

文章编号: 1008—8245(2007)01—0012—04

我国冲压模具技术的现状与发展

刘胜国

(黄石理工学院机电工程学院,湖北黄石 435003)

摘 要: 为了促进我国冲压模具技术的发展,从计算机技术、先进加工技术及装备、其它新技术与冲压模具等方面分析了我国冲压模具的技术现状。结果表明:经过几十年的发展,我国的冲压模具总量位居世界第三位,加工技术装备基本已与世界先进水平同步。以汽车覆盖件为代表的大型、复杂、精密冲压模,用 CAD/CAM/CAE 软件进行三维设计和模拟,靠高速、精密的加工设备生产,用新型研磨或抛光代替传统的手工研磨抛光,提高模具质量。这些都代表了冲压模具发展的趋势。

关键词: 冲压模具技术; 现状; 发展趋势; 计算机辅助设计 /制造 /工程

中图分类号: TG385.2 **文献标识码:** A

The Current Situation and Development of Stamping Die Technology in China

Liu Shengguo

(School of Mechanical and Electric Engineering Huangshi Institute of Technology Huangshi Hubei 435003)

Abstract: In order to enhance the development of stamping technology in China, the current situation and tendency about stamping die are discussed in this paper from the aspects of computer technology, advanced processing technology and equipment, other new technology and stamping die. The result shows: after many years' development, the total amount of stamping die products in China ranks the third in the world. Processing technology and equipment are comparable with the advanced ones in the world. Taking automobile cover parts as examples, large, intricate and precise stamping dies are designed or simulated with CAD/CAM/CAE software, and then manufactured by high-speed precise NC machines, replaced traditional handmade rubbing and polishing with new type ones to improve the quality of the die. These reflect the tendency of stamping die technology.

Key words: stamping die technology; current situation; tendency; CAD/CAM/CAE

模具是机械制造业中技术先进、影响深远的重要工艺装备,具有生产效率高、材料利用率高、制件质量优良、工艺适应性好等特点,被广泛应用于汽车、机械、航天、航空、轻工、电子、电器、仪表等行业。2005 年中国模具工业产值达到 610 亿元,增长率保持在 25% 的高水平,行业的生产能力约占世界总量的 10%,仅次于日本、美国而位列世界第三^[1]。

除了国有专业模具厂外,广东的中外合资和外商独资模具企业现有几千家,乡镇企业也快速

崛起;江苏昆山建成了模具工业群;浙江黄岩被誉为“模具之乡”。中国模具的“珠江三角洲、长江三角洲和以成都 /重庆为代表的西部模具”三足鼎立局面已经基本形成^[2]。

然而,与国际先进水平相比,中国的模具行业的差距不仅表现在精度差距大、交货周期长等方面,模具寿命也只有国际先进水平的 50% 左右,大型、精密、技术含量高的轿车覆盖件冲压模具和精密冲裁模具,每年都需要花费大量资金进口^[3]。

1 计算机技术与冲压模具行业

随着计算机技术的发展和普及, 冲压模具也基本实现了计算机化, 其中有代表性的是计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM) 和计算机辅助工程 (CAE)。

在计算机辅助设计方面, 如今的国内冲压模具企业几乎全部甩掉了传统的绘图板, 摒弃了落后的手工绘图方式。使用最多的是由美国 Autodesk 公司出品的 AutoCAD 软件, 有些企业还在 AutoCAD 平台上进行了二次开发 (如深圳某台资公司在 AutoCAD R13 基础上进行专项开发, 形成了由十二块模板组成的系列冲压模具), 形成了具有自己特色的、针对性非常强的冲压模 CAD 软件; 也有许多企业使用国产的 AutoCAD 产品 (如开目 CAD、CAXA 等等^[4])。可是, 绝大多数企业几乎都是利用上述软件, 从事模具二维装配或零件图的绘制。

部分大型模具企业也引进了 SS-DIE (冲裁模设计大师) 等专业冲裁模设计软件, 从事冲裁模具的优化设计, 既可减少重复设计工作量, 又可加快模具设计速度、有效缩短冲压模具的设计制造周期。

随着技术的进步, 冲压模具三维设计工作逐步兴起, 文献 [4-7] 报道: 国内模具企业陆续开始使用 Unigraphics Pro/Engineer Cimatron CATIA I-DEAS Euclid Power-SHAPE 等国际先进的、多功能软件设计冲压模具, 特别是利用这些软件进行三维实体造型设计和部件干涉检查, 以期能够及早发现设计存在的问题和减少试模期间进行的修整。

