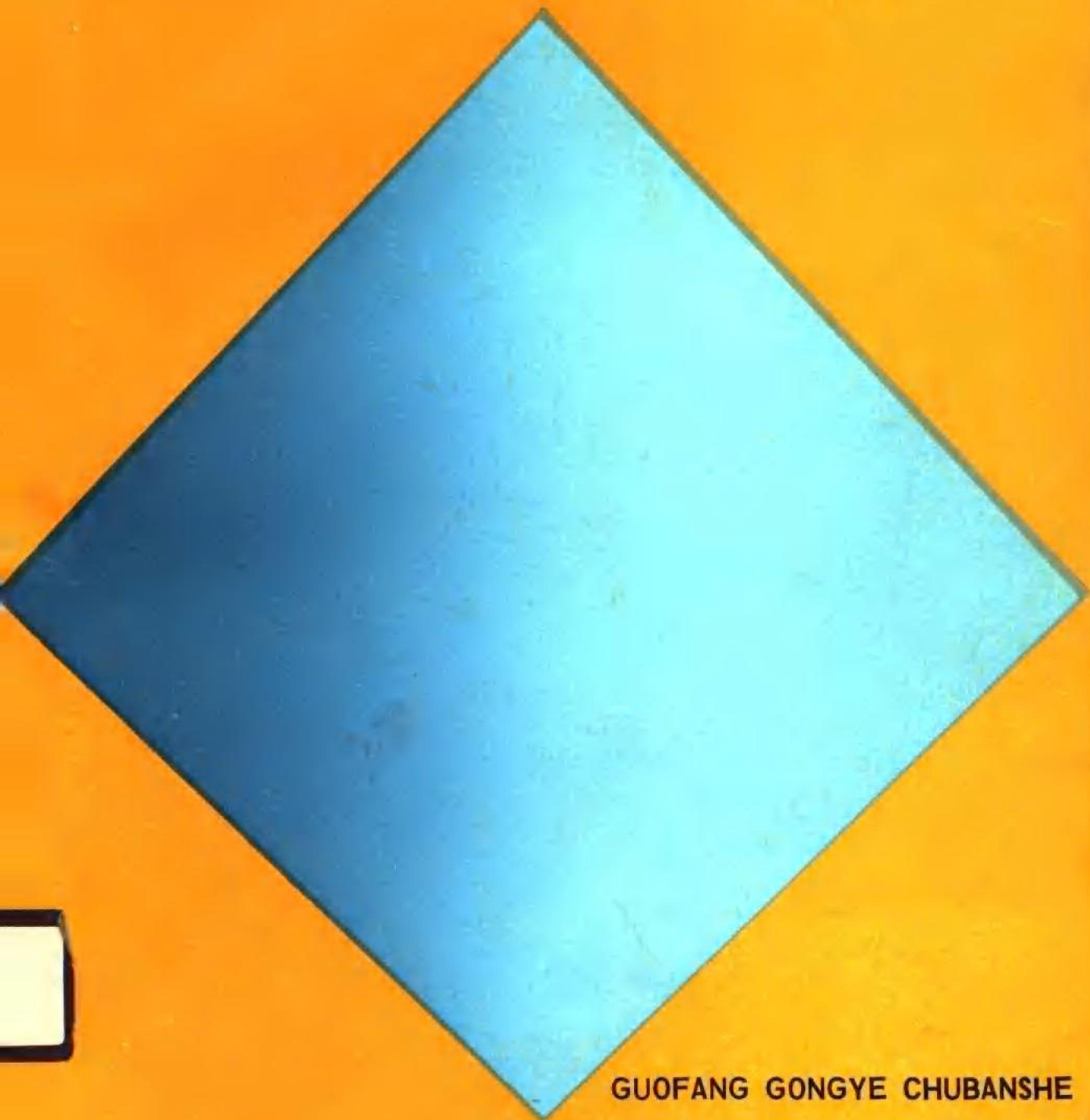


肖景容等编

模具计算机 辅助设计 与制造

MUJU JISUANJI FUZHU
SHEJI YU ZHIZAO



GUOFANG GONGYE CHUBANSHE

模具计算机辅助设计与制造

肖景容 等编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书系统总结华中理工大学锻压教研室进行模具计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)的研究成果,并参考国外的经验进行编写。内容包括:第一章,模具CAD/CAM概论;第二章,塑性成形过程的计算机模拟;第三章,计算机辅助设计过程和系统的结构;第四章,模具CAD的几何构形系统;第五章,模具CAD/CAM系统的数据处理;第六章,冷冲模CAD/CAM;第七章,锻模CAD;第八章,锻模CAD中的几何构形系统;第九章,轴对称锻件的锻模CAD;第十章,长轴类锻件的锻模CAD;第十一章,塑料的注塑成形;第十二章,注塑模流道系统的设计。

