

SERCOS II 在注塑机全电动设计中的应用

康存锋, 方庆华, 马春敏, 黄旭东

(北京工业大学 机械工程与应用电子技术学院, 北京 100022)

摘要: 针对传统注塑机在加工精度、加工效率上的不足, 提出一种全电子注塑机的控制方案, 介绍了基于 SERCOS II 实时系统的运动控制方法, 分析了实现注塑过程的高速、高精度的硬件体系. 在试验样机 3 个月的连续工作中, 当周期循环时间为 4 ms, 注射量最大达到 80 cm³ 时, 产品的成型周期能控制在 15 s 以内, 注出产品的质量、精度均满足要求, 表明该设计切实可行.

关键词: 实时系统; 注射成型; SERCOS II; 全电子设备

中图分类号: TP 273

文献标识码: A

文章编号: 0254-0037(2006)08-0719-05

注射成型是热塑性或热固性塑料制件的主要成型方法之一. 注塑机是目前广泛使用的高分子材料加工机械. 随着自动化和计算机技术的发展, 西方工业国家成功推出新一代自动控制注塑机械, 自动化程度高, 易操作, 生产效率和产品质量也大大提高. 而目前国内生产和使用的注塑机基本上是液压驱动或者油压计量与电动组合的混合式机型, 不仅自动化程度无法与国外同类产品相比, 而且加工质量不高, 对国外新技术过分的依赖成为目前注塑机制造业发展的瓶颈. SERCOS (serial real-time communication standard) 技术的快速发展, 尤其是近期 SERCOS II 的推广应用, 以其基于 PCI 总线的对运动控制的高精度、高实时操作性, 为国内厂商加速开发出经济实用的全电动注塑机提供了新的机遇.

1 全电子注塑机控制系统的原理

1.1 注塑过程简述

整个注塑过程包括合模、锁模、注射保压、塑化/计量、冷却、开模、顶出等主要步骤^[1]. 其工艺流程如图 1 所示.

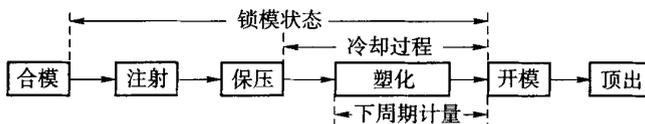


图 1 注塑成型的工艺流程

Fig.1 Flow chart of injection molding

料筒内的原料加热到注射温度后, 锁模系统的肘杆合上模具, 并在动模板上施加设定的锁模力, 接着将计量好的塑胶快速射入已锁紧的模具中, 当填满模腔后, 螺杆保持一定的扭矩, 使模腔内的产品更饱和, 尺寸更稳定; 与此同时, 螺杆通过转动并后退(计量产品所需要的塑胶量), 使新的原料进入熔胶筒内并加热; 当模具内的产品冷却达到设定时间后, 锁模系统将模具分开, 然后顶出产品, 即完成了一个塑料产品的制作周期.

收稿日期: 2006-01-09.

基金项目: 北京市重点实验室开放基金资助项目(KP0100200201).

作者简介: 康存锋(1970-), 男, 山东淄博人, 副教授.

1.2 SERCOS II 简介

SERCOS 数字运动控制接口是一种用于高速、高精度运动控制的现场总线接口和数据交换协议,是目前用于数字伺服和数据通信的唯一国际标准(IEC61491)和当今仅有的供应商中立的开放式接口标准.在通讯结构上,SERCOS 采用主站/从站通讯模式,控制器作为主控者,驱动器只允许对控制器的请求做出响应,通过塑料玻璃光缆和标准化的连接件构成的传送段,使各个从站(驱动器)彼此连接,构成1个封闭的环路,环内交换的信息完全取决于控制器和驱动器间的任务分配.选择光纤作为通讯介质,具有固有的噪音免疫能力,尤其对于大电流驱动系统优势明显^[2].

SERCOS II 是继 SERCOS 推出后技术发展的结果,它继承了 SERCOS 接口传输数据的高实时性、可靠性、快速性等优点,并且不再限制控制单元的操作系统,仅仅需要数量很少的协议.在结构上,也解除了每个环路最多只能接8根轴的限制,最大轴数取决于系统的循环时间、传输速率和组态软件传输的数据量.在卡上有一个微处理器,包含了 SERCOS 接口的所有硬件:与微处理器连接的数据总线,与光接收器和发送器直接连接的串行接口,以及用于数据控制和通讯的双口 RAM,自动传送和监视同步报文的处理电路等^[3]. SERCOS 环与控制单元之间的接口被简化到只有一个缓存接口,从而把运动控制工作降低到了根据中断信号执行读写操作,使得控制系统的主控功能易于实现软件化.

