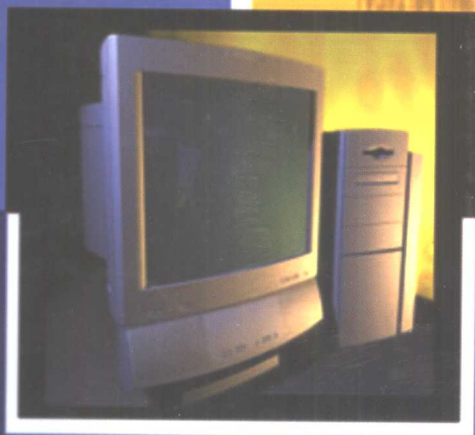


国家“九五”重点图书

先进制造技术丛书

现代模具设计制造理论与技术

周雄辉 彭颖红 等 编著



上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书全面、系统、深入地论述了现代模具设计制造理论与技术,主要包括:先进制造技术概述、现代模具设计与制造模式、基于知识的模具计算机辅助设计技术、人工智能技术及其在模具行业的应用、特征技术、冲模 CAD、锻模 CAD、注塑模 CAD、塑性成形过程的数值仿真技术、模具 CAM、反求工程技术、快速原型制造技术和快速模具制造技术等,内容丰富、新颖、实用。

本书可作为高等工科院校材料加工、机械工程等专业研究生、本科生教材,也可供有关生产企业、科研单位的管理人员和工程技术人员参考、学习。

图书在版编目(CIP)数据

现代模具设计制造理论与技术/周雄辉,彭颖红等编
著. —上海:上海交通大学出版社,2000
ISBN 7-313-02503-3

I. 现… II. ①周…②彭… III. ①模具-设计-高等学校-教材②模具-制造-高等学校-教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 40937 号

现代模具设计制造理论与技术

周雄辉 彭颖红等编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市印刷二厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:23.75 字数:587 千字

2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

印数:1~800

ISBN 7-313-02503-3/TG-045 定价:34.00 元

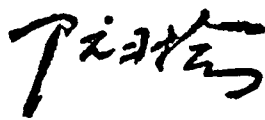
版权所有 侵权必究

序

当前,随着科学技术的飞速发展,现代模具技术已发展成为一门综合性科学技术,涉及材料科学、力学、机械、计算数学、计算机科学、自动控制、人工智能等多学科领域。而伴随着世界经济的全球化发展趋势,制造业市场竞争将更加激烈,产品更新周期不断加快,用户需求趋于多样化和个性化,这对制造业又提出了新的挑战。为了赢得竞争,一场以发展先进制造技术为特征的新的制造业革命正在世界范围内波澜壮阔地展开。计算机集成制造、并行工程、快速原型制造、敏捷制造、虚拟制造、智能制造等先进制造理念与技术不断涌现,并迅速应用到模具制造工业,推动着现代模具技术向集成化、并行化、智能化、敏捷化、数字化方向发展。模具技术作为先进制造技术的重要组成部分,其水平的高低已成为衡量一个国家制造业水平的重要标志之一。

我国模具工业起步较晚,与工业发达国家相比有较大差距。近年来,虽然发展较快,但仍难以适应国民经济高速发展的需要。为此,必须用先进的制造理论与技术来指导我国模具工业的发展和加快高级专门人才的培养。

十多年来,上海交通大学塑性成形工程系依托模具 CAD 国家工程研究中心和上海模具技术研究所,一直致力于模具技术、CAD/CAM/CAE 技术和其他先进制造技术的研究与发展,并直接服务于工业生产与人才培养,取得了一定的成果,《现代模具设计制造理论与技术》一书正是这些成果的概括和总结。该书全面、系统、深入地论述了现代模具设计制造理论与技术,内容丰富、新颖、实用,填补了国内这方面教材与参考书的空白。我相信:这本书的出版,必将有利于推动材料加工工程专业的教学改革与高层次专门人才的培养,必将有利于推动我国模具工业的技术改造与模具技术的进步。



中国工程院院士 阮雪榆
二 000 年十二月

前 言

使用模具生产具有“优质、高效、清洁、低耗”等一系列优点,已成为现代工业生产的重要手段与发展方向。据介绍,在现代化工业生产中,约 60%~90% 的工业产品需用使用模具生产,模具工业已成为工业发展的基础,许多新产品的开发和生产在很大程度上都依赖于模具生产,特别是汽车、轻工、电子、航空等行业尤为突出。

