

HDPE 在振动场中挤出成型时的流变行为

高雪芹 申开智 陈长森

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065)

摘要 利用自行研制的新型液压振动挤出装置研究了高密度聚乙烯(HDPE)在振动场中挤出成型时的流变行为。研究表明,HDPE 熔体在振动场中的表观粘度与振动频率、振幅、口模温度和挤出机螺杆转速均有关,随着振动频率的增加,表观粘度先降至最低值,然后回升到一定程度后基本保持不变,但始终低于未施加振动时的表观粘度;振幅越大,振动场对表观粘度的影响就越大;口模温度超过熔点时,振动场对表观粘度的影响有所增大;螺杆转速越大,振动场对表观粘度的影响就越小。

关键词 高密度聚乙烯 振动场 挤出成型 流变行为

聚合物熔体的振动成型加工就是在成型过程中施加振动场以影响聚合物熔体流变性能和凝聚态结构的成型技术。目前,关于聚合物熔体振动挤出成型技术的研究已有一些报道^[1~5],四川大学自行研制了一套新型液压振动挤出装置,其最大振动频率接近 100 Hz,频率和振幅皆可在大范围内进行调节,振动强度比较高,可使聚合物熔体受到高压贯穿式振动场的作用。关于振动场对聚合物加工流变行为的研究已有报道^[6~9],但在挤出成型过程中引入中频(0~100 Hz)液压振动场并研究振动参数对聚合物熔体流变行为影响的研究则未见报道。笔者利用该液压振动挤出装置研究了振动参数对高密度聚乙烯(HDPE)在挤出成型时的流变行为的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

HDPE: 6100M, 熔体流动速率 0.15 g/10 min (230℃), 密度 0.954 g/cm³, 兰州化学工业公司。

1.2 设备及仪器

单螺杆挤出机: SJ-30 型, 武汉市塑料机械配件厂;

液压振动挤出装置: 自制, 见图 1;

电光分析天平: TG328TA 型, 上海天生仪器厂。

1.3 实验方法

将 HDPE 经单螺杆挤出机(挤出机三段温度分别为 130、165、190℃)均匀塑化后,再挤入自行设计的狭缝片材口模,在不同振动参数或无振动状态下将 HDPE 熔体挤出口模,此过程中模腔内温度始终保持恒定。在一定的时间间隔内,截取流出口模的 HDPE 片材作为试样测量其质量。在研究某一振动参数对 HDPE 熔体表观粘度的影响时,保持其它振动参数和成型工艺条件不变。每组试样重复测试 5

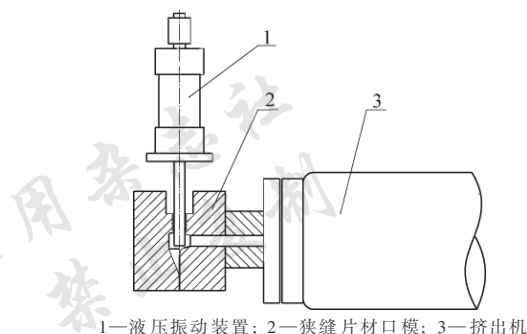


图 1 液压振动挤出装置示意图

次,取平均值。

1.4 表观粘度分析

实验中不能直接获得表观粘度值,而是测得 HDPE 熔体在一定时间间隔内流出口模的质量。为了比较振动挤出和普通挤出流变性能的变化,需根据体积流率计算出表观粘度值。

将挤出机口模视为一个狭缝口模挤出流变仪,记录不同成型条件下的挤出流量和口模压力降。狭缝口模的表观粘度可由泊肃叶方程表示为:

$$\eta = \frac{Wh^3 \Delta P \rho}{12 LM} \quad (1)$$

式中: η ——表观粘度;

W ——狭缝宽;

h ——狭缝高;

ΔP ——口模压力降;

ρ ——材料密度;

t ——取样时间;

L ——狭缝长;

M ——试样质量。

由(1)式可以计算出 HDPE 熔体的表观粘度。由于只是为了比较 HDPE 熔体在受振动和未受振动时的表观粘度变化,所以没有采用有非牛顿指数的公式,这不会影响比较结果。

