



教育部高职高专规划教材

模具制造技术

● 翟德梅 段维峰 主编
王学让 主审



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

模具制造技术

翟德梅 主编
段维峰
王学让 主审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

模具制造技术/翟德梅, 段维峰主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 5
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-7045-4

I. 模… II. ①翟…②段… III. 模具-制造-高等学校: 技术学院-教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 046396 号

教育部高职高专规划教材

模具制造技术

翟德梅 段维峰 主编

王学让 主审

责任编辑: 高 钰

文字编辑: 徐德华

责任校对: 于志岩

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 382 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7045-4

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

模具制造技术是高等工科院校模具专业的主要专业课程之一。根据社会对模具专业人才的需要,结合我们的教学实践,按照教育部“高职高专教育专业人才培养目标及规格”的要求,本着突出应用性及实践性原则,编写了此书。编写的指导思想有以下几方面。

1. 内容力求全面。旨在使学生掌握模具制造的常规方法,了解国内外先进的工艺技术及较成熟的制造方法,为合理设计模具结构及正确选择模具制造方法打下必要的基础。
2. 体系便于组织教学。全书以模具制造工艺规程编制、模具型面的机械加工、特种加工方法为重点,内容上循序渐进,由浅入深,依次介绍,力求条理清晰,便于讲授和自修。
3. 重点突出,取材有简有详。对一般的机械加工方法从简,对在模具制造中占主要地位的精密加工、特种加工、新工艺新技术从详。

本书由翟德梅教授、段维峰副研究员任主编,王德俊任副主编,刘洁、孟玲琴、崔纪超任编委,由王学让教授主审。具体编写分工如下:崔纪超编写第一、六章,王德俊编写第二章,孟玲琴编写第三、九章,翟德梅编写第四章,段维峰编写第五章,刘洁编写第七、八章。全书由翟德梅负责统稿。

在本书的编写过程中得到了河南理工大学杨予勇副教授、河南机电高等专科学校和鹤壁职业技术学院有关领导的大力支持和帮助,此外还参考了许多相关著作,并得到了有关企业模具分厂的大力帮助,他们为本书提供了许多生产实践经验及资料,在此谨表示衷心的感谢!

限于编者水平,书中错误之处在所难免,恳切希望有关专家和读者不吝赐教。

编者

2005年3月

目 录

第一章 概论	1
第一节 模具工业在国民经济中的地位	1
第二节 模具制造技术的现状及发展趋势	1
第三节 模具制造的特点及基本要求	4
第四节 学习本课程的任务和要求	5
第二章 模具制造工艺规程的制订	7
第一节 概述	7
第二节 模具零件的工艺性分析	13
第三节 定位基准的选择	15
第四节 工艺路线的拟定	19
第五节 加工余量确定及工艺装备选择	26
第六节 尺寸链	29
第三章 模具的加工精度和表面质量	38
第一节 模具加工精度	38
第二节 模具加工表面质量	44
第四章 模具工作型面及型腔的机械加工	53
第一节 模具外工作型面的机械加工	53
第二节 模具型孔的机械加工	73
第三节 模具型腔的机械加工	79
第四节 模具的数控机床加工	87
第五节 模具主要工作零件的加工规程	98
第五章 模具工作型面及型腔的特种加工	104
第一节 电火花成形加工	104
第二节 电火花线切割加工	130
第三节 其他特种加工方法	146
第六章 模具典型零件制造工艺	157
第一节 模架零件制造	157
第二节 主要工作零件的制造	167
第七章 模具的装配与调试	184
第一节 概述	184
第二节 冷冲模的装配与调试	188
第三节 塑料模的装配与调试	198
第八章 模具工作型面的抛光及表面强化	208
第一节 模具工作型面的抛光	208
第二节 模具表面强化	212

第九章 快速成型及快速模具制造技术	220
第一节 快速成型技术概述.....	220
第二节 快速成型技术的主要工艺方法.....	221
第三节 快速成型技术的应用与发展.....	224
第四节 基于 RP 的快速制模技术	226
第五节 基于 RP 的间接快速制模技术	229
第六节 基于 RP 的直接快速制模技术	234
第七节 快速制模技术的发展趋势.....	238
参考文献	239

