

注塑成型熔体温度的研究

许文耀, 岑运福

(华南理工大学 工业装备与控制工程学院, 广东 广州 510640)

摘要: 综述了国内外熔体温度的研究现状, 得出他们研究当中存在的不足, 并指出熔体温度研究中应该解决的问题, 最后针对问题, 讨论了熔体温度研究的方向, 指出在熔体温度的研究当中引入人工神经网络的意义。

关键词: 注塑成型; 熔体温度

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)01-0031-04

Study on Injection Molding Melt Temperature

XU Wen-yao, SHEN Yun-fu

(Faculty of Industrial Equipment and Control Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: On the basis of the analysis of current foreign and domestic development in melt temperature, the paper points out the limitations of their study, and some problems expected to be solved. Finally, it discusses the direction of melt temperature research, and emphasizes the significance in introducing the artificial neural network to melt temperature study.

Key words: injection molding; melt temperature

0 引言

注塑成型是塑料成型方法当中最重要的加工方法之一, 注塑成型在塑料制件成型中占有很大的比重, 注塑成型制品约占塑料制品的 20%~30%, 世界上注射模具产量约占塑料成型模具总产量的 50%^[1]. 在注塑成型加工过程中, 在模具和制品确定之后, 注塑工艺参数的选择和调整对制品的质量将产生直接的影响. 而在这些工艺条件当中, 最重要的是温度、压力和速度^[2]. 尤其是熔体温度是这些加工变量当中最重要的变量之一. 它直接影响熔体的性质, 例如粘度, 密度和退化程度; 并且熔体温度也决定了其他的加工变量, 如熔体流动率, 喷嘴口的压力, 型腔的压力, 充模时模腔压力的建立, 充模时间, 冷却时间(包括注射周期、生产效率、收缩变形等); 熔体温度也严重影响注塑件的质量特性, 如零件的重量, 密度, 尺寸, 物理性能和形态. 因此研究熔体温度分布规律及熔体温度与其它加工变量之间的关系显得很重要, 这为正确选择加工工艺条件, 改善制品质量提供理论依据, 也为注射机的设计和程序化控制提供理论基础.

对于熔体温度的研究, 根据其用到的仪器设备及研究方法、内容, 可以从以下几个方面进行阐述.

1 测量熔体温度的传感器

对于熔体温度的研究以前主要是采用实验方法, 而对于熔体温度的准确测量却是一件相对比较困难的事, 这主要是由于一方面难于找出适当的方法, 另一方面也缺少测量工具来测量熔体温度分布. 随着精密注塑机和精密注塑制品的推广应用, 人们借助一些具有更好性能的温度传感器对熔体温度分布的问题作了进一步的研究, 并研究测量熔体温度分布变化规律的一些方法, 为研究和控制注塑成型过程提供方法和手段.

收稿日期: 2002-10-15.

第一作者简介: 许文耀(1976~), 男, 在读研究生; 主要研究方向: 化工机械及理论.

为了准确地测量注塑过程的熔体温度,温度传感器要满足以下要求:①在循环载荷下具有足够的温度强度和压力强度;②可以忽略热传导和剪切生热;③对被测量的加工变量的小变化^[1]具有快速动态响应能力;④具有线性、可重复性和高分辨率的特点;⑤具有足够的硬度和强度去承受粘性聚合物流动.现在最常用的温度传感器有热电偶、光纤红外线传感器、电阻温度计、超声波传感器.

对于热电偶及电阻温度计来说,用于聚合物熔体温度进行准确测温时,必须直接与被测量的熔体接触.两者的优点和存在的问题很相似,但电阻温度计的强度比热电偶脆弱,且在结构上和形状上限制了电阻温度计的应用.对于热电偶来说,最简单的方法是采用对空注射法,把热电偶探测头安装于熔体内,测量位置由操纵者决定可有任意几种情况.对于热电偶来说,把热电偶安装于机筒和螺杆之间或齐平安装于机筒表面上都可以测量熔体温度,但这种测温方法存在响应速度慢,当熔体流经探头时会产生剪切热,探头与周围热传导等问题引起温度变化.现在已有很多改良的热电偶可以用来提高响应速度和降低由热传导及剪切热所引起的错误^[3-5].

