计算机控制和高精度方向发展。数控加工中心、数控电火花成形加工设备、计算机控制连续轨迹坐标磨床和配有 CNC 修整装备和精密测量装置的成形磨削加工设备等的推广使用,是提高模具制造技术水平的关键。此外,要努力开发精度能达到 0.000 1 mm 的高精度模具制造设备,包括切削加工、电加工及复合加工等设备。

3) 光整加工技术向自动化方向发展。当前模具成形表面的研磨、抛光等光整加工仍然以手工作业为主,不仅花费工时多,而且劳动强度大、表面质量差。工业发达国家正在研制由计算机控制、带有磨料磨损自动补偿装置的光整加工设备,可以对复杂型面的三维曲面进行光整加工,并开始在模具加工上使用,大大提高了光整加工的质量和效率。

4) 逆向工程制模技术应用日益普及。以三坐标测量机和快速成形制造技术为代表的逆向工程制模技术,是一种以复制为原理的制造技术,是模具制造技术上的又一重大发展,它对模具制造具有重大的影响。特别适用于多品种、小批量、形状复杂的模具制造,对缩短模具制造周期,进而提高产品的市场竞争力有重要意义。

5) 模具制造技术的信息化和数字化将向集成化发展。模具制造技术中的并行工程、敏捷制造技术,集成、柔性及自动加工技术、网络及虚拟技术,模具 CAM 系统,车身模具数字化制造系统等都是模具制造技术信息化和数字化的发展趋势。

6) 大力发展大型级进模,微型机械所用的微型构件成形模具,高精密、高复杂性、高技术含量的先进模具的制造技术;努力发展模具制造的节能、节材技术,模具高性能材料的研制、系列化及其正确选用,模具的热处理、表面处理新技术;大力推广模具的标准化应用,提升模具制造管理的现代化水平等。

总的来说,制造出大型、高精度、长寿命、高效率、自动化、成本低的模具是总的发展趋势。

二、模具制造工艺的任务

所谓制造工艺,就是把设计转化为产品的过程。模具制造工艺,是把模具设计转化为模具产品的过程。模具制造工艺的任务就是探究制造的可能性和如何制造的问题,进而研究怎样以低成本、短周期制造高质量模具的问题。

成本、周期和质量是模具制造的主要技术经济指标。严格地讲,寻求这三个指标的最佳值,单从模具制造的角度考虑是不够的,应综合考虑设计、制造和使用这三个环节,三者要协调。

“设计”除考虑满足使用功能外,还要充分考虑制造的可行性;“制造”要满足设计要求,同时也制约设计并指导用户使用;“使用”要求用户了解设计与工艺,使得冲压和塑压等制品设计在满足使用功能等的前提下便于制造,为达到较好的技术经济指标奠定基础。

从制造角度考虑,影响制造的主要因素有:

1) 表面。“外表面加工”较“内表面加工”容易,规则表面较异型表面加工容易,型孔较型腔加工容易。

2) 精度。精度提高则制造难度可能成几何级数增加。模具制造的尺寸精度和成形部位的相对位置精度要靠设备、测量、调整、修配等保证。其他部位的位置精度则可以通过同时加工或配加工等方法保证。

3) 表面粗糙度和装饰。表面粗糙度对模具来讲十分重要,占用制造时间较多,一般多达1/3左右。增加表面装饰必然增加制造工序,但有时可以降低对表面粗糙度的要求。

4) 型孔和型腔的数量。型孔和型腔的数量增加,无疑要提高模具的制造尺寸和位置要求,特别是相对位置要求,增加模具的复杂性和制造难度。

5) 热处理。热处理除了满足用户最终对模具寿命的要求外,还影响各道工序的制造效率。

三、模具生产和制造工艺的特点

模具生产具有一般机械产品生产的共性,同时又具有其特殊性。模具生产的特点决定模具制造工艺的特点。模具作为一种高寿命的专用工艺装备,其生产和工艺有如下特点:

1) 单件、多品种生产。模具是高寿命专用工艺装备,每副模具只能生产某一特定形状、尺寸和精度的制件,这就决定了模具生产属于单件、多品种生产。在制造工艺上尽量采用万能通用机床、通用刀量具和仪器,尽可能减少专用二类工具的数量。在制造工序安排上,工序相对集中,以保证模具加工质量和进度,简化管理和减少工序周转时间。