,模具设计与制造是一个多环节、多反复的复杂过程,涉及机械制造的各个方面,既需要系统、深入的理论指导,又依赖大量实践知识的积累。传统的模具设计与制造大多是凭经验或借助传统的 CAD 工具进行的,致使模具生产周期长,成本高,甚至造成模具的报废,适应不了我国国民经济飞速发展的需要。为此,必须用先进制造理论与技术来指导我国模具工业的发展和加快高层次专门人才的培养。

本书全面、系统、深入地论述了现代模具设计制造理论与技术,主要内容包括:先进制造技术概述、现代模具设计与制造模式、基于知识的模具计算机辅助设计技术、人工智能技术及其在模具行业的应用、特征技术、冲模 CAD、锻模 CAD、注塑模 CAD、塑性成形过程的数值防真技术、模具 CAM、反求工程技术、快速原型制造技术和快速模具制造技术等。重点论述了先进制造技术体系及其关键技术与发展方向,既有深入、系统的理论体系论述,又有在材料加工工程中的应用实例。

本书是作者长期从事模具技术、CAD/CAM/CAE 技术和其他先进制造技术的教学、科研和生产工作所取得成果与经验的总结,也是对该领域国内外最新研究与发展方向的概括和总结,内容丰富、新颖、实用。

全书由周雄辉副教授、彭颖红教授、李明辉教授、逢慎章教授、赵震博士、林毅工程师、邢渊副教授、娄臻亮副教授和林建平高工等策划编著,由周雄辉统编和修改。其中第一章由林建平、李明辉编写,第二、三、五章由周雄辉编写,第四章由周雄辉、娄臻亮、林建平编写,第六章由赵震编写,第七章由逢慎章编写,第八章由林毅编写,第九章由彭颖红编写,第十章由李明辉编写,第十一章由邢渊编写。

本书编写过程中得到了中国工程院院士阮雪榆教授的指导和关怀,谨致以衷心感谢!上海模具工业协会倪大可教授级高工和模具 CAD 国家工程研究中心张永清教授、李从心教授、张质良教授、汤丽华高工、王鹭副教授、陈军副教授等对本书的编写提出了宝贵意见。此外,书事还引用了若干国内外同行的研究成果和有关博士、硕士研究生的研究成果,在此一并致以衷心感谢!谨对在本书编写过程中给予作者支持和关心的所有老师和同事们表示衷心感谢!

由于本涉及内容广泛,许多技术仍处于发展中,还有待进一步深入研究,加之作者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

2000 年 12 月于上海

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 模具工业的地位与发展	1
1.1.1 模具工业在国民经济中的地位	1
1.1.2 我国模具工业的发展	1
1.2 现代模具技术的特点	2
1.2.1 模具的基本要求	2
1.2.2 现代模具产品的发展趋势	3
1.2.3 现代模具企业的特征	4
1.3 先进制造技术与现代模具技术的发展	6
第 2 章 先进制造技术概论	8
2.1 制造业的变革与先进制造技术的发展背景	8
2.1.1 制造业的变革	8
2.1.2 先进制造技术提出的背景	10
2.2 先进制造技术的定义、特征与范畴	11
2.2.1 制造、制造技术与先进制造技术的定义	11
2.2.2 先进制造技术的特征与内涵	11
2.2.3 先进制造技术的范畴	12
2.3 先进制造技术的体系结构	14
2.3.1 制造工程设计技术群	14
2.3.2 现代制造系统管理技术群	16
2.3.3 物料处理方法和设备技术群	16
2.3.4 相关支撑技术群	17
2.4 计算机集成制造	18
2.4.1 CIM 与 CIMS 的基本概念	18
2.4.2 CIMS 的发展与系统集成的三个阶段	19
2.4.3 CIMS 的体系结构与系统设计方法	21
2.5 并行工程	23
2.5.1 并行工程思想的提出	23
2.5.2 并行工程的定义与内涵	25
2.5.3 并行工程的实施与关键技术	26
2.6 精益生产	28