运动控制系统中,为了保证数据的实时性和同步性,必须根据交换的数据量大小规定 SERCOS 通讯的时序图,保证在1个周期内实现对所有周期数据的访问,并严格测试在实时进程内用户处理数据所需时间,将结果输入到时序图中,以便调整命令值和反馈值送到共享内存的时间,避免通讯周期内的访问冲突.

在计算机 PCI 板卡上插入 SERCOS II 卡后,其内嵌的软件即完成以上工作,虽然各个驱动器或 I/O 站接受和发送数据的时刻不同,但它们的有效时刻是一致的,即在控制系统发出中断、送出主控同步报文(master synchronization telegram,简称 MST)信号后,主控数据报文(master data telegram,简称 MDT)的命令值在所有驱动器中同时生效,驱动器报文(axis telegram,简称 AT)中的测量数据在同一时刻作为实际值传送到 SERCOS II 卡中,只要时间片通过编译,并且内存地址和定义已知,SECRCOS 接口的初始化就已经完成^[4].其时序原理如图2所示.

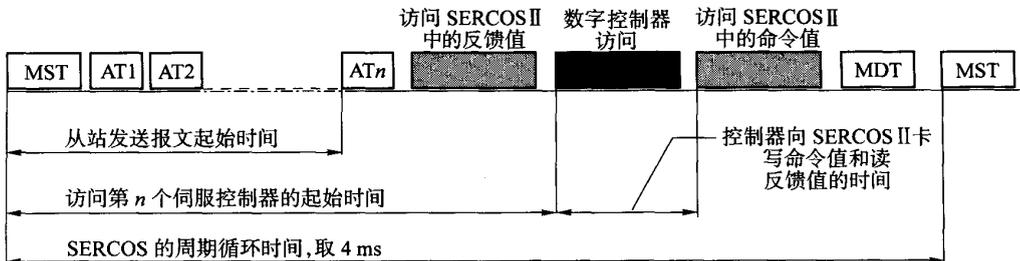


图2 实时数据交换的时序

Fig.2 Timing of the real-time data change

1.3 采用 SERCOS II 接口卡的硬件系统结构

注塑机的硬件设计中,采用基于 SERCOS 接口的智能伺服驱动系统为主体结构.该结构以插装了 SERCOS II 接口卡的计算机作为主站,以每个伺服驱动器(drive)作为从站,I/O 模块也作为单独的从站接入系统,进行数据读写和通讯操作.

主站主要包含三大功能:

- 1) 设定控制参数和目标;
- 2) 显示控制结果;
- 3) 协调机器各环节的动作顺序.

从站在主站(上位计算机)的协调下,完成过程控制(压力、温度、位置及速度等的控制),并把控制结果

和实时参数反馈给上位计算机,实现对注射电机、塑化电机、开锁模电机和顶出电机的精确控制^[5]。

在 SERCOS II 卡作为计算机与底层执行部件接口的结构下,伺服驱动器和 I/O 模块处于同等级别,所以在程序运行时,I/O 模块处理数据的任务(I/O task)和运动控制任务(motion task)可以分别执行。这种任务处理进程使运动控制器与驱动器之间成为一个单一的接口,同时传送命令信息和反馈信息,能协调处理位置控制、速度控制和力矩控制等 3 种模式,并能在各种模式下自由切换,提高了系统的稳定性。控制流程可以描述为:由上位机发出实现何种控制(如注射的速度或压力控制)的指令,伺服驱动器将根据接收到的指令和实际状况,给出控制信号驱动电机旋转,电机通过皮带与滚珠丝杠相连,将圆周运动转换成直线运动,实现速度、压力或位置的控制。

2 软件系统的设计及人机界面

系统的程序编写使用的是德国的 CoDeSys 软件,它是基于 IEC61131-3 标准定义的自动控制系统的开发工具,适用于工业控制器和可编程控制器(PLC)组件的编程。当计算机中安装了 SERCOS II 控制卡后,将生成一个虚拟的高性能 PLC;RTE(real-time extension)实时系统,可以方便地进行程序调试和运行状态监控,并实现可视化。软件系统主要实现的功能有 3 个。

