

振动对 mLLDPE 加工影响的研究

周南桥 罗卫华 占国荣 彭响方 吴宏武

(华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心, 广州 510640)

摘要 研究了电磁动态塑化挤出条件下振动力场对茂金属线性低密度聚乙烯 (mLLDPE) 加工的影响。振动力场有效地降低了模头压力和挤出机消耗的功率, 并使 mLLDPE 的熔体强度得到了提高, 从而大大改善了 mLLDPE 的加工。

关键词 电磁振动 振动力场 茂金属线性低密度聚乙烯 加工

茂金属聚烯烃因为分子质量高、分子质量分布窄、共聚单体含量可调, 因而具有优异的力学性能^[1~3]。但是另一方面, 它这样的分子结构特点又使得其粘度高且对剪切不敏感, 临界剪切速率低, 熔体强度低。熔体粘度高, 导致生产能耗高, 生产率低; 临界剪切速率低, 则容易发生熔体破裂; 熔体强度低, 使得膜胚强度低, 易破裂, 膜泡稳定性差。以上因素给其加工带来一定的困难。

将振动技术应用到塑料成型加工过程已经有多年的历史, 最初的研究是在挤出机机头上引入振动来改善挤出过程^[4~7]。1988 年华南理工大学瞿金平教授提出了聚合物电磁动态塑化成型新概念, 将由脉振动电磁场引起的周期性机械振动力场引入到聚合物塑化挤出的全过程, 研制出塑料电磁动态塑化挤出机^[8], 其结构组成如图 1 所示。塑料电磁动态塑化挤出机是一种完全不同于传统单螺杆塑化挤出机的新型挤出机, 它采用了电磁换能和机电磁一体化的结构形式, 通过电磁线圈 (包括主绕组和副绕组) 产生的脉振动磁场引起特殊电机的转子脉动旋转, 并带动螺杆也随之作脉动旋转 (即周向脉动); 同时, 在置于螺杆后端部的电磁铁所产生的脉动磁场作用下, 螺杆还能够在沿着轴线方向上按照可以单独控制的频率和振幅进行振动^[9~12]。笔者利用电磁动态塑化挤出机挤出茂金属线性低密度聚

乙烯 (mLLDPE), 研究了振动对 mLLDPE 加工的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

mLLDPE: 1018CA, 熔体流动速率 (MFR) 1.0 g/10 min (2.16 kg, 190 °C), 美国 ExxonMobile 化学公司。

1.2 仪器及设备

专用吹膜机组: 螺杆直径 22 mm, 螺杆长径比 28, 口模间隙 1.5 mm, 挤出机螺杆在旋转的同时, 既有周向脉动又有轴向振动, 而且轴向振动的振幅和频率都可调, 自制。

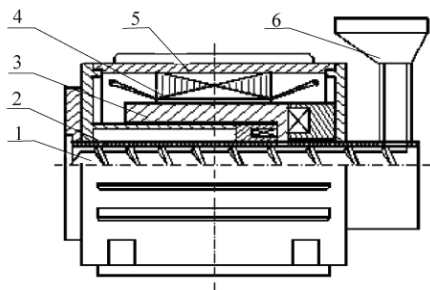
260 电磁动态塑化挤出机: 自制。

1.3 吹膜工艺及压力、功耗测试

在自行研制的 mLLDPE 专用吹膜设备上振动挤出吹膜, 料筒温度设置为 I 段 180 °C、II 段 230 °C、III 段 220 °C、IV 段 210 °C、V 段 200 °C、VI 段 190 °C, 螺杆转速为 130 r/min, 牵引比为 42.5, 吹胀比为 2。设定振动频率, 改变振动幅度, 或设定振动幅度, 改变振动频率, 待挤出稳定一段时间后, 记录各个振动条件下的模头压力和挤出机消耗的功率。

1.4 熔体强度测试

用文献[12]介绍的方法测试振动力场作用下熔体的强度。在 260 电磁动态塑化挤出机上进行, 各段温度设为 180、230、220、190 °C, 螺杆转速为 130 r/min。设定振动频率, 改变振动振幅, 或设定振动振幅, 改变振动频率。每次加入相同量的料, 待料挤完后, 立即停止振动并停机, 此时口模中还有一些残余熔体, 测量这些残余熔体从下落到断裂的时间, 称量断裂熔体的质量, 每个振动参数下作 4 次。将这些数据用内插法计算能够悬挂在口模出口处 3 min



1—螺杆; 2—料筒; 3—转子; 4—定子; 5—机座; 6—料斗

图 1 塑料电磁动态塑化挤出机

的挤出物的质量。这一质量可以作为这一温度下的熔体强度, 质量值越大, 说明熔体强度越高。

2 结果与讨论

2.1 机头压力

由于 mLLDPE 的分子质量高、分子质量分布窄, 使 mLLDPE 熔体的粘度很高, 高的熔体粘度易造成螺杆过载, 也会使挤出的压力很高, 而过高的挤出压力不利于吹膜时膜泡的稳定。为了研究振动对模头压力的影响, 笔者研究了振动频率和振幅对模头压力的影响。