2.6.1	丰田生产模式的出现	28
2.6.2	精益生产的定义和特征	29
2.7	敏捷制造	31
2.7.1	敏捷制造的基本概念	31
2.7.2	敏捷制造的组成与实施	33
2.8	虚拟制造	35
2.8.1	虚拟制造的概念	35
2.8.2	虚拟制造的特点与技术体系	36
2.8.3	虚拟制造系统的建立	37
2.9	智能制造	38
2.9.1	智能制造研究的背景与发展	38
2.9.2	智能制造的含义与特征	40
2.9.3	智能制造的主要研究内容	41
2.10	全面质量管理与计算机辅助质量系统	42
2.10.1	质量的概念与发展	42
2.10.2	全面质量管理和 ISO9000 质量标准	43
2.10.3	计算机辅助质量系统	45
2.11	产品数据管理与数据交换技术	46
2.11.1	产品数据管理技术	46
2.11.2	产品数据交换技术	50
2.11.3	集成产品信息模型与 STEP 标准	51
第 3 章	现代模具设计与制造模式	54
3.1	集成化快速模具制造	54
3.1.1	集成化快速模具制造系统框架	54
3.1.2	集成化快速模具制造的关键技术	55
3.2	模具制造并行工程	58
3.2.1	模具制造并行工程方法	58
3.2.2	模具制造并行工程实施方案	60
3.3	协同设计与模具敏捷制造	64
3.3.1	模具敏捷制造模式	64
3.3.2	协同模具制造的环境构筑	65
3.3.3	协同模具制造的关键技术	67
第 4 章	基于知识的模具计算机辅助设计技术	71
4.1	概述	71
4.2	设计过程与 CAD 技术	72
4.2.1	设计过程与设计方法学	72
4.2.2	设计过程与 CAD 支持环境	74

4.3 参数化设计	75
4.3.1 参数化设计技术	76
4.3.2 变量化设计技术	77
4.3.3 参数化绘图技术	79
4.4 人工智能技术及其在模具 CAD 中的应用	80
4.4.1 现代设计的发展和需要——智能化	80
4.4.2 知识表示	81
4.4.3 知识获取	85
4.4.3.1 机器学习	87
4.4.3.2 基于神经网络的知识获取	90
4.4.4 基于事例的推理技术	99
4.5 面向制造的设计技术	104
4.5.1 DFM 的主要内容	104
4.5.2 DFM 的系统方法	105
4.6 基于知识的模具计算机辅助并行设计系统方法	107
4.6.1 传统的产品及模具开发过程分析	107
4.6.2 产品开发过程重组	109
4.6.3 系统功能分析与框架设计	114
4.6.4 系统建模	115
4.6.5 系统执行	119
第 5 章 特征技术	121
5.1 特征技术概述	121
5.1.1 特征的定义	121
5.1.2 特征的分类	123
5.1.3 特征、尺寸、公差与零件的表示	126
5.2 特征识别	130
5.2.1 交互特征定义	131
5.2.2 自动特征识别	131
5.3 特征映射	134
5.3.1 特征映射的基本概念	134
5.3.2 特征空间与特征映射的基本形式	135
5.3.3 特征映射的理论与方法	136
5.4 面向信息集成的特征造型系统	138
5.4.1 基于特征的零件表示模型	140
5.4.2 系统框架与功能	141
5.5 基于特征的有限元分析前处理技术	143
5.5.1 基于特征的分析模型简化	144
5.5.2 基于特征的载荷及边界条件处理	146

5.5.3 基于特征的有限元网格划分	146
5.6 基于特征的智能化后处理与系统集成	147
5.6.1 设计的评价标准	148
5.6.2 分析结果数据的特征映射	148
5.6.3 分析结果的评价与解释机制	149
5.6.4 CAD 与 CAE 系统集成框架	149
第 6 章 冲模 CAD	151
6.1 冲模 CAD 概述	151
6.1.1 冲模 CAD 的发展概况	151
6.1.2 冲模 CAD 的研究方向	152
6.2 冲裁模 CAD 技术	153
6.2.1 冲裁模 CAD/CAM 系统的功能模型与组成结构	153
6.2.2 冲裁件图形输入	156
6.2.3 工艺可行性判别与工艺方案选择	158
6.2.4 毛坯优化排样	161
6.2.5 连续模工步排样	164
6.2.6 压力中心、压力与刃口尺寸计算	169
6.2.7 冲裁模具结构 CAD	172
6.3 多工位级进模 CAD 技术	179
6.3.1 多工位级进模 CAD 系统的基本流程	179
6.3.2 工件输入与毛坯展开	181
6.3.3 多工位级进模工步排样 CAD	184
6.3.4 基于并行工程的多工位级进模 CAD 技术	190
第 7 章 锻模 CAD	193
7.1 锻模 CAD 概述	193
7.2 轴对称锻件的锻模 CAD	195
7.2.1 轴对称锻件的锻模 CAD 系统结构	195
7.2.2 轴对称锻件几何信息的输入	196
7.2.3 轴对称锻件的形状复杂性标准	198
7.2.4 毛边槽尺寸的计算	200
7.2.5 预锻型槽的设计	202
7.3 长轴类锻件的锻模 CAD	204
7.3.1 计算毛坯图	204
7.3.2 制坯工步的选用及计算	208
7.3.3 拔长型槽的设计	210
7.3.4 滚挤型槽的设计	213
7.3.5 预锻型槽的设计	216