相对于热电偶及电阻温度传感器,光纤红外线传感器具有较快的响应速度和无熔体流动干挠的优点^[6,7].但它也有价格相对较高,只能测量整体平均温度、且为非线性特性,红外线测温的信号与聚合物熔体的透明度有关,实验数据相对较难整理的缺点.尽管如此,红外线传感器由于具有上述所说的优点,现在很多的学术和调查机构^[8-9]都采用它测量温度.

超声波温度测量的优点同红外线测温的方法类似.但通过被测量的聚合物熔体时,超声波的声速与熔体温度、压力以及聚合物材料等有关系,使超声波测温装置进行准确的标定难度更大,要推广这一测温技术还要做许多的基础工作.

测量位置和测量设备:由于聚合物熔体的性质随热过程而变化,因此不同的测量位置就具有不同的温度.目前测温探头安装主要有以下几种安装位置:①安装在喷嘴^[10];②安装在过渡段(在喷嘴与机筒间增加一过渡连接套)^[6,11];③安装在注射螺杆头^[12];④安装于模具型腔内.

装备有温度传感器或特定设计的传感器的设备可以用来测量熔体的温度分布.例如,Peischl 和 Bruker 在 1989 年利用环形条设备测量了熔体温度分布^[13],如插图 1 所示. Chandra 在 1972 年和 Kamal 等^[14],在 1984 年利用一固定于螺杆头的热电偶测量了熔体在螺槽内的温度分布.

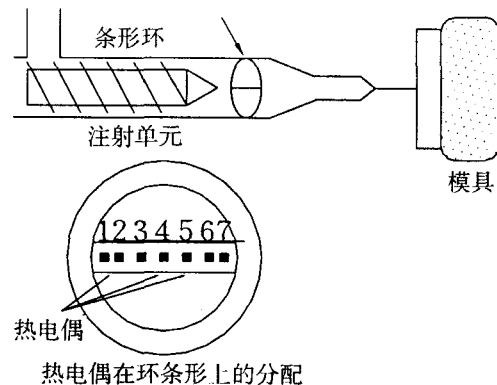


图 1 环形条的安装示意图

2 实验研究

利用上面所介绍的传感器,目前已有很多的学者对熔体温度进行了研究,解决了一些实际问题.比如,Osamu 和 Ut-sugi 利用一个带有外壳的热电偶测量了聚合物塑化后聚合物熔体在螺杆轴向方向上的温度分布^[15-17],并对加工条件,如螺杆转速,机筒温度,背压,注射体积,材料类型,对熔体温度分布的影响也作了定性的讨论. Peischl 和 Bruker^[13]利用上面介绍的环形条装置调查了几个加工因素(注射体积、机筒温度、螺杆转速、背压)对温度均匀性的影响.他们的实验揭示了熔体温度分布的规律,以及熔体温度与加工变量之间的定性关系,在一定程度上可以指导生产,并为下一步的理论工作打下基础.

3 理论模型研究

目前大多数理论模型的工作主要是集中在解决机筒与螺杆之间的温度分布的问题.由于注塑加工反复循环的特点,要获得熔体温度一个全面的模型是很困难的.因此现有的模型大多数是假设塑化就像挤出加工一样是一个静态的过程.对于存料区的熔体温度, Dontula^[20-21]对塑化阶段瞬时温度做了理论研究,他的工作主要是解决了背压和螺杆转速对熔体温度的影响. Potente 和 Paderborn^[21]也给出了熔体温度变化的简化的分析模型.现在也有一些研究人员利用可视化的机筒来研究熔体运动规律.为了模拟模具内的

熔体温度,现在市场上已出现了一些商品化的 CAE 软件可利用,比如美国 AC Technology 公司的 C-MOLD,澳大利亚 MF 公司的 Mold Flow 等。