图 2 是螺杆转速为 130 r/min、频率为 6 Hz 时振动振幅对挤出压力的影响。从图 2 可知, 无论是过渡套还是口模处的压力都随着振动振幅的增加而减小, 而且减小的幅度比较大。如振动振幅为 0.2 mm 时的压力比不振动时, 过渡套处减小了 1.45 MPa, 口模处减小了 1.15 MPa。

图 3 是螺杆转速为 130 r/min、振动振幅为 0.2 mm 时挤出压力与振动频率的关系曲线。由图 3 可知, 当振动频率达到一定值后, 频率对挤出压力的影响很小。

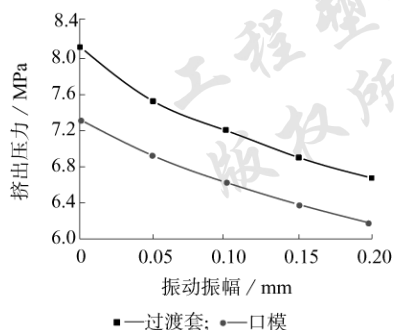


图2 振动振幅对挤出压力的影响

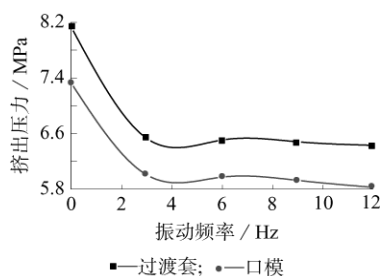


图3 振动频率对挤出压力的影响

综上所述, 振动力场的加入有效地降低了模头的压力, 使熔体通过模头的阻力减小, 增加了吹膜的稳定性。模头压力的减小, 反映了熔体粘度的减小, 熔体粘度的减小可以有效地减小螺杆的扭矩, 防止螺杆过载停机, 所以振动力场的加入大大改善了 mLLDPE 的吹膜工艺。

2.2 功率消耗

图 4 是螺杆转速为 130 r/min、振动频率为 6 Hz 时, 振动振幅对挤出机消耗功率的影响。图 5 是螺杆转速为 130 r/min、振动振幅为 0.2 mm 时, 振动频率对挤出机消耗功率的影响。

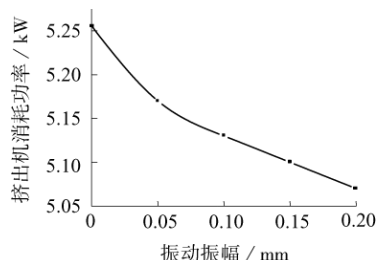


图4 振动振幅对挤出机消耗功率的影响

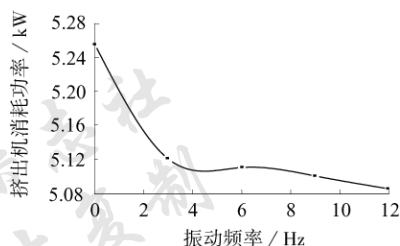


图5 振动频率对挤出机消耗功率的影响

由图 4、图 5 可见, 振动力场可以使挤出机消耗的功率降低, 而且振动振幅和频率对挤出机消耗功率的影响与上面讨论的振动对模头压力的影响具有相似的规律。振动力场的加入使挤出机消耗的功率降低, 也从侧面反映了振动力场可以使 mLLDPE 的粘度有所降低, 模头的压力减小、螺杆的扭矩减小。

2.3 熔体强度

图 6 是振动频率为 6 Hz、温度为 190℃ 时, 振动振幅对 mLLDPE 熔体强度的影响。图 7 是振动振幅为 0.2 mm、温度为 190℃ 时, 振动频率对 mLLDPE 熔体强度的影响。从图 6、图 7 可见, 振动力场的加入提高了 mLLDPE 的熔体强度。

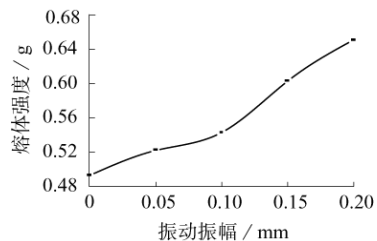


图6 振动振幅对 mLLDPE 熔体强度的影响

2.4 现象分析

电磁动态塑化挤出是一种全新的技术, 在挤出成型加工中振动力场作用于聚合物熔体, 其作用机理是在主剪切流动上叠加了一个附加的交变应力,

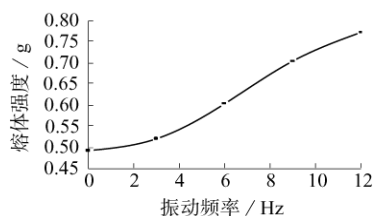


图 7 振动频率对 mLLDPE 熔体强度的影响

使物料的状态由组合应力决定。这样,挤出过程中的质量平衡、动量平衡、能量平衡的关系都发生了变化。振动强化了聚合物在加工中的物理和化学变化过程,改变了聚合物熔体的流变状态。

