

普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材

材料成形CAD/CAM

常 明 余世浩 主编

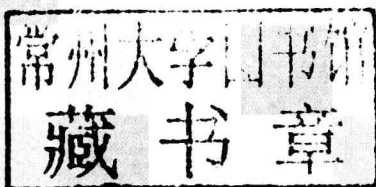
清华大学出版社

普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材

材料成形CAD/CAM

常 明 余世浩 主编

杨艳芳 廖红卫 参编



清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书系统阐述了材料成形 CAD/CAM 的基本概念、原理、方法和技术。主要包括 CAD/CAM 系统的组成、接口技术与图形标准、计算机图形处理技术基础、几何造型技术、工程数据处理、CAD/CAM 在材料成形中的应用等。

本书可作为高等学校材料成型及控制工程和机械类相关专业教材,也可作为从事 CAD/CAM 技术研究和工程应用技术人员的培训教材和参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

材料成形 CAD/CAM / 常明,余世浩主编. —北京:清华大学出版社,2012.8

(普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材)

ISBN 978-7-302-29618-8

I. ①材… II. ①常… ②余… III. ①工程材料—成型—计算机辅助技术—高等学校—教材
IV. ①TB3-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 184481 号

责任编辑:孙 坚 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:王淑云

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:11.5 字 数:279 千字

版 次:2012 年 8 月第 1 版 印 次:2012 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00 元

产品编号:046692-01

普通高等教育机电工程类应用型 本科规划教材编委会

主 任：吴昌林

副主任(以姓名首字母排序)：

陈小圻	李元科	容一鸣
孙立鹏	余世浩	

编 委(以姓名首字母排序)：

常万顺	陈晓岑	胡正前
李从权	李 硕	齐洪方
石从继	王晓进	杨家军

序

当今世界,科技发展日新月异,业界需求千变万化。为了适应科学技术的发展、满足人才市场的需求,高等工程教育必须适时地进行调整和变化。专业的知识体系、教学内容在社会发展和科技进步的驱使下不断地伸展扩充,这是专业或课程边界变化的客观规律,而知识体系内容边界的再设计则是这种调整和变化的主观体现。为此,教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会与中国机械工程学会、清华大学出版社合作出版了《中国机械工程学科教程》(2008年出版),规划机械专业知识体系结构乃至相关课程的内容,为我们提供了一个平台,帮助我们持续、有效地开展专业的课程体系内容的改革。本套教材的编写出版就是在上述背景下为适应机电类应用型本科教育而进行的尝试。

本套教材在遵循机械专业知识体系基本要求的前提下,力求做到知识的系统性和实用性相结合,满足应用型人才培养的需要。

在组织编写时,我们根据《中国机械工程学科教程》的相关规范,按知识体系结构将知识单元模块化,并对应到各个课程及相关教材中。教材内容根据本专业对知识和技能的设置分成多个模块,既明确教材应包含的基本知识模块,又允许在满足基本知识模块的基础上增加特色模块,以求既满足基本要求又满足个性培养的需要。

教材的编写,坚持定位于培养应用型本科人才,立足于使学生既具有一定的理论水平,又具有较强的动手能力。

本套教材编写人员新老结合,在华中科技大学、武汉大学、武汉理工大学、江汉大学等学校老教师指导下,一批具有教学经验的年轻教师积极参与,分工协作,共同完成。

本套教材形成了以下特色:

(1) 理论与实践相结合,注重学生对知识的理解和应用。在理论知识讲授的同时,适当安排实践动手环节,培养学生的实践能力,帮助学生在理论知识和实际操作方面都得到很好的锻炼。

(2) 整合知识体系,由浅入深。对传统知识体系进行适当整合,从便于学生学习理解的角度入手,编排教材结构。

(3) 图文并茂,生动形象。图形语言作为机电行业的通用语言,在描述机械电气结构方面有其不可替代的优势,教材编写充分发挥这些优势,用图形说话,帮助学生掌握相应知识。