本书可供具有中专以上文化水平从事机械制造或计算机应用的工程技术人员、管理干部、生产工人及大专院校师生参考。

模具计算机辅助设计与制造

肖景容 等编

责任编辑 张赞宏

*

国防工业出版社出版、发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张15 344千字

1990年9月第一版 1990年9月第一次印刷 印数: 0,001—3,065册

ISBN 7-118-00580-0/TP76 定价: 7.70元

前 言

常用的缩略语

ACM (Association for Computing Machinery)	计算机协会
ANSI (American National Standards Institute)	美国国家标准化协会
CAD (Computer Aided Design)	计算机辅助设计
CAE (Computer Aided Engineering)	计算机辅助工程
CAM (Computer Aided Manufacturing)	计算机辅助制造
CNC (Computerized Numerical Control)	计算机化数控
CPU (Central Processing Unit)	中央处理装置
DBA (Data Base Administrator)	数据库管理员
DBMS (Data Base Management System)	数据库管理系统
DC (Device Coordinate System)	各工作站物理设备使用的坐标系
DDL (Data Definition Language)	数据定义语言
DIN (Deutsche Industrie Normen)	德国标准化协会
DMCL (Device Media Control Language)	设备介质控制语言
DML (Data Manipulation Language)	数据描述语言
DNC (Direct Numerical Control)	直接数字控制, 简称直接数控
GKS (Graphical Kernel System)	图形核心系统
IDS (Integrated Data Store)	集成数据存储器
ISO (International Standardization Organization)	国际标准化组织
NC (Numerical Control)	数字控制, 简称数控
NDC (Normalized Device Coordinate)	规范设备坐标系
OS (Operating System)	操作系统
RAM (Random Access Memory)	随机存取存储器
ROM (Read Only Memory)	只读存储器
VDI (Virtual Device Interface)	虚拟设备接口
WC (World Coordinate System)	实际世界坐标系

目 录

第一章 模具CAD/CAM概论	1
第一节 模具工业在国民经济中的地位和作用	1
第二节 模具技术的进展	1
第三节 模具CAD/CAM在国外的发展情况	2
第四节 我国模具CAD/CAM的现状和预测	6
第二章 塑性成形过程的计算机模拟	8
第一节 引言	8
第二节 利用上限元技术模拟金属成形过程	8
第三节 有限元法的基本概念	11
第四节 单元的基本特征	11
第五节 平面变形的弹塑性有限元法	14
第六节 刚塑性有限元法	19
第七节 粘塑性有限元法	19
第八节 有限变形的弹塑性有限元法	19
第九节 采用有限变形弹性有限元法模拟板料成形过程	21
第三章 计算机辅助设计过程和系统的结构	25
第一节 计算机辅助设计过程	25
第二节 CAD系统的结构	28
第三节 图形核心系统GKS	33
第四节 计算机交互图形系统	36
第五节 利用微型计算机建立CAD系统	41
第四章 模具CAD的几何构形系统	45
第一节 引言	45
第二节 几种基本的几何构形方式	45
第三节 几个典型的立体构形系统	51
第五章 模具CAD/CAM系统的数据处理	54
第一节 模具CAD/CAM系统的数据	54
第二节 数据管理的方法	56
第三节 CAD/CAM数据库	60
第四节 模具CAD/CAM数据库系统的实现	76
第六章 冷冲模CAD/CAM	81
第一节 概述	81
第二节 冲裁件图形输入	83
第三节 冲裁工艺设计	86
第四节 模具结构设计	102
第五节 冲裁模CAM	110
第六节 实例	112

第七章 锻模CAD	117
第一节 概述	117
第二节 锻件与毛坯形状复杂性的定量计算	126
第三节 处理非公式化设计准则的数理统计方法	129
第四节 锻造载荷和应力的计算	133
第五节 锻造过程的计算机模拟	140
第八章 锻模CAD中的几何构形系统	147
第一节 描述几何形状的几种主要方法	147
第二节 MODCON系统的方法与结构	148
第三节 MODCON系统体素的定义	152
第四节 形状算子	156
第五节 产生锻件表面形状和刀具轨迹的程序	157
第六节 求取轮廓形状的算法	161
第九章 轴对称锻件的锻模CAD	164
第一节 轴对称锻件模锻工艺过程设计	164
第二节 轴对称锻件的锻模CAD系统	167
第三节 轴对称锻件几何信息的输入	171
第四节 计算飞边槽尺寸和飞边金属消耗	176
第五节 预锻模的设计	180
第十章 长轴类锻件的锻模CAD	183
第一节 轴类锤锻模CAD/CAM系统的结构	183
第二节 设计数据的准备	185
第三节 拔长型槽的设计	187
第四节 滚挤型槽的设计	193
第五节 预锻型槽的设计	196
第六节 型槽的布置	202
第十一章 塑料的注塑成形	208
第一节 概述	208
第二节 聚合物的流动和流变特性	210
第三节 注塑流动过程的模拟	212
第十二章 注塑模流道系统的设计	222
第一节 流道系统的分类	222
第二节 流道系统设计的要求	222
第三节 流道的设计	223
第四节 流道浇口的设计	224
第五节 程序描述及举例	225
第六节 注塑模冷却系统的设计	226
第七节 三维边界元冷却系统设计程序介绍	230
第八节 集成的注塑模CAD/CAM系统	231

