

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.05.017

精密注塑模具数字化工厂技术研究^{*}

王涛¹, 蔡玉俊¹, 刘华刚²

(1. 天津职业技术师范大学, 天津市数字化模具制造技术工程中心, 天津 300222; 2. 北京电子科技职业学院, 北京 100176)

摘要: 阐述了数字化工厂对于精密注塑模具生产的重要性, 分析了其主要功能要求, 并以此进行了数字化工厂的总体方案设计。针对产品数据管理、工件的快速识别、刀具寿命管理以及柔性制造车间的规划等关键技术进行了详细研究, 可对数字化工厂技术在精密注塑模具企业的普遍应用提供参考。

关键词: 注塑模具; 数字化工厂; 快速定位; 工件识别

中图分类号: TH166 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)05-0071-04

Research on Digital Factories for Precision Injection Mold

Wang Tao¹, Cai Yujun¹, Liu Huagang²

(1. Tianjin Digital Manufacturing Centre of Die & Mould, Tianjin University of Technology and Education, Tianjin 300222, China;

2. Beijing Polytechnic, Beijing 100176, China)

Abstract : The importance of digital factories for precision injection mould manufacturing was expounded. The main functional requirement was analyzed, and the overall system scheme was designed. The key technologies were studied in detail, such as product data management, rapid work-piece identification, tool life management and flexible manufacturing workshop planning. The design could provide technical supports for the widely application of digital factory technology in precision injection mould.

Keywords : injection mould ; digital factory ; fast positioning ; workpiece identification

注塑模具是现代工业生产中的重要工艺装备, 随着人们对塑料制品精度的要求越来越高, 传统的劳动密集型成型工艺已很难满足。为了满足注塑模具日益增长的高精密、高效率、低成本、短周期的需求, 新工艺、新技术的使用尤其是数字化制造技术等先进制造技术, 已经成为国内外精密注塑模具制造技术研究的热点。数字化工厂是数字化制造中的关键环节之一, 一般可以认为数字化工厂技术能实现产品生命周期中的制造、装配、质量控制和检测等各个阶段的功能^[1]。对于精密注塑模具主要解决模具的设计到制造实现的转化过程, 使设计到生产制造之间的人为因素导致的错误率降低, 使制造数据信息得以安全高速地传递, 进而实现主要设备的远程控制及自动运行; 最终将生产制造过程优化整合, 使生产制造过程得以虚拟仿真检验, 从而提高整个制造过程的成功率和可靠性, 缩短模具从设计到生产的转化时间。随着模具行业竞争的加剧, 现代模具企业对高精度、短周期、低成本的要求越来越高, 模具行业迫切需要应用数字化工厂技术。虽然数字化工厂技术的应用越来越多, 但是不同行业、不同企业由于具体生产流程和实际生产条件不同, 数字化

工厂的主要功能和系统结构也不尽相同, 无法实现快速复制, 笔者选择应用较广的精密注塑模具进行数字化工厂技术研究。

1 系统功能

模具从订单到成品的一般过程是: 产品成型性分析及会签→模具结构设计→制定生产工艺→成型零件加工及标准件采购→模具装配及调试。其中成型零件的加工占据整个模具周期的 50% 以上, 是缩短模具周期研究的关键, 而目前多数主流的精密注塑模具企业还采用如下传统的制造过程: 来料检测→铣床开粗→数控机床 (CNC) 开粗→热处理→精密磨削→CNC 精加工→慢走丝线切割→电火花放电→三坐标检验→抛光。整个过程涉及生产部门多, 信息传递主要靠车间文件, 工序间流转速度慢且模具摆放混乱不便寻找, 人工依赖度高、劳动强度大且易出错。

因此, 对于精密注塑模具企业其数字化工厂

^{*} 天津职业技术师范大学科研发展基金一般项目 (KYQD11009)

联系人: 王涛, 讲师, 主要从事机械工程、模具制造及其软件开发研究

收稿日期: 2014-02-17

应用的总体目标应该是:高品质(模具质量稳定提高),高效率(生产效率大幅提升,模具周期明显缩短),低成本(生产成本得以有效控制)。数字化工厂的主要表现形式为:信息化、无纸化、自动化,其主要构成包括:产品数据管理(PDM)、分布式数字控制(DNC)、生产数据采集(PDC)、机床数据采集(MDC)、制造执行系统(MES)、刀具管理系统(TMS)。根据其应用侧重点的不同还可分为:以设计为中心的数字化制造、以制造为中心的数字化制造和以管理为中心的数字化制造^[2]。笔者将兼顾以上三种应用,研究从设计到制造的全方位数字化工厂,其主要功能应包括:

(1) 项目管理。系统能方便地查询各种项目信息,包括客户信息、产品信息、项目负责人、模具技术要求、验收标准、项目交期及各阶段的节点等。同时能够查询项目当前进度并进行交期预估。

(2) PDM。全面管理整套模具及其所有装配零件的数模文件,能进行上传、下载及新版本替换等操作^[3]。要包括模具信息及所有装配零件的明细表,标准件应注明品牌、材质、型号、规格及数量,并能自动根据库存生成采购清单;非标件应注明零件编号、模具编号、材质、数量、毛坯种类及尺寸、设计及校对等信息,并包含该零件的工艺过程。

(3) MES^[4]。对零件的工艺过程进行严格管理,详细记录每个工序的起止时间、操作人及验收人。能方便地查询零件当前所处的工序状态,以及设备的有效利用率和操作人员的业绩考核。

(4) 生产过程自动化。以数字控制技术与数控机床为基础,利用 DNC, MDC 等使数控加工中心、线切割、电火花、三坐标测量机等和工业机器人协同工作,形成柔性制造单元。若干柔性制造单元形成柔性制造系统,以数字量实现加工过程的物料流、加工流和控制流的表征、存储和控制,通过网络技术将每台设备作为一个节点,实现一个车间或多个车间的生产过程自动化。

(5) TMS。要实现自动生产必须进行刀具寿命管理,通过累计加工时间或累计加工长度衡量刀具寿命,对于超过寿命的刀具转变用途或更换刀片或刀具重新开始计数。对于大型程序应自动判断是选用新刀还是继续用当前刀具,加工后多把刀具进行接力。

2 系统方案设计

数字化工厂平台的总体运行机制是“数据驱

动”,即从 PDM 系统中获取模具产品数据模型及相关信息;由工艺部门制定具体的工艺过程,由 CAM 编程部门集中编制各种数控(NC)加工程序、线切割程序、电火花放电程序及三坐标检测程序,并通过仿真平台的验证,确保各种程序的先后顺序准确无误和加工过程的绝对安全。最后通过 DNC 系统输出各种与生产相关的信息,驱动各种数控设备自动加工,实现 PDM 与 ERP 和 MES 等系统的交互。

图 1 为笔者设计的数字化工厂系统结构,主要由产品管理系统、制造执行系统和柔性制造系统三大部分组成。所有数据由 SQL Server 数据库统一存储和管理,系统之间的数据传递均通过对 SQL Server 数据库的读写来实现,柔性制造系统则需要通过 DNC 通信模块与其它系统互联。而系统之间的工作分配、整套模具由设计到制造的过程管理由总控制系统统一协调,包括设计任务下发、制造过程准备、生产计划的自动编排以及异常的紧急处理。

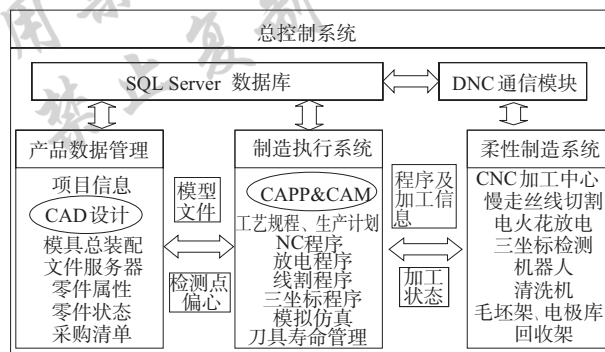


图1 数字化工厂系统结构图

3 关键技术实现

3.1 产品数据管理

按数据对象不同可分为模型文件管理和产品属性信息管理,现有的 PDM 也有相应功能,但主要表现在相关数据文件的管理上。如 CAD 文件和生产工艺过程卡片、零件蓝图、三维数模、刀具清单、质量文件和数控程序等生产作业文档,但是对于项目信息、零件属性、加工过程详细信息、刀具寿命等信息的记录则需要特殊定制,成本较高且不利于总控程序协调,因此采用文件服务器加 SQL Server 数据库服务器相结合的方式对产品数据管理。

文件服务器主要存放模具 CAD 文件、CAM 文件、NC 加工程序、工艺过程文件、检测报告等,各文件在服务器上的路径及结构关系在 SQL Server 数据库中以记录属性的形式出现。图 2 给出了 SQL Server 数据库中的模具数据结构图,项目信息位于

最顶层,其最主要的数据项为各模具总装配。模具总装配则包含所有装配所需的标准件和非标件,以及相应的装配要求及装配工艺。非标件则需要详细记录 CAD 文件及其属性,还包括全部工艺过程、重要时间节点及各部分详细记录;电极部分则包括电极文件、电极 NC 程序、电极偏心、放电间隙、火花位及放电程序;NC 加工程序不仅应该包含刀具信息,还要估算出具体加工时间以便精确排产;最后记录详细的 QC 检测结果以便工艺人员确认及修配。

