

脉动注射对螺线槽模腔熔体流动性能的影响^{*}

瞿金平 岑丹涛 冯彦洪 殷小春 董建华

(华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程中心, 聚合物成型加工工程教育部重点实验室, 广州 510640)

摘要 采用阿基米德螺线槽模具对脉动注射充模过程中聚合物熔体的流变行为进行了实验研究, 分析了振动力场对聚合物熔体充模流动性及模腔不同位置聚合物熔体充模压力的影响。结果表明, 振动力场的引入有利于降低聚合物熔体的表观粘度, 改善熔体的流动性, 减小熔体在充模过程的压力损失。这种效果尤其对表观粘度高的聚合物熔体更为明显。

关键词 振动力场 阿基米德螺线槽模具 注射成型 模腔压力 低密度聚乙烯

振动技术(如电、磁、声波、超声波、微波)在聚合物成型领域中的应用是当今人们的热点研究课题之一^[1-9]。将脉动压力引入到聚合物成型加工中能影响聚合物分子链的运动及其熔体的流变特性, 进而改善制品的力学性能^[3-6, 10-11]。

华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程中心研制出脉动压力诱导注射成型设备^[12-13]。该设备将振动力场引入到塑料的熔融塑化、注射成型的全过程。与传统的注塑机相比, 该设备具有能耗低, 噪音小, 制品成型周期短, 生产的塑料制品性能优良, 可实现低温、低压注射等一系列特点, 且成型制品的力学性能比用传统注塑机成型的制品高^[14-16]。

在注射成型中, 塑料熔体的表观粘度及模腔压力是影响塑料制品性能的关键因素。评定熔体的流动性能(即表观粘度)可以利用螺线槽模具, 根据塑料熔体的充模长度能直观地反映出其熔体在一定的注射条件下的流动性, 因此可采用充模长度来表征塑料熔体在一定条件下的流动性能^[17-18]。同时在模具模腔中设置压力传感器可以直接在线测量出塑料熔体充模过程中的充模压力变化。

目前, 利用螺线槽来研究脉动注射对塑料熔体流变特性的影响的报道较少。笔者采用刻有长度标记的阿基米德螺线槽模具对低密度聚乙烯(LDPE)进行脉动注射成型, 通过在模具模腔中安装压力传感器来获得瞬时变化的模腔压力, 并结合充模长度来分析振动力场对 LDPE 熔体流动性及熔体充模压力的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

LDPE: 951-050, 熔体流动速率(MFR)为 2.1 g/10 min, 广东茂名石化乙烯公司。

1.2 实验设备

电磁动态注塑机: DPⅡ-90 型, 自制;

阿基米德螺线槽模具: 螺线槽截面为矩形, 尺寸为 8 mm × 2 mm, 模腔流道的最大长度为 1750 mm, 模腔内每 5 mm 刻有长度标记, 并在英文字母标示位置设置压力传感器, 如图 1 所示;

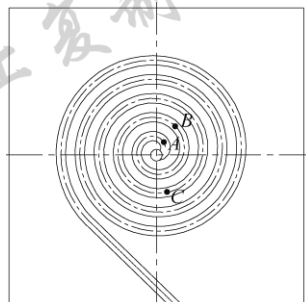


图 1 阿基米德螺线槽图

压力传感器: 瑞士 Kistler(奇石乐)仪器公司;

数据采集和分析系统: Dewesoft 数据采集系统, 奥地利 Dewetron 公司。

1.3 实验方法

利用自行设计的阿基米德螺线槽(见图 1)模具进行注射成型, 模具模腔内标有长度刻度以便显示制品的长度, 改变振动参数及成型参数会得到不同的制品长度, 据此来表征充模过程中 LDPE 熔体受振动参数影响而出现的不同流动性能。在整个模腔中沿螺旋线方向的不同位置布置 3 个压力传感器, 用以测量 LDPE 熔体充模时的模腔压力变化。

2 结果与讨论

2.1 振动力场对熔体注射充模长度的影响

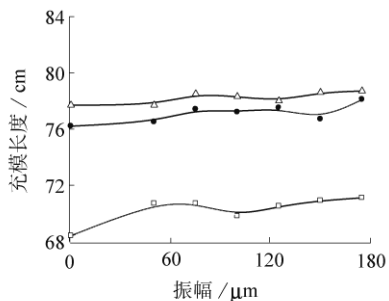
熔体注射充模长度可以直观反映出脉动压力注射对塑料熔体注射充模能力的影响, 从而研究塑料

^{*} 国家自然科学基金资助项目(10472034, 10590351)

