

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.09.016

全电动注塑机注塑压力在线测量新方法^{*}

陈金伟^{1,2}, 杨铃¹, 杨崇岭^{1,2}, 孔萍^{1,2}

(1. 广东轻工职业技术学院轻化工程系, 广州 510300; 2. 广东高校高分子材料加工工程技术开发中心, 广州 510300)

摘要: 针对目前全电动注塑机注塑压力测量方法存在的缺点, 在现有的注塑压力荷重元基础上首次提出了一种新的测量方法。该方法利用材料泊松比为定值的原理, 在荷重元弹性壳体上沿径向开槽对称地安装两个平面应变传感器, 从而实现对注塑压力的测量。该方法与传统方法相比最大的区别是不需在弹性壳体上粘贴应变片, 其具有以下特点: ①使用者可以自行制造荷重元弹性壳体, 大幅降低测量系统的成本; ②极大方便安装及拆卸应变传感器, 提高维修效率, 如果荷重元的应变传感器损坏, 只需旋松螺钉去掉应变传感器并更换即可; ③输出信号具有良好的线性; ④需要使用者自行标定。

关键词: 全电动注塑机; 注塑压力; 在线测量

中图分类号: TQ320.5+5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)09-0073-05

A New Method of Online Measuring Injection Pressure of All-electric Injection Machine

Chen Jinwei^{1,2}, Yang Ling¹, Yang Chongling^{1,2}, Kong Ping^{1,2}

(1. Department of Chemical Engineering, Guangdong Industry Technical College, Guangzhou 510300, China; 2. Technology Development Center for Polymer Processing Engineering of Guangdong Colleges and Universities, Guangzhou 510300, China)

Abstract: Aiming at the weakness of injection pressure measurement of all-electric injection machine at present, a new method of measuring injection pressure on the basis of traditional injection pressure load cell was proposed. This new method was that two plane strain sensors were symmetrically installed on the load cell body along the radial slot in order to measure the injection pressure by using the principle that material poisson's ratio was constant. This new method thoroughly changes the traditional mode of bonding strain gages on the load cell body, so it can allow users to make the load-cell by themselves. This new method has the following characteristics: ① The users can make the load cell body by themselves which greatly reduces the cost of the measurement system. ② It is greatly convenient for installing and disassembling the strain sensors and improves the efficiency of maintenance, if strain sensor installed on load cell body is damaged, the users simply only unscrew the screws, remove the sensors and replaced it. ③ Output voltage signal has a good linear characteristic. ④ This new method needs the users to calibrate the measurement chain by themselves.

Keywords: all-electric injection machine; injection pressure; online measurement

我国是塑料制品的消费大国, 消费量每年以7%~8%的速度快速增长。在这期间, 油压-机械式注塑机扮演了重要角色。但一方面在能源日益匮乏、生态环境日益恶化的今天, 油压-机械式注塑机所消耗的能源越来越受到人们的重视和关注, 另一方面随着经济的发展, 传统的低水平代工已越来越多地被更高的产业所代替。如电子零件、数码相机、手机外壳以及光学器件的成型不仅对材料的要求很高, 而且对成型的精密性也提出了相当高的要求^[1-3]。而全电动注塑机以其优异的精密性及环保节能性正适应了这种要求, 因此越来越多的注塑机厂家开始研发、生产全电动注塑机。

要实现全电动注塑机的节能及注射成型精密

性, 对作为重要过程参数的注塑压力进行灵敏调节及在线控制是非常重要的。而实现这种在线控制的重要环节就是对注塑压力进行在线测量。这样才能根据螺杆实际的注塑压力来反馈控制电机的转速及扭矩输出, 从而更精确更灵敏地实现对注塑机成型制品质量的控制。所以注塑压力的在线测量一直是全电动注塑机研发的热点, 也是全电动注塑机设计过程中必须解决的关键性问题之一。

