



机电类 **新技师** 培养规划教材

模具现代制造技术概论

MOJU XIANDAI ZHIZAO JISHU GAILUN

中国机械工业教育协会

组编

全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

李京平 主编

赠送电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机电类新技师培养规划教材

模具现代制造技术概论

中国机械工业教育协会

全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会

组编

李京平 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本套教材是根据中国机械工业教育协会、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织制定的技师教学计划和教学大纲编写的。本教材的主要内容包括：概论；模具材料及热处理技术；模具制造工艺与材料成型方式；模具制造及检测技术；模具设计先进技术；模具表面处理技术。

本套教材的教学计划和大纲是依据《国家职业标准》中对技师的要求制定的，内容立足岗位，以必需、够用为度，符合职业教育的特点和规律。本教材配有教学计划和大纲、电子教案，部分教材还有多媒体课件和习题及其解答，可供高级技校、技师学院、高等职业院校等教育培训机构使用。

图书在版编目(CIP)数据

模具现代制造技术概论/李京平主编. —北京：机械工业出版社，2008.4

机电类新技师培养规划教材

ISBN 978-7-111-23677-1

I. 模… II. 李… III. 模具—制造—技术培训—教材
IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 030949 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：王英杰、邓振飞

责任编辑：赵磊磊 责任校对：袁凤霞

封面设计：王伟光 责任印制：洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·9 印张·218 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-23677-1

0001—4000 册

定价：16.00 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)88379083

封面无防伪标均为盗版

机电类新技师培养规划教材 编审委员会

主 任 郝广发 季连海

副主任 刘亚琴 徐 彤 周学奎 何阳春 林爱平 李长江 付志达

李 涛 刘大力 张跃英 董桂桥

委 员 于正明 王 德 王兆山 王英杰 冯小平 李全利 许炳鑫

张正明 杨君伟 何月秋 何秉戌 周冠生 孟广斌 郝晶卉

贾恒旦 徐卫东 凌爱林 奚 蒙 章振周 梁文侠 喻勋良

曾燕燕

策 划 组 王英杰 徐 彤 何月秋 荆宏智

本书主编 李京平

本书参编 焦红卫 张玉梅

本书主审 石 琳

前言

随着全球知识经济的快速发展,我国工业化建设也呈现迅猛发展之势,因而技术工人十分缺乏。为了顺应形势的发展要求,我国出台了一系列大力发展职业教育的政策:劳动和社会保障部颁布了最新《国家职业标准》,继续实行职业准入制度,并将国家职业资格由三级(初、中、高)改为五级(初、中、高、技师、高级技师),对技术工人的工作内容、技能要求和相关知识进行了重新界定。教育部根据国务院“大力开展职业教育”的精神进行了职业教育的改革,高职院校、中职学校相应地改制、扩招,以培养更多的技术工人。

经过几年的努力,技术工人在数量上的矛盾在一定程度上得到缓解,但在结构比例上的矛盾突显出来。高级工、技师、高级技师等高技能人才在技术工人中的比重远远低于发达国家,而且他们年龄普遍偏大,文化程度偏低,学习高新技能比较困难。为打破这一局面,加快数量充足、结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型高技能人才的培养,劳动和社会保障部提出的“新技师培养带动计划”,即在完成“3年50万”新技师培养计划的基础上,力争“十一五”期间在全国培养技师和高级技师190万名,培养高级技工700万名,使我国从“世界制造业大国”逐步转变为“世界制造业强国”。为此,劳动和社会保障部决定:除在企业中培养和评聘技师外,要探索出一条在技师学院中培养技师的道路来。中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会经研究决定,制定机电行业的技师培养方案。

在上述原则的指导下,中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织30多所高级技校、技师学院和企业培训中心等单位,经过广泛的调研论证,决定首批选定五个工种(职业)——模具工、机修钳工、电气维修工、焊工、数控机床操作工作为在技师学院培养技师的试点。对学制、培养目标、教学原则、专业设置、教学计划、教学大纲、课程设置、学时安排、教材定位、编写方式等,参照《国家职业标准》中相关工种对技师和高级技师的要求,结合各校、各地区企业的实际,经过历时三年的充分论证,完成了教学计划和教学大纲的制定和审定工作,并明确了教材编写的思想。

使用本套“机电类新技师培养规划教材”在技师学院培养技师,招收的学员必须符合的条件是:已取得高级职业资格(国家职业资格三级)的高级技校的毕业生,或具有高级职业资格证书的本职业或相近职业的人员。本套教材的编写充分体现“教、学、做”合一的职教办学原则,其特点如下:

(1) 教材内容新,贴合岗位实际,满足职业鉴定要求。当今国际经济大格局的进程加快了各类型企业的先进加工技术、先进设备和新材料的使用,作为技师必须适应这种要求,教材中也相应增加了新知识、新技术、新工艺、新设备等方面的内容。另外,教材的内容以《国家职业标准》中对技师和高级技师的知识技能要求为基础,设置的实训项目或实例从岗位的实际需要出发,是生产实践中的综合性、典型性的技术问题,既最大限度地体现学以致