收稿日期: 2008-01-28

熔体的流动性。

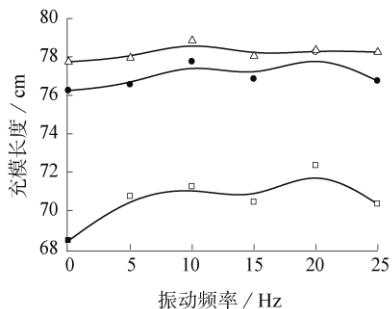
图2为振动频率5 Hz、注塑压力130 MPa时LDPE熔体充模长度与振幅的关系曲线。从图2可以看出,在一定的振动频率、注射速率及注塑压力下,LDPE熔体的充模长度随着振幅的增加而呈逐渐增加的趋势,且在振幅为75 μm 附近熔体充模长度增加得最为明显;当振幅超过75 μm 后,熔体充模长度的增加趋于平缓。同时,在注射速率较小(16 mm/s)时,振幅对LDPE熔体充模长度增加的影响最为明显,在注射速率为16 mm/s、振幅为75 μm 时,充模长度增加值达最大值2.3 cm。



—□—注射速率16 mm/s; —●—注射速率32 mm/s; —△—注射速率48 mm/s

图2 在一定频率、压力下 LDPE 熔体充模长度与振幅的关系曲线

图3为振幅40 μm 、注塑压力130 MPa下LDPE熔体充模长度与振动频率的关系曲线。从图3可以看出,在一定的振幅、注塑压力和注射速率下,随着振动频率的增加,LDPE熔体的充模长度同样呈现逐渐增加的趋势。当振动频率在10~20 Hz范围内,LDPE熔体的充模长度均达到最大值,在20 Hz以后开始出现回落。在注射速率较小(16 mm/s)时,LDPE熔体充模长度的增幅最为明显;当注射速率为16 mm/s、振动频率为20 Hz时,振动力场对LDPE熔体充模长度的增加量达到最大值,为3.9 cm。但随着注射速率的增加,其影响逐渐减小。



—□—注射速率16 mm/s; —●—注射速率32 mm/s; —△—注射速率48 mm/s

图3 在一定振幅、压力下 LDPE 熔体充模长度与振动频率的

关系曲线

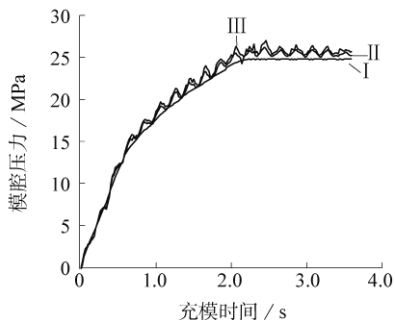
从图2、图3可见,在振动力场的作用下,振动

频率和振幅可使LDPE熔体的流动性增加,并在一定范围内达到最大值。当振幅和频率达到一定值后,增加量趋于平缓并开始有所回落。此外,振幅和频率对低注射速率的塑料熔体影响较大,其充模长度增量要明显大于高注射速率时的增量。其主要原因是在振动力场的作用下,振幅和频率会对聚合物熔体的缠结密度有所影响^[19-20]。振幅和频率较大时,LDPE熔体缠结密度的变化也较大,进而引起熔体表观粘度出现较大的变化。LDPE熔体的充模长度的增加反映出振动力场使熔体表观粘度减小。由于低注射速率时LDPE熔体的表观粘度大,振动力场对LDPE熔体表观粘度降低作用较大,因此在低注射速率时,随振幅和频率的增加,LDPE熔体的充模长度有较大的增加。相反,高注射速率时LDPE熔体的表观粘度较小,振动力场对LDPE熔体表观粘度降低的作用也相对减小,因此LDPE熔体充模长度的增量不如低注射速率时的大。由此可见,振动力场有利于降低聚合物熔体的表观粘度,其作用对高表观粘度的聚合物熔体更为明显。

2.2 振动力场对模腔压力的影响

图1中A点是入口模腔压力测量点,通过压力传感器测量压力的变化。压力变化从熔体开始经过A点时记录,从所测的A点模腔压力来分析振动力场下模腔压力变化的规律。

图4为注塑压力45 MPa、注射速率16 mm/s时A点模腔压力的变化情况。从图4可以看出,在充模过程中随着充模时间的增加,LDPE熔体的模腔压力开始上升。施加振动后LDPE熔体呈现周期性波动,与没有引入振动力场的稳态时相比,振动力场下LDPE熔体在模腔中压力升高的速度较快。在保压阶段,模腔压力的增加趋势更为明显。当振动频率为5 Hz时,振幅分别为0、50、75 μm 对应的模腔