根据自由体积理论,高分子链的运动是通过链段的运动和扩散而逐步达到整体运动,像蚯蚓一样“蠕动”前进。高分子链很长,在熔体内部形成一种拟网状的缠结结构,缠结点之间构成空穴。当引入振动力场时,一方面,振动增加了高分子链之间的相互剪切摩擦,产生了大量的耗散热,增加了高分子的热运动能,空穴胀大,分子间的相互作用力减小,导致高分子链的“蠕动”增强;另一方面,振动不断对聚合物熔体挤压和释放,增加了分子取向,分子间的空穴增大,分子链重心偏移,也降低了分子间的相互作用力,从而使聚合物熔体的流动性增加。

还可由瞬时冲量负压扩散行为来解释熔体粘度的减小。在加工过程中,由于振动力场的作用,形成的局部压力场和速度场是脉动的,高分子链及其链段的扩散和运动表现为瞬时冲量负压扩散行为。振动力场的存在,加速和加强了高分子链段的扩散和运动,减小了高分子链及链段之间的相互缠结,使高分子解缠、取向容易;周期性脉动剪切力产生大量的耗散热,宏观上表现为聚合物熔体的粘度减小,熔体的流动性增加,熔体流动速率增大。

3 结论

电磁动态塑化挤出机将振动力场引入到聚合物

塑化挤出的全过程。振动力场的加入有效地降低了模头压力、挤出机消耗的功率,并提高了 mLLDPE 的熔体强度。因此,电磁动态塑化挤出成型技术为解决 mLLDPE 加工难的问题提供了一种有效的途径。

参考文献

- 1 Leaversuch R D. Metallocene resins. Is the revolution for real? Modern Plastics, 1994, 71(6): 48
- 2 Knights M. "Plastomer" resins spark changes in blown film equipment. Plastics Technology, 1995, 41(2): 44
- 3 Vega J F, Munoz-Escalona A, Santamaria A, et al. Comparison of the rheological properties of metallocene-catalyzed and conventional high-density polyethylenes. Macromolecules, 1996, 29(3): 960
- 4 Fridman M L, Peshkovsky S L, Vиноградов G V. Rheology of thermoplastics under conditions of spiral flow and vibrations on extrusion. Polym Eng Sci, 1981, 21(12): 755
- 5 Isayev A I, Wong C M, Zeng X. Effect of oscillations during extrusion on rheology and mechanical properties of polymers. Adv Polym Technol, 1990, 10(1): 31
- 6 Wong C M, Chen C H, Isayev A I. Flow of thermoplastics in an annular die under parallel oscillations. Poly Eng Sci, 1990, 30(24): 1574
- 7 Casulli J, Clemont J R, Von Ziegler A, et al. The oscillating die: a useful concept in polymer extrusion. Polym Eng Sci, 1990, 30(23): 1551
- 8 瞿金平. 聚合物塑化挤出新概念. 华南理工大学学报, 1992, 20(4): 1
- 9 Qu Jinping. Plastics electromagnetic dynamic plasticating extrusion machine (Award Lecture). 3rd International Conference on Manufacturing Technology, Hongkong, 1995-12-13
- 10 瞿金平. 聚合物挤出成型的新方法与新设备. 中国塑料, 1997, 11(3): 69
- 11 周南桥. 电磁动态塑化挤出机成型机理、性能及展望. 中国塑料, 1997, 11(1): 83
- 12 Kam Ho, Larry Kale, Scott Montgomery. Melt strength of linear low-density polyethylene/low-density polyethylene blends. Journal of Applied Polymer Science, 2002, 85(7): 1408

EFFECT OF VIBRATION ON PROCESSING OF mLLDPE

Zhou Nanqiao, Luo Weihua, Zhan Guorong, Peng Xiangfang, Wu Hongwu

(National Engineering Research Center of Novel Equipment for Polymer Processing,
South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT The technology of electro-magnetic dynamic extrusion was used in processing mLLDPE, and the effect of vibration force field was studied. The results showed that vibration force field decreased die pressure and power consumption of the extruder, and increased the melt strength of mLLDPE. So the processing of mLLDPE was improved.

KEYWORDS electro-magnetic vibration, vibration force field, mLLDPE, processing

PVC 价格 2005 年仍可能高位运行

笔者从 2004 年全国第四次 PVC 行业会上了解到,2005

年 PVC 市场仍将在高位运行。由于国际原油价格本年度一路攀升,使国内电石法生产 PVC 的成本优势凸现。(陈军)