用的目的,又满足学生毕业考工取得职业资格证书的需要。

(2) 针对每个工种(职业),均编写一本《相关工种技能训练》。随着全球化进程的加快,我国的生产力发展水平和职业资格体系应与国际相适应,因此,技师应该是具有高超操作技能的复合型人才。例如,模具工技师不应仅是模具工方面的行家里手,还应懂得车、铣、数控、磨、刨、镗和线切割、电火花等加工,以适应现代制造业的发展趋势,故此《相关工种技能训练(模具工)》中,就包含上述内容。其他工种与此类似。

(3) 理论和技能有机结合。劳动和社会保障部颁布的“新技师培养带动计划”中明确指出“建立校企合作培养高技能人才”的制度,现在许多技师学院从企业中聘请具有丰富实践经验的工程技术人员作为技能课教师,各专题理论与实践融合在一起的编写方式,更适于这种教学制度。

(4) 单独编写了两本公共课教材——《实用数学》和《应用文写作》。新时代对技师的要求不仅是技术技能型人才,还应是知识技能型甚至是复合技能型的高技能人才,有一定的数学理论基础和写作能力是新技师必备的素质。《实用数学》运用微积分知识分析解决生产中的实际问题,少推理,重应用;《应用文写作》除介绍普通事务文书、经济文书、法律文书、日常事务文书的写法外,还教授科技文书的写法,其中科技论文的写法对于技师论文的写作会有很大裨益。

(5) 本套教材配有电子教案。电子教案包括教学计划、教学大纲、每章的培训目标、内容简介、重点难点,教师上课的板书,本章小结、配套习题及答案等。

(6) 练习题是国家题库及各地鉴定考题的综合归纳和提升。

本套教材的编写得到了各技师学院、高级技工学校领导的高度重视和大力支持,编写人员都是职业教育教学一线的优秀教师,保障了这套教材的质量。在此,对为这套教材出版给予帮助和支持的所有学校、领导、老师表示衷心的感谢!

本书由李京平统稿并任主编,焦红卫、张玉梅参加编写,石琳任主审。

由于编写时间和编者水平所限,书中难免存在不足或错误,敬请广大读者不吝赐教!