7.3.6 型槽的布置	219
第 8 章 注塑模 CAD	223
8.1 注塑模 CAD 概述	223
8.1.1 注塑模 CAD 的发展概况	223
8.1.2 注塑模设计和注塑模 CAD 技术	225
8.2 注塑模 CAD 系统分析及注塑件产品信息建模	228
8.2.1 注塑模 CAD 系统的特点及开发过程	228
8.2.2 注塑模 CAD 系统分析	230
8.2.3 注塑件产品信息模型	233
8.3 注塑模 CAD 方案设计	233
8.3.1 注塑模分型方向与分型面的选择	235
8.3.2 注塑模型腔数目选择与布局设计	236
8.3.3 注塑模浇注系统方案设计	238
8.3.4 注塑模结构方案设计	242
8.4 注塑模 CAD 详细设计	245
8.4.1 注塑模成形零件设计	245
8.4.2 注塑模浇注系统设计	247
8.4.3 注塑模热交换系统设计	248
8.4.4 注塑模顶出机构设计	249
8.4.5 注塑模抽芯机构设计	250
8.5 注塑模标准件库及标准模架库设计	250
8.5.1 特性文件	251
8.5.2 注塑模标准件库设计	253
8.5.3 注塑模标准模架库设计	253
8.6 基于模拟反馈的注塑产品及其模具并行设计技术	255
8.6.1 注塑产品及其模具并行设计技术概述	255
8.6.2 基于模拟反馈的注塑产品及其模具并行设计集成框架	256
8.6.3 系统实现与应用实例	258
第 9 章 金属塑性成形过程的数值仿真	261
9.1 金属成形过程数值仿真技术概述	261
9.2 塑性有限元理论基础简介	263
9.2.1 刚(粘)塑性有限元理论基础简介	263
9.2.2 弹(粘)塑性有限元理论基础简介	266
9.3 仿真系统结构	270
9.4 金属塑性成形过程仿真技术在模具设计中的应用	272
9.4.1 体积成形仿真技术在模具设计中的应用	272
9.4.2 板成形仿真技术在模具设计中的应用	276

第 10 章 模具计算机辅助制造技术	281
10.1 概述.....	281
10.1.1 模具制造工艺过程.....	281
10.1.2 计算机在模具制造中的应用.....	282
10.2 数控加工技术.....	284
10.2.1 数控加工及其特点.....	284
10.2.2 数控机床的工作原理与组成.....	285
10.2.3 数控加工程序编制.....	286
10.2.4 数控铣床的加工及编程.....	290
10.2.5 数控加工程序的自动编制.....	294
10.3 数控电火花成形技术.....	296
10.3.1 电火花加工的基本原理及特点.....	296
10.3.2 数控电火花成形机床的主要组成部分.....	297
10.3.3 电火花加工基本工艺规律.....	300
10.3.4 数控电火花成形加工工艺.....	305
10.4 数控电火花线切割技术.....	309
10.4.1 数控电火花线切割加工原理与特点.....	309
10.4.2 数控电火花线切割设备.....	309
10.4.3 数字程序控制原理.....	310
10.4.4 数控电火花线切割的程序编制.....	313
10.4.5 数控电火花线切割加工工艺及应用.....	316
10.5 柔性制造单元与柔性制造系统.....	320
10.5.1 柔性制造单元.....	320
10.5.2 柔性制造系统.....	323
10.5.3 柔性制造系统实例.....	326
10.6 计算机辅助工艺过程设计.....	327
10.6.1 零件信息描述.....	328
10.6.2 计算机辅助工艺过程设计系统.....	328
10.6.3 加工类 CAPP 系统的组成原理	331
10.7 计算机辅助模具生产管理.....	332
10.7.1 计算机在生产管理中的应用.....	332
10.7.2 计算机辅助模具生产管理系统的的设计.....	333
第 11 章 快速模具制造技术	336
11.1 快速原型制造技术.....	337
11.1.1 快速原型制造技术的基本原理.....	337
11.1.2 快速原型制造技术的特点及应用.....	340
11.1.3 典型的快速原型制造工艺.....	341