- 1) 各种限位开关、报警灯的定义及地址分配,以及采集的温度、压力传感器数据的运算处理。
- 2) 操作面板上按键的处理。要求按钮通过 I/O 模块控制加工过程,并能根据加工工艺不同进行面板的设计、按键功能的定义。
- 3) 注塑加工的主程序及故障诊断、报警显示等辅助程序。要求可以实时监控加工的实际情况。

软件在结构上采用前后台型。前台程序是实时中断程序,实现伺服、故障诊断和状态监控等功能,由 RTE 实时系统来实现。后台程序是实现输入、语法分析、数据处理及管理功能的程序,由 PLC 软件(这里是 CoDeSys 软件)来实现。根据任务处理的性质和扫描方式的不同,输入输出控制和运动控制是并行处理的,这样就能保证 I/O 采集到的数据对输出控制的实时性,确保了运动控制的高速和高精度^[6]。控制体系的结构如图 3 所示。

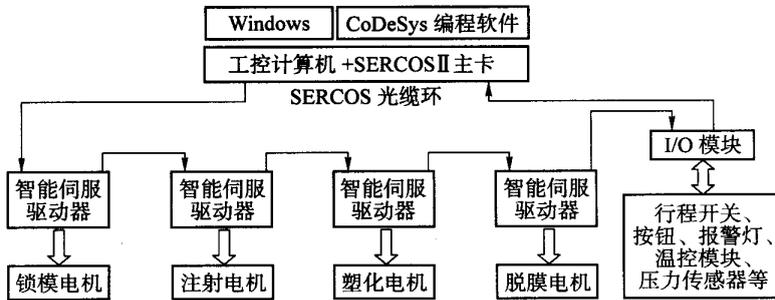


图 3 控制系统架构图

Fig.3 Frame of controller system

输入输出控制主要对 I/O 适配器的各输入输出模块进行地址分配,并对手动控制面板的按钮进行定义。利用基于 SERCOS 接口的 I/O 输入输出模块,包括以上功能以及温度和压力等模拟量接口模块控制在内的所有任务,都可在计算机内由软件来实现。运动控制任务中包含了手动、半自动(一次注射到顶出的全过程)、全自动(连续工作模式)等主程序和塑化计量、注射保压、温度控制等功能块(子程序)。程序运行时将调用每个功能块,由功能块返回需要的值。图 4 所示为运动控制程序示意图。

调用 CoDeSys 软件的 Visualization 中的仿真模块可以建立人机界面(HMI)。图 5 所示为过程监控界面,可以实时观察注塑过程的状态,在线显示注塑过程中的各种参数。为了对注塑过程的各种状况进行有效的管理,还可以建立温度控制、模具文件等界面。