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

目 录

前言

第一章 概论..... 1

第一节 制造业与模具制造 1

一、制造业与先进制造技术 1

二、模具制造的基本要求 1

三、加强模具制造企业竞争力的六要素 ... 2

第二节 模具工业发展概况 3

一、发展模具工业的重要性 3

二、我国模具工业的现状 4

第三节 国内、外模具工业发展趋势 7

一、国内模具工业的发展趋势 7

二、国外模具工业的发展动态 10

三、国内、外模具技术发展的主要差距 ... 12

第四节 模具标准及发展 14

一、模具标准的发展体系 14

二、我国模具标准化的基本概况 18

三、模具标准件的应用 20

复习思考题 24

第二章 模具材料及热处理技术 25

第一节 常用的模具材料及其选用 25

一、冷作模具钢 25

二、热作模具钢 25

三、塑料模具钢 29

第二节 我国模具材料的发展 30

一、冷作模具钢的发展 31

二、热作模具钢的发展 32

三、塑料模具钢的发展 34

四、我国模具材料发展展望 35

第三节 模具材料的热处理 36

一、模具材料的热处理对模具性能的影响 36

二、模具的真空热处理技术 36

三、模具的表面处理技术 37

四、模具材料的预硬化技术 37

五、扩散法金属碳化物覆层技术 38

复习思考题 38

第三章 模具制造工艺与材料成型

方式 39

第一节 气辅成型技术 39

一、气辅成型原理 39

二、气辅成型技术的特点 39

三、气辅模具的设计原则 40

四、产品设计的原则 41

第二节 热流道技术 41

一、热流道注塑模具的特点 41

二、热流道系统的组成 42

三、热流道技术的发展现状 43

四、热流道技术的结构设计 44

第三节 低熔点合金制模技术 45

一、低熔点合金在快速成型制模领域中的应用 45

二、低熔点合金在快速原型 RP 领域中的应用 46

第四节 粉末合金与陶瓷成型技术 47

一、粉末合金及陶瓷成型过程 47

二、原材料加工 47

三、粉末合金及陶瓷成型技术的新发展 ... 49

第五节 电磁成型技术 51

一、电磁成型的基本原理 51

二、电磁成型加工的基本方法和特点 ... 51

复习思考题 53

第四章 模具制造及检测技术 54

第一节 模具数控机械加工技术 54

一、模具制造与数控加工技术 54

二、数控车削 56

三、数控铣削 58

四、加工中心 62

五、数控磨削 66

第二节 模具数控电加工技术	68	一、反求工程简介	106
一、数控电火花成形加工	68	二、反求工程在模具制造中的应用	109
二、数控电火花线切割	71	第三节 人机工程	110
第三节 模具高速加工技术	72	一、人机工程简介	110
一、高速加工概述	72	二、人机工程在模具制造中的应用	113
二、高速加工在模具制造中的应用	75	第四节 并行工程	116
三、我国高速加工技术与国外的差距	80	一、并行工程简介	116
四、高速加工技术的发展趋势	81	二、并行工程在模具开发中的应用	118
第四节 快速成型技术	82	复习思考题	120
一、快速成型技术的基本原理与特点	82	第六章 模具的表面处理技术	121
二、快速成型技术的典型方法	83	第一节 模具的表面光整加工技术	121
三、快速制造在模具制造中的应用	87	一、表面光整加工技术的分类	121
第五节 虚拟制造技术	88	二、表面光整加工技术的应用	122
一、虚拟制造技术简介	88	第二节 模具的表面强化技术	126
二、虚拟制造技术在模具制造中的 应用	90	一、热喷涂技术	126
第六节 三维测量技术	92	二、气相沉积技术	127
一、三坐标测量技术概述	93	三、高能表面强化处理技术	128
二、三坐标测量技术分类	93	四、化学镀技术	129
三、三坐标测量机的组成	95	五、稀土元素表面强化技术	129
四、三坐标测量机的应用	97	六、复合表面强化技术	129
五、三坐标测量机的环境要求和误差 分析	98	第三节 模具表面喷丸强化工艺	130
六、三坐标测量技术的发展趋势	99	一、机械喷丸	130
复习思考题	100	二、激光喷丸	131
第五章 模具设计先进技术	101	复习思考题	132
第一节 计算机辅助设计	101	附录	133
一、计算机辅助设计简介	101	附录 A 部分新型模具钢钢号、代号一 览表	133
二、计算机辅助设计在现代模具设计 中的应用	104	附录 B 我国与其他工业国家常用模具钢 钢号对照表	134
第二节 反求工程	106	参考文献	135

第一章 概 论

本章应知

1. 了解我国模具技术发展的现状、发展动态以及与国外的差距。
2. 认识模具标准件的重要意义，掌握模具标准件的选用和分类方法。
3. 了解模具制造技术的发展概况。
4. 掌握模具制造的基本要求。

本章应会

1. 掌握国内外模具的制造精度要求以及在冷冲模、塑料模和主要模具上的应用。
2. 掌握我国模具分类体系及方法。

第一节 制造业与模具制造

一、制造业与先进制造技术

- 1) 随着 CAD/CAM 技术的发展，借助 Internet/Intranet，制造业信息化进程正在促进制造业及先进制造技术的应用和发展。
- 2) 制造业是国民经济的基础，所有将原材料转化为物质产品的行业都可以称为制造业，它涵盖了除采掘业和建筑业等以外的第二产业。
- 3) 制造技术是将原材料有效地转变成产品的技术的总称，是制造业赖以生存和发展的技术基础。
- 4) 先进制造技术是制造业不断地吸收机械、电子、信息、能源及现代管理等方面的成果，并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理和售后服务的制造全过程，是实现优质、高效、低耗、清洁和灵活生产，并取得理想技术和经济效果的制造技术的总称。从本质上看，“信息技术” + “传统制造技术的发展” + “现代管理技术” = “先进制造技术”。

先进制造技术是一个国家、一个民族得以繁荣昌盛的重要基础。发展先进制造技术是每个国家的目标，是国家利益的体现。制造技术是提高国家工业素质的重要保证。

二、模具制造的基本要求

模具是制造业的重要工艺装备。在我国，模具制造属于专用设备制造业，模具是制造业中使用量大、影响面广的工具产品。没有型腔模、压铸模、铸模、拉深模和冲压模，就无法生产出被广泛应用和具有竞争价格的塑料件、合金压铸件、钢板件和锻件等产品。在现代大批量自动化生产中，没有高水平的模具，就没有高质量的产品，模具的先进程度对企业提高生产效率、降低生产成本有重要的作用。据国外最新统计分析，中小型金属零件粗加工的 75%、精加工的 50% 和塑料零件加工的 90% 是用模具完成的，因此，模具工业被称为“朝阳产业”。制造模具时，不但要有合理、正确的模具设计，还必须高效、高质量的模具制造技术作为保证，一般应满足以下几个基本要求：

1. 制造精度高

为了生产合格的产品并能充分发挥模具的效能,就要求模具的设计与制造必须具有较高的精度。模具的精度要求取决于用模具成形的制品精度要求和模具的结构设计要求。为了保证制品的精度和质量,模具与制品成形有关的零件精度通常要比制品精度高2~3级。另外,要保证模具的结构合理、模具开合模动作准确等精度要求,则必须要求组成模具的零件都必须有足够的制造精度。

2. 使用寿命长

模具制造费用占产品成本的20%~30%,其使用寿命的长短直接影响到产品成本的高低。正因为如此,除了小批量生产和新产品试制等特殊情况下,一般都要求模具具有较长的使用寿命。在大批量生产的情况下,模具的使用寿命更加重要。

3. 制造周期短

为了满足生产的需要和提高产品的竞争力,必须在保证质量的前提下尽量缩短模具的制造周期。模具制造周期的长短主要取决于模具制造企业的制造技术和生产管理水平的高低。

4. 制造成本低

模具成本与模具结构的复杂程度、模具材料、制造精度要求、加工手段及加工方法等有关。模具技术人员必须根据制品要求合理设计模具和制订其加工工艺,努力降低模具制造成本。

上述四项要求是相互关联、相互影响的,片面追求高精度和长寿命必然会导致模具制造成本的增加。反之,只顾降低成本和缩短制造周期而忽视模具精度和使用寿命的做法也是不可取的。在设计与制造模具时,应根据实际情况综合考虑,即要在保证制品质量的前提下,选择与制品生产量相适应的模具结构和制造方法,使模具成本降到最低限度。

三、加强模具制造企业竞争力的六要素

模具制造业的发展对模具企业不断提出新的要求,模具制造企业为了生存和发展必须不断提高企业的竞争力。一个企业的竞争力可以包含许多方面,但归根结底都反映在企业的产品和服务对市场的适应程度方面。目前,用户或市场对产品的要求可以归纳为以下六个方面,即交货期短、质量优良、价格低廉、服务优质、环境清洁,以及进入21世纪增加的知识创新,以上六点称为制造企业竞争力的六要素。

