

模具设计和加工技术的发展方向

Development Trend of Mould Design and Processing Technologies

中国模具工业协会

CAD/CAE 及 CAPP 和 KBE 技术是模具设计技术的发展方向,今后软件技术将需要有多方面的发展。模具加工有许多方法,其中金属切削加工和电加工是最主要的方法。高速铣削、电火花加工、快速原型制造和快速制模、超精加工和微细加工、复合加工、表面处理、研磨抛光及模具 CAM/DNC 技术等都是模具加工技术的发展方向,它们各有其发展趋势。

从技术角度来看,模具制造(包括设计和加工)技术大致可分为 5 个发展阶段:手工操作阶段、手工操作加机械化(普通通用机床与工具)阶段、数字控制阶段、计算机化阶段和 CAD/CAE/CAM 信息技术一体化阶段。我国目前主要以数字控制阶段为主。CAD/CAE 及 CAPP 和 KBE 技术是模具设计技术的发展方向,今后软件技术将需要有多方面的发展。模具加工有许多方法,其中金属切削加工和电加工是最主要的方法。高速铣削、电火花加工、快速原型制造和快速制模、超精加工和微细加工、复合加工、表面处理、研磨抛光及模具 CAM/DNC 技术等都是模具加工技术的发展方向,它们各有其发展趋势。同时,包括管理在内的模具制造综合技术方面的一些发展方向也十分重要。

我国幅员辽阔,模具制造企业众多,技术发展水平参差不齐,各个阶段同时并存,但目前主要以数字控制阶段为主。有些骨干重点企业已发展到了计算机化阶段。但同时也还

有不少企业仍停留在手工操作加机械化阶段。纯粹手工操作阶段基本上已成为历史,CAD/CAE/CAM 信息技术一体化阶段初露端倪。就大多数模具制造企业而言,今后的发展方向应以提高数控化和计算机化水平为主,积极采用高新技术,逐步走向 CAD/CAE/CAM 信息技术一体化。模具无纸化制造将逐渐替代传统的设计和加工。

模具设计技术的发展方向

模具设计是决定模具开发制造能否成功的先决条件。模具设计技术大多依赖个人的经验积累。模具设计长期以来一直依靠人的经验和机械制图来完成。自从 20 世纪 80 年代我国发展模具计算机辅助设计(CAD)技术以来,这项技术已被大家认可,并且得到了越来越快的发展,已在模具制造中显示出了巨大的优越性。90 年代开始发展的模具计算机辅助工程分析(CAE)技术现在也已有许多企业应用,它对缩短模具制造周期及提高模具质量有着显

著的作用。一些工业发达国家的模具企业应用 CAD 技术已从二维设计发展到三维设计,而且三维设计已达 70% 以上。我国大部分企业还停留在二维设计的水平上,能进行三维设计的企业还不到 20%。在国外,CAE 软件的应用已较普遍,国内应用还比较少,而且在用于预测零件成形过程中可能发生的缺陷方面,CAE 水平还比较低。

模具设计技术及 CAD 和 CAE 软件今后应在下列几方面得到发展,不断提高其水平。

(1) 模具设计资料库和知识库系统。

(2) 模具工程规划及方案设计。

(3) 模具材料和标准件的合理选用。

(4) 模具刚性、强度、流道及冷却通路的设计。

(5) 塑料模具塑料成形过程的各种模拟分析(如注塑成形包括塑料充模、保压、冷却、翘曲、收缩、纤维取向等模拟分析)、热传导和冷却过程的分析、凝固及结构应力分析等。计

算浇注系统及模腔的压力场、温度场、速度场、剪切应变速率场和剪切应力场的分布及其结果分析是非常复杂和费时间的。这一模拟技术已从中面流技术发展到了双面流技术,不久即可发展到既正确又快速的实体流技术,产生满足塑料件虚拟制造要求的三维注塑流动模拟软件。

(6) 冲压模金属成形过程的模拟、起皱及破裂分析、应力应变和回弹分析等。

(7) 压铸模压铸件成形流动模拟、热传导及凝固分析等。

(8) 锻模锻件成形过程模拟及金属流动和充填分析等。

(9) 提高设计和分析软件的快速性、智能化和集成化水平,并强化它们的功能,以适应模具的不断发展。

除了模具 CAD/CAE 技术之外,模具工艺设计也非常重要。计算机辅助工艺设计(CAPP)技术已在我国模具企业中开始应用。由于大部分模具都是单件生产,其工艺规程有别于批量生产的产品,因此应用 CAPP 技术难度较大,也很难有适应于各类模具和不同模具企业的 CAPP 软件。为了较好地应用 CAPP 技术,模具企业自身必须搞好开发和研究。虽然 CAPP 技术的应用和推广难度要比 CAD 和 CAE 难得多,但这也是一个发展方向,应予重视。