II 材料成形CAD/CAM

(4) 配套全面。在现代化教学手段不断发展的今天,多媒体技术已经广泛应用到教学中,本套教材编写过程中,也尽可能为教学提供方便,大部分教材有配套多媒体教学资源,以期构建立体化、全方位的教学体验。

本套教材以应用型本科教育为基本定位,同时适用于独立学院机电类专业教学。

作为机电类专业应用型本科教学的一种尝试,本套教材难免存在一些不足之处,衷心希望读者在使用过程中,提出宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

2012 年 6 月

前言

随着现代加工制造技术的飞速发展和制造业产品全球竞争的日益加剧,新产品的开发能力和制造水平已成为竞争的核心。CAD/CAM 技术作为提高产品设计质量、缩短产品开发周期、降低产品生产成本的强有力手段,其应用水平是一个国家制造业发展程度和核心竞争力的体现。因而,CAD/CAM 技术本身也是工程技术人员所必须掌握的基本工具。多年来,国内外企业对 CAD/CAM 技术的发展及应用都十分重视,我国政府也从各个方面大力促进制造业信息化水平的提高,注重 CAD/CAM 技术的开发和应用水平的提高。

本书为普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材。以材料成型及控制工程专业本科应用型人才培养为目标,系统介绍了 CAD/CAM 技术的基本概念、方法和关键技术。在阐述 CAD/CAM 基本理论的同时,尽量结合 CAD/CAM 技术的应用实际,通过实例有针对性地引导学生深入学习和思考,从而提高教材的实用性。在内容安排上,先介绍 CAD/CAM 的共性基础知识,再论述 CAD/CAM 技术在材料成形领域中的具体应用,同时注重反映该领域的最新进展和发展动态。在语言描述方面,力求简洁、通俗、准确、易懂。全书在保持内容系统性、完整性的基础上,结合实例进行原理和方法的讲解,语言通俗流畅,实用性较强,便于组织教学和自学。

全书共分 7 章。第 1 章介绍 CAD 技术的基本概念、发展概况以及 CAD/CAM 技术在材料成形领域的应用;第 2 章介绍 CAD/CAM 系统的软硬件组成;第 3 章介绍 CAD/CAM 系统的接口技术和图形标准;第 4~6 章介绍计算机图形处理技术、几何造型技术以及工程数据的计算机处理技术;第 7 章介绍 CAD/CAM 技术在焊接和模具设计中的应用。

编写分工为:第 1 章和 7.1 节由常明编写,第 2、3、6 章由廖红卫编写,第 4、5 章由杨艳芳编写,7.2 节和 7.3 节由余世浩编写。全书由常明和余世浩统稿。

由于编者水平有限,书中不足和疏漏之处在所难免,敬请各位读者和专家批评指正。

编 者

2012 年 5 月于武汉

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 CAD/CAM 技术的发展	1
1.2 CAD/CAM 系统的功能	3
1.3 CAD/CAM 在材料成形中的应用	5
1.4 CAD/CAM 的发展趋势	7
习题	7
第 2 章 CAD/CAM 系统的组成	8
2.1 CAD/CAM 系统的类型	8
2.1.1 按硬件组成分类	9
2.1.2 按支撑软件的规模分类	10
2.1.3 按网络化程度分类	10
2.2 CAD/CAM 系统的硬件组成	11
2.2.1 计算机基本系统	11
2.2.2 输入设备	13
2.2.3 输出设备	14
2.2.4 网络设备	15
2.3 CAD/CAM 系统的软件组成	17
2.3.1 系统软件	17
2.3.2 CAD/CAM 支撑软件	18
2.3.3 应用软件	20
习题	20
第 3 章 CAD 接口技术与图形标准	21
3.1 交互技术与用户接口	21
3.1.1 用户接口的常用形式及设计原则	21
3.1.2 交互技术	24