在与国际接轨, 引进上述三维设计软件的同时, 部分厂家^[8]还引进了 Autoform Autiform C-Flow Dynaform Optis Magnasoft 等 CAE 软件, 在进行冲压模设计时对冲压成形工艺进行有限元模拟分析, 以便可以采取有效措施一次冲压成形轿车覆盖件等大型精密制品。

国内的大学在冲压模具方面做了许多有益的工作: ①积极开发拥有自主知识产权的、具有中国特色的 CAD/CAE/CAM 产品, 如吉林大学汽车覆盖件快速成型技术所独立研制的汽车覆盖件冲压成型分析 KMAS 软件, 华中科技大学模具技术国家重点实验室开发的汽车覆盖件冲压模具和级进模具 CAD/CAE/CAM 软件, 上海交通大学模具

CAD 国家工程研究中心 精冲研究中心分别开发的冷冲模具 / 精冲模具 CAD 软件等。②许多大学 (或专门机构) 结合冲压模具的教学和科研工作, 积极针对有效使用 Unigraphics Pro/Engineer Cimatron SS-DIE 等先进软件开展技能培训, 培养了一批又一批的技术能手。③许多研究工作者针对这些软件的引进, 研究建立冲压模具标准件图库等问题, 以进一步提高设计速度。

计算机辅助制造 (CAM) 也是冲压模具生产的重要组成部分, 通过共用计算机辅助设计的数据库直接完成冲压模具的数控加工, 既提高了效率, 又减少了误差。上海大众模具公司就引进了欧洲先进的三维 CAM 软件 Tebis 成功应用到模型实体制作、工艺文件编制、数控加工编程、三维尺寸测量等整个模具制造领域, 真正实现了三维制造, 大幅度提升了模具制造能力, 步入了世界冲压模具工业的前列。汽车覆盖件成形模具是典型的大型、精密、复杂冲压模具, 原来每年都要花费大量外汇从国外引进, 但现在一汽模具公司、东汽模具公司、天津汽车模具公司、上海大众模具公司、成飞集成科技股份有限公司等中国冲压模具业的龙头企业可部分生产此类模具。上海大众模具公司 2002 年成功设计生产了 POLO 轿车 10 个自制车身零件共 47 副模具, 90% 的产品达到了德国大众对汽车模具验收的最佳评分标准, 为上海大众汽车公司降低约 200 万欧元的模具成本^[8]。他们采用目前国际上先进模具厂商流行的 CATIA V4/V5 设计软件进行模具结构三维实体设计, 在设计初期用 Autoform 软件, 对头道工序的拉深过程进行有限元数值快速模拟, 在工艺面初步确定的基础上进一步运用 Indec 软件进行冲压成形的精确模拟, 精确计算毛坯尺寸和拉深所需的压边力, 预测零件拉裂或起皱的可能性, 确定防止和控制零件回弹的偏差等。

2 先进加工技术装备与冲压模具行业

我国冲压模具产品的质量和生产工艺水平, 总体上比国际先进水平低许多, 而模具生产周期却要比国际先进水平长许多。产品质量水平低主要表现在精度、表面粗糙度、寿命及模具的复杂程度上; 生产工艺水平低则主要表现在加工工艺、加工装备等方面。

冲压模具加工工艺和装备对提高加工效率、

确保模具精度、缩短交货周期有重要影响。过去的中国冲压模具行业,车、刨、铣、钻、磨等传统普通机床和电火花线切割机床,曾经在绝大多数冲压模具企业使用,进口的数控龙门仿形铣床由于没有采用 CAD/CAM 技术,也只能当作靠模仿形铣床使用,采用这些装备加工冲压模具时,通常需要对模具零件反复装夹和定位,因而加工生产效率低、模具产品质量差。

文献 [9] 报道,在 2002 年 12 月德国法兰克福举办的 EurMold 展会上的 1493 个参展厂商中,约有 30% 是机床和刀具厂商,展出高速加工机床的最高转速在 $25\,000 \sim 30\,000\text{ r/min}$ 之间,这是对传统切削加工的非常显著的变革,体现了模具加工技术装备高速化、集成化趋势。

高速加工并不以牺牲加工精度和加工质量为代价,当今高速加工装备普遍可以达到机床精度不大于 $1\mu\text{m}$ 、表面粗糙度不高于 $0.1\mu\text{m}$ 的水平,是一种高水平的高速加工技术^[10]。德国 Roeder TEC 高速加工机床主轴转速高达 $42\,000\text{ r/min}$ 定位精度和重复定位精度分别达到了 0.005 mm 和 0.002 mm 的很高水平。

