

橡胶冷喂料挤出机综合控制方法

陈超¹, 陈乐庚¹, 谭开顺², 刘海燕¹, 张贵¹

(1. 桂林电子科技大学 计算机科学与工程学院, 广西 桂林 541004; 2. 桂林泓成橡塑科技有限公司, 广西 桂林 541004)

摘要:通过分析挤出压力、挤出量和螺杆转速之间的关系说明传统橡胶冷喂料挤出机在生产中存在的问题。介绍采用挤出压力控制的新型挤出机及其不足, 并在此基础上提出了挤出压力和挤出量联合控制螺杆转速的新方法。新方法的控制结合不同段螺杆的几何结构参数值和胶料粘度修正值, 可综合改善挤出制品的质量与产量。

关键词:挤出压力; 挤出量; 螺杆转速; 反馈控制

中图分类号: TQ330.4⁺93; TP273

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2012)10-0626-05

橡塑制品挤出过程中的挤出机压力波动对挤出产品的尺寸精度影响极大, 而且挤出压力过大还会使挤出产品温度过高产生焦烧危险, 挤出压力过小则会造成产品内部密度稀疏。在挤出机和胶料确定时, 螺杆转速与挤出压力决定着挤出量, 因此研究挤出压力、螺杆转速和挤出量三者之间的关系对控制挤出制品的精度误差、稳定挤出量、提高挤出制品的产量具有十分重要的意义。本文主要从挤出压力、挤出量和螺杆转速的角度出发, 分析橡胶冷喂料挤出机生产中的挤出压力和挤出量控制。

1 挤出压力、挤出量和螺杆转速之间的关系

橡胶冷喂料挤出机的挤出过程一般分为3段, 即喂料段、塑化段和挤出段(计量段), 设顺流方向为 z 。根据大量的实验数据统计, 挤出过程中各段压力大致变化如图1所示。整个过程中压力最大值为机头压力 p_3 , 因此挤出压力控制指的就是针对 p_3 的控制。

1.1 挤出机数据采集

采用桂林泓成橡塑科技有限公司生产的XJD150×16D橡胶冷喂料挤出机, 控制方式采用转速闭环控制的常规生产方式, 材料采用该公司的试机胶料, 分两个口型进行试验, 口型1和2均为圆环形, 内径均为44 mm, 外径分别为56和50

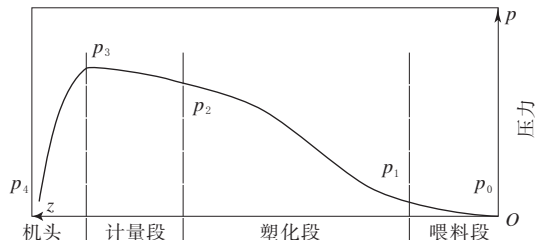


图1 挤出过程中各段压力大致变化

mm。挤出机喂料段、塑化段、挤出段和机头温度分别为50, 60, 70和70℃。

1.2 结果与分析

数据采集结果分别如图2~4所示。 n 为螺杆转速。

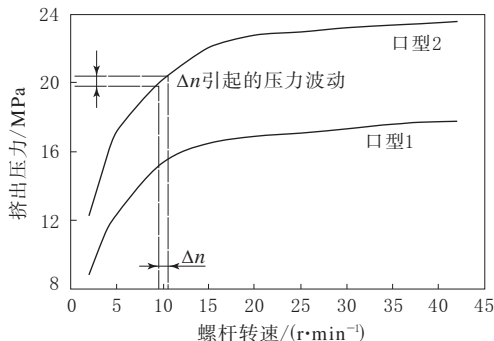


图2 挤出压力与螺杆转速的关系

(1)从图2可看出, 挤出压力随螺杆转速的增大而加大, 但因转速增大后胶料温度会变高, 进而使胶料粘度变小, 因此随着转速的增大, 压力增大的速率会变缓。当转速超过 $20 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 以后, 挤出压力与螺杆转速呈近似线性关系。另外, 口型大小对挤出压力影响极大, 口型越小, 压力越大。