3.2	图形接口及计算机图元文件	27
3.2.1	计算机图形接口	27
3.2.2	计算机图形元文件	29
3.3	图形软件标准	30
3.3.1	图形核心系统(GKS)	30
3.3.2	交互式程序员级层次结构图形系统(PHIGS)	31
3.3.3	基本图形交换规范标准(IGES)	32
3.4	产品数据交换标准	33
	习题	36
第4章 计算机图形处理技术基础		37
4.1	坐标系	37
4.1.1	世界坐标系	38
4.1.2	设备坐标系	38
4.1.3	规格化设备坐标系	39
4.1.4	观察坐标系	39
4.2	图形的输出	40
4.2.1	窗口与视区的概念	40
4.2.2	窗口-视区坐标变换	40
4.2.3	二维图形的输出流程	42
4.2.4	三维图形的输出流程	43
4.3	图形变换	43
4.3.1	图形变换的基本知识	44
4.3.2	二维图形的基本变换	44
4.3.3	二维图形的复合变换	51
4.3.4	三维图形的基本变换	54
4.3.5	三维图形的复合变换	57
4.3.6	图形变换的编程实现	58
	习题	60
第5章 几何造型技术		62
5.1	概述	62
5.2	三维几何建模技术	63
5.2.1	几何模型的数据结构	63
5.2.2	几何模型的表达形式	64
5.2.3	线框建模	65
5.2.4	表面(曲面)建模	66
5.2.5	实体建模	69

5.3 特征建模技术	75
5.3.1 实体造型的优缺点	75
5.3.2 特征建模的思想与特点	75
5.3.3 特征建模的概念	76
5.3.4 特征的分类	77
5.3.5 特征的描述方法及特征间的关系	78
5.3.6 特征建模技术的发展	79
5.4 基于特征的产品建模技术	80
5.4.1 基于特征的产品信息模型	80
5.4.2 Pro/E 软件的特征建模	82
5.5 基于特征的参数化建模	85
5.5.1 基于知识的参数化特征建模	86
5.5.2 轴类零件的参数化特征建模	87
5.5.3 程序实现	89
习题	90
第 6 章 工程数据的计算机处理	91
6.1 数表的计算机处理	91
6.1.1 数表程序化处理	91
6.1.2 数表解析化处理	95
6.2 线图的计算机处理	100
6.2.1 一般线图的处理	100
6.2.2 复杂线图的处理	101
6.3 工程数据的文件化处理	102
6.4 工程数据库系统	106
6.4.1 数据库技术的特点	107
6.4.2 数据库技术的发展	108
6.4.3 工程数据库	109
习题	110
第 7 章 CAD/CAM 在材料成形中的应用	113
7.1 焊接成形 CAD/CAM	113
7.1.1 焊接工程数据处理	113
7.1.2 焊接商品化软件介绍	118
7.2 通用 CAD/CAM 软件在模具中的应用	133
7.2.1 Pro/E 软件的工作界面	133
7.2.2 Pro/E 建模实例	134
7.2.3 塑料模具设计	137

7.3 专用模具 CAD/CAM 系统	148
7.3.1 WGBD 系统的流程与功能	149
7.3.2 冲裁件图形输入方法	151
7.3.3 冲裁件工艺性的计算机检验	154
7.3.4 冲裁件排样优化设计	158
7.3.5 冲裁模工作零件设计	161
7.3.6 模具图的设计与绘制	163
7.3.7 冲裁模 CAM	164
7.3.8 运用举例	167
习题	171
参考文献	172