侧面CAE成形分析

基于知识的工程(KBE)技术近年来已越来越受到重视。它是面向现代设计决策自动化的重要工具,已成为促进工程设计智能化的重要途

径。KBE 技术作为一种新型的智能设计思想,将对模具的智能、优化设计产生重要的影响。

模具加工技术的发展方向

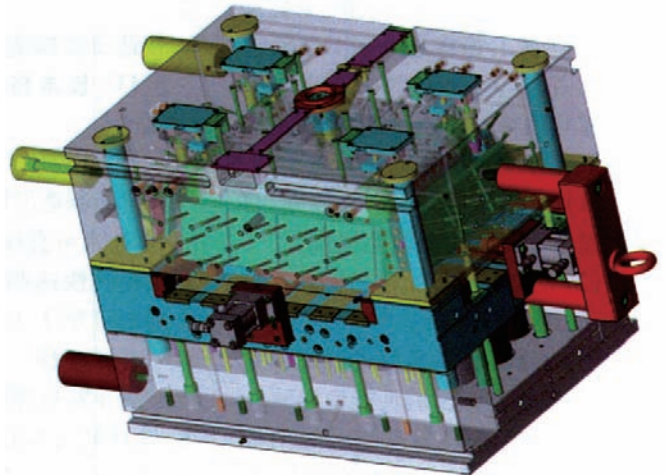
在我国,模具共分 10 大类 46 小类。不同类型的模具具有不同的加工方法。同类模具也可以用不同的加工技术去完成。模具加工的工作量主要集中在模具型面加工、表面加工和装配环节。它们的加工方法主要有精密铸造、金属切削加工、电火花加工、电化学加工、激光及其他高能波束加工以及集

2 种以上加工方法为一体的复合加工等。数控和计算机技术的不断发展使它们在许多模具加工方法中得到了越来越广泛的应用。在工业产品品种多样化、个性化越来越明显,产品更新换代越来越快,市场竞争越来越激烈的情况下,用户对模具制造要求交货期短、精度高、质量好、价格低。这就给模具加工技术提出了新的发展方向。目前,已比较明显的发展方向主要有以下几方面。

1 高速铣削技术的进一步发展及其推广应用

近年来,我国模具制造业中的一些骨干重点企业先后引进了高速铣床和高速加工中心,它们已在模具加工中发挥了很好的作用。国外高速加工机床主轴最高转速有的已超过 100000r/min,快速进给速度可达 120m/min,加速度可达 1 ~ 2g,换刀时间可提高到 1 ~ 2s。这样就可大幅度提高加工效率,并可获得 $R_a \leq 1 \mu\text{m}$ 的加工表面粗糙度,可

切削 60HRC 以上的高硬度材料,形成了对电火花成形加工的挑战。随着主轴转速的提高,机床结构及其所配置的系统及关键部件和零配件、刀具等都必须要有相应的匹配,从而使机床造价大为提高。因此在一定时间内,我国模具企业进口的高速加



注塑模

工机床主轴最高转速仍将以 10000 ~ 20000r/min 为主,少数会达到 40000r/min 左右。虽然向更高转速发展是一个方向,但目前最主要的还是推广应用。

高速加工是切削加工工艺的革命性变革。从技术发展角度看,高速铣削正与超精加工、干硬切削加工相结合,开辟了以铣代磨的新天地,并极大地减轻了模具的研抛工作量,缩短了模具制造周期。因此可以预计,我国模具企业将会越来越多地应用高速铣削技术。虚拟主轴并联机床和 3D 激光六轴铣床的诞生及开放式控制系统的应用更为高速加工增添了光彩。

2 电火花加工技术的不断发展

电火花加工(EDM)虽然已受到高速铣削的严峻挑战,但是 EDM 技术的一些固有特性和独特的加工方法是高速铣削所不能完全替代的。例如在模具的复杂型面、深窄小型腔、尖角、窄缝、沟槽、深坑等处的

加工方面, EDM 有其无可比拟的优点。虽然高速铣削也能部分满足上述加工要求,但成本要比 EDM 高得多。对于 HRC60 以上的高硬材料, EDM 要比 HSM 成本低。同时较之铣削加工, EDM 更易实现自动化。复杂、精密小型腔及微细型腔和去除刀痕、完成尖角、窄缝、沟槽、深坑加工及花纹加工等将是今后 EDM 应用的重点。为了在模具加工中进一步发挥其独特的作用, EDM 技术应在以下几方面不断改进和提高。