(1) 交货期短 产品上市速度快慢,对产品的市场占有率影响很大。

(2) 质量优良 产品的质量已经成为企业生存的命脉,它不仅包括产品的设计质量,还包括产品的制造质量和包装质量等。

(3) 价格低廉 用户购买产品所要考虑的主要因素是产品价格的高低。在不降低产品质量的前提下,努力降低产品价格,是吸引用户、占领市场的有效手段。降低产品价格一般有降低产品成本和降低产品利润两条途径,前者是主要手段。

(4) 服务优质 产品服务质量的优劣已成为当前市场竞争的关键因素之一。服务质量包含多方面,如广告宣传、用户咨询、产品现场演示、产品安装与调试、人员培训、技术支持、产品维修、产品报废回收等。

(5) 环境清洁 造成全球环境污染排放物的70%以上来自制造业。制造业每年产生约55亿吨无害废物和7亿吨有害废物,报废产品的数量则更是惊人,整个人类的生存环境面临日益增长的产品废弃物的压力以及资源日益匮乏的问题。

目前,发达国家正通过开发新工艺和改进旧工艺,同时发展绿色设计和绿色制造技术,建立“生态工厂”,实行“绿色”产品标志许可制度和废弃物污染记账制度等措施,将制造过程中产生的废弃物减量化、资源化、无害化,从而使制造业生产从能耗物耗高、公害大的时代进入到一个能源和原材料利用率高、产生的“三废”少、废弃物可回收再利用并向环境排放无毒无害物质的清洁化制造时代。

(6) 知识创新 当今世界已步入信息时代,并迈向知识经济时代,知识及科技含量在产品中所占的比重越来越大。制造企业如不能适应时代发展的知识创新机制,将很难适应先进生产力的发展和要求。

第二节 模具工业发展概况

一、发展模具工业的重要性

1) 模具是工业生产的重要工艺装备,模具工业是国民基础工业。作为工业生产基础工艺装备的模具,以其生产制件所表现的高精度、高复杂程度、高一致性、高生产效率和低耗能耗材等优势,越来越引起工业生产各部门的重视。日、美等工业发达国家模具的产值早已超过了机床工业的产值。2006年,在高档模具大量进口的条件下,我国模具工业产值仍超过600亿元。目前,模具技术已成为衡量一个国家产品制造水平的重要标志之一。

2) 模具工业在国民经济中占有十分重要的地位。众所周知,在1989年国务院颁布的《关于当前产业政策要点的决定》中,把模具列为机械工业技术改造序列的第一位,生产和基本建设序列的第二位。在1997年国家计委发布的《当前国家重点鼓励发展的产业、产品和技术目录》中,机械、汽车行业中有先进设计、制造技术及设备和汽车模具。而与模具直接有关的项目更有精密成形技术及设备、机械产品开发用先进计算机硬件技术及设备、机械产品开发用先进试验及检测技术和设备、电子式降压电器、汽车车身和车身附件、汽车关键零部件、汽车重要部件的精密锻造、黑色铸造、有色铸造及毛坯、汽车电子产品等,从而确立了模具工业在国民经济中的重要地位。

3) 模具工业已成为高新技术产业的重要内容。模具工业直接为高新技术产业化服务,模具工业本身又大量采用高新技术,成为高新技术产业的重要内容,如CAD/CAE/CAM,各类先进制造技术及装备如电加工、高速铣、快速成形,以及各类新材料在模具制造中的应用等。

4) 模具工业的发展,充分体现了国家可持续发展的战略。模具加工是精密成形工艺的一种,以塑代钢、以塑代木,具有低耗能和省材料等特点,充分体现了国家可持续发展的战略。

5) 模具工业是无与伦比的效益放大器,这不仅体现在模具所形成的最终商品的产值是模具自身产值的几十倍、上百倍,甚至成千上万倍,更体现在高附加值的产品离不开高水平的模具,因此模具工业有巨大的技术经济效益。据估计:每1亿元的模具产值将带动10亿元的其他产业。

6) 模具工业的发展将使中小企业获得良性发展。知识经济时代是中小企业空前活跃和迅猛发展的时代,而模具工业的发展是与此相关的中小企业获得良性发展的一个必要条件,民营企业的发展就是一个极具说服力的例证。国家提出的“抓大放小”发展中小企业的政

策,也为模具工业的发展提供了历史机遇。同时模具工业自身也是以中小企业为主,并适合多种所有制共同发展。

7) 模具工业的发展将有利于出口和提高我国制造业的国际竞争力。在进一步扩大开放的过程中,外资或中外合资模具企业的发展,将有利于出口和提高我国制造业的国际竞争力。

二、我国模具工业的现状

1. 我国模具工业的基本情况

我国虽然很早就开始制造模具和使用模具,但长期未形成产业。直到20世纪80年代后期,我国模具工业才驶入发展的快车道。近几年,不仅国有模具企业有了很大发展,三资企业、乡镇(个体)模具企业的发展也相当迅速。据不完全统计,全国大小模具厂约有2万多家,从业人员约100万。1995—2004年全国(未含港、澳、台地区的统计数字)模具生产及进出口发展情况见表1-1和表1-2。