4 熔体温度的控制

注塑生产的关键在于能准确地重复生产过程的各种工艺条件,如果不是这样,条件老是变化不定,产品品质也就会变化,因此必须很好地选择和保持工艺条件,以获得高质和高产。其中对熔体温度的控制是一个关键环节,但由于聚合物材料的熔化过程是一个吸热的过程,因此对于熔体温度的控制是一个很困难的事,并且由于聚合物熔体热导性较差,使这问题进一步复杂化。一般来说,对于熔体温度控制是采用间接的方法。现在,已有很多的控制法则用于控制机筒加热系统^[22],如 PID,多变量自校正,模型预测,模糊逻辑,专家系统和自适应 GPC 控制熔体温度。Kamal 等^[23]调查了熔体与机筒温度动力学,并利用装在螺杆头的热电偶的温度测量,评价了几个控制法则,如 PID, Dahlin 和 Smith 预测控制器。Ruscitti 等开发了一个随机加工模型,并用 PID 和 Dahlin 控制器去控制喷嘴口的熔体温度。

5 研究展望

通过对熔体温度的实验和理论研究,现已解决了一些实际问题,但仍存在不足之处,根据注塑生产的实际及现在对于注塑质量的要求,对于熔体温度的研究具体要解决以下两个问题。

5.1 加工变量与熔体温度定量关系

以前很多的研究工作都集中在解决熔体温度分布及熔体温度与加工变量之间的定性关系上,但都不能很好解决加工变量如何影响熔体温度,也不能给出加工变量与熔体温度之间的定量关系。而这种关系对于进一步理解加工过程和加工过程的优化和较高级的控制是不可缺少的理论基础。

在不同位置的熔体温度当中,进入型腔的熔体温度决定了制品的质量。如果知道这个温度和浇口的压力,聚合物在模具型腔内的流动情况可以用 CAD/CAE 软件模拟。由于在每一个模具型腔入口处都装一个热电偶相对较难,并且也不经济。而喷嘴出口的熔体温度相对较容易测量,并且其值接近于型腔入口处的温度,并且熔体从喷嘴出口到型腔入口具有相同的流动路径,因此对进入型腔的熔体温度的测量和研究可以用对喷嘴出口的熔体温度的测量和研究来代替。

由于聚合物材料,机器参数和加工条件的不同,相对于工业上一般的假设,喷嘴出口的温度测量与喷嘴及机筒温度的设置具有很大的不同。现在,操作者可以利用试验法设置机筒温度,螺杆转速和背压。这种方法很浪费时间,因此生产上需要一个工具直接把加工条件和熔体温度联系起来,从而能方便地指导生产。对熔体在喷嘴出口处温度与加工条件之间的定量关系进行系统研究显得很有意义。而以前对熔体温度的理论研究都不能很好地解决这个问题,这主要是由于熔体温度与加工变量之间是非线性的关系,并且其机理相当复杂,难于用数学模型表示。现在已有不少人把人工智能,如专家系统,人工神经网络,运用到注塑成型的理论研究中,并取得一些成果。人工神经网络在常规的方法无法解决或效果不佳时能显示其优越性,尤其是当对问题的机理等规律不甚了解,或不能用数学模型表示的系统,神经网络往往是最有利的工具;另一方面,神经网络对处理大量原始数据而不能用规则或公式描述的问题,表现出极大的灵活性和自适应性。考虑现在熔体温度理论研究存在的问题,把人工神经网络引入到熔体温度的研究中,是熔体温度研究的一个很有前途的方向。

5.2 熔体温度控制方法的改进

熔体温度的控制是注塑成型生产过程当中重要的一个环节,但熔体温度的控制却是一个很复杂的过程,而熔体温度的改变将直接影响制品的质量,因此要尽可能提高熔体温度控制的精度。现在采用的控制熔体温度的方法,基本上都不能提供满意的温度调节,特别是高速注塑时,因此为提供一个满意的熔体温度,需要改进熔体温度控制的算法和策略,以满足生产上的需要。

6 结论

实验方法可以用来研究某种因素对熔体温度的影响程度和影响方式,以及检验理论推断与数值模拟

的精度,对熔体温度的实验研究解决了加工条件对熔体温度的影响程度,也使我们知道那些变量对熔体温度影响最大,但我们不能完全依靠实验方法来研究熔体温度;对熔体理论的研究由于熔体温度的复杂性,并没有取得令人满意的结果;对熔体温度的控制现在已有很多的控制法则,但其控制效果有待进一步改进,也需理论的进一步指导.针对熔体温度研究的困难,笔者提议把人工神经网络引进到熔体温度的理论研究中,并且也做了一些实际的工作,取得了一些成果.