I—无振动力场; II—振幅50 μm , 频率5 Hz;

III—振幅75 μm , 频率5 Hz

图4 在一定注塑压力、注射速率下 A 点模腔压力的变化

压力峰值分别为 24.9、26.3、27.1 MPa。由此可见,模腔压力峰值随着振幅的增加而增大。此外,随着振幅的增加,模腔的平均压力也相应地增加。

图 5 为注塑压力 85 MPa、注射速率 16 mm/s 及频率 5 Hz 时 A、B、C 点最大模腔压力平均值与振幅的关系曲线。由图 5 可以看出,随着振幅的增加,3 点处的最大模腔压力平均值都出现不同程度的增加,在一定振幅 (60 ~ 100 μm) 范围内达到最大值,此后开始回落。从图 5 还可看出,LDPE 熔体流程越远,模腔压力增值越大, A、B、C 点的最大模腔压力增值分别为 0.8、1.0、1.4 MPa, C 点的模腔压力增值明显大于 A 点和 B 点。

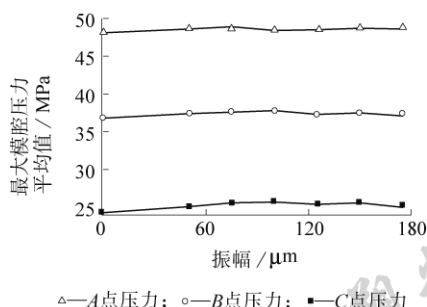


图 5 一定注塑压力、注射速率及频率时 A、B、C 点最大模腔压力平均值与振幅的关系曲线

图 6 为注塑压力 45 MPa、注射速率 16 mm/s 及振幅 40 μm 时 A、B、C 点最大模腔压力平均值与振动频率的关系曲线。由图 6 可见,随着振动频率的增加,最大模腔压力平均值同样呈现先升高后降低的趋势,在 10 ~ 15 Hz 内达到最大值。同时, C 点模腔压力的最大增值为 1.7 MPa (频率为 15 Hz 处) 要明显大于其它两点。

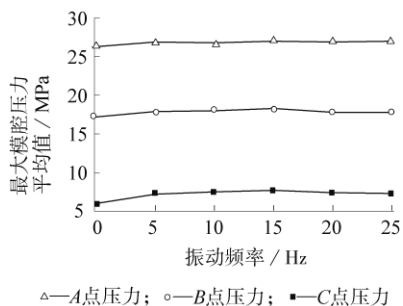


图 6 一定注塑压力、注射速率及振幅时 A、B、C 点最大模腔压力平均值与振动频率的关系曲线

由图 5 和图 6 可见, LDPE 熔体在振动力场的作用下模腔压力有所变化。其模腔压力随着振幅和振动频率的增加而增大,并在一定范围内达到最大值,此后出现压力持平或降低现象。同时,振动力场对模腔压力的增加值随着 LDPE 熔体流程的增加而增

大,远离浇口的 C 点的模腔压力增量要大于接近浇口的 A 点的模腔压力增量。其原因是熔体流程越大,熔体与模腔之间的热交换使熔体温度下降得越多,导致熔体的表观粘度及模腔的压力降增加越大,在充模过程中的压力损失也越大,因此按熔体流程的大小, A、B、C 点的模腔压力呈现递减的关系;将振动力场引入到 LDPE 的注射成型中,能降低熔体的表观粘度,减小模腔内的压力降,使脉动注射下的充模压力比稳态时大。与稳态时的熔体充模压力相比,随着熔体流程的增加,由于振动引起的减阻降粘效果的不断累积,使得远流程熔体的充模压力增幅较近流程者更大。由此可见,振动力场有利于减小 LDPE 熔体的充模阻力和减少充模压力损失,而且熔体流程越远,其影响越明显。

3 结论

(1) 与没有引入振动力场的稳态注射成型相比,振动力场作用下注射成型制得的制品长度和模腔压力都有所增加,并随振动频率和振幅的变化而变化。在一定振动频率和振幅范围内,制品长度和模腔压力存在一最大值。

(2) 当注射速率较小时,引入振动力场对 LDPE 熔体充模长度增加的作用较大;在熔体流程较大的位置,引入振动力场对减小熔体充模压力损失的作用较大。

(3) 振动力场的引入,有利于降低 LDPE 熔体的表观粘度,改善熔体的流动性,减小熔体在充模过程的阻力,有利于制品的压实。同时,其效果对表观粘度大的 LDPE 熔体更为明显。在相同的制品要求下,引入振动力场可在较小的注射速率和注塑压力下完成注射成型,有效地降低能耗。