第一章 模具CAD/CAM概论

第一节 模具工业在国民经济中的地位和作用

模具是工业生产的重要工艺装备。模具工业是国民经济的基础工业。用模具生产零件的主要优点是材料利用率高,生产率高,产品的尺寸规格一致,特别是对大批量生产的机电产品更能获得价廉物美的效果。

随着仪器仪表、家用电器、交通、通信和轻工业产品等行业飞跃发展,这些行业的产品中的零件,有70%以上是采用模具加工的。据美、日等工业先进国家的统计,近年来模具每年的产值已超过机床行业。如美国1982年模具工业年产额为57.7亿美元,机床则为55亿美元。日本1982年模具年产额为8600亿日元,机床为7842亿日元。1982年美国工模具出口金额为27500万美元,占总销售额4.8%;进口金额为23000万美元,占总额3.8%。日本1982年模具出口金额为567亿日元,占总销售额6%,模具进口金额为410亿日元,占总额4.7%。因此,美国工业界认为“模具工业是美国工业的基石”。日本模具协会认为“模具是促进社会繁荣富裕的动力”。国际模具协会主席萨德(R.Sander)认为“模具是金属加工业的帝王”。由此可见,模具工业在世界各国经济发展中的地位是非常重要的。

第二节 模具技术的进展

利用模具加工零件,其原理是建立在材料的塑性变形的基本上。由于塑性变形过程是在高压、有时甚至是在高温、高速下进行的,加上产品零件的形状、尺寸和复杂程度差别很大,因此对模具的设计制造,模具材料及其热处理,模具的使用与维护等提出了一系列的特殊要求。如模具设计应保证坯料在模腔中的合理流动,才能满足制品质量和不产生缺陷;模具制造要保证制品的精度和表面粗糙度,又要提高效率 and 降低制造成本;模具材料要保证在高压或高温、高速下,应有足够的强度、刚度、抗热疲劳和抗磨损等性能。目前,进行塑性成形工艺分析和模具设计,仍然主要依靠设计人员的经验和技巧,而缺乏系统的理论指导。采用传统的制造方法生产模具,需要有熟练技巧和繁重的钳工劳动,且质量和数量远远满足不了产品发展的需要。因此,一些工业先进的国家,对塑性成形机理和模具技术进行了大量的研究工作。例如,改进原材料的成分和组织,以提高其成形性能;研究材料的成形性能及其影响因素,以提高工艺分析和模具设计的可靠性;研究高效、高精度的模具制造技术和加工设备,如三坐标测量仪,NC(数控)和CNC(计算机化数控)机床,高精度坐标磨床,模具加工中心和特种加工技术等;研究各种新型模具钢及其热处理和表面处理技术等;针对不同批量、不同原材料、不同零件形状尺寸和不同的生产条件,研制出各种特殊的模具结构、模具材料和模具制造方法,如粉末冶金陶瓷模、低熔点合金模、激光切割的多层组合模和超塑成形模等。正是由于在模具技术方面所进行的研究开发,使模具生产在质量和数量上基本上能跟上现代工业

生产高速发展的形势。但是,要满足广大用户对模具行业提出的“质量高,交货快和价格低”的要求,仍需要对模具生产和管理中的关键技术进行大力研究和开发。

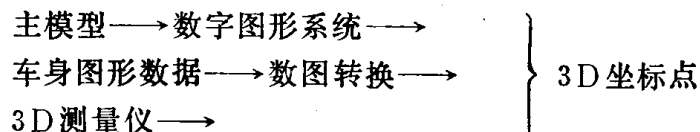
第三节 模具CAD/CAM在国外的发展情况

随着计算机技术的飞跃发展,近十多年来一些工业先进国家的模具制造行业,已广泛采用NC和CNC机床来加工模具,以提高模具精度和生产效率。在此基础上,近几年来又开始应用模具CAD/CAM(计算机辅助设计/计算机辅助制造)技术,来进一步提高模具设计和制造水平。下面仅就1984~1986年往国外调查和参加国际学术会议带回的资料,对模具CAD/CAM的发展动态摘要介绍,供参考。

一、冷冲模CAD/CAM

1. 日本三菱摩托公司的车身CAD/CAM系统用来设计制造冷冲模,其过程为从车身粘土模型经车身用的数据库输出车身轮廓线图、部件图、模具图和NC纸带,以加工模具或主模型。

2. 日本海原公司的汽车车身冲模CAD/CAM系统的流程为:



数据 → CAD → 模具草图 → 模具结构选定 → 模具标准化选定 → 模具零件文件 → 绘图数据文件。

3. 日本古井敏行公司的模具CAD/CAM系统,该公司于1979年采用了CALMA-DDM系统,于1984年采用了UNICAD系统,用来设计制造汽车零件冷冲模具。采用模具CAD/CAM系统后,约可减少设计时间50%,还能提高模具设计质量和缩短模具制造时间。

4. 日本日新精密机器公司1985年采用了冷冲模CAD/CAM系统,该公司对系统提出了下列要求:

- (1) 能自动进行NC编程;
- (2) 适应性强,能满足各种用户的要求;
- (3) 能二次开发软件,因为没有一个通用系统能适应所有各厂的要求,因此要求系统软件能按照使用厂的要求进行二次开发;
- (4) 系统容易扩展,如需要增加工作站时不需花很多时间;
- (5) 不急于要求获得大的经济效益。

这套系统是在UNIC软件基础上加进该公司的专利建成的。它具有建立几何模型、设计级进冷冲模、生成NC纸带等功能。

5. 日本山本制造公司1983年采用了精冲模CAD/CAM系统,其大致流程为设计模具草图,选择模具类型,选择工作零件,选择标准件,输出模具图、零件清单和NC程序。

6. 日本高屋制造厂1977年采用U-200产生NC纸带加工模具,1983年采用CALMA-DDM作为模具CAD/CAM系统。

7. 日本微型模具中心采用了DCS-DRAW CAD/CAM系统设计制造冷冲模,该系

统包括图形数据库、标准件库、标准模架库和模具制造数据库等。

8. 日本丰田汽车公司于1965年将数控用于模具加工。1980年开始采用覆盖件冷冲模CAD/CAM系统。此系统包括设计覆盖件的NTDFB和CADETT软件,加工凸、凹模的TINCA软件。由三坐标测量仪将粘土模型进行测量,并将数据送入计算机,将所得图形经平滑处理后,再把这些数据用于覆盖件设计、冲模设计和制造。该系统的三维图形功能较强,能在屏幕上反复修改曲面形状,使工件在冲压成形时不致产生各种工艺缺陷,从而保证了模具和工件质量。

此外,还可从产品结构设计获得数据,输入计算机后,可在荧光屏上从三个方向检查零件的形状和翻转位置,于是一个模面的整体模型在数据库中生成,将这些数据输入TINCA软件,便能对零件进行数控加工。

二、锻模CAD/CAM

1. 锻模CAD/CAM系统

美国贝特利、哥伦布实验室已研制成功下列系统:

(1) 铝制件锻模CAD/CAM系统 它包括两个模块。一个用于模具设计,叫ALEZTR,它能决定最佳模膛数、模膛在模具中的布置、模具应力和模锻时产生挠曲的模膛补偿等。另一模块用于模膛的数控加工,叫EXTCAM,它能产生数控加工纸带,用来加工模膛样板或电极,并加工模膛。

(2) 高温合金和复合材料的挤压模CAD/CAM系统 它能优化模具设计,使金属呈流线和在变形区的流体静压力与剪应力分量达到理想组合。前者可保证变形均匀,以防止粉末金属的晶粒破坏。后者可使金属在挤压过程中达到均匀致密。

(3) 型材轧制的CAD系统 其中一种叫RPDROD。它可提供金属流动模拟情况,包括轧辊咬入时棒料的计算模断面、变形材料中的应力、轧辊分离力和轧辊转矩等。

(4) 精锻模CAD系统 例如采用此系统对圆锥齿轮精锻,只要输入齿轮的几何形状、模具镶块和预应力圈的全部尺寸、锻造温度、模具温度、摩擦因子、材料性质和锻造速度等工艺过程参数,便可算出热收缩和成形应力引起的弹性挠曲,从而对模具进行局部修改,根据修改后的尺寸制造石墨电极,以加工齿轮精锻模膛。

(5) 成形模和模拟成形工序的CAD系统 采用有限元法建立的ALPID程序,可以预测锻件的几何形状、局部应变、应变速率和应力。对于二维金属流动的模拟,可以自动生成零件横断面,选择初始有限元和自动划分单元,根据变形程度重新划分单元,并将经过模拟优化后的各个断面组合起来。对于三维流动的模拟,将是今后的研究方向。

2. 热锻模CAD/CAM系统

日本大阪钢铁厂于1980年开发了一套热锻模CAD/CAM系统。它可用于顶镦和压力机模锻。可以进行模锻件制坯(辊锻)、预成形和终锻模膛的设计、切边模和精整模设计等。并具有三维数控加工软件,可以加工复杂形状的模膛。今后的工作拟将CAD建立在塑性理论上,即:(1)建立每一锻造过程的数学模型,获得解析解;(2)根据生产试验,修改解析解;(3)由此对锻造过程得出一个符合实际的设计规划。

3. 冷锻模CAD/CAM系统

英国牛津大学已开发一套冷锻模CAD/CAM系统。此系统采用FORTRAN IV语言编写,在VAX11-780计算机上开发。采用体素构形来描述冷锻件的几何形状,同时列

出锻压机器的详细参数,便能自动决定冷锻工步和每一工步工件的形状尺寸。在目前阶段,该系统可以处理圆形断面的实心 and 空心锻件,今后将推广到其他形状的冷锻件。

三、注塑模CAD/CAM

1. 日本池上模具公司采用有限元法来分析精密注塑模,由于温度场和压力场引起的应力分布,从而改进模具结构和冷却系统的设计,使模具有足够的刚度和畸变很小,以保证注塑件的尺寸精度和稳定性。