表 1-1 1995—2004 年全国历年模具产值表

年 份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
产值/亿元人民币	145	160	200	220	250	280	316	360	450	530

表 1-2 1995—2004 年全国历年模具进出口情况表

年 份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
进口/万美元	61100	91799	63000	66348	88274	97700	111174	127200	136930	181300
出口/万美元	4941	7000	9428	9591	13280	17374	18775	25234	33680	49100

由此可见,虽然我国模具工业发展迅速,但与需求相比,显然还处于供不应求的状态,其主要缺口集中于精密、大型、复杂、长寿命模具领域。由于在模具精度、寿命、制造周期及生产能力等方面,我国与国际平均水平以及发达国家还有较大差距,故每年仍需要大量进口模具。

2. 国内模具制造水平现状

近几年来,我国模具技术有了很大发展,模具制造水平有了显著提高。大型、精密、复杂、高效和长寿命模具的质量又上了新台阶,以汽车覆盖件模具为代表的大型复杂冲模为例,我国主要的汽车模具企业已能生产大部分轿车覆盖件模具。体现高水平制造技术的级进模的覆盖面大增,已从电视、电器芯片模具扩大到接插件、电子枪零件、空调器散热片等家电零件模具上;塑料模方面,我国已能生产大屏幕彩电塑壳模具、大容量洗衣机全套塑料模具及汽车保险杠和整体仪表板模具等。塑料模热流道技术、气体辅助注射技术日臻成熟;在压铸模方面,我国已能生产自动扶梯压铸模及汽车后桥齿轮箱压铸模等大型、复杂压铸模。模具质量、模具寿命明显提高,模具交货期也较以前大幅缩短。

模具 CAD/CAM/CAE 技术得到相当广泛地应用,并且在国内已开发出了具有自主知识产权的模具 CAD/CAM/CAE 软件。电加工、数控加工在模具制造技术发展发挥了重要作用。模具加工机床的品种增多,水平明显提高。快速经济制模技术得到了进一步发展,这一领域的高新技术——快速原型制造技术(RPM)进展很快,目前国内有多家已自行开发出达到国

际水平的相关设备。模具标准件应用更加广泛,品种也有所扩展。模具材料方面,由于对模具寿命的重视,优质模具钢的应用有了较大进展。正是由于模具行业的技术进步,使模具制造水平得以提高,模具国产化取得了可喜的成就,近年来进口模具不断增长的势头有所抑制,模具出口量稳步增长。

(1) 冲模 冲模正向大型、精密、复杂、长寿命模具发展。标志着冲模技术先进水平的级进模和多功能模具是我国重点发展的精密模具品种。其中,有代表性的是大型冷库散热片级进模,模具外形尺寸为 $2200\text{mm} \times 1400\text{mm} \times 500\text{mm}$,模具质量约为 5t ,模具加工采用先进的精密数控设备,制造精度达到 $2\mu\text{m}$,零件易损件可互换,模具寿命为2亿次以上,制造周期仅为90天。

大型冲模以汽车覆盖件模具为代表,目前我国已能生产部分轿车覆盖件模具,但在制造质量、精度、制造周期和成本方面,与国外相比还存在一定的差距。

在一般冲模方面,已实现系列化、标准化和专业化生产,并可确保质量稳定,同时模具费用也降低了 $30\% \sim 50\%$,交货周期为 $7 \sim 20$ 天,在适应市场经济方面迈出了可喜的一步。

(2) 塑料模 塑料模是应用最广泛的一类模具。近年来,我国塑料模制造水平上了一个新的台阶。目前,模具零件的制造精度达到了微米级,并开始采用五轴联动的高速铣床,确保了塑料制品的光学特性。模具零件的整体淬火大大提高了模具寿命。

随着塑料制品的多样化,结构也越来越复杂,这给塑料的结构设计和制造带来很大困难。多点热流道程序控制技术、气体辅助注射成型技术、塑料流动分析(CAE)等均已得到了广泛应用。在高效多色注射技术的应用和抽芯脱模机械的创新设计方面,也取得较大进展。在精度方面,塑件的尺寸精度可达到 0.005mm ,成型制品表面平面度误差可达 0.01mm 。注射、压缩二次成型的新型成型技术已在大型模具上运用,不仅大大免除了热流道费用,而且还可消除常见的熔痕,提高了制品的质量,是一种值得推广的成型技术。

(3) 压铸模 近几年我国压铸模制造业发展迅速,无论在品种、产量、复杂程度、综合设计水平、模具大型化,还是企业的工装设备、加工和检测手段等方面均有很大的提高。

首先在普遍实现CAD/CAM的基础上,通过CAE后确定流道、溢流、冷却及排气系统的设计方案,较好地处理了投影面大的压铸件变形量控制的问题。目前模具制造前的CAE分析越来越受到重视。

其次是特大型复杂压铸模结束了我国长期必须依赖进口的局面。其中有代表性的是我国已能设计制造模具质量在 $20 \sim 40\text{t}$ 的飞轮壳以及九规格嵌拼式电梯梯级等模具,它们都是在 30000kN 以上压铸机使用的特大型模具,其制造质量可与进口的模具一较高下。