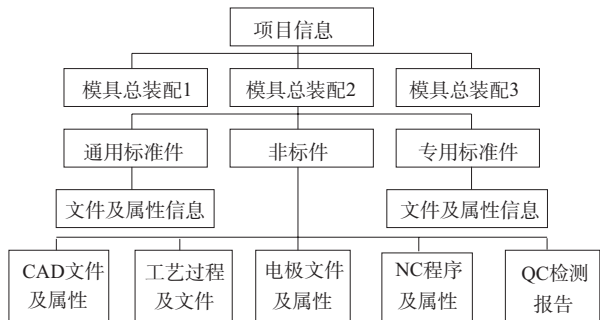


图2 模具数据结构图

3.2 工件的快速识别

精密注塑模具数字化工厂需要自动识别的工件有:被加工工件、NC 加工用的刀具和电火花加工用电极。目前普遍采用的识别技术有条形码识别和 RFID 射频识别两种^[5-6]。条形码的优点是技术简单、成本低廉、可靠性高、读取速度快;RFID 是一种利用无线电波进行非接触式自动识别的技术,具有条形码所不具备的防水、防磁、耐高温、使用寿命长、读取距离大、标签上数据可以加密、存储数据容量更大、存储信息更改自如等优点。两者之间最大的区别是条形码为“可视技术”,扫描仪在人的指导下工作,只能接收它视野范围内的条形码;相比之下,射频识别不要求看见目标,射频标签只要在接收器的作用范围内就可以被读取^[7-8]。

考虑到柔性加工需要识别方便准确、可靠耐用,本系统采用全球唯一编码系统的 RFID 芯片进行被加工工件、NC 加工用的刀具和电火花加工用电极等的识别。图 3 为装有 RFID 识别芯片的快速定位座。快速定位座在整个自动加工过程中随工件和电极一起在工序间流转,直至他们的加工生命周期结束,然后与新的产品重新组合。至于 RFID 可视性差的缺点,可以通过给快速定位座激光刻唯一编码的方法来解决。条形码则可以用在工艺过程卡片和员工胸卡上,以便记录普通工序的起止,方便系统查询工件当前所处的工序状态,更能统计操作人

员的工作量以便业绩考核。

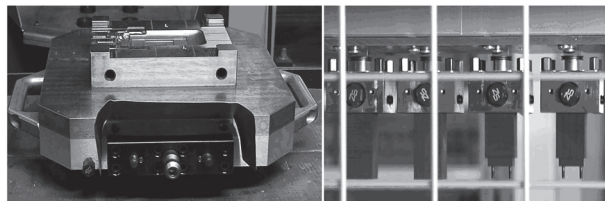


图3 装有 RFID 识别芯片的快速定位座

3.3 刀具寿命管理

模具自动加工尤其是精加工时刀具寿命至关重要,在线检测磨损量操作不便,若检查出磨损超差时再换刀其实已经影响到模具加工精度,所以常采用刀具寿命预测法进行衡量。预测方法又分为两种,切削时间法和切削里程法。对于不同工件材料刀具寿命也不相同,这时需要将加工时间或距离按同一标准进行换算然后累加。刀具工作时间或里程超出系统则通知工作人员进行更换,整体刀具直接更换,分体式则在刀柄寿命期内只需更换刀片,更换完成后时间或距离清零,重新开始计数,同时将新的刀具长度补偿值赋给机床。考虑到从 NC 程序读取距离比较方便,本系统采用累积里程来衡量刀具寿命,如蓝枳 B16R8 加工预硬钢的寿命为 280 m。另外对于超长的程序可以提前预警,提示编程人员准备多把刀具进行接力加工。

3.4 柔性制造的车间规划

通过 RS232 接口,利用 DNC 通信模块可以实现系统与数控设备的互联,实现数控加工中心、线切割、电火花、三坐标测量机和工业机器人的远程控制及运行状态监视^[9-10]。图 4 即为笔者给出的柔性制造单元的车间布局图,根据精密注塑模具的制造特点配备了三台 CNC、三台 EDM、一台线切割、一台三坐标和一台大行程机器人。