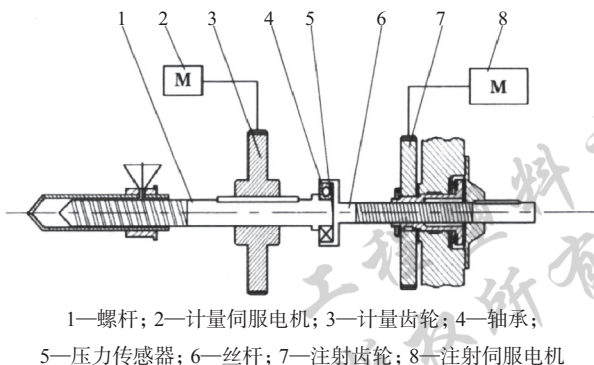
^{*} 广东轻工职业技术学院科研项目(KJ201112)和横向项目(HX2012-021)

联系人: 陈金伟, 硕士, 讲师, 主要研究方向为高分子材料加工工程

收稿日期: 2013-06-24

1 目前全电动注塑机注塑压力在线测量方法

全电动注塑机的射胶系统与传统液压注塑机一样需要完成两个过程:塑化和注射。对注塑压力的监测其实是对电机驱动螺杆前推力的监测。全电动注射系统通过电机提供动力带动螺杆完成物料塑化及注射动作,无法像液压注射系统那样通过测量液压值来监控注塑压力。目前全电动注塑机采用的比较成熟的测量方法是在滚珠丝杠副和注射螺杆的结合部安装压力传感器,用于测定注射过程中的注塑压力大小,然后将信号接入注塑机的控制系统进行压力闭环控制,以确保注射、保压和背压过程的压力控制精度^[4],压力传感器的安装示意图如图1所示。这种压力传感器通常称为称重传感器或者荷重元(如无特别说明,文中的荷重元均为测量注塑压力的荷重元)。



1—螺杆; 2—计量伺服电机; 3—计量齿轮; 4—轴承;
5—压力传感器; 6—丝杠; 7—注射齿轮; 8—注射伺服电机

图1 全电动注塑机荷重元安装示意图

荷重元主要是由承受载荷的钢质弹性壳体和信号放大装置两大部分组成。其中弹性壳体上粘贴有能够测量其形变的应变计(应变片),并将形变转换成与之正相关的电压信号输出。放大装置则是将弹性壳体端输出的毫伏电压信号放大为注塑机控制系统接受的电压信号,通常为 $0 \sim \pm 10 \text{ V}$ 。按放大器与弹性壳体分离与否主要分为两类:一种是弹性壳体与放大装置分开的分离型注塑压力荷重元;一种是弹性壳体与放大装置结合的集成型注塑压力荷重元。如图2和图3所示。

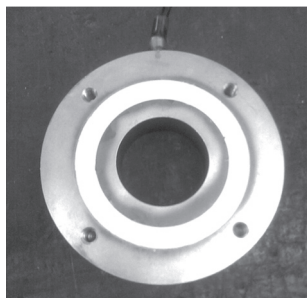


图2 分离型注塑压力荷重元



图3 集成型注塑压力荷重元

目前该荷重元存在的主要问题:

- (1) 如果粘贴在荷重元壳体上的应变计损坏,需拆卸整个壳体,拆装极不方便,造成后期维护困难;
- (2) 需要在弹性壳体上粘贴应变片,其过程需要专业人员实施且费时费力。因此生产厂家均从专业传感器厂家订购荷重元,大大增加了设备成本。

2 全电动注塑机注塑压力测量新方法

为了解决以上问题,笔者采用了一种新的测量方法。新方法的荷重元安装位置与传统荷重元安装位置一样,也是安装于滚珠丝杠副和射胶螺杆的结合部。但该方法与传统荷重元相比最大的区别是不需在弹性壳体上粘贴应变片,而是将粘贴应变片改为沿径向开槽安装两个平面应变传感器,如图4所示。图4中圈内为粘贴的应变片。