第一章 概 论

第一节 模具工业在国民经济中的地位

模具是现代工业生产的重要工艺装备。随着工业技术的迅速发展,在国民经济的各个领域都越来越多地依靠模具来进行加工。利用模具成形零件的方法,实质上是一种少无切削、多工序重合的生产方法。采用模具成形加工零件代替传统的切削加工工艺,可以提高生产率,保证零件质量,节约原材料,降低生产成本,从而获得很高的经济效益。据粗略统计,70%以上的汽车、拖拉机、电机电器、仪器仪表零件,80%以上的塑料制品,85%以上的计算机、电子行业产品的零件,都是采用模具成形的方法来生产。因此,利用模具生产零件的方法已经成为工业上进行成批或大量生产的主要技术手段,它对于保证制品的质量、缩短产品研发周期、加速产品的更新换代等都具有重要意义。

随着工业生产的发展,模具工业也迅速发展。世界上一些工业发达国家,其模具工业总产值早已超过了机床工业,其发展速度也超过了机床、汽车、电子等工业。在这些国家,模具工业已成为国民经济的基础工业之一。美国工业界称“模具工业是美国工业的基石”,日本模具协会称“模具是促进社会富裕的动力”。模具的价值不仅是其本身的价值,还在于它的应用为社会创造了巨大的经济效益和社会效益。模具技术,特别是制造精密、复杂、长寿命模具的技术,已成为衡量一个国家机械制造水平的重要标志之一。工业发达国家在汽车、电子、仪表、轻工等方面发展迅速,产品先进、有竞争力,在很大程度上取决于模具的供应情况及其先进程度。

在我国,随着生产和科学技术的发展,特别是20世纪80年代以来,产品的更新换代速度加快,品种数量迅速增加。这使模具的需求量相应增加,质量要求也越来越高,从而使模具技术在国民经济中的地位和作用日趋重要。显然,模具技术(设计、制造工艺水平等)落后,制造周期长,质量低劣,必将影响生产发展和产品的更新换代,使产品丧失竞争力。近年来,日本的汽车、手表、家用电器等产品的产量猛增,品种繁多,并在国际市场占据优势地位,其重要原因之一就是模具技术的高度发展。可见,研究和发展模具技术,对促进国民经济的发展具有特别重要的意义。

据国际生产技术协会统计,2000年以来,机械零件中,粗加工的75%、精加工的50%由模具成形完成。因此,工业发达国家都十分重视模具技术的开发。在模具制造中大量采用新工艺和新设备,提高制造水平,并取得了显著的经济效益。可以预见,随着工业生产的迅速发展,模具工业在国民经济中的地位将日益提高,模具技术也会有新的发展,而且必将对加速国民经济的发展作出更大的贡献。

第二节 模具制造技术的现状及发展趋势

一、模具制造技术的现状

我国的模具制造技术是随着现代化工业建设的发展而发展起来的。20世纪50年代以

前,我国的工业基础非常薄弱,大部分工业品不能自行生产,因而所需要的模具很少,也谈不上模具工业和模具技术,国内只能仿制一些简单的模具,且主要依靠钳工个人技术来实现。

解放后,随着国民经济的发展,各种工业产品生产所需要的模具日益增多,模具制造水平处于参照外国模具图样进行加工,并且多为单工序模具、简单的复合模具、少工序和较低精度的级进模具和机外脱模的塑料压缩模具。随着国际经济技术合作交流的发展,国外的模具技术书刊、模具设计手册、模具制造资料等相继介绍到我国,对指导和促进模具技术的发展起到了重要作用。同时制造模具的一些专用加工设备如大型仿形铣床、坐标镗床等的引进,为制造大型模具打下了物质基础。到1956年,制造模具开始采用成形磨削加工,模具结构采用拼块方式,初步解决了模具钳工手工作业和热处理变形问题。这对于提高模具质量和精度、缩短制造周期起到了重要作用。

20世纪50年代末,电火花加工技术开始应用于模具生产,这种方法可以把模具型腔、型面的精加工放在热处理之后,避免了热处理变形对精度的影响,使模具制造技术水平又有一个较大的提高。尤其是1963年,国内研制成功电火花线切割加工机床,从而可以加工更为复杂、精密的冲裁模等,大大减少了模具钳工的手工作业,并应用于塑料模、压铸模和其他成形模具的型孔加工。这一技术的应用和普及是我国模具制造技术发展的又一重要里程碑。