2) 生产周期短。由于新产品更新换代的加快和市场的竞争,要求模具生产周期越来越短。模具的生产管理、设计和工艺工作都应该适应客观要求。提高模具标准化水平,以缩短制造周期和提高质量、降低成本。

3) 成套性。当某个制件需要多副模具加工时,前一模具制造的制件是后一模具的毛坯,模具之间相互牵连、制约,只有最终制件合格,这一系列模具才算合格。因此在模具生产和计划安排上必须充分考虑这一特点。

4) 高精度和低表面粗糙度值。产品零件对模具的精度和表面粗糙度要求越来越高,而加工精度主要取决于加工机床精度、加工工艺条件、测量手段和方法。因此,精密数控设备使用越来越普遍,如平面和成形磨床、镗铣和加工中心、电火花和线切割机床、连续轨迹坐标磨床、三坐标测量机等,使模具加工向高技术密集型发展。同时在生产中较多地采用“实配法”、“同膛法”等,虽然降低了模具零件的互换性,但便于保证加工精度,减小加工难度。

5) 寿命高。从使用角度要求模具的寿命一般越高越好,这不仅促进了模具新材料的涌现,也给模具生产带来了新的要求。除模具的材料要求很高外,模具的硬度也要求很高。在生产实际中,热加工工艺的安排对保证模具质量、缩短制造周期影响很大。

6) 试模和试修。由于模具生产的上述特点和模具设计的经验性特点,模具在装配后必须通过试冲或试压,才能确定模具是否合格。同时模具的有些部位需要试修才能最后确定。因此在

生产进度安排上必须留有一定的试模周期。

四、学习本课程的基本要求

模具制造工艺课程是材料成型及控制工程专业或模具设计与制造专业的主要专业课之一。本课程的任务是使学生掌握模具制造所需的基础理论知识、主要工艺方法及其选用,能够安排一般零件的制造工艺和处理一般工艺问题,熟悉模具工艺性分析;了解国内外先进的制模技术,在生产实际中尽量采用模具制造的新工艺、新技术、新标准,以适应市场对模具产品交货期短、精度高、质量好、价格低的要求。

本课程具有很强的实践性和综合性,因此学生在学习本课程时,除了要重视理论学习之外,还要重视实验、实习,注意理论与实践的结合,向具有丰富的实际经验的工程技术人员学习,做到学以致用、学用结合。本课程与模具设计与制造课程同步或滞后开设为宜;在冲压模和塑料模设计的课程设计完成之后,应安排一次模具制造工艺课的课程设计,以巩固和加深已经学过的理论知识,提高学生综合分析和解决工程实际问题的能力。

第一章 模具机械加工基础

第一节 工艺规程设计

模具加工的工艺规程是规定模具零部件机械加工工艺过程和操作方法等的工艺文件。模具生产工艺水平的高低及解决各种工艺问题的方法和手段都要通过机械加工工艺规程来体现。因此,模具加工的工艺规程设计是一项重要的工作,它要求设计者必须具备丰富的生产实践经验和扎实的机械制造工艺基础理论知识。

模具是机械产品,模具的机械加工类同于其他机械产品的机械加工,但同时又有其特殊性。模具一般是单件小批生产,模具标准件则是成批生产。成形零件的加工精度要求较高,所采取的加工方法往往不同于一般机械加工方法。因此,模具加工工艺规程也具有其特殊的一面。

一、基本概念

(一) 模具的生产过程与工艺过程

1. 生产过程

生产过程是将原材料或半成品转变成为成品的各有关劳动过程的总和。一般模具产品的生产过程主要包括以下内容:

1) 生产技术的准备过程。这个过程主要是完成模具产品投入生产前的各项生产和技术准备工作。如模具产品的试验研究和设计、工艺设计和专用工艺装备的设计与制造,各种生产资料的准备以及生产组织等方面的准备工作。