作者简介:陈超(1986—), 男, 江西奉新县人, 桂林电子科技大学在读硕士研究生, 主要从事橡胶挤出机压力控制系统的智能研究。

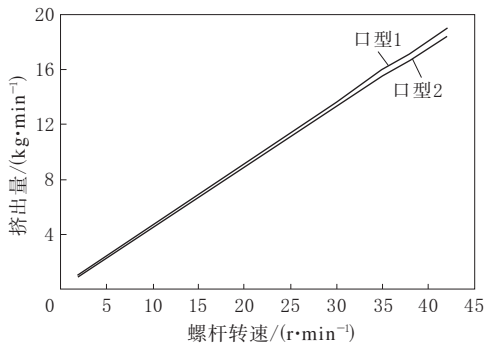


图 3 挤出量与螺杆转速的关系

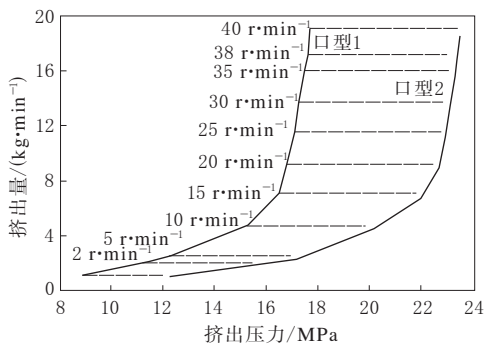


图 4 转速增大时挤出量与挤出压力的关系

(2)从图 3 可看出,挤出量随螺杆转速的增大近似线性增加。

(3)从图 4 可看出,同转速下,小口型(挤出压力大)的挤出量稍小于大口型(挤出压力小),且随着转速的增大越来越明显。当压力高到一定程度时,小范围的压力波动可能引起挤出量的较大波动。

(4)综合图 2~4 可以看出,同一转速下,挤出压力和挤出量都有小幅波动。高转速时的挤出量波动相对低转速时明显。

2 传统挤出机生产中存在的问题

挤出机在工作时,螺杆结构是不变的,对于某一制品所用口型也是不变的,但转速需要调整,否则会引起挤出压力和挤出量的变化。

(1)目前 90%的橡胶冷喂料挤出机螺杆转速由操作人员手动设定或直接输入,然后通过测速电机反馈的信号使螺杆转速稳定在人工设定或输入的值上。螺杆的实际转速与设定值的误差可以控制得很小。螺杆转速的控制并没有挤出压力或挤出量的反馈信号参与,挤出压力或挤出量的变化无法反馈使转速产生变化,从而使挤出压力或

挤出量稳定,只能通过操作人员的经验或工艺人员制定的操作规程定出一定挤出线速度下的螺杆转速。实际上,这个转速不一定是最佳的。

(2)小口型挤出机螺杆转速输入设定为 $10 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,很小的转速波动也会引起一定的挤出压力波动,进而影响挤出制品的质量。

(3)橡胶制品通过挤出机口型挤出后,除了具有沿挤出方向的线速度外,还会沿横截面方向膨胀,这些横向膨胀直接影响制品的断面尺寸,还会引起挤出线速度的变化。挤出压力越大时越明显。提高挤出量必须增大转速,转速增大时挤出压力也会增大,同时转速高时存在一定的挤出量波动,从而对后续联动线的生产造成影响。

针对以上问题人们提出并初步实现了挤出压力-螺杆转速闭环反馈控制方法。目前新的冷喂料挤出机约有 10%采用此控制方法,主要为钢丝覆胶挤出机、双复合挤出机和三复合挤出机等。

3 挤出压力-螺杆转速闭环控制

3.1 采用上下压差控制转速

目前国内外有一些采用上下压差控制转速的冷喂料挤出机,主要原理是设置下、上两个接近的压力值 A 和 B ($A < B$),当挤出压力传感器检测到压力值大于 B 时,输出电流信号使螺杆转速减小,压力传感器检测到压力值小于 A 时,输出电流信号使螺杆转速增大,压力传感器检测到压力值在 (A, B) 内,则不变化。

这种控制方法并没有获得推广,原因如下。

(1)这种控制方法不能稳定挤出量,且转速波动范围过大。由于没有考虑转速、挤出量与挤出压力的关系,转速不停地波动在挤出压力控制的范围 (A, B) 内被认为是合理的,因此会造成挤出量波动。特别是在被控制的压力值较高时表现尤为明显,根据图 2~4 可以假设,当螺杆转速超过 $20 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 后,挤出压力的波动值很小,即使压力传感器一直显示压力值为 22.8 MPa ,但转速在 $20 \sim 25 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 都可以被认为是正常的,从而导致挤出量在 $8.8 \sim 11.1 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$ 间波动。