随着压铸模生产的发展,我国现已能生产汽车发动机缸罩、盖板、变速器壳体和摩托车发动机缸体、齿轮箱壳体、制动器、轮毂等铝合金压铸件模具以及自动扶梯大型梯级压铸模等复杂模具,压铸模生产的技术水平有所提高,使汽车、摩托车上配套的铝合金压铸模已大部分实现了国产化,压铸模总体水平有了较大提高。压铸模制造精度可达 $0.02 \sim 0.05\text{mm}$ (国外为 $0.01 \sim 0.03\text{mm}$);型腔表面粗糙度为 $R_a 0.4 \sim 0.20\mu\text{m}$ (国外为 $R_a 0.02 \sim 0.01\mu\text{m}$);中小型模具的制造周期为 $3 \sim 4$ 个月,中等复杂的为 $4 \sim 8$ 个月,大型的为 $8 \sim 12$ 个月;模具寿命个别可超过10万次,国外可达 $8 \sim 15$ 万次或以上;国内模具价格约为进口价格的 $1/4 \sim 1/3$ 。

(4) 汽车覆盖件模具 汽车覆盖件涉及轿车和商用车,目前轿车外覆盖件明显增加,

涵盖了轿车的左右前翼子板、整体侧围、“三盖”(发动机盖内外板、顶盖、行李箱盖内外板)、四门(左右前后门内外板)、大型复杂地板等主要覆盖件。轿车覆盖件模具中最难做的是整体侧围和前翼子板模具,其次是“四门”、“三盖”模具的制造。在汽车覆盖件模具制造中,有代表性的是某款轿车整体侧围拉深模的制造,它采用了特殊结构,即外压料完全靠压床下气垫实现,门口内压料则要采用氮气弹簧加压床下气垫的结构实现,不仅满足了内外压料分别调整的需求,实现了用传统的机构很难实现的运动,还在单动压床上完成过去三次拉深才能完成的工作。

又如东风汽车公司冲模厂,已设计制造了富康轿车部分内覆盖件模具,一汽模具中心生产了捷达王轿车外覆盖件模具。轿车覆盖件模具具有设计和制造难度大、质量和精度要求高的特点,可体现覆盖件模具的设计和制造水平,在设计制造方法、手段方面已基本达到了国际水平,模具结构和功能方面也接近国际水平,在轿车模具国产化进程中前进了一大步。

3DCAD 技术在汽车覆盖件制造中取得重大突破,将 3DDL 图直接用于有限元分析(FEA)和编程,为模具结构的三维实体设计提供了工作型面曲面造型依据,为检查用的 C/P 点、S 面等提供了坐标尺寸,由此把过去分散在各个信息孤岛的 CAD、CAE、CAM 连成一片,实现了一体化,为模具全程数字化制造提供了技术基础。

(5) 快速经济制模技术 快速经济制模技术与传统的机械加工方法相比,具有模具制造周期短、制造成本低、综合经济效益好等突出优点,目前快速经济制模技术已在我国得到了越来越广泛的应用。快速原型制造(RPM)技术是一种集 CAD、CAM、激光及材料科学于一体的新技术,是当前最先进的零件及模具的成形方法之一,近年来这种技术在我国发展很快。由快速成形机得到的三维原型,通过陶瓷精铸、电弧喷涂、消失模、熔模等技术可快速制造出各种模具。

该技术在我国已进入了国产化开发和重点推广应用阶段。例如:树脂冲压模具技术为我国轿车试制和小批量生产开辟了一条途径,属国内首创,可达国际先进水平;又如:电弧喷涂成形模具技术在汽车转向盘、摩托车坐垫等模具制造方面取得较好效果,其样模表面复印精度达 $0.5\mu\text{m}$,仿真效果好,已先后在吹塑模具、吸塑模、PVC 注射模、PV 发泡模、汽车内饰件模、TPR 模等方面得到应用。聚氨酯成形模具寿命为 10 万件,真空成形模具为 4 万件,吹塑模具为 3 万件,聚乙烯注射件为 3000 件。一般有样模时,3 天内即可完成。

其他快速经济制模技术,如塑料成型模具技术、低熔点合金和锌合金制模技术、快速电铸制模技术等,在我国也得到不同程度的应用。

(6) 模具标准件 模具标准件对缩短模具制造周期、提高质量、降低成本等方面能起很大的作用,模具标准件主要有冷冲模架、塑料模架、推杆、顶杆和弹簧等。新型弹性元件弹簧亦在推广应用。目前我国模具标准化程度一般在 30% 以下,和工业发达国家已达到的 70%~80% 相比,仍有很大差距。

(7) 模具材料与热处理 模具材料的质量、性能、品种以及供货是否及时,对模具的质量和使用寿命以及经济效益有着直接的影响。目前被大量使用的模具材料为模具钢,它的年消耗量在几十万吨以上。近年来,国内一些模具钢生产企业已相继建成和引进了一些先进的工艺设备,使国内模具钢品种规格的不合理状况有所改善,模具钢质量也有较大程度的提高。但总的来说,我国模具钢生产工艺装备仍较落后,电炉生产的模具钢数量仍占绝大部分,与工业发达国家相比,质量仍较差,且不稳定,如国产高合金冷作模具钢共晶碳化物级