2) 毛坯的制造过程。如铸造、锻造和冲压等。

3) 零件的各种加工过程。如模具的机械加工、焊接、热处理和其他表面处理等。

4) 产品的装配过程。包括部装、总装、检验试模和油封等。

5) 各种生产服务活动。如生产中原材料、半成品、标准件、外购件和工具的准备、供应、运输、保管,以及产品的包装和发运等。

由上述过程可以看出,模具产品的生产过程是相当复杂的。为了便于组织生产和提高劳动生产率,现代模具工业的发展趋势是自动化、专业化生产。这样各工厂的生产过程就变得比较简单,有利于保证质量、提高效率和降低成本。如模具零件毛坯的生产,由专业化的毛坯生产工厂来承担。模具上的导柱、导套、顶杆等零件和模架,由专业化的标准件厂来完成。这既有利于模具各种零件质量的保证,也利于降低成本,对于专业化零部件制造厂和模具制造厂都是有利的。

2. 工艺过程

在模具产品的生产过程中,那些与把原材料变为成品直接有关的过程,如毛坯的制造、机械

加工、热处理和装配等过程,称为工艺过程。用机械加工的方法,直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量,使之成为产品零件的工艺过程,称为模具的机械加工工艺过程。确定合理的机械加工工艺过程后,以文字形式形成施工的技术文件,即为模具的机械加工工艺规程。

(二) 模具机械加工工艺过程的组成

模具的加工工艺过程由若干个工序组成,而每一个工序又可细分为安装、工位、工步和走刀等。

1) 工序。工序是工艺过程的基本单元。工序是指一个(或一组)工人,在一个固定的工作地点(如机床或钳工台),对一个(或同时几个)工件所连续完成的那部分工艺过程。划分工序的主要依据是零件在加工过程中工作地点(或机床)是否变更。零件加工的工作地点变更后,即构成另一个工序。

2) 工步与走刀。在一个工序内,往往需要采用不同的刀具和切削用量,对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述工序的内容,工序还可进一步划分为工步。当加工表面、切削工具和切削用量中的转速与进给量均不变时,所完成的那部分工序称为工步。

在一个工步内由于被加工表面需切除的金属层较厚,需要分几次切削,此时每进行一次切削就是一次走刀。走刀是工步的一部分,一个工步可包括一次或几次走刀。

3) 定位、安装与工位。工件在加工之前,在机床或夹具上先占据一个正确的位置,这就是定位。定位后对工件进行夹紧的过程称为安装,安装要使工件在加工过程中保持定位时的正确位置不变。在一个工序内,工件的加工可能只需安装一次,也可能需要安装几次。工件在加工过程中应尽量减少安装次数。因为多一次安装就多一次误差,而且还增加了安装工件的辅助时间。为了减少工件安装的次数,常采用各种回转工作台、回转夹具或移位夹具,使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。此时,工件在机床上占据的每一个加工位置都称为一个工位。

(三) 生产纲领与生产类型

1. 生产纲领

工厂制造产品(或零件)的年产量,称为生产纲领。在制订工艺规程时,一般按产品(或零件)的生产纲领来确定生产类型。

零件的生产纲领可按下式计算:

$$N = Qn(1 + a + b)$$

式中: N ——零件的生产纲领;

Q ——产品的生产纲领;

n ——每台产品中该零件的数量;

a ——该零件的备品率;

b ——该零件的废品率。

2. 生产类型

根据产品生产纲领的大小和品种的多少,模具制造业的生产类型主要可分为单件生产和成批生产两种(模具制造业中很少出现特大批量生产的情况)。

1) 单件生产。生产的产品品种较多,每种产品的产量很少,同一个工作地点的加工对象经常改变,且很少重复生产。如新产品试制用的各种模具和大型模具等的生产都属于单件生产。

2) 成批生产。产品的品种不是很多,但每种产品均有一定的数量,工作地点的加工对象周期性地更换,这种生产称为成批生产。例如模具中常用的标准模板、模座、导柱、导套等零件及标准模架等的生产多属于成批生产。

同一产品(或零件)每批投入生产的数量称为批量。根据产品的特征和批量的大小,成批生产可分为小批生产、中批生产和大批生产。对于不同的生产类型,所考虑的工艺装备、工人的技术要求、工时定额、零件的互换性等都不一样。

二、设计、制造和使用的关系

为了正确把握设计、制造和使用的关系,必须了解生产实际对模具的要求,也就是模具的技术经济指标。模具的技术经济指标概括起来可以归纳为:模具的精度和刚度、模具的生产周期、模具的生产成本和模具的寿命4个基本方面。模具生产过程的各个环节都应该根据生产对模具在这4个方面的要求考虑问题。同时,模具的技术经济指标也是衡量一个国家、地区和企业模具生产技术水平的重要标志。

