

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.12.018

精密注塑模具数字化制造研究^{*}

刘华刚¹,王涛¹,郝瑞参¹,马宏松²

(1. 北京电子科技职业学院,北京 100176; 2. 天津职业技术师范大学,天津 300222)

摘要:介绍了精密注塑模具的传统制造和数字化制造的流程,设计了数字化制造系统。应用条形码对电极进行识别管理,以 SQL Server 数据库为基础,通过对 UG, PC-DMIS 等软件的二次开发,将电极测量点、跑位信息、测量结果及偏差等信息数字化,实现了电极的快速加工、一键式三坐标检测及电火花放电程序自动生成。结果表明,该研究可以有效提高精密注塑模具的电火花加工效率。

关键词: 注塑模; 电火花放电; 条形码; 数字化制造

中图分类号: TG76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)12-0079-04

Digital Manufacturing of Precision Injection Mold

Liu Huagang¹, Wang Tao¹, Hao Ruican¹, Ma Hongsong²

(1. Beijing Polytechnic, Beijing 100176, China; 2. Tianjin University of Technology and Education, Tianjin 300222, China)

Abstract : The manufacturing processes of precision injection mold through digital manufacturing and normal manufacturing were introduced, and digital manufacturing system was developed. Bar code management was applied to identify the electrode. Based on SQL Server database, UG and PC-DMIS software were secondary developed, the informations such as electrodes, movement, deviation of measurement results and measurement point were digitized. The electrode of rapid processing, one-click three coordinates testing and EDM discharge program automatically generated were implemented. Results show that the research can improve the EDM machining efficiency of precision injection mold.

Keywords : injection mould ; electrical discharge machining electrode ; barcode ; digital manufacturing

近年来随着我国模具行业的快速发展,精密注塑模具已经越来越多地实现了国产化甚至出口^[1]。与普通注塑模具相比,精密注塑模具设计加工精度高、成型产品的精度也较高,模具质量稳定,使用寿命较长,适合大批量高速化生产,在现代制造业中得到广泛应用^[2]。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。而精密注塑模具制造工艺复杂,涉及多种现代加工工艺,单单只是 CAD/CAM 的局部应用而不能实现数据的跨部门或工序的快速共享,已远远不能满足生产要求。目前许多企业已经采用了 CAE, CAT, PDM, CAPP, KBE, KBS, RE, CIMS, ERP 等技术及其它先进制造技术和虚拟网络技术等,模具企业向数字化制造方向发展这一趋势已成为行业共识^[3-4],而电火花放电加工由于工艺复杂、效率低下成为数字化制造研究的重点。

1 传统工艺流程

传统的精密注塑模具制造过程如下:

(1) CAD 部门——模具设计;

(2) CAM 部门——加工工艺制定、数控 (NC) 加工编程、拆电极、电极加工编程;

(3) NC 加工;

(4) 质检 (QC)——三坐标指定测量点,检测电极是否偏心以及放电间隙是否正确;

(5) 电火花放电加工 (EDM)——根据 QC 提供的电极检测报告补偿电极偏心并调整放电间隙;

(6) 三坐标检测模仁尺寸精度是否达标;

(7) 装配试模。

精密注塑模具的制造主要包括精密铣削、精密三坐标测量和精密放电加工。首先 NC 加工要保证电极的加工精度,为了提高模具的制造精度,电极在 NC 加工完成之后都需要进行三坐标精密检测,以确定电极的偏心量和放电间隙^[5]。虽然偏心量一般很小,但将偏心量补偿到放电过程正是提高模具精度的关键所在。然而手写标签的方式效率低下且容

^{*} 北京市教育委员会科技计划面上项目 (KM201310858005)

联系人: 刘华刚,副教授,主要从事模具设计及模具精密加工

收稿日期: 2013-09-17

易出错,三个工序之间的数据格式也不统一,难以实现快速共享,加之电极数量众多,现有的检测方法效率又太低,因此大部分企业采用电极抽检的方法,用个别电极的偏差去指导所有电极的补偿,这种以偏概全的方法显然不能保证模具精度甚至会导致模具报废。解决的方法只能是将电极全检,这样要么增加大量的三坐标测量机和工作人员;要么是最大限度提高电极检测效率,而采用数字化制造技术正是解决这个问题的好方法。

2 数字化制造工艺流程

为了配合数字化制造技术的应用,最大限度提高生产效率,必须对原有工艺流程进行改进^[6],主要集中在以下几点:

(1) CAD——模具设计,模具相关信息写入数据库。

(2) 在 CAM 编程阶段,原有工作只是加工工艺制定,拆分电极、编制电极加工程序并打印程序单,笔者要求将指定测量点的工作由 QC 部门(三坐标测量)转移至 CAM 部门,因为只有 CAM 编程人员最清楚电极哪里是工作部分、哪里需要检测,这样指定的测量点才最合理、最高效。同时将加工工艺过程、电极模型文件 ID 信息、电极放电位置、程序单信息及三坐标测量点等信息写入数据库。

(3) 在 NC 加工时利用程序单信息从数据库调取相应加工程序到指定机床,减少 NC 操作人员的工作量并避免人为因素导致的程序调用错误现象,电极加工完成后将电极 ID 信息写入数据库。

(4) QC 部门传统的做法需要根据电极上的标签去查找相应的模型文件,然后将模型导入三坐标测量软件,再由测量人员指定测量点,测量完成后打印测量报告。在整个过程中操作软件时测量机不能运行,测量机运行时不能操作软件,效率很低。本研究首先要求实现电极的快速定位夹紧和快速坐标系拟合,然后根据电极信息从数据库中找到相应的电极模型信息,进而找到相应的三坐标测量点或测量程序并导入到三坐标测量软件中;测量完成后实现测量结果的快速处理并写入数据库,实现 QC 部门的无纸化操作。若被测电极有疑问才从数据库调取测量结果并与电极模型拟合后打印,以供查找问题所在。

(5) EDM 部门原来需要根据测量报告人工计算偏心量和放电间隙,有的企业用一次元测量仪甚至是火花机来测量偏心量,效率低下、放电准备时间过

长且容易出错。本研究要求 EDM 部门能直接根据电极信息从数据库中读取电极的偏心量和放电间隙,并用火花机要求的语法格式写入放电主程序和子程序中。

各工序的工作内容及相应制造信息的传递关系如图 1 所示。

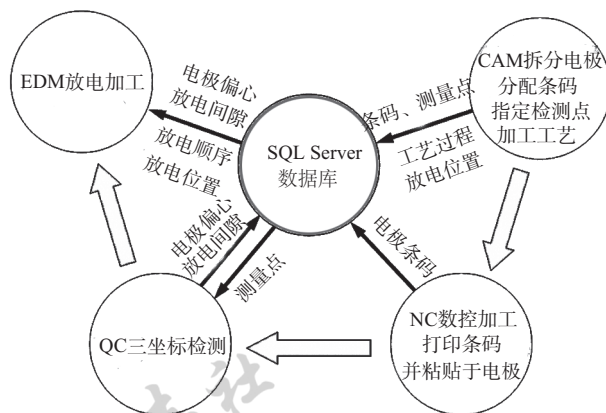


图1 数字化制造系统工作流程图

3 系统开发方案

要实现图 1 的工作流程必须解决以下几个关键技术:电极的快速识别、SQL 数据库的结构设计、测量点提取、三坐标自动检测等。

3.1 电极的快速识别

目前普遍采用的识别技术有条形码识别和射频识别(RFID)两种。条形码识别的优点是技术简单、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是“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,RFID 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。综合考虑成本和标签可视性的要求,本研究采用条形码进行电极的识别。图 2 是在 UG 软件中对电极模型分配条码的界面。



图2 电极模型条码设置界面

图 3 是条码打印机打印出的电极条码,其中 R1 代表粗加工第一支电极, F1 代表精加工第一支电极。



图3 贴在电极上的条码

3.2 数据库结构设计

数据库选用 SQL Server, 为了记录模具制造过程中的各种信息, 采用模具表、电极 part 表和电极表三个关系数据表进行记录。其中电极 Part 表记录了电极模型的测量点、放电间隙、跑位坐标等重要信息, 除时间外均为字符数据, 主键采用 part 条码, 数据表结构如图 4 所示。

Par 代码	Par 名称	路径	记录时间	测量点	FLUX	NOISE	相位
10136_p301+2_001	10136_p301+2_001	\VPT-201101031703	2011-6-17 15:32:47	R0000358400000002_22_0694.R00049602			
09953_B01-T_002	09953_B01-T_002	\WT\	2011-7-13 15:48:39	R0000158700000003_17_7200.R000269000_0.070(2)	-0.150(1)	-37.0000 -30.0000 26.2800	