连通常被认为效率低下的电火花机床的加工速度也在不断提高。电火花铣削加工技术是一种替代传统的用成型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(像数控铣削一样),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。国外已经将这种高新技术机床应用到模具加工中,如 CDM Rovelis 公司开发的高速电火花机床,与传统电火花机床相比可提高加工效率 20% ~ 70%,同样加工一个深 81 mm 的孔,前者所需工时仅为后者的 38.5%。

国外的模具制造企业,广泛使用先进的高精度、高速度、专业化加工装备,如日本丰田汽车模具公司^[11]拥有构造面加工数控铣床 39 台套、型面加工高速五轴五面铣床 15 台套、其它新型一体化专门加工设备 6 台套。加工工艺方法包括等高线加工、最大长度顺向走刀加工等,精加工走刀移行密度仅有 0.3 mm 。同时,可以实现内凹圆角清根、外凸圆角加工到位等,因而可以控制模具配合的不等距间隙、最大可能的缩小型面误差,实现模面的精细加工。

国内的许多模具企业通过引进先进的加工装备,硬件上与国际水平的差距正在快速缩小:上海的汽车模具企业,近年来通过大量购置先进的五

轴高速加工机床、大型龙门加工中心和五轴联动数控高速铣床、数控车或复合加工机床、先进的大型测量和调试设备及多轴数控激光切割机等。一汽模具公司已经拥有 Ramaudi 五轴高速数控铣床等大型高速加工设备;东风汽车模具公司拥有高速数控铣床、五轴数控铣床、龙门数控雕刻机床、激光切割机床等各种先进、大型机床 22 台套。浙江黄岩的模具制造企业,2005 年拥有数控设备 3809 台,数控化率达到了 63% (1997 年数控化率仅为 13%);其中数控加工中心 917 台 (1997 年只有 27 台)。黄岩地区近几年陆续引进的设备几乎都是先进的设备,主要来自欧美和日本的专业、先进的设备制造商。近两年内,国内汽车模具企业龙门数控机床拥有量翻了不止一番,新增的龙门数控机床中,加工中心和高速铣床占了很大比重。目前,资产过亿、拥有龙门加工中心 10 台以上的大型汽车模具企业已经达到 10 多家。外国人都惊呼:怎么两年之间中国大陆的汽车模具企业规模、数量和制造能力会有如此大的变化。

3 先进制造技术与冲压模具行业

快速成型 (Rapid Prototyping 简称 RP) 技术是指在计算机控制与管理下,由零件实物或模型直接驱动,采用材料精确堆积成复杂三维实体的原型或零件制造技术,是一种集计算机 (包括 CAD/CAM/CAE 等)、光学扫描、新型材料、数控、激光等技术于一体的新型高新制造技术。主要用于零件设计的快速检验以及各种模具模型的快速制造。

快速成型技术已经能非常成功地制作包括金属、树脂、塑料、纸类、石蜡、陶瓷等材料的原型,但往往不能作为功能性零件,只能在有限的场合用来替代金属和其它类型功能零件做功能实验。随着需求的增加和技术的不断发展,快速原型技术正向快速原型/零件制造的方向发展。

快速模具 (Rapid tooling 简称 RT) 技术是利用 RP 技术成型功能零件尤其是金属模具或零件的一种方法。可以克服传统模具制作过程复杂、耗时长、费用高等缺点,应用 RP 技术制造快速、经济模具成为 RP 技术发展的主要推动力之一。

快速模具技术包括激光立体刻蚀技术、叠层轮廓制造技术、激光粉末选区烧结技术、熔融沉积成形技术、三维印刷成形技术,等等。

RP 和 RT 技术一直是模具业界密切关注的高

新技术, 在 '2002 EurMold 上, Object Geometries, Solidscape, Prototyping Herbak, Propoal 等著名公司都展出了先进的 RP/RT 装备。其中 Object Geometries 公司的产品, 通过 1536 个喷嘴逐层喷涂光敏塑料, 分辨率达 0.02 mm ; Solidscape 公司的产品, 更是在模具成形后只需热水浸泡就省去了麻烦的后处理工序。国内清华大学研究了采用喷涂技术生产不锈钢快速模具的制造工艺, 获得了涂层厚度 5 mm 的不锈钢快速模具^[12]。

RP 和 RT 技术集成的快速制造精密模具的方法, 被称为先进的“柔性工具”方法, 适应了现代工业向着多品种、变批量发展的趋势, 为冲压模具的多品种、小批量、快速生产奠定了技术基础。