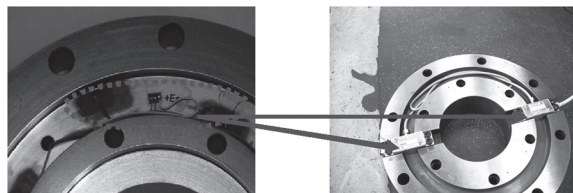


图4 新的测量方法将粘贴应变片改为安装平面应变传感器

安装的传感器采用两个并联的平面应变传感器来测量弹性壳体应变,并输出毫伏(mV)电压信号。两个并联平面应变传感器的应变计组成一个全桥测量电路,可以对弹性壳体的形变进行准确的测量,如图5所示。

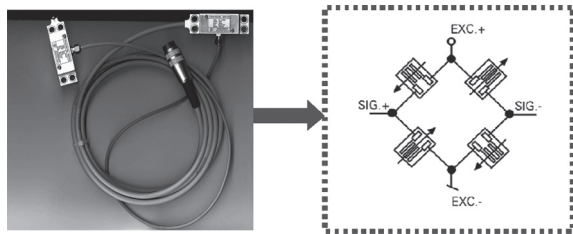


图5 两个并联的平面应变传感器

通过以上设计可以将粘贴应变片的繁杂工作彻底摒弃,使用者完全可以自己设计制造弹性壳体,然后在弹性壳体上安装两个平面应变传感器即可获

得一个可感知弹性壳体受力大小的荷重元,如图6所示。相对于传统荷重元,由该方法得到的荷重元的应变传感器若有部分损坏,只需旋松螺钉去掉平面应变传感器并更换新的传感器即可,无须拆掉整个荷重元,因此维护效率得到极大提高。

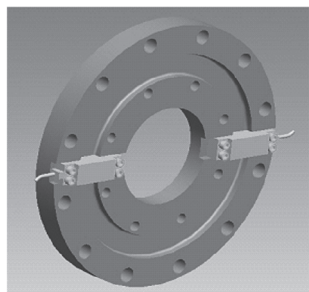


图6 安装平面应变传感器的荷重元示意图

2.1 新测量方法的原理

在全电动注塑机中,滚珠丝杠副将电机的旋转运动转换为直线运动,滚珠丝杠副通过挤压压力传感器将力传递给螺杆,实现螺杆的前推注射动作,如图7所示。图7中深色部分为压力传感器,箭头为前推作用力,即注射作用力。

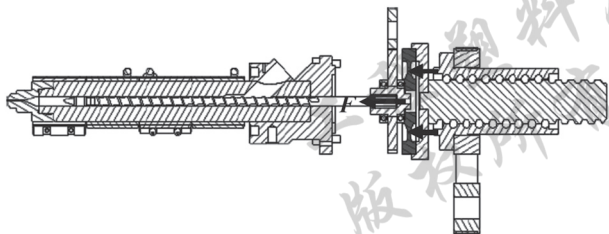


图7 荷重元受力示意图

根据材料力学的原理^[5],当应力不超过某一限度时,同一种材料的横向线应变与纵向线应变之比的绝对值为常数,即泊松比 μ 。

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right|$$

式中: ε' ——材料的横向线应变;

ε ——材料的纵向线应变。

根据这个原理,只要通过测量其横向线应变即可测得其轴向的受力,而弹性壳体轴向的受力即为注射力(由系统内力、外力及相互作用力等力学基本原理很容易得出该结论)。因此沿弹性壳体径向安装上一个可以测量其横向形变的平面应变传感器,便可以测得其横向线应变,而泊松比为常数,则横向线应变与纵向线应变正相关,而纵向线应变又与弹性壳体轴向受力正相关,故可以用横向线应变来表征弹性壳体轴向受力即注塑压力的值。在这里横向线应变类似弹性壳体向周围“扩张”,因此把此

类传感器可称为张力型传感器。相应组成的荷重元称之为“张力型荷重元”。

2.2 新测量方法的测量链

新测量方法的测量链如图8所示,注射前推力作用于弹性壳体产生的形变经由张力型荷重元采集转变为毫伏电压信号,然后经放大装置放大成为0~10 V电压信号进入注塑机控制系统,从而形成闭环控制系统,实现对注塑压力的精准控制。