(1) 不断提高 EDM 的效率、自动化程度和加工的表面完整性。

(2) EDM 设备的精密化和大型化。

(3) EDM 设备良好的加工稳定性、容易操作及优良的性能价格比。

(4) 满足不同要求的高效节能及反电解等新型脉冲电源的研发, 电源波形检测其及处理和控制技术的发展和。

(5) 高性能综合技术专家系统的研发及 EDM 智能化技术的不断发展和自适应性控制、模糊控制、多轴联动控制、电极自动交换、双线自动切换、防电解作用及放电能量分配等技术的进一步发展。



加工中的冲压模具

(6) 混粉加工等镜面光亮加工技术的发展。

(7) 微细 EDM 技术的发展。包括三维微细轮廓的数控电火花铣削加工和微细电火花磨削及微细电火花加工技术等。

(8) WEDM 中的人工智能技术

的运用、走丝系统和穿丝技术的改进等方面。

(9) 电火花铣削加工技术及机床和 EDM 加工中心(包括成型机和线切割机)将得到发展。

(10) 作为可持续发展战略, 绿色 EDM 新技术是未来重要发展趋势。

3 快速原型制造和快速制模(RPM/RMT)技术将得到更快更好的发展

未来模具的最大竞争因素是如何快速地制造出用户所需求的模具。RPM 技术可直接或间接用于 RMT。金属模具快速制造技术的目标是直接制造可用于工业化生产的高精度耐久金属硬模。间接法制模的关键技术是开发短流工艺、减少精度损失、实现低成本的层积和表面光整技术的集成。RPM 技术与 RMT 技术的结合, 将是传统快速制模技术(如中低熔点合金铸造、喷涂、电铸、精铸、层叠、橡胶浇固等)进一步深入发展的方向。RPM 技术与陶瓷型精密铸造相结合, 为模具型腔精铸成形提供了新途径。应用 RPM/RMT 技术, 从模具的概念设计到制造完成, 仅为传统加工方法所需时间的 1/3 和成本的 1/4 左右, 因而具有广阔的发展前景。要进一步提高 RMT 技术的竞争力, 需要开发加工数据生成更容易、精度高、尺寸及材料限制小的直接快速制造金属模具的方法。

4 超精加工、微细加工和复合加工技术

随着模具向精密化和大型化方向发展, 超精加工、微细加工和集电、化学、超声波、激光等技术于一体的复合加工将得到发展。目前超精加工已可稳定达到亚微米级, 纳米精度的超精加工技术也已被应用到生产中。电加工、电化学加工、束流加工等多种加工技术已成为微细加工技术中的重要组成部分。国外已有用

波长仅 0.5nm 的辐射波制造出的纳米级塑料模具。在同一台机床上使激光铣削和高速铣削相结合, 已使模具加工技术得到了新发展。

5 先进表面处理技术将进一步受到重视

模具热处理和表面处理是决定能否充分发挥模具材料性能的关键环节。真空热处理、深冷处理、包括 PVD 和 VCD 技术的气相沉积(Tin、Tic 等)、离子渗入、等离子喷涂及 TRD 表面处理技术、类钻石薄膜覆盖技术、高耐磨高精度处理技术、不沾粘表面处理等技术已在模具制造中应用, 并显示了良好的发展前景。模具表面激光热处理、焊接、强化和修复等技术及其他模具表面强化和修复技术也将会受到进一步重视。

6 模具研磨抛光将向复合化、自动化、智能化方向发展

模具表面的光整加工至今未能很好解决。模具的研磨抛光目前仍以手工为主, 效率低、劳动强度大、质量不稳定。我国已引进了可实现三维曲面模具自动研抛的数控研磨机, 自行研究仿人智能自动抛光技术也已有成果, 但应用很少, 预计会得到发展。今后还应继续注意发展特种研磨与抛光技术。如挤压研磨、激光研磨和研抛、电火花抛光、电化学抛光、超声波抛光以及复合抛光技术与工艺装备。

7 模具自动加工系统的研制和发展

随着各种新技术的迅速发展, 国外已出现了模具自动加工系统。模具自动加工系统应有如下特征: 多台机床合理组合; 配有随行定位夹具或定位盘; 有完整的机具、刀具数控库; 有完整的数控柔性同步系统; 有质量监测控制系统; 也有把粗加工和精加工集中在同一台机床上的模具加工系统。这些今后都会得到发展。

(责编 依然)