(2)胶料在输送状态下是可以压缩、有弹性的熔融体,在输送过程中因螺杆转速的不稳定使得胶料存在惯性作用,故在检测点处的胶料存在压

缩、挤压,甚至回流的可能性,这就使得检测点处的压力值在转速波动情况下可能不同于流道内其他位置的压力,从而使控制系统稳定性变差,滞后性增强。

3.2 采用对数关系的挤出压力-螺杆转速的闭环反馈控制方法

采用对数关系实现的挤出压力-螺杆转速的闭环反馈控制方法原理为将检测到的压力信号进行放大,然后用放大的压力信号控制螺杆转速。针对特定的胶料和挤出机,有如下公式^[1]:

$$\Delta p = \frac{\alpha n \mu}{k + \beta + \gamma} \quad (1)$$

式中 Δp ——机头压力,即 p_3 ;

n ——螺杆转速;

μ ——生产时对应温度下胶料粘度;

k ——机头形状系数,仅与机头内腔流道及口型大小和形状有关;

α, β, γ ——正流、逆流和漏流系数。

$$\alpha = \frac{1}{2} \pi D H (t - ib) \cos^2 \theta$$

$$\beta = \frac{H^3 (t - ib) \cos \theta \sin \theta}{12 L}$$

$$\gamma = \frac{\pi^2 D^2 \delta^3 \tan \theta}{10 L i b}$$

式中, L 为螺杆工作长度, δ 为螺棱与机筒内壁间隙, D 为螺杆直径, H 为螺槽深度, t 为螺纹导程, b 为螺棱轴向宽度, i 为螺纹头数, θ 为螺纹升角。

此控制方法的最大优点是能使挤出制品的尺寸精度误差减小 30%~60%,降低对操作人员经验和熟练度等方面的要求,降低挤出制品的废品率。其次是有对应的挤出压力与转速的关系,一般不会出现上下压差控制方法中压力较小变化却引起螺杆转速较大变化的情况,从而能控制转速,达到稳定挤出量的目的。此控制方法稳定性比上下压差控制好,多用于复合挤出机。

但是此种控制螺杆转速的方法依然存在以下几个问题。

(1)在螺杆转速稳定性方面比传统挤出机稍差。传统挤出机对螺杆转速直接进行闭环控制。而对数关系实现的挤出压力-螺杆转速的闭环反馈控制方法是利用挤出压力的反馈控制螺杆转

速,有一定的滞后性。另外,通常在计算中把所需的螺杆转速与挤出压力控制的那段范围进行线性化处理,即

$$n = \frac{\Delta p (k + \beta + \gamma)}{\alpha \mu} \quad (2)$$

但实际上转速与压力并不呈线性关系。尽管挤出压力波动非常小,但胶料粘度仍会因温度变化等多种原因产生变化,运算放大元件里设定的挤出压力-电压转换关系也应该是动态的,但这种动态转换关系很难实现。此外还有仪器精度和外部干扰等问题。因此此控制方法在螺杆转速稳定性上比传统方法稍差。

(2)挤出量存在波动的问题。由挤出流量 Q 公式^[1]

$$Q = \alpha n - \beta \frac{\Delta p}{\mu} - \gamma \frac{\Delta p}{\mu} \quad (3)$$

可以看出,当 n 不稳定时,正流体积流量 αn 也会不稳定,从而导致体积流量 Q 不稳定,进而制约了挤出制品产量的进一步提高。

4 挤出压力、挤出量联合控制螺杆转速

针对以上问题,本工作在采用对数关系实现的挤出压力-螺杆转速的闭环反馈控制方法的基础上,提出一种挤出压力和挤出量联合控制螺杆转速的方法,如图 5 所示。

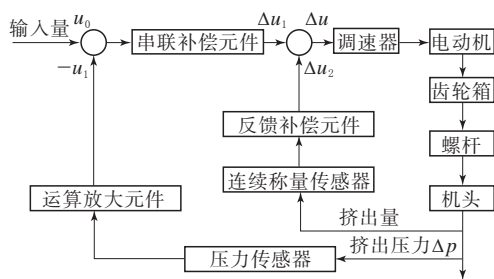


图5 挤出压力和挤出量联合控制螺杆转速的方法

(1)主回路为挤出压力-螺杆转速的闭环反馈控制。给定输入量为期望挤出压力 Δp 对应的电压值 u_0 ,输出量为挤出压力值 Δp ,利用压力传感器将检测到的压力信号进行放大,然后通过运算放大元件里设定的挤出压力-电压转换关系得到反馈电压 u_1 ,通过 u_0 与 u_1 的差值调整螺杆转速 n ,从而实现挤出压力 Δp 的稳定控制,达到减小产品尺寸精度误差的目的。