11.2 制造领域中的反向工程及其技术·····	343
11.2.1 反向工程的概念·····	343
11.2.2 反向工程中的数据采集与处理·····	344
11.2.3 反向工程中的曲面重构·····	349
11.3 快速模具制造技术 ·····	355
11.3.1 常用的快速模具材料·····	355
11.3.2 常用的快速制模方法与工艺·····	356
参考文献·····	360

第1章 绪 论

1.1 模具工业的地位与发展

1.1.1 模具工业在国民经济中的地位

在现代化工业生产中,60%~90%的工业产品需使用模具加工,模具工业已成为工业发展的基础,许多新产品的开发和生产在很大程度上都依赖于模具生产,特别是汽车、轻工、电子、航空等行业尤为突出。而作为制造业基础的机械行业,据国际生产技术协会预测,21世纪,机械制造工业零件粗加工的75%和精加工的50%都将依靠模具完成。因此,模具工业已成为国民经济的重要基础工业。

模具工业发展的关键是模具技术的进步,模具技术又涉及到多学科的交叉。模具作为一种高附加值产品和技术密集型产品,其技术水平的高低已成为衡量一个国家制造业水平的重要标志之一。世界上许多国家,特别是一些工业发达国家,都十分重视模具技术的开发,大力发展模具工业,积极采用先进技术和设备,提高模具制造水平,已取得了显著的经济效益。美国是世界超级经济大国,也是世界模具工业的领先国家,早在20世纪80年代末,美国模具行业有12 554个企业,从业人员172 800人,模具总产值达64.47亿美元。日本模具工业是从1957年开始发展起来的,当年模具总产值仅有106亿日元,到1998年总产值已超过4.88万亿日元,在短短的40余年内增加了460多倍,这也是日本经济能飞速发展并在国际市场上占有一定优势的重要原因之一。

纵观世界经济的发展,经济发展较快时,产品畅销,自然要求模具能跟上;而经济发展滞缓时期,产品不畅销,企业必然想方设法开发新产品,这同样会给模具带来强劲需求。因此,国内外行家都称现代模具工业是不衰的工业。

目前,世界模具市场仍供不应求。近几年,世界模具市场总量一直为600~650亿美元左右,其中美国、日本、法国、瑞士等国一年出口模具约占本国模具总产量的1/3。可见研究和发展模具技术,提高模具技术水平,对于促进国民经济的发展具有特别重要的意义。在日本模具被誉为“进入富裕社会的原动力”,在德国则冠之为“金属加工业中的帝王”,在罗马尼亚视为“模具就是黄金”。可以断言,随着工业生产的迅速发展,模具工业在国民经济发展过程中将发挥越来越重要的作用。

1.1.2 我国模具工业的发展

我国模具工业起步晚,底子薄,与工业发达国家相比有很大的差距,但在国家产业政策和与之配套的一系列国家经济政策的支持和引导下,我国模具工业发展迅速。据统计,我国(未包括香港、台湾、澳门)现有模具生产厂已超过17 000家,从业人员约50万人,1996年模具总产值约160亿元,2000年预计达260~270亿元。但从总体上看,自产自用占主导地位,商品

化模具仅为 1/3 左右,国内模具生产仍供不应求。特别是精密、大型、复杂、长寿命模具,仍主要依赖进口。目前,就整个模具市场来看,进口模具约占市场总量的 20% 左右,其中,中高档模具进口比例达 40% 以上。因此,近年来我国模具发展的重点放在精密、大型、复杂、长寿命模具上,并已取得了可喜的成绩,模具进口逐年下降,模具技术和水平也有长足的进步,主要表现在以下几方面:

① 研究开发了几十种模具新钢种及硬质合金等新材料,并采用了热处理新工艺,使模具使用寿命得到延长。

② 发展了多工位级进模和硬质合金模等新产品,并根据国内生产需要研制了一批精密塑料注射模。

③ 研究开发了一些新技术和新工艺,如三维曲面数控仿形加工、模具表面抛光、表面皮纹加工以及皮纹辊压制造技术、模具钢的超塑性成型技术和各种快速模技术等。

④ 模具加工设备已得到较大发展,国内已能批量生产精密坐标磨床、CNC 仿形铣床和加工中心、CNC 电火花线切割机床以及高精度电火花成形机床等。

⑤ 模具 CAD/CAM 技术已得到较广泛的应用,模具计算机仿真技术也已应用于模具设计制造中。各院校、研究机构正在开展模具智能制造、并行工程、虚拟制造、敏捷制造和快速制造等先进制造技术的研究。