(一) 模具的精度和刚度

1) 模具的精度。机械产品的精度包括尺寸精度、形状精度、位置精度和表面粗糙度。机械产品在工作状态和非工作状态的精度不同,分别称为动态精度和静态精度。

模具的精度主要体现在模具工作零件的精度和相关部位的配合精度。模具工作部位的精度高于产品制件的精度,例如冲裁模刃口尺寸的精度要高于产品制件的精度。冲裁凸模和凹模间冲裁间隙的数值大小和均匀一致性也是主要精度参数之一。平时测量出的精度都是非工作状态下的精度(如冲裁间隙),即静态精度。而在工作状态时,受到工作条件的影响,静态精度发生了变化,变为动态精度,动态精度才是真正有实际意义的。一般模具的精度也应与产品制件的精度相协调,同时受模具加工技术手段的制约。随着制造技术的发展、模具加工技术手段的提高,模具精度也会相应地提高,模具工作零件的互换性生产将成为现实。

2) 模具的刚度。对于高速冲压模、大型件冲压成形模、精密塑料模和大型塑料模,不仅要求其精度高,同时还要求其具有良好的刚度。这类模具的工作负荷较大,当出现较大的弹性变形时,不仅要影响模具的动态精度,而且关系到模具能否正常工作。因此在模具设计中,在满足强度要求的同时,还应保证模具的刚度,同时在制造中也要避免由于加工不当造成的附加变形。

(二) 模具的生产周期

模具的生产周期是指从接受模具订货任务开始到模具试模鉴定后交付合格模具所用的时间。当前,模具使用单位要求模具的生产周期越来越短,以满足市场竞争和更新换代的需要。因此,模具生产周期的长短是衡量模具企业生产能力和技术水平的综合标志之一,也关系到模具企业在激烈的市场竞争中有无立足之地。同时模具的生产周期长短也是衡量一个国家模具技术管理水平高低的标志。

影响模具生产周期的主要因素有:① 模具技术和生产的标准化程度;② 模具企业的专门化程度;③ 模具生产技术手段的先进程度;④ 模具生产的经营和管理水平。

(三) 模具的生产成本

模具的生产成本是指企业为生产和销售模具支付费用的总和。模具的生产成本包括原材料费、外购件费、外协件费、设备折旧费、经营开支等。从性质上又分为生产成本、非生产成本和生

产外成本,通常讲的模具生产成本是指与模具生产过程有直接关系的生产成本。

影响模具生产成本的主要因素有:① 模具结构的复杂程度和模具功能的高低;② 模具精度的高低;③ 模具材料的选择;④ 模具的加工设备;⑤ 模具的标准化程度和企业生产的专门化程度。

(四) 模具的寿命

模具的寿命是指模具在保证产品零件质量的前提下,所能加工的制件的总数量,它包括工作面的多次修磨及易损件更换前后所加工制件的数量之和。

一般在模具设计阶段就应明确该模具所适用的生产批量类型或模具生产制件的总次数,即模具的设计寿命。不同类型模具的正常损坏形式也不一样,但总的来说工作表面损坏的形式有摩擦损坏、塑性变形、开裂、疲劳损坏、啃伤等。

影响模具寿命的主要因素有:

- 1) 模具的结构。合理的模具结构有助于提高模具的承载能力,减轻模具承受的热-机械负荷水平。
- 2) 模具的材料。应根据产品零件生产批量的大小,选择模具材料。
- 3) 模具的加工质量。模具零件在机械加工、电火花加工、锻造、预处理、淬硬和表面处理时的缺陷,都会对模具的耐磨性、抗咬合能力、抗断裂能力产生显著的影响。
- 4) 模具的工作状态。模具工作时,所使用设备的精度与刚度、润滑条件、被加工材料的预处理状态、模具的预热和冷却条件等都对模具的寿命产生影响。
- 5) 产品零件的状况。被加工零件材料的表面质量状态,材料的硬度、延展率等力学性能,被加工零件的尺寸精度等都与模具的寿命有直接的关系。