2. 日本电波压机厂采用的N-CAD系统,可以用来设计冷冲模、注塑模和压铸模。该系统具有层状结构数据库,用来存放模具零件和标准件。因此,能将很复杂的模具结构组合起来,并在屏幕上显示。为了能增加系统的智能化程度,设计者可在系统内建立自动设计数据库,使系统功能更加专门化。

3. 日本日教制作所公司1976年开始采用微机进行NC编程,加工模具。1984年采用CAD/CAM系统来设计制造精冲模和注塑模。

4. 日本长津机器厂1977年开始采用NC铣床加工模具,1984年采用CADIAN-MOLD系统设计照像机外壳等注塑模。它包括模座、标准件数据库、分析流动和冷却系统的模块。设计者可在屏幕上显示模具平面图和剖面图,以便修改设计。还可在屏幕上显示和检查NC加工的刀具轨迹,并可输出NC数据,直接控制机床来加工模具。今后的研究作为:(1)增加用户接口,以便将厂内模具设计方面的专利加入CAD系统;(2)增加数图转换接口;(3)提高模具标准化程度。

四、国外专家论述模具CAD/CAM发展趋势

综合〔日〕横山哲男(Tetsuo Yokoyama)及岸波雄(Takeshi Kishinami)、〔联邦德国〕马希(P. Musch)、〔意〕扎拉加(F. Zaraga)和〔瑞士〕霍夫斯特脱(O. Hofstetter)等人的意见如下,供参考。

1. 采用模具CAD/CAM可以提高设计质量和速度,从日本报导得知,只用CAD系统即可缩短设计时间(40~70)%,由于画图质量提高,可以避免图纸错误,将来可以达到设计制造一体化,更进一步提高模具质量和缩短模具生产周期;

2. 由于计算机的容量增大和速度提高,软件的改进和功能日趋完善,更促进了模具CAD/CAM系统的发展。据粗略统计,日本在151个模具制造厂中,有11%采用CAD系统,7%采用CAD/CAM系统,55%采用NC自动编程系统;在64个注塑件的模具厂中,有22%采用CAD系统,16%采用CAD/CAM系统,10%采用NC自动编程系统;在296个压力机工厂中,有2%采用模具CAD,3%采用CAD/CAM,17%采用NC加工自动编程;

3. 从表1-1中可以看出,近年来日本用于模具制造的NC机床显著增加,采用NC机床可以提高制造精度,节省能耗和扩大制造功能,并使设计与制造联系起来,某些具有模具CAD/CAM系统的工厂,可以直接进行DNC(直接数字控制)操作,CAD系统也可以进行NC自动编程;

4. 精密模具厂买进模具CAD/CAM系统后,一般需要花两年左右的时间进行两次开发,因为:(1)买进一般目的用的CAD/CAM系统后,需要根据工厂的专门用途建立处理程序;(2)需要根据厂方要求加以改进,以便于应用;(3)商业化的专门CAD/CAM系统,不能在满意的速度下具有应用范围较广的功能;

表1-1 日模具厂采用NC机床情况

设备名称	有NC机床的工厂比例(%)	NC机床占整个机床的比例(%)	现有总台数	1980~1982年的台数
NC 铣床	64.9	21	103	43
加工中心	31.6	—	33	22
NC电火花机床	43.9	29.6	40	22
NC线切割机	31.6	—	31	23
NC车床	10.5	7	14	4

5. 对于注塑模, 利用体素构形, 可以进行三维模型处理, 但对输出的模具图纸和NC数据, 尚存在一些问题, 致使模具CAD/CAM系统的实际应用受到影响, 有些CAD/CAM系统尚难描述复杂注塑件的自由曲面;

6. 目前, 注塑模CAD/CAM方面的主要研究为数据库的结构、产品模型(几何构形)和信息交换功能。CAD/CAM/CAE(计算机辅助设计/计算机辅助制造/计算机辅助工程)系统的应用情况如图1-1所示。如果分别采用NC机床作为模具加工设备, 自动

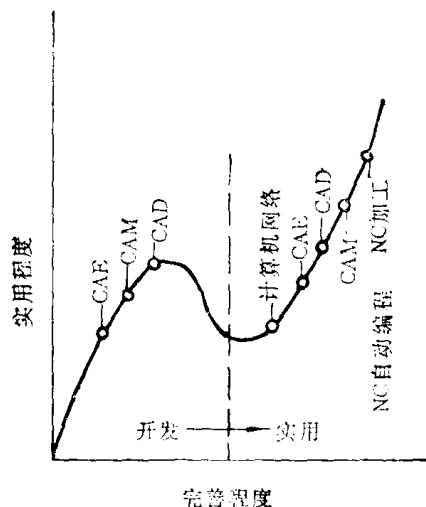


图1-1 注塑模 CAD/CAM/CAE应用情况

编程系统作为准备NC纸带的手段, 利用CAD系统设计和绘制模具图, CAE系统进行流动和冷却系统分析, 则可以提高注塑模的设计制造质量和效率, 并可在实际生产中应用;

7. 由于模具加工设备的效率不断提高(如柔性制造系统、柔性加工中心和智能控制等), 需要计算机辅助处理数据以提高设备利用率;