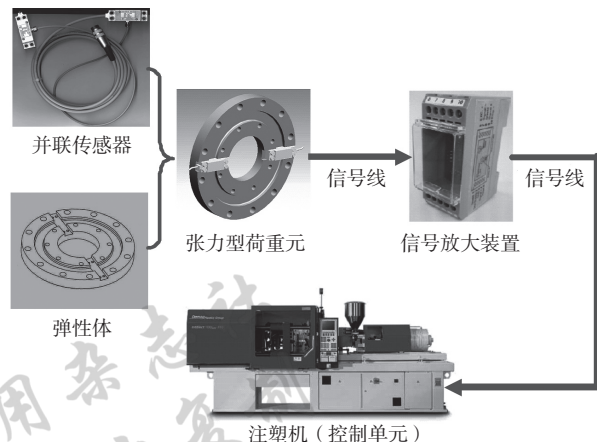


图8 注塑压力新测量方法的测量链

(1) 弹性壳体。

弹性壳体的设计客户完全可以根据机器的安装尺寸要求进行设计并制造,材料要求使用质量较好的合金钢,所有材料的屈服强度要大于设计应力。

(2) 信号放大装置。

选用适用于全桥电路信号放大的放大器,将平面应变传感器测量端得到的毫伏信号放大为标准的0~10 V信号。建议选用数字智能型放大器且该放大器须具有根据需要可进行任意测量范围标定的功能,如可以在0~1000 kN力范围内输出0~10 V信号,0~10 kN力范围内也可重新标定后输出0~10 V信号,这样可以提高测量系统的灵敏度和精确度。因为注塑压力通常不大,尤其是背压。

(3) 信号线。

信号线应采用质量上乘、屏蔽良好PVC信号线,以防信号传递过程中的损失。

3 全电动注塑机注塑压力测量新方法的标定

采用该方法组成的测量系统因是使用者自行制作及组装而成,所以需要使用者自行标定后才能使用。标定即是通过一定的手段来确定仪器或测量系统的输入-输出关系。针对张力型荷重元注塑压力测量系统,标定即是确定注塑压力与传感器输出电压间的对应关系,简单说即是“多大的电压值对

应多大的注塑压力”。将这两者之间的比例关系确定以后,才能使用该传感器测量注塑压力。因此标定对该测量系统是非常重要而且必要的。标定的关键是要获取一系列的已知标准力,然后将其施加在测量系统上,从而得到一系列的输出电压值。

对该测量系统进行标定主要有以下3种方法。

(1) 使用材料万能力学性能试验机对弹性壳体施加一系列的已知作用力,测出相应的输出电压信号,得出相应的输入-输出关系。该标定方法需要企业配备万能材料力学性能试验机。万能材料力学性能试验机如图9所示。

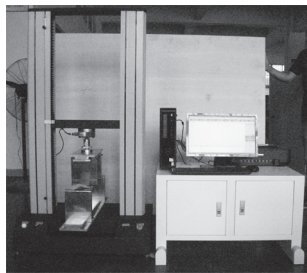


图9 利用万能材料力学性能试验机进行标定

(2) 使用喷嘴注塑压力测量系统测出注塑压力绝对值,如图10所示,然后与荷重元的电压输出信号进行标定比对,得出对应的正相关关系。这种喷嘴注塑压力测量系统可以避免安装熔体压力传感器时必须在喷嘴处钻孔这一缺点。

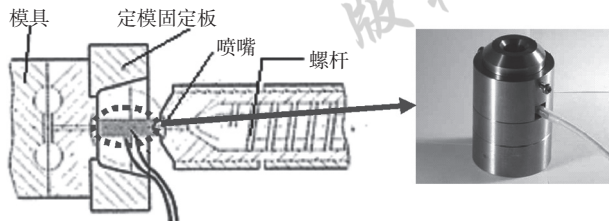


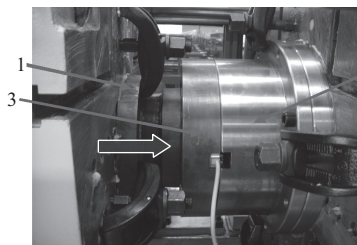
图10 喷嘴注塑压力测量示意图

该标定方法需要厂家配备喷嘴注塑压力测量系统。

(3) 可以采用锁模力传感器^[6]进行标定。目前锁模力传感器已经广泛应用于注塑机生产及塑料制品企业。可以利用该仪器获取已知的标准力,实现对这种新注塑压力测量系统的标定。