概 述

计算机辅助设计和制造(computer aided design/computer aided manufacturing,CAD/CAM)是指以计算机作为主要技术手段,处理各种数字信息与图形信息,辅助完成产品设计和制造的理论、方法和技术。CAD 是工程技术人员与计算机相结合、各尽所长、应用多学科的技术方法综合有效地进行问题求解的先进信息处理技术。它把人类的决策判断、创造能力与计算机的高速运算、信息存储处理等功能有机地结合起来,从而达到缩短工程产品设计周期、提高设计质量的目的。CAM 涉及利用计算机来进行生产设备管理和操作的过程,其核心是数控技术,即用数控机床按数字方式控制刀具运动,完成零件加工。目前,CAD/CAM 技术已广泛应用于机械、建筑、电子、宇航、纺织等领域的产品总体设计、造型设计、结构设计和工艺过程设计。

1.1 CAD/CAM 技术的发展

CAD 技术始于 20 世纪 50 年代,伴随着计算机软硬件系统以及造型技术等的发展而发展。其发展历程可分为以下几个阶段。

1. 20 世纪 50 年代至 70 年代中期

这一阶段为 CAD 技术发展的早期,CAD 技术主要是以摆脱手工绘图的烦琐、提高绘图准确性、提高绘图效率为目的,其含义以计算机辅助绘图(computer aided drafting)为主。这一阶段受计算机软硬件水平所限,CAD 技术刚刚起步,造型能力较差,如 60 年代初期的三维造型系统多单独采用线框造型,只能表达形体的基本几何信息,而不能有效地表达几何元素间的拓扑关系。而且因为 CAD 系统对计算机硬件的要求和计算机普及程度的限制,这一阶段的 CAD 技术远未到达广泛使用的程度,仅有汽车、飞机等行业的一些大型企业在大力推进 CAD 造型系统的开发和应用。例如:美国 Lockheed 飞机公司、McDonnell Douglas 飞机公司、General Motor 汽车公司的 CAD 系统、CADD 系统、AD 2000 系统等,推动了 CAD 技术的发展。

作为 CAM 中核心技术的数控加工技术,在这一阶段已开始有了应用。20 世纪 40 年代末,美国开始研究数控加工技术,并于 1952 年生产出世界上第一台数控机床,1957 年第一批数控机床投入使用。我国 1958 年研制成功第一台配有电子管数控系统的数控机床,1965 年

开始成批生产晶体管数控系统的三坐标数控铣床。

2. 20 世纪 70 年代中期至 80 年代末期

这一阶段是 CAD 技术的普及应用阶段。在计算机造型技术方面,曲面造型与实体造型技术发展迅速,CAD 软件的功能更加强大。在图形学方面,曲面曲线的表达方式得到了较大发展,如参数矢量描述、孔斯曲面、贝塞尔曲面曲线、B 样条曲面曲线的描述等理论的提出和发展。实体造型系统也开始出现,如美国罗切斯特大学 1972 年开始 PADL 实体造型系统的研究,并于 1976 年和 1982 年分别推出 PADL1 版及 PADL2 版;英国 ShapeData 公司也在 70 年代初推出了 Romulus 实体造型系统。到了 80 年代,国际上实体造型系统已有 10 余种,迄今仍有影响的是:Pro/E、CATIA、IDEAS、Parasolid 和 ACIS 等,其中 Parasolid 和 ACIS 作为实体造型的内核已支持许多最终用户在其上开发出适合不同应用目的的商业版实体造型系统,如 SolidEdge、Solidwork、MDT 等。实体造型常用的表示形式有构造实体几何表示(CSG)、边界表示(B-Rep)和扫描表示,其中最关键的运算有形体的求交运算、集合运算和欧拉操作。

在计算机硬件方面,进入 80 年代以来,随着 32 位微机工作站和微型计算机的发展和普及,再加上功能强大的外围设备,如大型图形显示器、绘图仪、激光打印机的问世,也为 CAD 软件的开发提供了更大的发展空间,CAD 的大众化应用已经成为可能。一大批 CAD 软硬件公司应运而生,并逐步形成了 CAD 专业市场,推出了设计绘图、工程分析等一批交钥匙系统。在激烈的市场竞争中,80 年代后期开始逐步形成了 CAD 应用的两大平台:专业化的高档图形工作站系统平台和普及化的微机系统平台。