但是, 不管是 RP 还是 RT 技术, 都必需有将实物或模型转换成数据的精密测量手段, 高速扫描机和/或三坐标测量设备提供了所期望的诸多功能。Renishaw, Zeiss 等公司早就已经生产接触式或非接触式三坐标测量仪, GEM 公司有先进的轮廓测量仪和表面粗糙度测量仪, 有些快速扫描系统, 甚至可安装在已有的数控铣床或加工中心上, 实现快速数据采集、自动生成各种不同数控系统需要的加工程序、不同格式的 CAD 数据, 这就是用于模具制造业的“模具反求或逆向工程”。国内, 一汽模具公司、东风汽车模具公司已经拥有 MCT Plus 三坐标测量仪, 并应用于冲压模具的研究与生产工作中。

模具表面的质量对模具使用寿命、制件外观质量等方面均有较大的影响, 研究自动化、智能化的研磨与抛光方法替代现有手工操作, 以提高模具表面质量, 同样也是重要的发展趋势。

这方面的研究工作十分活跃, 张学良^[13]在数控铣床上研究了利用直流电进行磁性抛光的情况, 精铣加工后表面粗糙度 $1.0\mu\text{m}$ 的试样只需研抛 3.2 min 可获得表面粗糙度为 $0.1\mu\text{m}$ 的高质量表面, 显示了高精度、高效率和高可靠性。日本冈山大学的宇野義幸^[14]等人, 采用直径达 60 mm 的大面积脉冲电子束, 研究了能量密度、照射次数、粗加工质量等因素对模具精整加工质量的影响, 得出“大面积脉冲电子束照射有望代替传统精整抛光”的可喜结论。

4 结 语

经过几十年的发展, 我国的冲压模具行业获得了飞速发展, 具体体现在:

(1) 计算机辅助设计/加工/工程技术得到广泛使用, 模具总量名列世界第三位。

(2) 大型模具企业拥有高速数控加工/加工中心/数控机床等先进的加工工艺与装备, 可以开展 RP/RT 或模具逆向工程工作, 硬件装备已经站在了与世界基本同步的水平线上。

(3) 在冲模的表面精整加工技术方面, 开展了积极探索、积累了一些经验。

以汽车覆盖件为代表的大型、复杂、精密冲压模具, 采用 CAD/CAM/CAE 软件进行三维设计和模拟, 减少试模时间和缩短周期。借助高速、精密的加工设备加工生产, 获得良好的尺寸精度和表面粗糙度, 用新型的研磨或抛光方法代替传统的手工研磨抛光, 提高模具质量。这些都代表了冲压模具发展的趋势。

参 考 文 献

- [1] 本刊编辑部. 2005 年我国模具销售额达 610 亿元居世界第三位[J]. 机械工程师, 2006(5): 1
- [2] 本刊编辑部. 从申城精品展示看蓬勃发展的模具工业——中国模具工业副理事长兼秘书长曹延安先生访谈录[J]. 制造技术与机床, 2004(5): 6—8
- [3] 王都. 坚持与时俱进 抓好技术创新[J]. 模具工业, 2002(8): 3
- [4] 马思臣. 现代模具工业发展述评[J]. 机械工程师, 2006(3): 23—24
- [5] 高广军. Pro/E 三维技术在冲模设计中的应用与开发[J]. 模具工业, 2003(6): 10—14
- [6] 秦春节. 基于 UGII 的冲压模具参数化装配设计方法[J]. 现代制造工程, 2005(8): 69—70
- [7] 桂娟. 桑塔纳 2000 轿车前翼子板模具设计[J]. 模具工业, 2003(6): 18—21
- [8] 程迎潮, 刘罡, 范国辉. 国内外轿车覆盖件冲压模具设计概览[J]. 上海汽车, 2004(5): 26—28
- [9] 李志刚, 周永泰, 李玉华. 开展技术交流 参与国际竞争[J]. 模具工业, 2003(5): 3—6
- [10] 周永泰. 我国冲压模具的现状与发展(下)[J]. 锻造与冲压, 2005(4): 18—20
- [11] 常世平. 中国汽车模具的铁肩重担[J]. 现代制造, 2006(5): 18
- [12] 谷锦巍, 全永义, 张人佶. 等. 基于 RP/RT 技术的不锈钢快速模具制造工艺[J]. 模具工业, 2003(12): 50—53
- [13] 张学良. 1D 模具钢数控磁性研抛工艺参数的实验研究[J]. 制造技术与机床, 2004(5): 37—39
- [14] 宇野義幸, 冈田晃, 数下法康. 等. 大面积脉冲电子束对模具的精整与表面改性[J]. 制造技术与机床, 2004(5): 29—31