⑥ 各大专院校和研究所培养了一批高级模具技术人才,现代模具制造技术中的高科技含量逐年增加。

虽然我国模具工业已得到较大的发展,但仍然不能满足国内经济高速发展的需要。预计“十五”期间,我国模具市场在汽车(含摩托车)、家用电器、电子及通信产品、建材、玩具、仪器仪表等行业将会有更大的需求。在当前我国模具已成为不少行业发展瓶颈的情况下,如要较好地满足国民经济各部门发展所需,“十五”期间模具产出每年应有 15% 左右的增长速度才行。同时,我国加入 WTO 后,由于关税的降低,将在一定程度上冲击我国的模具生产企业,还应做好各种应对准备。

1.2 现代模具技术的特点

1.2.1 模具的基本要求

在工业产品的生产中,应用模具的目的在于保证产品质量,提高生产率和降低成本等。因此,除了正确进行模具设计,采用合理的模具结构外,还必须以高质量的模具制造技术作为保证。一副模具应满足如下几个基本要求:

(1) 制造精度高

为了生产合格的产品和发挥模具的效能,模具的设计和制造必须具有较高的精度。模具的精度主要是由制品精度和模具结构的要求来决定的,为了保证制品精度和质量,模具工作部分精度通常要比制品精度高 2~4 级。模具结构则对上、下模之间的配合有较高的要求,组成模具的零部件都必须有足够的制造精度,否则模具将不可能生产出合格的制品,甚至会使模具不能正常使用。

(2) 使用寿命长

模具是比较昂贵的工艺装备,目前模具制造费用约占产品成本的 10% ~ 30%,其使用寿命将直接影响生产成本。因此,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

模具制造周期的长短主要决定于制造技术和生产管理水平的高低。为了满足生产的需要,提高产品的竞争能力,必须在保证质量的前提下尽量缩短模具制造周期。

(4) 模具成本低

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

必须指出,上述四个指标是相互关联、相互影响的。片面追求模具精度和使用寿命必将导致制造成本的增加。当然,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,应根据实际情况作全面的考虑,即应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,使模具成本降低到最低限度。欲想提高模具制造的综合指标,就应该认真研究现代模具制造理论,积极采用先进制造技术,以满足现代工业发展的需要。

1.2.2 现代模具产品的发展趋势

传统的模具制造技术,主要是根据设计图纸,用仿型加工、成形磨削以及电火花加工方法来制造模具。而现代模具不同,它不仅形状与结构十分复杂,而且技术要求更高,用传统的模具制造方法显然难于制造,必须借助于现代科学技术的发展,采用先进制造技术,才能达到它的技术要求。表 1-1 列出了传统模具与现代模具制造的技术水平。

表 1-1 模具技术水平

项目	分类	传统模具	现代模具
精度(mm)	冲模(定转子模)		
	尺寸精度	0.01~0.016	0.002~0.005
	步距精度	0.01~0.02	0.0023~0.005
	塑料模(电视机外壳)	0.05~0.1	0.005~0.01
粗糙度 $R_a(\mu)$	锻模	0.05~0.10	0.02~0.03
	冲模	1.6~0.8	0.4~0.2
	塑料模	0.8~0.4	0.1~0.05
	压铸模	0.4~0.2	0.1~0.1
制造周期	锻模	1.6~0.8	0.4
	汽车覆盖件模具	1 年左右	6~7 个月
	电视机外壳模具	7~8 个月	2~3 个月
	化油器压铸模	4~5 个月	2~3 个月
寿命	伞齿轮锻模	3~4 个月	1~2 个月
	定转子级进模	3000~5000 万次	2~6 亿次
	(硬质合金)		
	电视机外壳塑料模	10~20 万件	60 万件以上
	化油器压铸模	5~10 万件	40 万件以上

当前,整个工业生产的发展特点是产品品种多,更新快,市场竞争激烈。为了适应市场对模具制造的短交货期、高精度、低成本的迫切要求,模具将有如下发展趋势:

① 模具的精度将越来越高。

10年前,精密模具的精度一般为 $5\mu\text{m}$,现在已达 $2\sim 3\mu\text{m}$,不久 $1\mu\text{m}$ 精度的模具将上市。随着零件微型化及精度要求的提高,有些模具的加工精度要求在 $1\mu\text{m}$ 以内,这就要求发展超精加工。