在图形标准方面,这一时期也有较大发展。20 世纪 70 年代初,为降低 CAD 软件的成本,提高 CAD 软件的通用性,研究人员提出了研发与设备无关的图形软件。1974 年,在美国国家标准化局(ANSI)举行的 ACMSIGGRAPH——一个“与机器无关的图形技术”工作会议上提出了制定图形标准的问题,并于 1977 年提出了“核心图形系统”(CGS)标准文本。随后,ISO 发布了计算机图形接口(CGI)、计算机图形元文件标准(CGM)、计算机图形核心系统(GKS)、程序员层次交互式图形系统(PHIGS)等国际标准文本。在产品数据交换方面,70 年代末,美国 CAM-I 提出了初始化图形标准(IGES)、产品数据定义接口(PDDI)、产品数据交换规范(PDES)。这些标准的提出为 CAD 技术的发展和推广起了巨大的推动作用。

这一时期的特点是 CAD 逐步从科学研究和实验项目变成了一个在经济上具有吸引力、在工业尤其是在制造业中不可缺少的工具。CAD 的应用范围也不断扩大,其从原来的大型企业拓展到了中小型企业,形成了一个从少数工业化国家开始席卷到全球的计算机应用浪潮。

3. 20 世纪 80 年代末期之后

从 80 年代末期开始,CAD 造型技术、CAD 软件的内涵以及 CAD 软件的应用产生了质的飞跃。

在造型技术方面,参数化造型和特征造型技术被广泛应用。参数化设计的关键是几何约束关系的提取和表达、几何约束的求解以及参数化几何模型的构造。70 年代末,英国剑桥大学的 R. C. Hillyard 和美国 MIT 大学的 D. C. Gossard 等率先将参数化设计用于 CAD 中;1985 年,美国 PTC 公司首先推出参数化 CAD 系统 Pro/E。参数化设计方法应用约束

的概念,不但大大提高了设计效率,使设计者能将主要精力集中在产品的设计上,而且还能就所涉及产品的给定功能、结构、材料以及制造方式等方面进行约束描述,为 CAD 软件功能的拓展和集成提供了方便的途径。同样,特征造型技术通过建立形体的产品信息模型,可提供产品和制造全过程的支持。形体的产品信息模型包括几何拓扑信息和非几何信息,如形状、公差、材料、制造过程的工艺规则以及相应的成本等。特征是对产品的一组特定属性的描写,它们反映了一个实际零件或部件的特定几何形状和特定加工要求,为设计人员和其他系统提供了更高层次的设计概念与手段。这些技术的发展对 CAD 与 CAPP、CAM 的集成提供了支持。

从 CAD 软件的内涵来看,CAD 软件已不仅包含产品的结构尺寸设计的功能,还可能包括加工、装配的设计和仿真,产品使用过程的模拟等。而产品设计中的信息也不仅包括与尺寸结构相关的几何信息和拓扑信息,还可能包括材料、加工、装配等各方面的信息。很多商用 CAD 软件都提供了多种功能的集成,朝着计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system,CIMS)方向发展。

在应用上,随着 CAD 技术在各行业应用的普及和深入,其经济效益日渐明显。全球 CAD 市场的销售额从 1985 年的 35 亿美元、1990 年的 114 亿美元,猛增到 1995 年的 280 亿美元,平均年增长率达到 20%。CAD 在机械制造业的应用比例最高,工业化国家机械制造业中的 CAD 技术覆盖率已超过 60%,以 CAD 技术作为后盾的制造业的国民收入也已占总收入的 $1/4 \sim 1/3$ 。CAD 应用的深入反过来也推动了行业的发展,而市场和竞争的需求对 CAD 技术又提出了更高的要求,CAD 应用已不能满足于绘制图形、分析数据等单元技术的人工替代。如何突破 CAD 原有单元技术应用的局限,使 CAD 能够在贯穿产品生命周期过程中发挥更大的作用,从而达到提高产品创新设计效率、增强产品市场竞争能力,最终提高企业经济效益的目的,是新一代 CAD 系统实现的目标。参数化、特征化、标准化、智能化、一体化等都是现在正运行应用的 CAD 系统或多或少应该具备的功能。