8. 今后数年, 国外的模具CAD/CAM的发展趋势列于表1-2。

9. 模具的传统机加工: NC或CNC(计算机化数字控制)机加工, 在欧洲为70:30, 日本为40:60。今后将有更多的工厂采用CNC, 以便加工自动化, 减少操作人员。

表1-2 模具 CAD/CAM发展趋势

国别	采用模具 CAD/CAM 的情况	传统机床与 NC 机床的比例
意大利	已有30~50个模具厂采用CAD/CAM, 目前有增长趋势	在过去5~6年内, 模具厂的 NC 机床, 传统机床 = 1 : 5
	已有 300 多个模具厂采用 CAD/CAM, 约占模具厂总数的10%, 并有增长趋势	约有 (5~10)% 的模具加工量由NC机床承担
瑞士	约有 10% 的模具厂采用 CAD/CAM	传统机床:NC 机床 = 1 : 1, 今后 NC机床还会增加
联邦德国		NC机床:传统机床 = 1 : 5
美国	约有 10% 模具厂采用 CAD/CAM	约有50%的模具加工量由NC机床完成

第四节 我国模具CAD/CAM的现状和预测

我国模具 CAD/CAM 的开发, 是在 70 年代末才开始。到目前为止, 先后通过国家有关部门进行鉴定的有 1984 年华中工学院开发的精冲模 CAD/CAM 系统, 1985 年北京机电研究院开发的冲裁模 CAD/CAM 系统, 吉林大学开发的辊锻模和锤锻模 CAD/CAM 系统, 1986 年华中工学院开发的冷冲模 CAD/CAM 系统和上海交通大学模具研究所开发的冷冲模 CAD/CAM 系统, 1988 年华中工学院开发的塑压模 CAD 系统等, 但尚处于试用阶段。

为了迅速改变我国模具生产的落后面貌, 中国模具工业协会先后派出代表团到西欧、美国和日本等工业先进国家进行了专题考察。同时对国内的模具行业, 作了大量的调查研究。

1986 年 11 月中国模具协会技术委员会在华中工学院召开了全国第一届模具 CAD/CAM 学术讨论会。在会上除了交流近几年来各单位在开发模具 CAD/CAM 方面的经验外, 还充分讨论了我国发展模具 CAD/CAM 的问题。根据我国的实际情况, 提出了一些初步看法和设想。

1. 采用模具 CAD/CAM 能够提高模具质量, 减少模具设计制造工时, 缩短模具生产周期, 为加快产品的更新换代创造有利条件, 这是无法用金额来直接表示其经济效益的。因此为了满足用户对模具行业提出的“质量高, 交货快, 价格低”的要求, 采用模具 CAD/CAM 是一个重要措施。

2. 应针对工厂生产实际的需要, 开发各种用途较窄但能适合专业化生产的专门模具 CAD/CAM 系统。

3. 在目前阶段, 应充分利用微机 (包括超级微机) 来开发模具 CAD/CAM 系统。因为: (1) 随着微机的迅速发展, 已有各种 CAD 工作站, 其功能已能满足建立模具 CAD/CAM 的要求; (2) 国外已有利用微机开发模具 CAD/CAM 的发展趋势; (3) 微机的价格低廉, 维修方便, 易于操作维护。

4. 应尽快搞好各种模具的标准化工作, 其中包括模具图纸的绘制标准等, 以减少模具 CAD/CAM 软件的开发工作量和困难。

5. 应充分搜集和学习国外在模具 CAD/CAM 方面的先进经验, 特别是一些模具

厂使用模具 CAD/CAM 的经验。

6. 对于模具 CAD/CAM 的一些基础软件, 如图形软件, 数据库、NC 自动编程软件等, 应在深入调查研究的基础上组织协作, 进行开发, 以避免过多的低水平重复劳动, 引起浪费和延误进度。

7. 应结合研究开发和应用, 有计划地培养一大批模具 CAD/CAM 的技术骨干, 为今后在国内发展和推广这一技术创造条件。

8. 应选择条件较好的高等院校和研究所分工协作, 加速研究各种模具 CAD/CAM 系统。同时与少数有条件的重点模具厂紧密协作, 使软件开发更有针对性和实用性。当系统软件尚未达到实用化程度以前, 不宜急于推广。更不宜在工厂纷纷布点, 造成浪费。

9. 必须认识到模具 CAD/CAM 只是对模具设计制造在手段和方法上的一种革新, 真正要全面提高模具质量和使用寿命, 还要大力开发一些基础性的研究工作。例如: (1) 应加强塑性成形理论和模拟试验技术的研究, 为开展塑性成形过程的 CAE 打下基础。同时应广泛搜集和整理国内外在成形工艺和模具设计制造方面的先进经验, 为建立便于实用而又具有先进水平的模具 CAD/CAM 系统创造条件; (2) 应对原材料的成形性能和力学性能及其影响因素等进行系统和深入的研究, 积累可靠数据, 为模具 CAD/CAM/CAE 提供必要的资料; (3) 应研究各种新型模具材料及其热处理技术、新型模具结构及其制造方法和特种加工工艺等, 以达到提高模具的精度、表面质量和寿命, 降低模具价格和缩短模具生产周期。