改革开放以来,随着国民经济的高速发展及相关学科的技术进步,推动了模具制造技术及模具工业的迅猛发展,模具无论是从品种、数量还是精度方面,都有了大幅度的发展,模具对工业生产的影响也越来越大,模具制造业也成了现代工业中一个相对独立的重要分支。很多科研院所和高等院校在模具技术的基本理论、模具设计与结构、模具制造技术、模具材料以及模具加工设备等方面都取得了可喜的实用性成果。这个时期是模具技术发展的最快时期。模具标准化工作是代表模具工业和模具技术发展的重要标志。到目前为止,已经制定了冲压模、塑料模、压铸模和模具基础技术等50多项国家标准、近300个标准号,基本满足了国内模具生产技术发展的需要。模具的商品化程度也大大提高,从“八五”期间的20%提高到目前的40%左右。一些先进、精密和高自动化程度的模具加工设备,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、挤压研磨机等模具加工和检测用的精密高效设备,由过去依靠进口到逐步自行设计制造,使模具加工工艺手段登上了一个新台阶,同时为先进加工工艺的推广奠定了物质基础。特别是模具成形表面的特种加工工艺的研究和发展,使模具加工的精度和表面粗糙度都有很大的改善。特种加工工艺设备的改进和提高,使模具加工自动化程度和效率都大大提高。模具新材料的应用,以及热处理和表面处理技术的开发和应用,使模具寿命大幅度提高。快速成型技术在模具制造上的应用,是近20年以来模具制造技术的又一重大进展。快速成型技术是综合了机械工程、CAD、数控技术、激光技术和材料科学技术的一种全新的制造工艺,应用于模具制造,可以使模具设计和制造更加快速、经济、实用,对于多品种、小批量产品的生产及新产品敏捷开发具有重要的意义。

我国模具制造技术水平,从过去只能制造简单模具发展到了可以制造大型、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机定转子硅钢片硬质合金多工位自动级进模和电子、电器行业用的50余工位的硬质合金多工位自动级进模,都达到了国

际同类模具产品的技术水平。凹模镶件重复定位精度 $<0.005\text{mm}$ ，步距精度 $<0.005\text{mm}$ ，模具成形表面粗糙度为 $R_a0.4\sim0.1\mu\text{m}$ ，零件可以互换，模具寿命达1亿冲次。级进冲裁技术和叠铆原理相结合，在高速冲床上使用，具有自动冲切、叠压、铆合、扭角、记数分组和安全保护功能。在塑料模具方面，能设计和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。例如天津市通信广播公司模具厂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 $R_a0.1\mu\text{m}$ ，型芯表面粗糙度为 $R_a3.2\mu\text{m}$ 、模具寿命达30万次以上，达到国际同类模具产品的技术水平。

我国模具制造业近十余年来的年工业产值，持续以15%的增长速度在迅速递增，已经成为国民经济中一个举足轻重的工业分支。

二、模具制造技术的发展趋势

随着市场经济发展的需要和产品更新换代不断加快，对模具制造提出了越来越高的要求，模具制造质量提高、生产周期缩短已经成为该行业发展的必然趋势。纵观模具制造业近十余年来的发展道路，其主要发展方向可以归纳为如下几个方面。

1. 模具生产的专业化和标准化程度不断提高

多年来的模具制造实践表明，要使模具技术高速发展，实现专业化、标准化生产是关键，目前美国模具专业化程度已超过90%，日本也超过了75%。而我国模具专业化程度还处在25%左右。

实现模具专业化生产，前提是要模具标准化，这样可使专业模具生产厂减少30%~50%的制造工作量，降低成本50%。有了模具的各项标准，才可能采用专用的先进生产设备和技术，建立专门的机械化和自动化生产线，才可能采用高精度的、专用的质量检测手段，从而实现提高模具质量、缩短生产周期、降低制造成本的目标。

2. 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代表了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的质量状况，并大大提高加工效率和降低加工成本。例如 IN-GERSOLL 公司生产的 VHM 型超高速加工中心的切削进给速度为 76m/min ；主轴转速为 45000r/min ；瑞士 SIP 公司生产的 AFX 立式精密坐标镗床的主轴转速为 30000r/min ；日本森铁工厂生产的 MV-40 型立式加工中心，其转速达 40000r/min 。另外，毛坯下料设备出现了高速锯床、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。