② 模具的技术含量将不断提高,中、高档模具的比例将不断增大。

③ 快速经济模具的前景十分广阔。

随着多品种小批量生产方式的发展,要求模具的开发周期越短越好,开发快速经济模具越来越引起人们的重视。

④ 模具日趋大型化。

这一方面是由于用模具成形的零件日渐大型化,另一方面也是由于高生产率要求的一模多腔(现在有的已达一模几百腔)所致。

⑤ 多功能复合模具将进一步发展。

一副多功能模具除了冲压成形零件外,还担负着叠压、攻丝、铆接和锁紧等组装任务,这种多功能模具生产出来的不再是单个零件,而是成批的组件。此外,为了缩短产品的生产、装配周期,多色和多材质塑料成形模具也将有较快的发展。

⑥ 随着热流道技术的推广应用,热流道模具在塑料模具中的比重将逐步提高。

热流道的应用可提高制件的生产率和质量,并能大幅度节约制件的原材料。

⑦ 随着塑料成形工艺的不断改进和发展,气辅模具及适应高压注射成形等工艺的模具将随之发展,以进一步提高制件质量。

⑧ 随着以塑代钢、以塑代木的进一步发展,以及车辆和电机等产品向轻量化发展,塑料模和压铸模的比例将不断提高。

⑨ 模具标准件的应用将日渐广泛。

1.2.3 现代模具企业的特征

一、现代模具企业的生产设施

现代模具企业不仅要有现代的管理体系和方法,而且要有先进的设备与技术。它必需按科学而严密的体系把人员、设备和技术集成起来,用于生产多种高品质模具,使之达到最佳的效益。一般说来,现代模具设计制造的设备主要包括以下几个方面:

① 计算机及其网络系统。

包括微机、工作站、外设以及集成化生产和管理软件。

② 中心存储数据库。

包含企业技术、专家知识、以及工程数据等。

③ 快速制模设备。

如快速扫描系统、快速原型制造系统和快速制模工艺与装备等。

④ 高精度数控加工和测量设备。

包括数控机床、CNC加工中心以及CNC坐标磨床、三坐标测量机、精密电火花成形机等。

⑤ 试模设备。

包括注塑机和压力加工机床等。

⑥ 传统模具加工设备。

包括普通铣床、平面成形磨床及工具磨床等。

二、现代模具企业的特征

现代模具工业已从传统的劳动密集型产业转变为一个技术密集、人才密集和资本密集的产业。模具企业为了参与激烈的市场竞争,不仅投入大量资金,不断更新设备,而且十分重视人才的开发和培训,广泛采用新技术,努力提高自己的模具技术水平。在激烈的竞争中发展起来的现代模具企业,其主要特征表现如下:

(1) 以计算机为中心

计算机技术的广泛使用,使现代模具企业的首要特征就是以计算机为中心。计算机是整个企业最活跃、最核心、最需要投资以及更新最快的部分(其软件每2~3年,硬件每3~5年更新一次)。以计算机为中心建立起来的计算机辅助设计、计算机辅助工程以及计算机辅助制造(CAD/CAE/CAM)是企业的生产主线,并向集成化、网络化、智能化方向发展。

(2) 生产设备先进

现代模具的加工,更多地依靠各种自动化程度较高的高精度、高效率机床。从模具粗加工、热处理到各种精加工、光整加工、质量控制与检测,必须设备齐全,配套合理。其中,数控加工设备所占的比重较大,以适应单件或小批量复杂模具的生产。同时,数控加工设备也是模具CAD/CAE/CAM的基础,有助于实现模具制造的全自动加工。

(3) 模具设计水平高

现代模具企业都广泛采用计算机辅助技术、人工智能技术等进行设计决策、模拟分析和优化设计。同时,数据库和计算机网络技术的应用使设计师可以在更大范围内共享设计资料、信息、资源和展开合作,使得现代模具设计的总体水平上升到一个前所未有的高度。

现代模具有还要求有控压、控温等功能,甚至要求提供某些测量元件。在模具标准化、通用化、典型化程度很高的情况下,各模具企业都利用自己的某些专长设计制造模具,在激烈的竞争中求发展。