图 4 数据表结构

3.3 测量点提取

三坐标测量软件一般只能读取 IGES, STEP 等标准格式文件,不能直接读取各种 CAD/CAM 软件的数据,必须进行格式转换。而三坐标测量实际上是对模型上点的测量,如果能由 CAM 软件直接生成三坐标测量程序,将有效简化测量工作、提高测量效率。但是目前仅有少数测量软件支持外部编程,如 Rational DMIS,像 PC-DMIS 这种市场占有率较高的测量软件还不支持外部编程。因此笔者针对 PC-DMIS 软件采用矢量点格式输入测量点信息,图 5 即为 PC-DMIS 软件的矢量点文件格式,每行代表一个点,借助快速定位座实现坐标系的快速拟合后既可开始测量。测量点的提取由 CAM 部门借助 UG 二次开发程序得到,前四个点为基准台信息,后续点为放电间隙测量点。

3.4 三坐标自动检测

要实现三坐标自动检测就必须对 PC-DMIS 软件进行二次开发^[7],图 6 为 PC-DMIS 自动检测的交互界面。首先电极条码通过扫描枪输入到文本

```
文件(F)  编辑(E)  格式(O)  查看(V)  帮助(H)
```

```
XYZIJK METRIC:18.1658  
-25.0000,3.9777,-2.5566,-1.0000,0.0000,0.0000  
21.7306,6.5000,-2.2483,0.0000,1.0000,0.0000  
25.0000,-3.3044,-2.2985,1.0000,0.0000,0.0000  
-20.3296,-6.5000,-2.1272,0.0000,-1.0000,0.0000  
-19.7551,-0.3257,8.1658,0.0000,0.0000,1.0000  
-12.5093,1.4453,6.3137,0.0000,0.9998,0.0175  
-6.6767,0.0422,8.0503,0.7884,0.0000,0.6152  
14.5937,-0.5069,7.5291,0.0000,-0.4639,0.8859  
16.3309,-0.6617,6.9301,0.0000,-1.0000,0.0000  
17.3909,1.2099,6.5535,0.0000,0.9998,0.0175
```

图 5 测量点格式

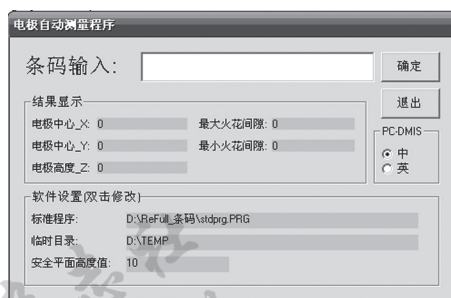


图 6 PC-DMIS 自动检测交互界面

框自动回车,程序即可通过条码信息在数据库中找到对应的测量点并下载到本地形成矢量点文件;然后程序自动回调快速定位座的 X 、 Y 坐标,通过人工打点找到基准台的高度即可完成坐标系的拟合;接着导入矢量点即可开始自动测量,测量完成后程序自动计算偏心、电极高度和最大最小火花间隙并上传至数据库,同时生成 Excel 测量报告并保存至文件服务器。

4 结语

通过数据的快速共享和标准化流程的改造,实现了电极的自动检测和 EDM 程序的自动编制,有效提高了模具的加工效率。以年产值 2 000 万的模具企业为例,应用本研究成果可使电极检测效率提高至少一倍,在不增加三坐标测量设备的基础上即可实现电极全检,为企业一次性节省设备成本 70 万元及每年配套员工工资 12 万元,同时模具制造效率和质量的提高及报废率的降低每年可为企业产生至少 50 万元以上的效益。

参考文献

- [1] 张孝民. 塑料模具的现状和发展 [Z]. 中国模具工业年鉴, 2004.
Zhang Xiaomin. The status quo and development of plastic mold [Z]. China Mold and Die Industry Yearbook, 2004.
- [2] 沈健民. 精密注塑模具的设计加工及发展前景探析 [J]. 科技创新导报, 2012(30): 38.

- Shen Jianmin. Design and processing and development prospects analysis of precision injection mold[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2012(30):38.
- [3] 孙锡红. 我国塑料模具发展现状及发展建议[J]. 电加工与模具, 2010(s1):31-33.
- Sun Xihong. The plastic mold development present situation and the development of our country suggested[J]. Electric Processing and Mould, 2010(s1):31-33.
- [4] 阮雪榆, 赵震. 模具的数字化制造技术[J]. 中国机械工程, 2002(22):1 891-1 893.
- Ruan Xueyu, Zhao Zhen. Digital manufacture technology of mold[J]. China Mechanical Engineering, 2002(22):1 891-1 893.
- [5] 温培艳. 三坐标测量机误差分析[D]. 沈阳: 东北大学, 2008.
- Wen PeiYan. Three coordinate measuring machine error analysis[D]. Shenyang: Northeastern University, 2008.
- [6] 曹玉成. 基于精益生产的注塑模生产流程改进[D]. 上海: 上海交通大学, 2012.
- Cao Yucheng. Based on lean production injection mold production process improvement[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2012.
- [7] 朱立强, 杜砾. 三坐标测量软件(PC-DMIS)的二次开发应用[C]. 第十五届中国科协年会第13分会场: 航空发动机设计、制造与应用技术研讨会论文集, 2013.
- Zhu Lijiang, Du Li. Three coordinate measuring software (PC-DMIS) secondary development and application[C]. The 15th annual meeting of China association for science and technology at the venue: 13. Aircraft engine design, manufacturing and application technology symposium on, 2013.