CAD 技术在这一阶段强调的是应用更注重实用性,系统更强调集成性。实用性体现在用户工作平台的更加开放、开发环境的更趋友好、多媒体和面向对象技术应用的更加深入、用户交互操作的更加傻瓜化,从而使初学者入门更容易。集成性则要求二维、三维实体、曲面、特征、CAPP、CAM、PDM 等系统结合得更加紧密。

另外,由于微机性能的大大提高和 Windows 图形界面的普及,工作站平台的 CAD 软件纷纷在微机平台上开辟第二战场;二维 CAD、CAPP、三维 CAD、PDM 等先后登场的自主知识产权的国产 CAD 软件以其符合我国设计习惯和标准并且价格合理的优势开始在市场上形成规模,从而使微机平台的 CAD 市场竞争更加激烈。而工作站平台的 CAD 应用则趋于更加高档化和专业化,虚拟现实技术和 CAD 在工作站上开始结合,形成了新的 CAD 应用方向。

1.2 CAD/CAM 系统的功能

在实际应用过程中,CAD、CAM 各司其职,相关信息按一定的规则进行传递。只有充分利用各自的功能,合理进行功能的集成,才能充分发挥其最大效能。



1. CAD 系统的功能

CAD 系统主要实现实体造型、优化设计、综合评价和信息交换等方面的功能。其中,造型功能运用最为广泛。常用的 CAD 软件有 AutoCAD、Mechanical Desktop、Inventor、Pro/Eengineer、Solidworks、UG、CATIA 以及 CAXA 电子图版等。

1) 造型功能

CAD 主要通过各种数字化的图形信息来表达设计方案,因此图形处理和表达是 CAD 技术的基础与关键。人们在解决了二维图形的计算机处理之后,把目光主要集中在三维图形处理技术上,CAD 系统的曲面造型、实体造型、特征造型、参数化设计等功能不断完善和提高,很好地满足了产品设计要求。

2) 优化功能

CAD 是辅助设计,而不仅仅是辅助绘图。因此,现代 CAD 系统应具备优化功能,使其充分利用计算机的高速运算、存储、记忆和判断能力,发挥人和计算机协同设计的优势,进行产品设计参数和方案的优化分析与设计,从而达到最佳设计效果。

3) 综合评价功能

利用 CAD 系统中提供的分块、分层或剖切功能,三维 CAD 系统具备的旋转、缩放等功能,设计者可以通过视点的变化对设计对象进行平滑的、逼真的、动态的观察,剖视它们的内部结构,实现对包括尺寸校核、外观分析、内部结构剖析、碰撞检验以及材料加工中的各种缺陷预测等进行校验和评价,通过改进设计,从而获得更合理的设计方案。

4) 信息交换功能

CAD 系统的信息交换是根据各种不同的数据交换标准(如 IGES、STEP、SET 等)进行的,以实现在 CAD 与 CAD 系统之间以及其与 CAE、CAM 等系统之间的信息交换和资源共享。如何使系统间的信息交换更加准确无误仍是目前 CAD 技术研究的内容之一。

2. CAM 系统的功能

CAM 系统的功能包括制造过程有关信息的采集以及对过程的控制、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)、计算机辅助质量控制(CAQ)、计算机集成生产管理、计算机辅助数控加工编程和产品数据管理(PDM)等内容。模具的数控加工是材料成形 CAM 的主要功能之一,以便实现模具生产过程的自动化。常用 CAM 软件有 MasterCAM、UG、SurfCAM 等。