a. 对注塑机厂常用的假模进行改造,如图11所示。将张力型荷重元安装在假模2上,将安装了荷重元3的假模固定在注塑机两个模板间。合模后,通过假模1挤压荷重元3。图11中的粗箭头表示锁模力施加的方向。

b. 将信号放大装置与传感器连接,如图12所示。图12中圆圈内为信号放大装置;右边深色箭



1—假模1;2—假模2;3—张力型荷重元

图11 利用锁模力传感器进行标定

头所指端为信号输入端;左边浅色箭头所指端为信号放大输出端。

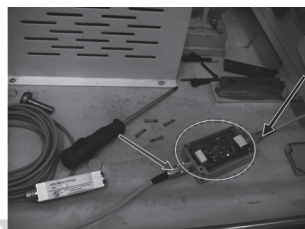


图12 连接信号放大装置

然后将输出信号线(通常为7针)按图13所示接线方式与注塑机控制系统连接(6针信号负-OUT要与电源负GND连接,即与3,7针并接在一起,4针Reset接电源正+Vs进行置零)。

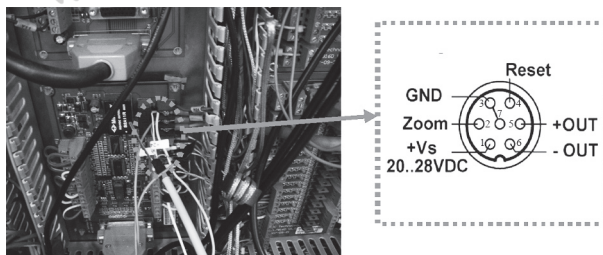


图13 7针输出信号线与控制系统的接线

c. 将锁模力测量仪安装在注塑机拉杆上,测量锁模力。

d. 利用万用表测量此时的输出电压信号。测量不同锁模力时输出的电压信号,得出电压信号与力之间的线性比例关系,从而实现标定。

笔者在工厂现场利用该方法对该测量系统进行了标定,获得数据如表1所示。

根据表1绘制相应曲线如图14所示。由图14可以看出,输出电压信号线性良好。

4 结论

针对目前全电动注塑机注塑压力测量方法存在的缺点,在现有的注塑压力荷重元基础上提出了一种新的测量方法。该方法利用材料的横纵向线应变之比为常数的原理,通过径向安装并联的平面应变传感器取代了传统荷重元粘贴应变片的方式,让

表1 负载与输出信号数据表

负载 / kN	输出电压 / V
50	2.56
60	3.01
70	3.47
82	4.07
98	4.85
118	5.84
140	6.93
160	7.93
180	8.91
190	9.4
198	9.79

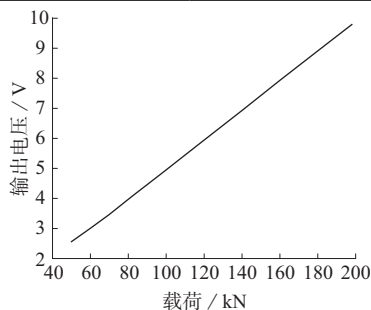


图14 输出电压与载荷间的线性关系

使用者可以自行制作荷重元。

该方法具有以下特点:①使用者可以自行制造荷重元弹性壳体,大幅降低了测量系统的成本;②极大方便安装及拆卸应变传感器,提高维修效率;③输出信号具有良好的线性;④需要使用者自行标定。

参考文献

[1] 傅南红,张建国,高世权. 环保式伺服电动注塑机控制技术研究

[J]. 橡塑技术与装备,2002,28(8):44-47.

Fu Nanhong, Zhang Jianguo, Gao Shiquan. Study on control technique of green servo-electric operated injection molding machine[J]. China Rubber / Plastics Technology and Equipment, 2002,28(8):44-47.