3. 成形表面的加工向精密、自动化方向发展

成形表面的加工向计算机控制和高精度加工方向发展。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 修整装备与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。

4. 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、表面质量低。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。

5. 反向制造工程制模技术的发展

以三坐标测量机和快速成型制造技术为代表的反向制造工程制模技术是一种以复制为原理的制造技术。它是模具制造技术上的又一重大发展,对模具制造具有重要影响。这种技术特别适用于多品种、少批量、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能力有重要意义。

6. 模具 CAD/CAM 技术将有更快的发展

模具 CAD/CAM 技术在模具设计和制造上的优势越来越明显,它是模具技术的又一次革命,普及和提高模具 CAD/CAM 技术的应用是模具制造业发展的必然趋势。

7. 研制和发展模具用材料

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方面。没有充足的、高质量的、品种系列齐全的模具用材料,模具工业要赶上世界先进水平就只能是纸上谈兵。加速研发急需的模具新钢种,如高强韧、高耐磨新型优质模具钢,大力发展硬质合金模具材料已经势在必行。

第三节 模具制造的特点及基本要求

模具是一种生产效率很高的专用工艺装备,满足不同的制品加工需要,其种类繁多,按用途分为冷冲模、塑料模、压铸模、锻模、粉末冶金模、橡胶模、陶瓷模、玻璃模等。各种模具的组成零件更是多种多样。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。其制造过程主要特点是单件小批、多品种生产,在制造工艺上尽量采用万能通用机床、通用刀具、量具和仪器,尽可能地减少二类工具的数量,在制造工序安排上要求工序相对集中,以保证加工质量和精度,简化管理和减少工序周转时间。

模具加工的另一特点是机械技术与电子技术的密切结合。随着模具制造技术的进步,采用机、电相结合的方式(如电火花加工技术、数控加工技术)已经成为模具制造中的主要加工方法,尤其是近年来随着计算机技术的发展应用,数控机床、加工中心在模具制造中应用已非常广泛,使模具的精度、效率、自动化程度得到大幅度提高。

模具作为现代工业生产中的重要工艺装备,其制造质量、使用寿命、生产周期等均对其产品的生产成本、质量、周期有重要影响。因此对加工模具的基本要求是:精度高、寿命长、制造周期短、成套性生产、成本低。

1. 精度高

模具的精度主要由制件精度和模具结构要求所决定。一般情况下,为保证成形制件的精度,模具工作部分的精度通常要求高于制件精度 2~3 级。而模具加工精度主要取决于加工机床精度、加工工艺条件、测量手段和方法等。因此在模具生产中精密、数控设备的使用越来越普遍,如平面和成形磨床、镗铣和加工中心、电火花加工、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。同时在生产中较多的采用“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,并大大降低了加工难度。

2. 寿命长

模具是较昂贵的工艺装备。通常在产品的成本中,模具的加工费用约占 10%~30%。因此,模具的使用寿命将直接影响产品成本的高低及工艺装备制造部门负荷的轻重等,故要

求模具有较长的使用寿命。在大批量生产条件下,为保证高效生产,模具的使用寿命显得尤为重要。

模具寿命除与模具材料、毛坯质量、模具零件制造精度、特别是工作部分的表面粗糙度及热处理质量、模具装配质量有关外,还与模具的安装、调整、使用和维修有关。在诸多因素中,工作表面的加工质量最为重要。模具工作表面质量越好,模具与制件的摩擦越小,模具磨损越小,使用寿命越高。

3. 制造周期短

模具制造的周期取决于模具制造技术和生产管理水平。为满足生产需要,提高产品竞争能力,必须在保证质量的前提下尽量缩短模具的制造周期。模具的生产管理、设计和工艺工作都应该适应这一要求。

4. 成套性生产

当某个制件需要多副模具加工时,前一模具所制造的是后一模具的毛坯,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。因此在模具的生产中和计划安排上必须充分考虑这一特点。

5. 成本低

模具的制造成本与模具结构的复杂程度、模具材料的选择、加工精度要求及加工方法等有关。模具的结构、选材、精度要求等是模具设计中确定的。为了降低模具成本,设计中应遵循在满足使用要求的前提下,结构尽可能简单、选材尽可能便宜、精度要求尽可能低的原则;模具制造中,其加工方法的选择及制造工艺规程制订得是否合理,也直接影响模具成本,亦应在保证加工精度要求的条件下,选择合理的加工方法及制订合理的工艺规程,以最大限度地降低制造成本。