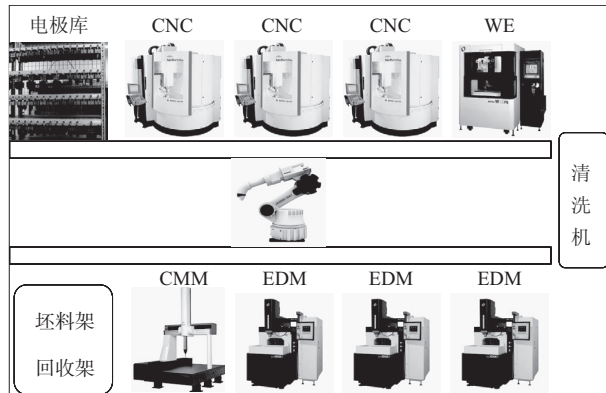


图4 数字化工厂车间布局图

其工作流程如下:

(1) 电极坯料和工件坯料由坯料架送入车间,操作时须由工作人员将毛坯尺寸信息输入 RFID 芯片;

(2) 机器人根据加工对象的要求选择合适尺寸的毛坯,对于工件则可能直接通过 ID 选择经过磨削的坯料;

(3) 利用 3R 快速定位座可以实现毛坯的快速定位,此时控制系统已经将所需的 NC 程序下发至机床,若机床数控系统有多种则需经过 NC 代码格式转换过程;

(4) 加工完的零件直接送至三坐标机床进行检测是否合格,不合格送至待检区由人工进行最后确认,合格则入库以便后续使用。对于电极还应将测量得到的偏心值、电极高度和火花间隙上传至数据库以便放电时补偿;

(5) 待加工模具所需多数电极已经就位时就可以开始电火花放电加工了,系统由数据库读取工件的加工要求以及电极的偏心值和火花间隙,就可以自动生成放电程序并控制机床进行加工;

(6) 放电完成后报废的电极直接送至回收架等待处理,工件则送至三坐标进行最终检验,检验合格后送清洗机进行彻底清洗,最后送至回收架等待工人收件。

4 结语

结合精密注塑模具生产的实际特点,给出了数字化工厂技术实施的具体方案,并对其中的关键技术进行了深入研究。实践证明数字化工厂技术可明显提高模具企业的加工效率,并减少加工过程中的人为失误,明显缩短模具生产周期并降低成本。因此模具企业全面应用数字化工厂技术是模具行业发展的必然趋势。

参考文献

- [1] 任状. 数字化车间远程监控关键技术及实现 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2011.
Ren Zhuang. The research and realization on remote monitoring key technology of digital workshop[D]. Xi'an: Xidian University, 2011.
- [2] 吴云峰, 邱华, 胡华强. 面向设计与制造的数字化工厂平台 [J]. 中国制造业信息化, 2011(1):1-5.
Wu Yunfeng, Qiu Hua, Hu Huaqiang. The digital factory platform oriented to design and manufacture[J]. Chinese Manufacturing Informatization, 2011(1):1-5.
- [3] 张晓红. 面向塑料模具行业的产品数据管理系统研究 [J]. 模具工业, 2010(8):5-9.
Zhang Xiaohong. Study on PDM system of mould industry for plastics[J]. Die & Mould Industry, 2010(8):5-9.
- [4] 王延斌. 面向模具的制造执行系统关键技术研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2007.
Wang Yanbin. Research on key technologies of manufacturing execution system oriented to the mold[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2007.
- [5] Dolgui A, Proth J M. Radio-frequency identification (RFID): Technology and applications[M]. New York: Academic Pr., 2009.
- [6] 鲍榴, 王英杰, 刘彦军. 基于 RFID 技术的铁路仓储管理系统设计与应用 [A]. 第十五届中国科协年会第 11 分会场: 综合交通与物流发展研讨会, 2013.
Bao Liu, Wang Yingjie, Liu Yanjun. Design and application of railway warehouse management system based on RFID[A]. The eleventh parallel session of the fifteenth China association annual meeting, 2013.
- [7] 田美花. 基于 RFID 技术的生产执行系统关键技术研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.
Tian Meihua. Research of manufacturing execution system based on RFID technology[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2007.
- [8] 王路林. 基于 RFID 的图书馆借阅系统的设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2011.
Wang Lulin. Design and implementation of library lending system based on RFID technology[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2011.
- [9] 沈昕, 王建设, 严新民. 数字化制造环境下的车间层设备管理信息系统研究与实现 [J]. 管理技术, 2007(2):103-106.
Shen Xin, Wang Jianshe, Yan Xinmin. Research and implementation of equipment management information system in digital manufacturing shop[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2007(2):103-106.
- [10] 张艳瑞. 数字化车间设备集成技术的研究 [D]. 天津: 河北工业大学, 2007.
Zhang Yanrui. Research on digital workshop equipment integrated technology[D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2007.

欢迎投稿、欢迎订阅、欢迎刊登广告