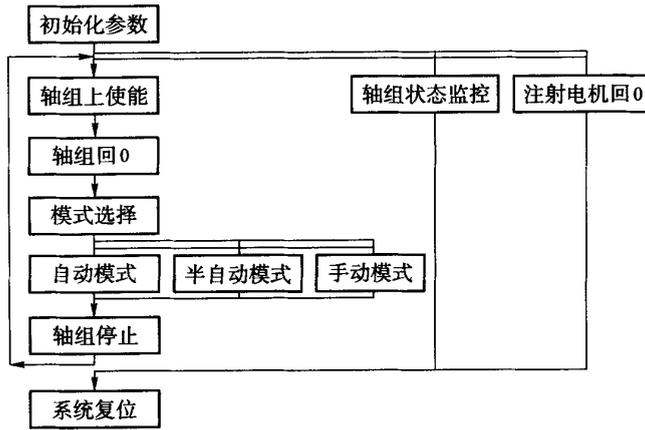


图4 运动控制程序示意图

Fig.4 Sketch chart of motion control

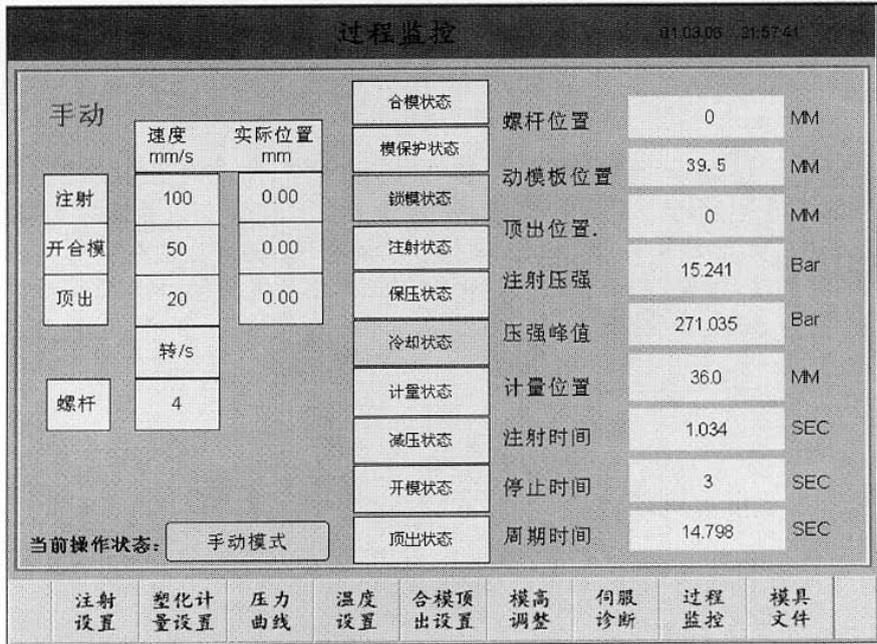


图5 过程监控界面

Fig.5 Menu of process monitor

3 结论

实际调试中,注射量最大可达 80 cm³,当最大注射速度为 200 mm/s 时,注射时间能控制在 0.5 s;另一方面,由于注射伺服电机单步旋转的最高精度可达 ± 40",因而计量精度能控制在 μm 级,只要安装了高精密模具,就能实现注射的高精度. 试验样机 3 个月的连续运行情况表明,该设计实现了注射的高速、高精度以及短周期循环,具有很好的应用价值.

参考文献:

- [1] 李德群. 现代塑料注射成型的原理、方法与应用[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2005.
- [2] 陈卫福, 杨建武. 开放式数控系统及 SERCOS 接口应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

- [3] 康存锋, 陈卫福, 黄旭东. 基于 PC 的开放式数控系统[J]. 北京工业大学学报, 2001, 27(3): 375-377.
KANG Cun-feng, CHEN Wei-fu, HUANG Xu-dong. Open NC based on SERCOS [J]. Journal of Beijing University of Technology, 2001, 27(3): 375-377. (in Chinese)
- [4] 康存锋, 陈卫福, 黄旭东. 基于 SERCOS 技术实现高速高精度运动控制[J]. 制造技术与机床, 2002(6): 8-9.
KANG Cun-feng, CHEN Wei-fu, HUANG Xu-dong. High speed and precision motion control based on SERCOS [J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2002(6): 8-9. (in Chinese)
- [5] 蔡文远, 张锋杰, 陈明, 等. 诱导式全电动注塑机的研究及开发[J]. 中国塑料, 2004, 18(6): 84-86.
CAI Wen-yuan, ZHANG Feng-jie, CHEN Ming, et al. Research and development on inducing fully electrical injection molding machine[J]. China Plastics, 2004, 18(6): 84-86. (in Chinese)
- [6] 康存锋, 杨建武, 费仁元, 等. 开放式 PC 型运动控制器的研究[J]. 中国机械工程, 2004, 15(9): 800-802.
KANG Cun-feng, YANG Jian-wu, FEI Ren-yuan, et al. Study on the open motion controller based on PC [J]. China Mechanical Engineering, 2004, 15(9): 800-802. (in Chinese)

Application of Sercos on Fully Electric Designs of Injection Molder

KANG Cun-feng, FANG Qing-hua, MA Chun-min, HUANG Xu-dong

(College of Mechanical Engineering and Applied Electronics Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: To improve the precision and efficiency of the traditional injection Molding machine, a control method of fully electric injection molder is introduced. With a summary of real-time data exchange based on SERCOS II, the concept of motion control and the hardware system are mainly included. During the period of a 3-month successive test operation, the molding period can be dominated in 15 seconds when the system cycle-time is 4 ms and the injection max-volume is 70 cm³, and the product conforms well to quality and precision.

Key words: real-time system; injection molding; SERCOS II; electronic equipment manufacture