3. CAD/CAE/CAM 系统的集成

从计算机在设计、分析计算、生产准备与生产制造中的应用情况来看,CAD、CAE、CAM 融合在一起,相辅相成:利用 CAD 进行产品的几何实体建模,为 CAE 所用;利用 CAE 对产品的几何实体模型进行性能分析、强度分析、运动学分析、动力学分析、成形性能分析、结构优化等方面的数值模拟计算,期间根据 CAE 的计算结果,不断利用 CAD 修改几何实体模型,最终确定出符合性能、经济性等方面要求的最优化的合格产品;利用 CAD 输出产品的三维图形、工程图纸等,并保存所有产品数据信息为 CAM 所用;利用 CAM 完成产品生产制造所必需的工艺设计、NC 编程等工作以及实际制造工作。

CAD/CAE/CAM 集成系统以计算机及其周边设备和系统软件为基础,包含了二维绘图、三维造型、优化设计、数控加工编程(NCP)、制造过程控制及产品数据管理等功能。

1.3 CAD/CAM 在材料成形中的应用

材料成形的任务是将材料加工成形,得到满足一定性能要求的可供使用的产品或毛坯。材料成形技术(materials processing technology)涉及工业生产的各个方面,主要包括塑性加工、锻造、焊接、铸造、热处理及表面改性、粉末冶金等单元或复合成形技术,在国民经济中占有重要地位。将 CAD/CAM 技术应用到材料成形领域,可以提高设计水平、缩短产品生产周期、降低制造成本,促进经济发展。

按材料成形方式划分,材料成形 CAD/CAM 主要包括塑性成形、注射成型、铸造成形以及焊接成形等几个方面。

1. 塑性成形 CAD/CAM

随着汽车市场的全球化竞争和汽车零部件制造工艺技术的发展,塑性成形被广泛运用于汽车制造中。CAD/CAM 技术的应用,一方面有效地推动了汽车制造业的发展;另一方面汽车制造业的需求也极大地带动了 CAD/CAM 技术的发展,促进了 CAD/CAM 技术在塑性成形中的应用。

1) 塑性成形 CAD

塑性成形除包括普通的板材成形(如冲裁、拉深、胀形、弯曲等)外,还涉及精密锻造与精密冲压、液压成形、半固态成形以及粉末锻造等特种成形。这些需要借助计算机辅助技术来进行相关的成形工艺分析及模具设计,生成塑性成形工艺文件、模具的零件图及装配图,从而提高设计质量和设计效率,并为 CAM 提供相关信息。

2) 塑性成形 CAM

模具是塑性成形生产的重要工艺装备,模具的制造水平决定着塑性成形零件的质量。塑性成形 CAM 主要研究模具的数控加工技术,以制造出高质量的模具和高精度的产品。

2. 注射成型 CAD/CAM

塑料注射成型在塑料加工行业中占有重要的地位。传统的注射制品生产往往要经历反复地试模、修模和工艺参数调整等过程,致使新产品开发周期长、费用高,质量难以保证。CAD/CAM 技术在塑料注射成型中的应用成为提高塑料制品质量及其附加值的关键技术。

注塑模 CAD 技术包括注塑制品的几何造型、模腔型面的生成、模具结构方案设计、标准模架选择、部件图及总装图的生成、模具零件图的生成等。注塑模 CAM 技术主要是指使用计算机对模具生产中的各个工序进行控制。它借助计算机完成制造过程中的各项工作,包括生产工艺准备和制造过程(加工、装配、质量检验、存储、运输等)控制,实现模具零件加工的自动化。

注塑模 CAD/CAM 系统一般应包括:根据需求进行产品结构设计和模具设计,建立产品及模具的数据模型(或绘制产品图和模具图),并为 CAM 过程准备数据;生成标准化的数据结构文件,通过转换器(系统接口)进行数据转换;CAM 系统的设计信息转换成生产模具零件加工的 NC 程序,提供给数控机床进行加工。