2 结果与讨论

2.1 振动频率对 HDPE 熔体表观粘度的影响

固定口模温度为 180℃、螺杆转速为 5.56 r/min, HDPE 熔体在振幅为 1 mm 时的表观粘度 - 振动频率曲线如图 2 所示。由图 2 可见, HDPE 熔体在动态挤出时的表观粘度比相应的稳态条件下挤出时的表观粘度有明显降低。振动频率在 0 ~10 Hz 时,随着振动频率的增加, HDPE 熔体的表观粘度急剧降低,到 9.333 Hz 时表观粘度降至最低,比稳态条件下降低了 37.98%;而后随着振动频率的增加, HDPE 熔体的表观粘度出现回升的趋势,当回升到一定程度后基本上保持不变,但即使在回升后表观粘度还是低于未施加振动时的表观粘度。图 2 中实验的最高振动频率已经达到了 84 Hz,表观粘度最低点的振动频率为 9.333 Hz,振动频率超过 20 Hz 后,表观粘度变化不大,所以下面的振动实验都只对振动频率在 30 Hz 以内的振动进行研究。

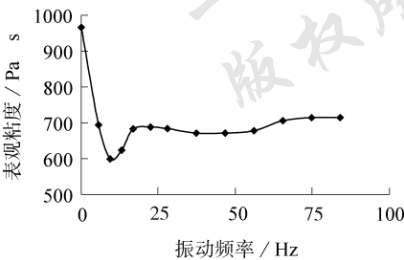


图 2 HDPE 熔体的表观粘度 - 振动频率曲线

2.2 HDPE 熔体在不同振幅下振动时的流变行为

固定口模温度 150℃、螺杆转速 5.56 r/min,测试振幅为 0.5、1、2 mm 时振动频率对 HDPE 熔体流变性能的影响,结果如图 3 所示。由图 3 可见,对 HDPE 熔体施加振动后表观粘度都会有所降低,不同振幅的振动使 HDPE 熔体表观粘度降低的程度不同,小振幅的振动使 HDPE 熔体表观粘度降低得相对少一些,如振幅为 0.5 mm 时,表观粘度最大降低率为 9.22%,而振幅为 2 mm 时,表观粘度最大降低率增至 28.05%。在不同振幅下 HDPE 熔体表观粘度随振动频率的变化趋势基本相似,都是随着振动频率的增加,其表观粘度先急剧降低,当下降到一定程度后又随振动频率的增加出现回升的趋势,而后基本保持不变,但即使在回升后表观粘度还是低于

未施加振动时的表观粘度。

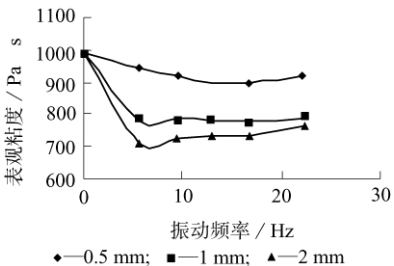


图 3 不同振幅下 HDPE 熔体的表观粘度 - 振动频率曲线

2.3 HDPE 熔体在不同口模温度下振动时的流变行为

固定螺杆转速为 5.56 r/min、振幅为 1 mm, HDPE 熔体在不同口模温度下的表观粘度 - 振动频率曲线如图 4 所示。由图 4 可知,口模温度越高, HDPE 熔体的表观粘度越小,表观粘度随振动频率增加而降低的程度因温度不同而异。在 135、140、150、180℃时 HDPE 熔体表观粘度最大降低百分比分别为 20.64%、22.35%、21.43% 和 37.98%。这说明当在接近熔点(约 130℃)的温度下振动挤出时表观粘度降低得并不大,当温度升高时,表观粘度降低的程度有所增大。

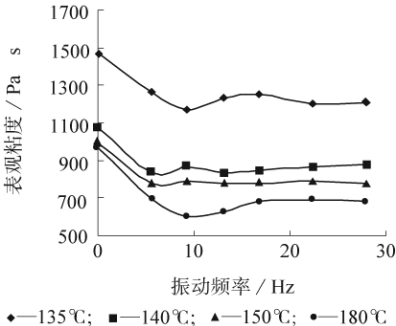


图 4 不同口模温度下 HDPE 熔体的表观粘度 - 振动频率曲线

2.4 HDPE 熔体在不同螺杆转速下振动时的流变行为

固定口模温度为 180℃、振幅为 1 mm, HDPE 熔体在不同螺杆转速下的表观粘度 - 振动频率曲线如图 5 所示。由图 5 可知,螺杆转速越低, HDPE 熔体的表观粘度越大,表观粘度降低的比例也越大,如螺杆转速为 5.56 r/min 时,表观粘度降低的最大百分比为 37.98%,而转速为 16.70 r/min 时,表观粘度降低的最大百分比仅为 3.54%,转速提高,振动场对表观粘度的降低作用将随之减弱。