别高 0.5~1.0 级, 5CrNiMo 模块淬透性、等向性偏低等。

近年来, 国内已较广泛地采用一些新钢种, 如冷作模具钢 D2、D3、A1、A2、LD、65Nb 等, 热作模具钢 H10、H13、H21、4Cr5MoSiV1、45Cr2NiMoVSi 等, 塑料模具钢 P20、3Cr2Mo、PMS、SMI、SMIT 等。但这些新钢种的总体使用量仍然较少, 大量使用的仍是一些性能较差的老钢种, 如冷作模具钢 Cr12、Cr12MoV、CrWMn 等, 热作模具钢 5CrNiMo、5CrMnMo、3Cr2W8V, 塑料模具钢 45 钢等。另外, 新钢种的供应渠道较前有所改善, 但国产模具钢仍存在钢种不全、不成系列等问题, 多品种、精料化、制品化等方面尚待解决。

模具热处理是关系到能否充分保证模具钢性能的关键环节。国内大部分企业在模具淬火时仍采用盐熔炉或电炉加热。由于模具热处理工艺执行不严, 处理质量不高而且不稳定, 直接影响了模具的使用寿命和质量。近年来, 国内的真空热处理炉有了很大发展, 目前正在推广使用中。

(8) 模具制造的相关技术 模具制造的相关技术与工艺的发展对模具水平的提高起到了重要作用。

1) 模具抛光技术正逐渐引起人们的重视, 机械打磨抛光、超声波抛光、电化学抛光及上述几种方法的复合抛光等已开发出专用机械、专用工具, 并得到较广泛的应用。挤压珩磨抛光已有应用, 但范围较小。大型高效的抛光专用设备仍有待开发。

2) 模具花纹的蚀刻技术和工艺水平提高较快, 目前国内已能制作各类模具的装饰纹, 仿真性也越来越好。

3) 模具强化技术正在进一步发展。除原来已推广的电火花强化机外, 又开发了电刷镀强化设备。

4) 模具修复技术也有了进步。除电刷镀修复模具外, 又引进和开发了多种脉冲焊接机, 修复效果较好。

第三节 国内、外模具工业发展趋势

一、国内模具工业的发展趋势

当前, 我国工业生产的特点是产品品种多、更新快和市场竞争激烈。在这种情况下, 用户对模具制造的要求是交货期短、精度高、质量好、价格低。为此, 模具技术的发展应该与这些要求相适应。

1. 在模具设计制造中将全面推广 CAD/CAM/CAE 技术

模具 CAD/CAM/CAE 技术是模具技术发展的一个里程碑。实践证明, 模具 CAD/CAM/CAE 技术是模具设计制造的发展方向。随着微机软件的发展和进步, 全面普及 CAD/CAM/CAE 技术的条件已基本成熟, 技术培训工作也日趋简化。在普及推广模具 CAD/CAM 技术的过程中, 应抓住机遇, 重点扶持国产模具软件的开发和应用, 加大技术培训和技術服务的力度, 进一步扩大 CAE 技术的应用范围。有条件的企业应积极做好模具 CAD/CAM 技术的深化应用工作, 即开展企业信息化工程, 可按 CAPP→PDM→CIMS→VR 的方向, 逐步深化和提高。用于模具设计制造的计算机软件, 将向智能化、集成化方向发展。

2. 快速原型制造(RPM)及相关技术将得到更好的发展

快速原型制造(RPM)技术是美国首先推出的, 被公认为是继 NC 技术之后的又一次技术

革命。RPM 技术可直接或间接用于模具制造。这种方法制模具有技术先进、成本较低、设计制造周期短、精度适中等特点,从模具的概念设计到制造完成,仅是传统加工方法所需时间的 $1/3$ 和成本的 $1/4$ 左右。RPM 技术还可以解决石墨电极在压力振动成形法中母模制造困难的问题。因此,快速制模技术与快速原型制造技术的结合,将是传统快速制模技术进一步深入发展的方向。用 RPM 技术制造出原型或者实物,再使用旋转铸造(用热硬化橡胶做模具),可快速、低成本地制造小批量零件,发展前景很好。

3. 高速铣削加工将得到更广泛的应用

国外近年来发展的高速铣削加工,主轴转速可达 $40000 \sim 160000 \text{ r/min}$,快速进给速度可达 $30 \sim 60 \text{ m/min}$,加速度可达 1 个重力加速度,换刀时间可提高到 $1 \sim 2 \text{ s}$ 。高速加工不仅大幅度提高了加工效率,而且可获得 $R_a < 1 \mu\text{m}$ 的加工表面粗糙度。另外,还可加工硬度达 60HRC 的模块,形成对电火花成形加工的挑战。高速切削加工与传统切削加工相比还具有温升低(加工工件约升高 3°C)、热变形小等优点。

目前高速铣削加工向更高的敏捷化、智能化、集成化方向发展。当然,高速铣削必须与相应的软件、加工工艺、刀具及其夹紧头相配合。高速铣削加工技术的发展,促进了模具加工技术的发展,特别是为汽车、家电行业中大型型腔模具的制造注入了新的活力。

4. 模具高速扫描及数字化系统将在逆向工程中发挥更大作用

高速扫描机和模具扫描系统提供了从模型或实物扫描到加工出期望的模型所需的诸多功能,大大缩短了模具的研制周期。目前,该系统已在我国 200 多家模具厂中得到应用,并取得良好效果。有些快速扫描系统,可安装在已有的数控铣床及加工中心上,用雷尼绍的 SP2-1 扫描测头实现快速数据采集,采集的数据通过软件可自动生成各种不同数控系统的加工程序以及不同格式的 CAD 数据,用于模具制造业的逆向工程。高速扫描机扫描速度最高可达 3 m/min ,大大缩短了模具制造周期。