参考文献:

- [1] 张如彦. 塑料注射成型与模具[M]. 北京:中国轻工业出版社,1990.
- [2] 塑料成型加工丛书:注塑成型技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,1989.
- [3] T.S.Huxham. Polymer Temperature Measurement in Injection Molding[J]. SPE Journal, 1962. 889.
- [4] J.Nanigian. Meet the Ribbon Thermocouple[J]. SPE Journal, 1971;27, 51.
- [5] R.T.Maher, H.T.Plant. Detection of Transient Melt Temperature in Injection Molding[J]. Modern Plastics, 1974, 4(5):78.
- [6] N.Dontula, P.C.Sukanck, H.Devanathan, and G.A.Campbell, Polym.Eng. Sci., 1991:1674.
- [7] Fwan - Ywan Lai and Ieroen X .Rietveld. Polym. Eng. Sci., 1996:1755.
- [8] A. Galskoy, K. K. Wang. Measuring Melt Temperature: Thermocouple or Pyrometers? [J]. Plastics Engineering, 1978, 34 (11):42.
- [9] ChristianMaier. Infrared TemperatureMeasuremen of Polymers[J]. Polym. Eng. Sci., 1996, 36(11):1502.
- [10] 北京化工大学, 华南理工大学. 塑料机械设计[M]. 北京:中国轻工业出版社, 1995.
- [11] O.Amano and S. Utsugi, Polym. Eng. Sci., 1989:171.
- [12] C.P.J.M. Verbraak and H.E.H. Meijer, Polym. Eng. Sci., 1989:479.
- [13] G.C. Peischl and I. Bruker. Melt Homogeneity in Injection Molding: Application of a Ring - Bar Device[J]. Polym. Eng. Sci., 1989, 29(3):202.
- [14] M.R. Kamal, W. I. Patterson, and V. G. Gomes. An Injection Molding Study Part I: Melt and Barrel Temperature Dynamics [J]. Polym. Eng. Sci., 1986, 26(12):854.
- [15] A. Osamu and S. Utsugi. Thermocouple Measurements of Polymer melts in the heating barrel during injection molding, Part I: Temperature distribution along the screw axis in the Reservoir[J]. Polym. Eng. Sci., 1988, 28(23):1565.
- [16] A. Osamu and S. Utsugi. Part II: Three - dimensional Temperature Distribution in the Reservoir[J]. Polym. Eng. Sci., 1989, 29 (3):171.
- [17] A. Osamu and S. Utsugi. Part III: Effects of screw Geometry[M]. Polym. Eng. Sci., 1990, 30(7):385.
- [18] Dontula, P. C. Sukanck, H. Deranthan, and G. A. Campbell. An Experimental and Theoretic Investigation of Transient Melt Temperature During Injection Molding, Polym. Eng. Sci., 1991, 31(23):1674.
- [19] R. C. Donovan, D. E. Thomas and L. D. Leversen. An Experimental Study of Plasticatingina Reciprocating - Screw Injection Molding Maching[J]. Polym. Eng. Sci., 1971, 11(5):353.
- [20] R. C. Donovan, D. E. Thomas and L. D. Leversen. An Theoretical Melting Model for a Reciprocating - Screw Injection Molding Maching[J]. Polym. Eng. Sci., 1971, 11(5):361.
- [21] H. Potente and H. S. Paderborn. Melt Temperature Injection Molding Plastication Systems[J]. Kunststoffe German Plastics, 1990, 80(9):40.
- [22] Rickey Dubay, Adam C. Bell and Yash P. Gupta. Control of Plastic Melt Temperature: A Multiple Input Multiple Output Model Predictive Approach[M]. Polym. Eng. Sci., 1997, 37(9):1550.
- [23] M. R. Kamal, W. I. Patterson, and V. G. Gomes. Part II: Evaluation of Alternative Control Strategies for Melt Temperature[J]. Polym. Eng. Sci., 1986, 26(12):867.