模具的精度和刚度、生产周期、模具的生产成本以及模具的寿命,它们之间是互相影响和互相制约的。在实际生产过程中要根据产品零件和客观需要综合平衡这些因素,抓住主要矛盾,求得最佳的经济效益,满足生产的需要。

三、工艺规程制订的原则和步骤

(一) 工艺规程的作用与内容

工艺规程是描述由毛坯加工成为零件的过程的一种工艺文件,它简要地规定了零件的加工顺序,选用的机床、工具、工序的技术要求及必要的操作方法等。因此,工艺规程具有指导生产和组织工艺准备的作用,是生产中必不可少的技术文件。

工艺规程的形式很多,随各企业的生产条件、组织形式和模具的加工批量不同而不同。

模具的工艺规程可以分为零件的机械加工工艺、检验工艺、装配工艺规程等,但主要以零件的机械加工工艺规程为主,其他工艺则按需要而定。又因为模具常为单件小批量生产,所以零件加工时常用工艺过程卡来指示加工过程。

(二) 制订工艺规程的原则

制订工艺规程的原则是在一定的生产条件下,要使所编制的工艺规程能以最少的劳动量和最低的费用,可靠地加工出符合图样及技术要求的零件。工艺规程首先要保证产品的质量,同时要争取最好的经济效益。在制订工艺规程时,要注意以下三个方面:

- 1) 技术上的先进性。在制订工艺规程时,要了解国内外本行业工艺技术的发展。通过必要

的工艺试验,优先采用先进工艺和工艺装备,同时还要充分利用现有的生产条件。

2) 经济上的合理性。在一定的生产条件下,可能会出现几个保证工件技术要求的工艺方案。此时应全面考虑,通过核算或评比选择经济上最合理的方案,使产品的能源、物资消耗和成本最低。

3) 有良好的劳动条件。制订工艺规程时,要注意保证工人具有良好、安全的劳动条件,通过机械化、自动化等途径,把工人从笨重的体力劳动中解放出来。

制订工艺规程时,工艺人员必须认真研究原始资料,如产品图样、生产纲领、毛坯资料及生产条件的状况等,然后参照同行业工艺技术的发展,综合本部门的生产实践经验,进行工艺文件的编制。

(三) 制订工艺规程的步骤

编制工艺规程,一般可按以下步骤进行:

- 1) 零件图的研究与工艺审查;
- 2) 确定生产类型;
- 3) 确定毛坯的种类和尺寸;
- 4) 选择定位基准和主要表面的加工方法,拟订零件的加工工艺路线;
- 5) 确定工序尺寸、公差及其技术要求;
- 6) 确定机床、工艺装备、切削用量及时间定额;
- 7) 填写工艺文件。

(四) 工艺文件的格式及应用

将工艺规程的内容填入一定格式的卡片,即为生产准备和施工依据的技术文件,称为工艺文件。在我国各企业的机械加工工艺规程表格不尽一致,但是其基本内容是相同的。常见的工艺文件有以下几种:

1) 工艺过程综合卡片。这种卡片主要列出了整个零件加工所经过的工艺路线(包括毛坯、机械加工和热处理等),它是制订其他工艺文件的基础,也是进行生产技术准备、编制作业计划和组织生产的依据。在单件小批生产中,一般简单零件只编制工艺过程综合卡片作为工艺指导文件。

2) 工艺卡片。这种卡片是以工序为单位,详细说明整个工艺过程的工艺文件。它不仅标出工序顺序、工序内容,同时对主要工序还表示出工步内容、工位及必要的加工简图或加工说明。此外,还包括零件的工艺特性(材料、质量、加工表面及其精度和表面粗糙度要求等)、毛坯性质和生产纲领。在成批生产中广泛采用这种卡片,对单件小批生产中的某些重要零件也要制订工艺卡片。

3) 工序卡片。工序卡片是在工艺卡片的基础上分别为每一个工序制订的,是用来具体指导工人进行操作的一种工艺文件。工序卡片中详细记载了该工序加工所必需的工艺资料,如定位基准、安装方法、所用机床和工艺装备、工序尺寸及公差、切削用量及工时定额等。在大批生产中广泛采用这种卡片。在中、小批生产中,对个别重要工序有时也编制工序卡片。

四、产品图样的工艺分析

模具的零件图是制订工艺规程最主要的原始资料。在制订工艺时,必须首先对其加以认真