3. 铸造成形 CAD/CAM

实现铸造过程 CAD/CAM 一体化的关键在于 CAD 与 CAM 的有机联系,而实现这种联系的基础是基于统一的三维数据模型。首先是进行产品结构设计,产生三维产品模型,为 CAD、CAM 过程准备设计数据。具体来讲就是在三维 CAD 软件中进行零件的三维建模,再利用二次开发的程序进行三维铸造工艺设计,生成浇冒口系统、冷铁和砂芯等三维实体;然后根据 CAD 过程准备的三维数据模型,生成铸造模具加工工艺规程,进而得到铸模 NC 加工程序,再将 NC 程序直接送入 NC 机床加工。利用铸模造型,便可进行实际铸件生产。

4. 焊接成形 CAD/CAM

焊接成形的计算机应用早在 20 世纪 80 年代就引起了世界各国的重视,英国焊接研究所(TWI)、美国焊接研究所(AWI)等先后围绕“计算机技术在焊接中应用”这一议题召开国际会议。国际焊接学会同期也针对计算机在焊接中应用成立了专业委员会。国内中国焊接学会在 1986 年建立了“数值模拟和 CAD/CAM 研究组”,后改为“计算机应用技术专业委员会”。上述组织几乎每年都会召开相关会议,交流和推进计算机技术在焊接中的应用。而焊接领域的计算机应用也由 20 世纪 90 年代国际焊接学会概括的“计算机辅助焊接技术”(computer aided welding, CAW)逐渐演变为“计算机辅助焊接工程”(computer aided welding engineering),其范围几乎涵盖了焊接设计和生产相关的各方面的计算机应用。

1) 焊接 CAD

常见的焊接 CAD 包括焊接标准及工艺数据库、焊接材料的选择、保护气体的选择、焊接工艺优化、缺陷分析与诊断、焊接过程传热分析、流动模拟、应力分析及组织模拟、焊接结构寿命预测、焊接生产管理、焊接培训等方面。通常这些 CAD 系统以标准手册数据、实际生产经验数据等为基础,结合相关的原理进行推理和判断。由于焊接工艺过程比较复杂,很难有完善的模型准确描述具体工艺条件下的物理化学过程,因此除去相对简单的焊接工程数据库等应用外,很多问题的软件求解都不可避免地使用专家经验,使用专家系统来解决某一类具体问题。20 世纪 80 年代以来,国内外各研究机构从不同侧面、以不同形式,研制出了多种类型的专家系统,主要集中在工艺制定、材料选择、缺陷预测、结构设计等方面。如美国焊接研究所与美国科罗拉多矿业学院联合开发的焊接材料选择系统 Weld Selector、英国焊接研究所的 Weldgen、德国的 MAGWIN、南昌航空学院开发的焊接方法选择专家系统、北京航空航天大学研制的焊接工艺专家系统等。经过近 30 年的发展,焊接专家系统的开发总体来说还不够完善,大部分专家系统只处于研究原型或实用原型,离商品化应用还有一定差距。鉴于专家系统知识表达和使用的艰难,目前研究者在构建专家系统时大都采用了人工神经网络、模糊理论等方法,通过用试验样本训练网络等方式来实现预测、模拟等功能。

2) 焊接 CAM

CAM 在焊接中的应用主要包括:①焊接机器人机械臂空间运动轨迹及干涉判断,如非平面焊缝、复杂焊缝形状或者焊缝处于复杂空间位置等情况下的机器人焊接;②自动焊过程中的在线检测与控制,如焊炬与焊缝相对位置、熔池尺寸的在线检测及反馈控制、焊接缺陷的在线检测及控制等。

焊接 CAM 的应用对提高焊接生产的自动化程度、提高焊接生产效率和产品质量意义非常重大。目前,焊接生产过程的在线检测和控制依然是备受瞩目的一个研究方向。