10. 应加强国内外的情报和学术交流, 使模具技术研究工作更有计划性和预见性, 以早日改变我国模具技术的落后面貌。

11. 在开发模具 CAD/CAM 软件的同时, 建议有关部门应抓紧 CAD 硬件的研制、NC 和 CNC 机床的研制, 以免长期依靠进口而耗费大量外汇, 并为建立国产的模具 CAD/CAM 系统打下基础。

12. 最后应该指出, 由于计算机技术的应用范围正在逐步扩大, 在塑性成形工艺和模具设计制造方面, 国外正在开展人工智能的研究。所谓人工智能, 包括“语言分析”、“专家系统”、“推论系统”、“机器人技术”和“计算机图学”等内容。尤其是“专家系统”更为突出。在金属成形方面, 利用计算机执行和准备复杂的专门知识, 这样的系统正在开发。今后的任务是金属成形研究应为 CAE 提供技术模型, 例如, 研究材料和摩擦规律, 提出适用于热-力学过程的模型结构等。建立专家系统, 它包括知识库、翻译规划和一个“对话/运行”控制模块, 这种系统可以用于过程模拟。在一个优化循环中, 改变一次参数便能在过程模拟中得出一个新的结果。对描述的过程进行优化, 是研究这个系统的目的, 同样也可将模拟得出的结果引进设计的知识库中。

第二章 塑性成形过程的计算机模拟

第一节 引言

金属坯料或塑料在模腔中的流动和成形,与材料性能、工件的形状尺寸、成形温度、成形速度、载荷或流动压力、模腔表面情况(外摩擦)、工序和模具设计等一系列因素有关。因此,对于形状复杂、质量和精度要求较高的产品,特别是对于新产品试制,即使是经验丰富的工艺和模具设计人员,也很难保证第一次设计出来的模具就能生产出合格产品。试制中往往要经过反复调试和修改模具,甚至需要在总结试验数据的基础上重新设计模具。这样会使试制费用大为增加,新产品试制周期延长,增加产品成本,影响产品的更新换代。

随着计算机技术的飞跃发展和塑性成形理论的进步,一些从事塑性成形的研究人员,正在大力研究塑性成形过程的计算机模拟,即将坯料在模腔中的成形过程划分为若干步,利用上限法或有限元法等理论分析方法,对每一步在坯料中的应力,应变和温度分布等进行分析计算,直到工件最终成形为止,以检查工艺方案和模具结构参数是否合理。每次分析计算的结果既可在屏幕上显示,也可将全部数据打印出来。若设计者对这一方案尚不满意,便可改变工艺方案和模具结构参数,重新进行分析计算,直到满意为止。这样,就有可能利用计算机模拟技术,进行工艺和模具的优化设计,从而节省昂贵的试验费用,较明显地缩短工艺和模具设计周期。

由于影响塑性成形过程的因素很多,其中某些因素很难定量描述,要想对塑性成形过程采用理论进行分析,建立与实际比较吻合的数学模型是非常困难的。例如,对于材料成形性能的试验研究,温度、速度和压力等的测试技术,初始条件和边界条件的确定等,尚需进行大量的试验研究工作。此外,对于理论分析方法本身和计算机模拟技术(如图形显示等),也有待于进一步研究和完善。因此,本章只简略介绍目前用于分析塑性成形过程的上限法和有限元法。

第二节 利用上限元技术模拟金属成形过程

上限元法系由工藤英明(H. Kudo)等人提出,并作了大量的研究工作,其基本原理在塑性成形理论的有关著作中已有详细论述,下面只将布达佩斯工业大学机械技术和材料科学研究室利用上限元技术模拟金属成形的CAE系统加以介绍。

绝大部分金属成形过程属于非稳定变形,故应将总势能分段取最小值求解。

动可容速度场由下式给出

$$\bar{v} = \bar{v}(\bar{x}, \bar{a}) \quad (2-1)$$

式中 $\bar{x}$ ——位移矢量,

$\bar{a}$ —— $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, 为在下式中使 ΔU 取最小值的自由参数, 即

$$\Delta U(\bar{a}) \rightarrow \min \quad (2-2)$$

式中 ΔU ——描述总势能增量的函数。

在系统中给出的动可容速度场符合下述条件：

- (1) 在单元中只有塑性变形产生；
- (2) 除自由边界外，诸单元的边界对于工具是固定的；
- (3) 取与工具速度平行的速度作为变量参数 $\vec{v}$ (若它们不是当作运动边界条件给出)。

该系统的第一版中，只用了两种形式的单元，即圆柱形和环形单元。后来引进了三角形单元，因为它能较好地逼近位移和载荷。

在工具和工件的几何描述的基础上，系统可自动形成单元。单元的每一边界则由工具的边缘决定。图 2-1 示出一个典型工件及其形成的单元，金属能够流动的空洞用 E 表示。