必须指出,模具的精度、寿命、制造周期和成本等指标是互相关联、互相影响的。模具制造精度越高,使用寿命越长,往往导致制造成本的增加;而制造成本的降低和制造周期的缩短,也大都影响制造精度和使用寿命。因此,在模具设计和制造中,应视具体情况全面考虑,在保证制件质量的前提下,选择与制件产量相适应的模具结构、精度、材料及制造方法,从而使模具制造成本降至最低限度。

第四节 学习本课程的任务和要求

本课程是模具设计与制造专业的一门主要专业课程,其综合性强,涉及机械类专业的基础课、技术基础课及有关专业的多学科知识,是数学、物理学、金属工艺学、材料及热处理、互换性与技术测量技术、电工学、计算机技术及模具设计等诸多课程有关知识的综合应用。因此学好上述课程并善于综合运用有关课程的知识,对学习本课程十分重要。

本课程也是一门实践性很强的课程。对于任何一个模具零件,其制造工艺的制订和加工方法的选用,都与现场生产条件密切相关。对于同一模具零件,不同生产条件下可能采用不同的工艺路线和加工方法。因此在处理工艺技术问题时,必须理论联系实际,结合现场具体加工条件。

随着工业生产的发展和金属成形新技术的应用,对模具制造技术的要求越来越高,模具制造方法已不再是过去的手工作业加传统的机械加工,而是广泛采用电火花成形、数控线切割、电化学加工、超声波加工、激光加工以及成形磨削、数控仿形等现代加工技术。因此在

教学实践中,应尽可能多地安排实践环节,尽可能参观一些模具厂,结合模具生产实际,学习、积累模具制造的基本理论、基本知识和基本技能。

通过学习本课程,要求学生掌握模具工作型面制造常用方法的基本原理和特点、适用场合,并能根据实际情况综合分析,选择合理的加工方法,制订出最佳工艺方案;掌握各种加工方法对模具结构设计的要求,具备分析模具结构工艺性的能力,从而设计出工艺性良好的模具结构;掌握模具装配工艺的基本知识,并初步学会模具安装、调试的基本技能,能够发现试模中出现的缺陷,找出产生原因,并提出解决办法;了解模具制造技术的发展趋势,熟悉行业发展概况;了解快速成型及快速制模的基本知识。

第二章 模具制造工艺规程的制订

第一节 概 述

一、模具的生产过程和工艺过程

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全过程。一般模具产品，其生产过程主要包括下列内容。

(1) 生产技术准备过程 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、调试和打标记等。

(5) 各种生产服务活动 如生产中原材料、半成品和工具的供应、运输、保管以及产品的包装和发运等。

由上述过程不难看出，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厂来承担。模具上的导柱、导套、顶杆等零件，由专业化的标准件厂来完成。这既有利于模具上各种零件质量的保证，也有利于降低成本，对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，改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等，使其成为成品或半成品的过程，称为工艺过程。如毛坯制造、机械加工、热处理和装配等。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那部分工艺过程，称为模具机械加工工艺过程。将合理的机械加工工艺过程确定后，以文字的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、模具的机械加工工艺过程

模具机械加工工艺过程是比较复杂的。在这个过程中，根据被加工零件的结构特点和技术要求，常需要采用各种不同的加工方法和设备，并通过这一系列加工步骤，才能将毛坯变成所需的零件。为了客观地反映和分析这一过程，也为了对这一过程描述得比较准确，就需要研究这一过程的组成。并对其组成单元作出科学的定义。

模具机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的。而工序又可以分为安装、工位、工步和行程。毛坯依次通过这些工序而成为成品。

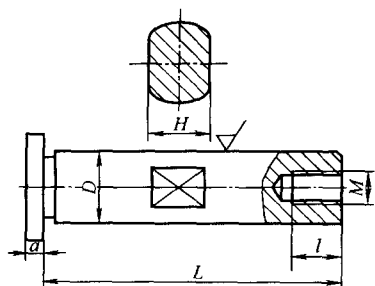


图 2-1 小导柱简图

1. 工序

一个或一组工人，在一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程称为工序。划分工序的主要依据是工作地是否变动和工作是否连续。如图 2-1 所示导柱，当加工数量较少时，其工序划分见表 2-1；当加工数量较大时，其工序划分见表 2-2。