(2)内回路为挤出量与螺杆转速闭环反馈控制,由公式(1)和(3)消除 Δp ,得到螺杆转速与挤出量的关系:

$$Q = \frac{\alpha k n}{k + \beta + \gamma} \quad (4)$$

挤出体积流量与单位时间挤出量存在线性比例关系,因此根据式(4),连续称量传感器检测到挤出量发生变化时,根据检测的质量与期望质量的差值,通过反馈补偿元件里设定的挤出量-电压的转换关系得到电压 Δu_2 ,最终通过 Δu 调整螺杆转速,在挤出压力稳定的情况下控制挤出量的稳定。此外,还可以根据实际需要调节反馈补偿元件中关于 Δu_2 的权重。

这种方法的优点如下。

(1)保持了挤出压力控制螺杆转速方法减小挤出制品精度误差、降低挤出制品废品率的优点。

(2)可对挤出量的波动进行较快和较稳定的控制。

(3)降低对操作人员工作经验和能力的要求,便于后续联动线生产。

(4)提高螺杆的转速(高压稳定、挤出量稳定的情况下可以对挤出机的口型和流道等进行修改,从而得到理想的挤出制品尺寸精度)、提高生产效率。

(5)降低传感器灵敏度和精度对系统的影响。

值得注意的是,在实际生产中由于各段的温控要求不同、螺杆的几何结构不同等原因,应该引入一定转速下的实测参数值或经验参数修正螺杆转速的控制关系。由于喂料段一般较短,且胶料在这段受到的压力较小,可设 $p_1 = 0$,又因螺棱与机筒内壁间隙非常小(本试验用挤出机为 0.5~0.6 mm),故可以忽略漏流系数 γ 的影响,令 $\gamma = 0$,根据体积流量公式(3)及机头体积流量公式^[1],代入相应参数可得

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{塑化段: } Q_2 = \alpha_2 n - \beta_2 \frac{p_2}{\mu_2} \\ \text{挤出段: } Q_3 = \alpha_3 n - \beta_3 \frac{p_3 - p_2}{\mu_3} \\ \text{机头: } Q_4 = k \frac{p_3 - p_4}{\mu_4} = k \frac{p_3}{\mu_4} \\ Q_4 \approx Q_3 \approx Q_2 \\ \mu_3 \approx \mu_4 \end{array} \right.$$

联立可求出

$$n = \frac{\beta_3 + \frac{\beta_3 \mu_2 k}{\beta_2 \mu_3} + k}{\mu_3 \alpha_3 + \frac{\beta_3 \mu_2}{\beta_2} \alpha_2} p_3 \quad (5)$$

对式(4)变形,代入参数可得

$$n = \frac{k + \beta_3}{\alpha_3 k} Q_4 \quad (6)$$

用式(5)和(6)进行螺杆转速控制,其中 α, β 和 μ 等参数的修正方法可参考文献[1]。也可以用别的方法来修正,如文献[2]中所述各螺杆几何参数与挤出压力关系及非牛顿液体流量的图算法^[3]等。

5 结语

理想的挤出机压力控制系统应该是一个挤出压力、温度和挤出量等多变量的综合控制系统,包含整个挤出过程的控制,因此必须知道控制系统各环节的传递函数,才能判断控制系统的稳定性。由于挤出过程是一个非常复杂的非线性过程,可变因素多、各因素之间存在交织作用,挤出理论的研究又不够完善,涉及很多不确定的因素,往往只能采用很多省略方法来简化,因此综合控制相当困难。目前还没有一种较理想的能综合考虑各个变量的挤出压力智能控制系统。因此,目前研究及生产的重点还是如何更好地实现挤出压力-螺杆转速的闭环反馈控制。

本工作对目前存在的方法进行优缺点分析,并在此基础上提出了挤出压力和挤出量联合控制螺杆转速的方法,适用于挤出机技术向产品收缩形变更小、尺寸精度更高、挤出速度更快和挤出产量更大方向的发展。

参考文献:

- [1] 唐国俊,吕健斌. 橡胶机械设计(上)[M]. 北京: 化学工业出版社,1984:266-281.
- [2] 唐跃,吕柏源. 橡胶冷喂料挤出机螺杆参数与机头压力实用数学模型的研究[J]. 特种橡胶制品,1995,16(3):36-40.
- [3] 吕柏源,唐跃,赵永仙,等. 挤出成型与制品应用[M]. 北京: 化学工业出版社,2002:115-160.