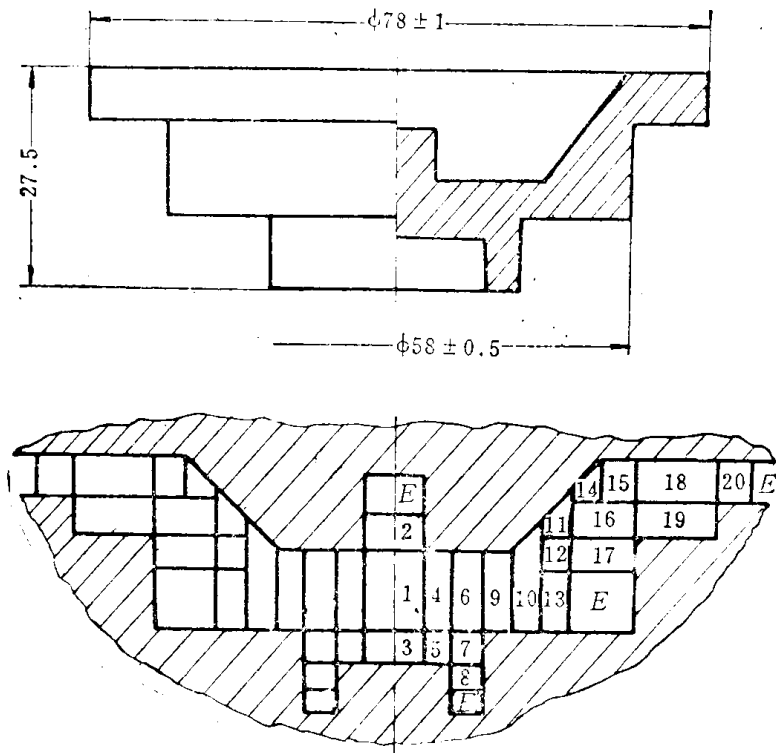


图2-1 典型工件及其形成单元

各单元之间的联系图形，将由系统编码，如图 2-2 所示。图中各单元可以有三种形式的联系，即：

- (1) 已知输入数据——工具速度；
- (2) 输出数据——计算出来的速度；
- (3) ΔU 取最小值时作为变量参数给出的速度。

第一个决定的单元由程序找出，由于已经给出所有输入数据，从而可以计算出输出速度，然后再决定下一个连接着的单元，依此类推。

计算 ΔU 的最小值需要较长时间。收敛速度和所需计算时间与参数的初始值有关。从工具位移的第二增量算起，利用前一步的计算值来选取初始值，可以增加收敛速度。

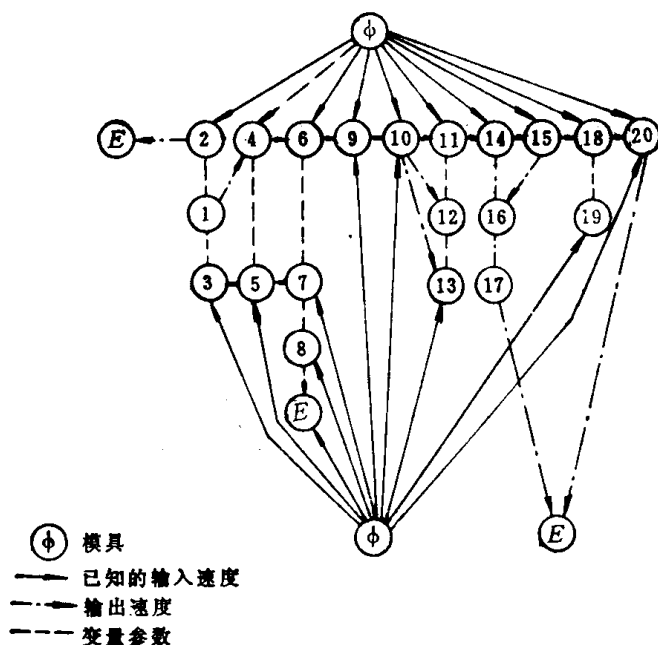


图2-2 各单元间的联系

因此，可以利用人工智能方法，即根据变形的初始特征将变形过程区分为若干种模式，列于表 2-1。经分组后，对于由该系统模拟的每个工件搜集其所有的几何性质。在存放“先前经验”的数据文件中，可检索和展示出先前的类似工件的几何形状。若检索成功，便可将这些值用作变量参数的初始值。若检索失败，可取这些初始值等于工具速度，然后将与最小值有关的参数存放在“先前经验”的数据文件中。这样，系统在使用过程中逐渐积累了经验。故系统的使用次数愈多，则操作时间愈短。

表2-1 变形模式的区分

变形开始为	弯曲	在侧面
		在中间
	反挤	在侧面
		在中间
	正挤	在侧面
		在中间

计算结果，可以画出工件的瞬间形状和打印出瞬间成形力。

模拟终了，可以画出载荷-工具位移曲线，如图 2-3 所示，如不满意，设计者可以修改工具几何形状重新进行模拟。

该系统输出的数据，便是模具 CAD 的输入数据。对于成形力和金属流动，将模拟计算结果与实测结果进行比较，能很好符合。

由此可见，利用工具和工件几何形状的描述，上限元法可以模拟金属变形过程，自动决定坯料中的速度场和边界条件，从而可作为金属塑性成形中 CAD 的基础。