3 结论

HDPE 熔体在振动场作用下的挤出特性得到改善,表观粘度降低。HDPE 熔体在振动场中的表观

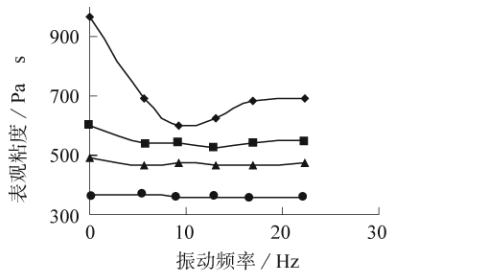


图 5 不同螺杆转速下 HDPE 熔体的表观粘度 - 振动频率曲线

粘度与振动频率、振幅、口模温度和挤出机螺杆转速均有关,随着振动频率的增加,表观粘度先降至最低值,而后回升到一定程度后基本保持不变,但始终低于未施加振动时的表观粘度;振幅越大,振动场对表观粘度的影响就越大;当口模温度超过熔点时,振动场对表观粘度的影响有所增大;螺杆转速越大,振动场对表观粘度的影响就越小。

参考文献

1 Ibar J P. Control of polymer properties by melt vibration technology: A review . Polym Eng Sci, 1998, 38(1) : 1

2 Allan P S, Bevis M J. Shear controlled orientation in extrusion. Plast Rubb Proc Appl, 1991, 16(2) : 132

3 Wong C M, Isayev A I. Orthogonal superposition of small and large amplitude oscillations upon steady shear flow of polymer fluids. Rheol Acta, 1989, 28(2) : 176

4 Isayev A I, Wong C M, Zeng X. Flow of thermoplastics in an annular die under orthogonal oscillations. J Non-Newton Fluid Mech, 1990, 34: 375

5 彭响方, 瞿金平. 毛细管动态挤出 LDPE 的结构性能研究. 高分子材料科学与工程, 2001, 17(6) : 129

6 Chen Guangshun, Guo Shaoyun, Li Huilin. Ultrasonic improvement of the compatibility and rheological behavior of high-density polyethylene/polystyrene blends. J Appl Polym Sci, 2002, 86: 23

7 Isayev A I, Wong C M, Zeng X. Effect of oscillations during extrusion on rheology and mechanical properties of polymers. Advances in Polymer Technology, 1990, 10(1) : 31

8 彭响方, 瞿金平. 聚合物动态挤出流变行为研究. 中国塑料, 2000, 14(1) : 42

9 Chen Guangshun, Guo Shaoyun, Li Huilin. Ultrasonic improvement of rheological behavior of polystyrene. J Appl Polym Sci, 2002, 84(13) : 2451

RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF HDPE UNDER VIBRATION EXTRUSION MOLDING

Gao Xueqin, Shen Kaizhi, Chen Changsen

(College of Polymer Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

ABSTRACT The self-made new type of hydraulic vibration extrusion equipment was adopted to study the rheological behavior of high density polyethylene(HDPE) under vibration extrusion molding. The research results showed that the apparent viscosity of HDPE melt was associated with vibration frequency, vibration amplitude, die temperature and rotational speed of extruder screw. With the increase of vibration frequency, the apparent viscosity decreased to the minimum, then it rose to the definite degree and kept invariable basically, yet the apparent viscosity was always lower than that in the condition of no vibration. The bigger the vibration amplitude was, the stronger the influence of vibration field to polymer melt was. The influence of vibration field to apparent viscosity inceased when the die temperature was above the melt point of HDPE. The faster the screw rotational speed was, the feebler the influence of vibration field to polymer melt was.

KEYWORDS high density polyethylene, vibration field, extrusion molding, rheological behavior

欢迎查询有关广告

对于在我刊刊登的所有广告,如读者需要查询更详细的资料或了解情况,请填好《读者查询广告资料服务卡》后寄回或来函。本杂志社将为您提供或转请有关单位提供资料,以满足您的要求。如需购买任何广告单位的材料、设备、仪器及配件等产品,我社将帮助您联系,以保证产品质量,争取优惠价格。欢迎各单位在我刊刊登广告。刊登办法函索即寄。

《工程塑料应用》读者查询广告资料服务卡

No _____

读者姓名 _____ 单位 _____

通讯地址 _____ 电话 _____ 邮政编码 _____

欲获得《工程塑料应用》_____年第_____期第_____页 _____

广告中有关 _____ 的详细资料。

如空位不够,请另附纸。填好后请寄回。

山东省济南市 108 信箱杂志社

邮政编码: 250031