

熔体流动速率仪的发展与应用

张耀光¹ 许晓晶² 太玉兴¹

(1. 吉林大学科教仪器厂, 吉林 130023; 2. 长春工业大学, 长春 130012)

摘要 介绍了我国熔体流动速率仪的发展现状,阐述了熔体流动速率仪在热塑性塑料质量流动速率和体积流动速率试验、熔体密度测量、流动比测量、流变曲线测绘中的应用。

关键词 熔体流动速率仪 发展 应用

聚合物的粘流性质与其分子量、分子量分布、分子结构密切相关。熔体流动速率作为表征聚合物粘流性质的指标已得到了广泛应用。熔体流动速率在聚合物的工艺性能、原料品质、新材料研究及有关分子参数等方面,可以提供许多有用的信息。为了获取这些信息,对熔体流动速率试验也赋予了许多新的内容,促进了熔体流动速率试验方法与试验仪器的发展和进步。

在热塑性塑料熔体流动速率试验方法的各种标准中,GB 3682、ISO 1133、ASTM D1238、BS 2782等规定都有手动测量(A方法)和自动测量(B方法)两种试验方法,以保证不同范围熔体流动速率试验的准确性,并且把质量流动速率(MFR)和体积流动速率(MVR)规范在标准中^[1-2]。这不仅使热塑性塑料熔体流动速率更规范化,而且更能扩大其应用范围,以满足新材料、新技术的发展。

熔体流动速率仪一般由主机(挤出系统)、温度测量与控制系统组成。高级产品还应有取样控制系统、自动测量系统、自动打印系统、负荷自动提升系统及数据传输系统等。主机是仪器的中心,一般由炉体、料筒、活塞、口模、砝码等部件构成。由于熔体流动速率仪为精密检测设备,所以对于主机挤出部分有很严格的机械要求;另外熔体流动速率和温度有很密切的关系,温度测控部分的稳定性和准确性也都应该有严格的要求。熔体流动速率仪的出现使得熔体流动速率试验具有操作简单易行、结果直观等优点。

1 我国熔体流动速率仪的发展现状

熔体流动速率仪原名熔融指数仪,根据温度测控方式的发展经历了晶体管测控、集成电路测控到现在的大规模集成电路、微型计算机测控,精度及稳定性都大大提高。

为了适应试验技术的发展和要求,现在我国生产的熔体流动速率仪都在向着高可靠性和智能化发

展,以满足不同聚合物材料试验要求。其主要特点如下:

(1) 满足试验方法标准,都具有手动测量和自动测量两种操作方法,其溶体流动速率试验在0.01~300 g/10 min(0.01~300 cm³/10 min),能充分满足电缆料、挤出、吹膜、注射等成型加工及涂敷、热熔胶等用料的试验,并能实现MFR和MVR的试验。在自动测量中采用连续位移测量技术,分辨率可达0.01 mm。

(2) 在控制与测量中均采用微计算机处理技术、智能PID控制技术。温度控制精度达到±0.2℃,控制范围可到450℃,同时可靠性高。整机配置信息传输接口,与计算机相连可以实现参数设定,试验过程监视,试验结果分析、记录、存档等自动过程。还可一台计算机对多台熔体流动速率仪进行控制和实现远程传输试验过程与结果。当脱离计算机条件下,也可完成自动测量和记录的功能。

(3) 配有多种质量的负荷,并采用自动提升,可在较广的剪切应力范围内进行流动性能试验。

2 熔体流动速率仪的应用

随着熔体流动速率仪和聚合物材料的发展,用熔体流动速率仪除完成各种树脂的工艺性试验外,还可以完成其它性能的研究试验。

2.1 MFR和MVR试验

通常利用手动试验测定树脂的MFR,一般在0.1~50 g/10 min为较佳的试验范围。而大于50 g/10 min的树脂需要用自动测量MVR才能获得较佳的结果。当已知试验温度下的密度时,则MFR可以由测量的MVR求出,即:

$$\text{MFR} = \text{MVR} \cdot \rho \quad (1)$$

式中: ρ ——熔体密度, g/cm³。

当活塞头(料筒)横截面积、活塞移动距离、测

量时间已知时, MVR 还可由下式求出:

$$\text{MVR} = \frac{A \cdot l}{t} \cdot 600 \quad (2)$$

式中: A ——活塞头(料筒)横截面积, cm^2 ;

l ——活塞移动距离, cm ;

t ——测量时间, s 。

一般活塞头(料筒)横截面积固定, 因此 MVR 可以在下述两种程序下进行测量: (1) 固定活塞移动距离 l , 测量其通过该距离时所需的时间 t ; (2) 固定时间 t , 测量在该时间内活塞所移动的距离 l 。

2.2 测量熔体密度

熔体密度是材料非常有用的物理参数, 熔体密度对于制定加工工艺及原料配方具有重要的用途。

由(1)式可得:

$$\rho = \frac{\text{MFR}}{\text{MVR}} \quad (3)$$

通常在 MFR 未知的情况下, 熔体密度可用如下方法测量: 固定活塞头(料筒)横截面积, 称量通过固定距离被挤出的试样质量(挤出的试样可通过自动切割准确地切割出来), 由下式计算熔体密度:

$$\rho = \frac{W_m}{A \cdot l} \quad (4)$$

式中: W_m ——熔体质量, g 。

2.3 测量流动比

流动比是在同一温度、两种负荷下熔体流动速率的比, 即:

$$\text{FRR} = \frac{\text{MFR}(m_2 T)}{\text{MFR}(m_1 T)} \quad (5)$$

式中: FRR ——流动比;

m_1, m_2 ——试验负荷质量, kg ;

T ——试验温度, K 。

流动比是一个无量纲的物理量, 它表明树脂对剪切应力的敏感程度。有研究表明, 线性聚乙烯的分子量分布与流动比有很好的线性关系。因此测定

塑料的流动比对于估测分子量分布和评价加工性能是很有用的。

2.4 测绘流变曲线

熔体流动速率仪在自动测量功能下, 可以测定树脂在恒应力(低剪切应力)下的流动曲线, 其剪切应力为 $2.93 \times 10^3 \sim 1.95 \times 10^5 \text{ Pa}$, 剪切速率为 $10^{-2} \sim 10^2 \text{ s}^{-1}$ 。

可采用下列公式计算剪切应力、剪切速率和表观粘度:

$$\tau = \frac{m \cdot R}{2A \cdot L} \times 9.8 \times 10^4$$

$$\gamma = \frac{4\text{MVR}}{\pi R^3 \times 600}$$

$$\eta = \frac{\tau}{\gamma}$$

式中: τ ——剪切应力, Pa ;

m ——试验负荷质量, kg ;

R ——毛细管半径, cm ;

L ——毛细管长度, cm ;

γ ——剪切速率, s^{-1} ;

η ——表观粘度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

改变试验条件, 如毛细管长径比、试验温度等, 可做入口改正、非牛顿流体牛顿改正、求粘流活化能等试验, 表征聚合物低剪切应力下的流变特征。

3 结语

随着科学技术(尤其是电子测量技术及计算机控制的技术)和科研生产要求的发展, 熔体流动速率仪正向数字化智能化的方向发展, 为科研及生产提供更为准确和方便的测量。

参考文献

- [1] GB/T 3682-2000 热塑性塑料熔体质量流动速率和熔体体积流动速率的测定。
- [2] ISO1133—1997 Plastics-determination of the melt mass-flow rate and the melt volume-flow rate of thermo plastics.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF MELT FLOW RATE MEASURER

Zhang Yaoguang¹, Xu Xiaojing², Tai Yuxing¹

(1. Scientific and Teaching Instrument Factory of Jilin University, Jilin 130023, China;

2. Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

ABSTRACT The develop status of melt flow rate measurer in China is introduced. The applications of melt flow rate measurer in melt mass-flow rate and melt volume-flow rate experimenting, density and FRR testing and flow curve drawing are illustrated.

KEYWORDS melt flow rate measurer, development, application