(4) 供货期短

现代模具对缩短交货期的要求日益迫切,模具的交货期限已从传统的几个月向几十天、十几天、甚至数小时发展,这是传统制模方法所不能达到的。

模具设计已从人工经验设计方式转化为依靠计算机辅助设计的方式。广泛采用模具CAD/CAE/CAM技术,使模具设计、计算机分析、生产准备、数控加工、检验、试模等工作一体化,设计数据直接经过网络和数据库管理系统传递到各个生产部门,大大缩短模具生产周期。此外,成形过程计算机模拟、并行工程、人工智能、快速原型制造等先进制造技术的应用,以及模具标准化、专业化生产等也为缩短供货周期起了重要作用。

(5) 重视人才的培养和凝聚

一个现代模具企业,最重要的就是拥有具有丰富经验和掌握先进技术与设备的人。当前,高素质、高技艺的模具人才的缺乏已成为全球性的紧迫问题。加强这方面人才的培养和再教育,并将这些人才成功地凝聚在一起,就成为现代模具企业的重要任务和特征。

总之,一个现代模具企业,应该是由现代化的模具生产技术、高度专业化的生产、高素质的人才、灵活的服务和经营管理等诸多要素所构成。

1.3 先进制造技术与现代模具技术的发展

随着科学技术的发展,制造技术已成为当代各国在经济上获得成功的关键技术,并逐渐发展形成制造科学体系。制造技术已不是单纯地把原材料转化为物质产品过程中的制造工艺方法和产品设计,它还是一个从产品概念到最终产品的集成活动和系统,是一个动态体系和信息处理系统。制造技术既是制造业赖以生存的主体技术,又是国民经济发展的主要支柱技术。

先进制造技术是将机械、电子、信息、材料、能源以及现代管理技术等最新成果综合应用于制造业,实现优质、高效、低耗、清洁、敏捷生产的前沿制造技术的总称。发达的制造业必需有先进制造技术作为后盾。因此,20 世纪 80 年代以来,一些工业发达国家和新兴工业化国家,都把先进制造技术作为国家科技优先发展的方向和高技术的实施重点,加快发展先进制造技术已成为各国政府发展经济的共同策略。世界各国纷纷制定先进制造技术研究与发展计划,其中最具代表性的有美国的先进制造技术计划(AMT),韩国的高级先进制造技术国家计划(G-7 计划)、日本的智能制造技术计划(IMS)、美国国家关键技术(制造)计划,美国敏捷制造使能技术计划(Team)和德国 2000 计划等。当前,先进制造技术已成为提高制造业竞争力的主要手段,是增加综合国力和促进国家经济持续发展的重要基础,直接关系到一个国家的综合国力的发展和提高。因此,一场以创新为目标,以科学技术为原动力,以信息技术为特征的新的制造业革命正在世界范围内展开。

进入 20 世纪 90 年代以来,人类社会开始进入信息时代,知识经济初现端倪。伴随着世界经济一体化和市场需求个性化的发展趋势,如何以最短的时间开发出高质量、高性能价格比和高技术含量的新产品已成为市场竞争的焦点。围绕着提高新产品的开发能力,各种新的制造技术和制造理念不断涌现。根据工业发达国家的技术发展动向及有关专家预测,先进制造技术的发展前沿是少无余量精密成形技术、纳米技术与微型机械、快速零件制造技术,新型材料的成形加工技术,极限条件下的成形和加工技术、机械制造清洁生产技术、精益生产、具有决策支持功能的系统管理技术、智能制造技术和并行工程技术等,其中少无余量精密成形技术、快速零件制造技术、新型材料的成形加工技术为重要的基础技术。

材料成形技术是以金属成形为重要标志出现在人类社会中的,是最古老的生产技术之一。而模具设计制造理论与技术的发展从最早原始的经验制造到今天的以计算机技术、信息技术为支撑的成形理论,走过了漫长的道路。20 世纪 20 年代第一次在模具技术领域建立了塑性理论和材料技术,60 年代末到 70 年代,实验技术的发展为研究材料成形提供了条件,形成了材料流动、成形过程和摩擦,以及模具对材料成形影响为重要突破的新的模具设计理论和技术体系,有力地促进了材料加工和成形特性的研究,带动了一批新材料的迅速发展,使模具技术广泛应用于制造业的各个领域。80 年代,由于生产开发和实验成本的增加,改进工艺和优化生产成为重要的研究方向,以有限元分析为代表的一批优化材料成形技术与工艺的科学技术引入到了模具制造领域。特别是计算机技术的发展,使模具技术的发展开创了一个崭新的时代。如计算机数值仿真技术可以进行材料成形的工艺过程模拟、缺陷预测、材料流动分析以及优化设计等,带动和促进了材料成形理论和技术的进步。随着计算机辅助技术渗透到模具技