2. 安装

工件（或装配单元）经过一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。在一道工序中，工件可能被装夹一次或多次，才能完成加工。表 2-1 所列的工序 1 要进行两次装夹：先装夹工件一端，车端面、钻中心孔，称为安装 1；再调头装夹，车另一端面、钻中心孔，称为安装 2。

表 2-1 小导柱加工工艺过程（单件小批）

工序号	工序内容	设备
1	车端面、钻中心孔、车全部外圆、切槽、倒角	车床
2	铣平面	铣床
3	磨外圆	磨床
4	钻孔、攻丝、去毛刺	钻床

表 2-2 小导柱加工工艺过程（大批生产）

工序号	工序内容	设备
1	铣端面、钻中心孔	专用机床
2	车外圆、切槽、倒角	车床
3	铣平面	铣床
4	磨外圆	外圆磨床
5	钻孔、攻丝、去毛刺	钻床

工件在加工中应尽量减少装夹次数，因为多一次装夹，就会增加装夹的时间，还会增加装夹误差。

3. 工位

为了减少工件的装夹次数，常采用各种回转工作台、回转夹具或移动夹具，使工件在一次装夹中，先后处于几个不同的位置进行加工。

为了完成一定的工序部分，一次装夹工件后，工件（或装配单元）与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置，称为工位。如表 2-2 中的工序 1 铣端面、钻中心孔，就是两个工位。工件装夹后，先铣端面，然后移动到另一个位置钻中心孔，如图 2-2 所示。

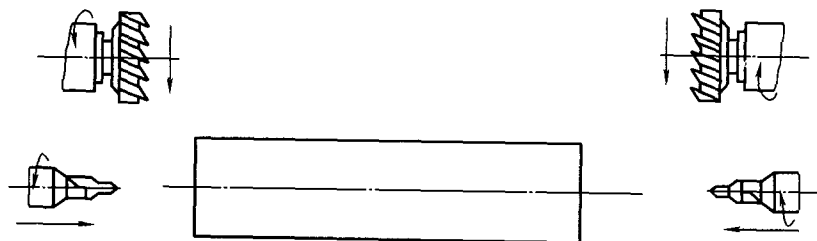


图 2-2 铣端面和钻中心孔实例

4. 工步

在加工表面（或装配时的连接表面）和加工（或装配）工具不变的情况下，所连续完成的那一部分工序称为工步。如表 2-1 中工序 1，前两次安装中每个都有车端面、钻中心孔两个工步。

为简化工艺文件，对于那些连续进行的若干个相同的工步，通常都看作一个工步。例如，加工图 2-3 所示零件，在同一工序中，连续钻四个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔，就可看作一个工步。

为了提高生产率,用几把刀具同时加工几个表面,这也可看作一个工步,称为复合工步。如图 2-2 铣端面、钻中心孔,每个工位都是用两把刀具同时铣两端面或钻两端中心孔,它们都是复合工步。

除上述工步概念外,还有辅助工步,它是由人和(或)设备连续完成的一部分工序,该部分工序不改变工件的形状、尺寸和表面粗糙度,但它是完成工作所必需的,如更换工具等。引入辅助工步的概念,是为了能精确计算工步工时。

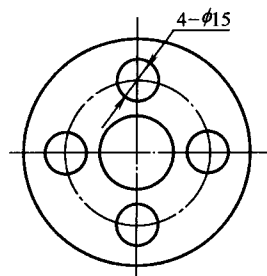


图 2-3 简化相同工步的实例

5. 行程

行程(进给次数)有工作行程和空行程之分。工作行程是指刀具以加工进给速度相对工件所完成一次进给运动的工步部分;空行程是指刀具以非加工进给速度相对工件所完成一次进给运动的工步部分。

引入行程的概念是为了反映工步中的进给次数和工序卡片中相吻合,并能精确计算工步工时。它比过去引用的走刀概念更科学。

三、生产纲领、生产类型及其工艺特征

各种模具产品的结构、技术要求等差异很大,但它们的制造工艺则存在很多共同的特征。这些共同的特征取决于企业的生产类型,而企业的生产类型又是由企业的生产纲领决定的。

1. 生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。计划期常定为 1 年,所以生产纲领也称年产量。

零件的生产纲领要计入备品和废品的数量,可按下式计算:

$$N = Qn(1 + \alpha)(1 + \beta) \quad (2-1)$$

式中 N ——零件的年产量, 件/年;