Systematic Control of Cold Feed Rubber Extruder

CHEN Chao¹, CHEN Le-geng¹, TAN Kai-shun², LIU Hai-yan¹, ZHANG Ben¹

(1. Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China; 2. Guilin Hi-cheng Rubber Machinery Co., Ltd, Guilin 541004, China)

Abstract: The relationship between the extrusion pressure, extruder output and screw rotation speed was analyzed, which was used to explain the problems of traditional cold feed rubber extruder during production. The new type extruder with extrusion pressure control and its disadvantages were also introduced. Based on that, a new method of screw speed control by combined control on extrusion pressure and extruder output was proposed. The new control method took into account the geometrical structure parameters of different parts of the screw and correction to compound viscosity, and could improve the quality and output of extruded products.

Key words: extrusion pressure; extruder output; screw rotation speed; feedback control

我国轮胎出口品牌战略起步

中图分类号: TQ336.1⁺1 文献标志码: D

2012年上半年,面对世界经济持续低迷、轮胎市场需求不旺和多个国家的双反贸易摩擦等不利因素影响,我国轮胎行业加快推动绿色轮胎投放国际市场,实现子午线轮胎技术成套出口,走出了一条从产品出口到品牌营销之路。这是2012年8月上旬在青岛召开的2012年全国轮胎出口工作会议上传出的消息。

据了解,为了在国际市场树立良好的企业品牌,风神轮胎股份有限公司全部使用绿色环保原材料,率先在全球实现了子午线轮胎系列产品100%绿色制造,推出绿色轮胎上市。三角牌、双钱牌、朝阳牌、风神牌、玲珑牌载重子午线轮胎也先后被美国环保署评为绿色轮胎,在国际市场受到了好评,其出口也保持了一定的增长。

中国橡胶工业协会轮胎分会秘书长蔡为民指出,在做产品出口的同时,部分企业开始向国外输出轮胎成套技术和到国外建厂,实行品牌输出,效果良好。

据悉,河南好友轮胎有限公司上半年与乌兹别克斯坦相关部门正式签订合同,以成套技术输出的形式,帮助该国建设年产1 000万条全钢子午线轮胎项目,实现子午线轮胎技术成套出口。目前,沙特阿拉伯、坦桑尼亚也通过销售商的引荐,与好友轮胎公司就半钢子午线轮胎综合项目达成了初步合作意向。

杭州中策橡胶有限公司将在泰国罗勇工业园

打造我国首个国外汽车和摩托车轮胎生产基地的消息也让行业为之振奋。据了解,该项目投资10亿元,建成后将形成年产60万条全钢载重子午线轮胎、100万条摩托车轮胎、300万条半钢载重子午线轮胎的规模,实现“国外生产,国外销售”的品牌输出战略。

针对国内有9家企业的11个商标被日本等国家的国外公司恶意抢注这一事件,蔡为民特别提醒轮胎企业,在全球加大宣传、树立品牌的同时,要与国外轮胎代理商或经销商共同努力,保护出口轮胎商标注册权。

(摘自《中国化工报》,2012-08-17)

一种履带式特种车辆行走系统的橡胶扭簧装置

中图分类号: TQ336.4⁺2 文献标志码: D

由天津建筑机械厂申请的专利(公开号 CN 202242848U,公开日期 2012-05-30)“一种履带式特种车辆行走系统的橡胶扭簧装置”,涉及的橡胶扭簧装置包括带内花键的金属内套、金属外套、中间夹层的橡胶、摇臂、行走轮合件和支架。橡胶扭簧的内套与橡胶内壁牢固地硫化粘接,外套与橡胶外壁硫化粘接,摇臂轴通过轴头的外花键与内套的内花键连接,外套与支架上的套通过过盈变形产生的摩擦阻力抵抗和传递外载荷。该橡胶扭簧装置保证了车辆行驶的平稳性和可靠性,且制造、维修成本低。

(本刊编辑部 马 晓)