由于模具扫描系统已在汽车、摩托车、家电等行业得到成功应用,在“十一五”期间将发挥更大的作用。逆向工程和并行工程也将在今后的模具生产中发挥越来越重要的作用。

5. 电火花加工技术的新发展

(1) 电火花铣削加工技术 也称为电火花创成加工技术,这是一种取代传统的用成形电极加工型腔的新技术,它是用高速旋转的简单的管状电极作三维或二维轮廓加工(像数控铣一样),因此不再需要制造复杂的成型电极,这显然是电火花成形加工领域的重大发展。

(2) 电火花套料加工技术 电火花套料加工的基本原理与一般的电火花成形加工和电火花线切割加工的原理一样,都是基于电极间脉冲放电时的电火花腐蚀原理。所不同的是:电火花套料加工所要求的电极与电火花成形加工的加工电极不太相同,电火花套料加工所用的电极一般采用纯铜管或纯铜丝弯成相应的形状,或采用其他形状纯铜坯料加工成所需的形状,它比电火花成形加工的电极更加节省材料,还可以做出比成形加工电极更复杂的异形电极。目前,电火花套料加工有两种套料的方法,一个是采用管状电极套料加工,另一个是采用线框电极套料加工,它具有高效、高速和省材的特点,比实心电极加工电加工的效率要高出 $4 \sim 8$ 倍,而且被套出的材料还可以另作他用。例如:在橡胶模制造中,橡胶模型腔通过电火花套料加工,一次加工可同时得到两个成形零件。预计这一技术将在模具制造中得到更进一步的发展和应用。

6. 超精加工和复合加工将得到发展

航空航天等部门已应用纳米技术,为此必须要有超高精度的模具制造技术和超高精度的零件。随着模具向精密化和大型化方向发展,精度小于或等于 $1\mu\text{m}$ 的加工技术和集电、化学、超声波、激光等技术于一体的复合加工将得到发展。专家预计,兼备其中两种以上工艺特点的复合加工技术在今后的模具制造中将有广阔的前景。

7. 热流道技术将得到推广

由于采用热流道技术的模具可提高制件的生产率和质量,并能大幅度节省制件的原材料和节约能源,所以这项技术是塑料模具的一大变革,目前已得到广泛应用。国外热流道技术的发展很快,许多塑料模具厂生产模具的过程中已大量采用热流道技术,效果十分明显。国内近几年来已开始推广应用,但总体还不到10%,个别企业达到30%左右。制订热流道元器件的国家标准,积极生产价廉高质量的元器件,是发展热流道技术的关键。

8. 气体辅助注射技术和高压注射成型等工艺将进一步发展

气体辅助注射成型是一种塑料成型的新工艺,它具有注射压力低、制品翘曲变形小、表面质量好以及易于成形壁厚差异较大的制品等优点,并可在保证产品质量的前提下,大幅度降低成本。国内在汽车和家电行业中正逐步推广此工艺。气体辅助注射成型包括塑料熔体注射和气体注射成型两部分,与传统的普通注射工艺相比,它需要确定和控制更多的工艺参数,同时由于气体辅助注射常用于较复杂的大型制品制造,模具设计和控制的难度较大,因此,开发气体辅助成型流动分析软件显得十分重要。为了确保塑料件精度,继续研究发展高压注射成型工艺与模具以及注射压缩成型工艺与模具尤为重要。

9. 进一步开拓应用模具液压成形技术

液压成形工艺是模具胀形技术采用的一种工艺手段,过去在带轮等类似的产品上得到广泛应用。目前该技术已拓展到汽车行业,在汽车零部件生产中得到运用。其工艺过程是:在管件或两层钢板间,在密封的条件下通过注入高压油,使其按模具的型腔压制所需形状的制件。该方法简化了模具结构和减少了模具数量,克服了在常规成形过程中材料严重变薄的问题,提高了产品质量,并大幅度降低了生产成本。现上海大众汽车公司的B5车型副车架产品就采用该工艺成形。

然而由于成形工艺的限制,该技术尚不适宜制造某些沿纵轴截面弯曲变化大的构件。另外,目前尚不能解决还存在成形介质(高压油)传输到板材或管件之间的引入问题,因此该工艺还有待进一步发展,使其在更多领域得到开拓应用。

10. 模具标准化程度将不断提高

我国模具标准化程度正在不断提高,估计目前我国模具标准件的使用覆盖率已达到30%左右,而工业发达国家一般为80%左右。为了适应模具工业的发展,模具标准化工作必将要加强,模具标准化程度将进一步提高,模具标准件生产也必将得到发展。

11. 模具研磨抛光将向自动化、智能化方向发展

模具表面的精加工是目前模具加工中未能很好解决的难题之一。模具表面的质量对模具使用寿命、制件外观质量等方面有较大的影响。日本已研制了数控研磨机,可实现三维曲面模具的自动化研磨抛光。我国目前仍以手工研磨抛光为主,不仅效率低(约占整个模具周期的 $1/3$),而且工人劳动强度大、质量不稳定,这些都制约了我国模具加工向更高层次发展。因此,研究抛光的自动化、智能化是抛光的重要发展趋势。

另外,由于模具型腔形状复杂,任何一种研磨抛光方法都有一定局限性。应注意发展特