[2] 林宏权,蒋卫东,林达. 全电动式注塑机的发展现状及展望 [J]. 塑料工业,2005,33(4):1-4.

Lin Hongquan, Jiang Weidong, Lin Da. Present situation and prospect of fully electric injection molder[J]. Plastics Industry, 2005,33(4):1-4.

[3] 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 Wenyuan, Zhang Fengjie, Chen Ming, et al. Research and development on inducing fully electrical injection molding machine[J]. China Plastics,2004,18(6):84-86.

[4] 许忠斌,李春会,王珏,等. 高效节能全电动注塑机的研究与开发 [J]. 化工机械,2009,36(5):439-444.

Xu Zhongbin, Li Chunhui, Wang Jue, et al. Researches and development of high-efficient and energy-saving all-electric injection molding machines[J]. Chemical Machinery,2009,36(5):439-444.

[5] 陈传尧. 工程力学 [M]. 北京:高等教育出版社,2006.

Chen Chuanyao. Engineering mechanics[M]. Beijing:Higher Education Press,2006.

[6] 陈金伟, Schlaepfer B. 注塑机锁模力测量新技术 [J]. 工程塑料应用,2010,38(2):75-77.

Chen Jinwei, Schlaepfer B. New measurement techniques of injection molding machine clamping force[J]. Engineering Plastics Application,2010,38(2):75-77.

原料提振致 PET 价格阶梯攀升

近期 PET 市场价格节节冲高,以华东地区水瓶级瓶片为例,价格由 7 月 9 日的 9700 元 /t(含税)涨至 8 月 23 日的 10350 元 /t(含税),涨幅达 6.70%。

同周期内,上游原料 PTA 价格涨幅达 12.33%,乙二醇价格上涨 1.97%,形成有力的成本助推,提振聚酯瓶片市场信心,主要生产企业如海南盛之业、江阴澄高等有意调高出厂报价。业内人士称,贸易商手中库存相对低位,下游为求正常开工逐渐接受小幅提价,成交量呈逐渐放大趋势。

综合来看,生意社橡塑分社 PET 分析师范婷璐预计,短期内 PET 价格仍将高位盘整。(生意社)

家电新标准将强制要求使用不燃或阻燃材料

预计今年底,《电器产品消防安全通用要求》在与相关家电企业和协会充分沟通、达成共识后将正式颁布实施,这将使我国家电产品的防火性能提高到一个新高度。届时,空调、取暖器、厨房电器等家电的塑料外壳,都被强制要求使用不燃或阻燃材料。

中国阻燃学会委员韩颂青博士介绍,“这一电器消费安全标准出台背后,是近年来公安部消防局对家庭火灾统计后

发现,家电成为引发火灾的主要元凶。部里给消防局的压力很大,所以他们才急着要提升家电防火等级”。

公安部沈阳消防所的统计数据显示:2007~2011 年火灾物证鉴定中电器产品火灾案例占 13.11%。

目前,我国对家电的塑料外壳并未强制要求使用阻燃材料,只有在涉及绿色认证的印刷电路板等部件中,才会通过添加阻燃剂来增加防火性能。在欧美等国家,对于家电塑料外壳虽然未强制添加阻燃剂,但众多企业都主动遵守。

令家电企业感到担忧的是,一旦上述标准实施,在推高家电防火性能的同时,也将带来企业生产成本的增加。不过,相关人士透露,“使用阻燃剂并不会给家电企业带来较大的成本压力。以使用溴系阻燃剂为例,企业生产成本一般在 10~20 元”。

中国阻燃剂学会秘书长周政懋教授也认为,“阻燃剂是电子、电器、建筑材料等产品必须使用到的添加剂,主要有溴系、无卤。其中,以溴系阻燃剂在中国市场的应用普及最为广泛,具备阻燃效率高、耐热性佳、适用面积广、价格适中等特点,在目前所有溴系阻燃剂中 77 种产品都是绿色环保,可以大量使用”。(慧聪网)