2013年11月份塑料市场点评

国内商品目前面临的压力较大, 由于中国加快经济结构调整, 且各地对房地产调控加强, 投资需求减弱。同时, 临近年末国内资金面紧张的局面再现。近期市场将继续关注美国的经济数据, 以期寻找未来美联储的货币政策。此外, 在三中全会决议公布之后, 市场也将寻找中国经济改革的动向。不过在国内经济转型时期, 对商品需求的减弱将放缓已成共识, 商品或难有大的反弹。表1为2013年11月份塑料市场涨跌榜。

表1 2013年11月份塑料市场涨跌榜

产品	月初价格 / (元·吨 ⁻¹)	月末价格 / (元·吨 ⁻¹)	涨跌幅 / %
通用塑料			
薄膜级 PE-LD	13 700	14 200	3.52
拉丝级 PP	11 950	12 250	2.45
注塑级 PP	12 100	12 500	3.20
注塑级 PE-HD	12 200	12 300	0.81
拉丝级 PE-HD	12 300	12 400	0.81
薄膜级 PE-LLD	11 900	11 950	0.42
电石法 5 型 PVC	6 370	6 340	-0.47
ABS	14 300	14 150	-1.05
PS	13 400	12 900	-3.88
工程塑料			
PA66	23 000	23 000	0
PMMA CM205	16 800	16 600	-1.19
PA6	19 100	19 300	1.05
PC1100	17 500	17 350	-0.86
POM M90	9 900	9 700	2.02
PET	9 350	9 550	2.14

1 PVC

经过近2个月的持续阴跌后, PVC价格基本触底, 11月初, 国内PVC市场交投气氛依旧不佳, 市场报价延续下跌, 且华东5型普通电石料报价已经跌破年内低点, 创下年内新低。进入第二周, 市场人士感觉价格基本到位, 低价成交略有好转, PVC生产企业订单增多, 库存压力有缓解, 报

价趋于平稳。随着低价货源的消化, 贸易商也逐步结束低价抛售操作, 市场企稳的同时局部报价出现触底回升态势。但当前整体供应依旧比较充裕, 业者多表示价格上涨空间有限。卓创统计数据显示, 截止11月25日, 电石法PVC均价6 340元/t, 环比下跌0.47%, 较去年同期跌1.29%。

2 聚烯烃

本月聚烯烃市场以高位震荡为主, 部分品种略有走高。当前市场货源供应有限, 尤其以薄膜级PE-LD货源较为紧张, 本月涨幅达3.52%。注塑级PP和拉丝级PP在成本支撑中分列聚烯烃涨幅榜二、三位, 涨幅分别在3.20%和2.45%。其它聚烯烃品种涨幅不是太明显。下游需求变动不大, 厂家坚持按需采购, 所以总体市场成交表现一般, 高端价格成交压力较大。

3 PA6

本月PA6市场整体呈现弱势。继10月份国内己内酰胺市场下滑, 加之终端需求面萎靡, PA6市场步入新一轮下滑通道。11月中上旬市场利好提振不足, 行情疲软为主, 原料己内酰胺市场继续走低。PA6聚合厂家虽利润薄弱, 但买盘弱势下, 价格继续走低。华东市场庄缘切片价格跌200元/t至18 800元/t, 国产低端价格仅在18 100~18 200元/t。下旬市场有所好转, 随着低价库存的消耗, 部分工厂供货趋紧, 切片厂商挺价意愿较为强烈。国产中低端报盘小涨, 价格在18 300~18 400元/t, 中高端在19 300元/t展开, 环比上涨300元/t, 同比涨100元/t。从需求面来看, 受制于欧美经济环境弱势仍存, 下游制品出口下滑, 国内需求面不佳, 目前PA6下游拉丝厂及改性厂开工仅在6~7成, 部分订单较好开在7~8成。PA6切片价格已跌至成本面, 部分用户入市气氛有所好转, 预计PA6市场短线平稳, 中长线或存向好可能。
(卓创资讯)