Q ——产品的年产量, 台/年;

n ——每台产品中该零件的数量, 件/台;

α ——备品的百分率;

β ——废品的百分率。

2. 生产类型

生产类型是指企业(或车间、工段、班组、工作地)生产专业化程度的分类。一般分为大量生产、成批生产和单件生产三种类型。模具制造业一般只有单件生产和成批生产两种类型。

(1) 单件生产 产品品种很多,同一产品的产量很少,各个工作地的加工对象经常改变,而且很少重复生产。例如,新产品试制用的各种模具和大型模具都属于单件生产。

(2) 大量生产 产品的产量很大,大多数工作地按照一定的生产节拍(即在流水生产中,相继完成两件制品之间的时间间隔)进行某种零件的某道工序的重复加工。例如,汽车、拖拉机、自行车、缝纫机和手表的制造常属大量生产。模具生产中很少出现。

(3) 成批生产 一年中分批轮流地制造几种不同的产品,每种产品均有一定的数量,工作地的加工对象周期性地重复。例如,模具中常用的标准模板、导柱、导套、顶杆等常属于成批生产。

每一次投入或产出的同一产品（或零件）的数量称为生产批量，简称批量。按批量的多少，成批生产又可分小批、中批和大批生产三种。在工艺上，小批生产和单件生产相似，常合称为单件小批生产；大批生产和大量生产相似，常合称为大批大量生产。生产类型不同，零件和产品的制造工艺、所用设备及工艺装备、对工人的技术要求、采取的技术措施和达到的技术经济效果也会不同。各种生产类型的工艺特征归纳在表 2-3 中，在制订零件机械加工工艺规程时，先确定生产类型，再参考表 2-3 确定该生产类型下的工艺特征，以使所制订的工艺规程正确合理。

表 2-3 各种生产类型的工艺特征

工 艺 特 征	生 产 类 型		
	单 件 小 批	中 批	大 批 大 量
零件的互换性	用修配法，钳工修配，缺乏互换性	大部分具有互换性。装配精度要求高时，灵活应用分组装配法和调整法，同时还保留某些修配法	具有广泛的互换性。少数装配精度较高处，采用分组装配法和调整法
毛坯的制造方法与加工余量	木模手工造型或自由锻造。毛坯精度低，加工余量大	部分采用金属模铸造或模锻。毛坯精度和加工余量中等	广泛采用金属模机器造型、模锻或其他高效方法。毛坯精度高，加工余量小
机床设备及其布置形式	通用机床。按机床类别采用机群式布置	部分通用机床和高效机床。按工件类别分工段排列设备	广泛采用高效专用机床及自动机床。按流水线和自动线排列设备
工艺装备	大多采用通用夹具、标准附件、通用刀具和万能量具。靠划线和试切法达到精度要求	广泛采用夹具，部分靠找正装夹达到精度要求，较多采用专用刀具和量具	广泛采用专用高效夹具、复合刀具、专用量具或自动检验装置。靠调整法达到精度要求
对工人的技术要求	需技术水平较高的工人	需一定技术水平的工人	对调整工的技术水平要求高，对操作工的技术水平要求较低
工艺文件	有工艺过程卡，关键工序要工序卡	有工艺过程卡，关键零件要工序卡	有工艺过程卡和工序卡，关键工序要调整卡和检验卡
成本	较高	中等	较低

四、工艺规程的概念、作用、格式及制订的原则步骤

1. 工艺规程的概念

规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件称为工艺规程。其中，规定零件机械加工工艺过程和方法等的工艺文件称为机械加工工艺规程。它是在具体的生产条件下，最合理或较合理的工艺过程和方法，并按规定的形式书写成工艺文件，经审批后用来指导生产的。

2. 工艺规程的作用

工艺规程是在总结实践经验的基础上，依据科学的理论和必要的工艺试验后制订的，反映了加工中的客观规律。因此，工艺规程是指导工人操作和用于生产、工艺管理工作的主要技术文件，又是新产品投产前进行生产技术准备的依据和新建、扩建车间或工厂的原始资料。此外，先进的工艺规程还起着交流和推广先进经验的作用。典型和标准的工艺规程能缩短工厂的生产准备时间。同时工艺规程也是工厂生产中的工艺纪律，有关人员必须严格执行。