参考文献

- [1] Isayev A I, Wong C M, Zeng X. Effect of oscillations during extrusion on rheology and mechanical properties of polymers[J]. Adv Polym Technol, 1990, 10(1) : 31 - 45.
- [2] Cao Yurong, Li Huilin. Influence of ultrasound on the processing and structure of polypropylene during extrusion[J]. Polym Eng Sci, 2002, 42(7) : 1 534 - 1 540.
- [3] Kalay G, Bevis M J. Processing and physical property relationships in injection-molded isotactic polypropylene: 1. Mechanical properties[J]. J Polym Sci Polym Phys, 1997, 35(2) : 241 - 263.
- [4] Kalay G, Bevis M J. Processing and physical property relationships in injection-molded isotactic polypropylene: 2. Morphology and crystallinity[J]. J Polym Sci Polym Phys, 1997, 35(2) : 265 - 291.
- [5] Kalay G, Bevis M J. The effect of shear controlled orientation in

- injection moulding on the mechanical properties of an aliphatic polyketone[J]. J Polym Sci Polym Phys, 1997, 35(3): 415-430.
- [6] Reis R L, Mendes S C, Cunha A M, et al. Processing and in vitro degradation of starch/EVOH thermoplastic blends[J]. Polym Int, 1997, 43(4): 347-352.
- [7] Fridman M L, Peshkovsky S L, Vinogradov G V. The rheology of thermoplastics under conditions of spiral flow and vibrations on extrusion[J]. Polym Eng Sci, 1981, 21(12): 755-767.
- [8] Kalay G, Kalay C R I. Interlocking shish-kebab morphology in polybutene-1[J]. J Polym Sci Polym Phys, 2002, 40(17): 1828-1834.
- [9] Ibar J P. Control of polymer properties by melt vibration technology: A review[J]. Polym Eng Sci, 1998, 38(1): 1-20.
- [10] Chen Limin, Shen Kaizhi. Biaxial self-reinforcement of isotactic polypropylene prepared in uniaxial oscillating stress field by injection molding: I. Processing conditions and mechanical properties[J]. J Appl Polym Sci, 2000, 78(11): 1906-1910.
- [11] Chen Limin, Shen Kaizhi. Biaxial self-reinforcement of isotactic polypropylene prepared in uniaxial oscillating stress field by injection molding: II. Morphology[J]. J Appl Polym Sci, 2000, 78(11): 1911-1917.
- [12] 瞿金平. 电磁式聚合物动态注射成型方法及装置: 中国, 96108387.5[P]. 1996-07-05.
- [13] 吴宏武, 瞿金平. 电磁动态注射成型技术的研究[J]. 高分子材料科学与工程, 2000, 16(5): 165-166.
- [14] 殷小春, 瞿金平, 任鸿烈. 熔体振动技术对注射成型加工的影响[J]. 中国塑料, 2003, 17(4): 8-11.
- [15] 瞿金平, 何亮, 晋刚, 等. 电磁动态注射机振动参数对LDPE制品结构性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2004, 20(4): 164-167.
- [16] 刘跃军, 范淑红, 瞿金平. 聚合物塑化注射成型过程的研究[J]. 合成材料老化与应用, 2001(2): 22-26.
- [17] 廖秋慧, 曹阳根. 热塑性塑料流动性能测定方法的研究[J]. 工程塑料应用, 2004, 32(3): 56-58.
- [18] [苏] B. B. 拉普申. 热塑性塑料注塑原理[M]. 林师沛, 译. 北京: 轻工业出版社, 1983: 296-298.
- [19] 瞿金平, 张娟. 聚合物熔体挤出过程的瞬态网络结构模型[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2002, 30(11): 21-26.
- [20] 张娟, 瞿金平. 振动剪切场对聚合物熔体缠结密度的影响机理[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2003, 31(4): 1-5.

INFLUENCE OF PULSATING-PRESSURE-INDUCED INJECTION MOLDING ON RHEOLOGIC PROPERTY OF POLYMER MELT IN SPIRAL CAVITY

Qu Jinping, Cen Dantao, Feng Yanhong, Yin Xiaochun, Dong Jianhua

(National Engineering Research Center of Novel Equipment for Polymer Processing, the Key Laboratory of Polymer Processing Engineering of the Ministry of Education South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT The Archimedes spiral cavity mould with pressure sensors was injection molded by pulsating-pressure-induced injection molding machine. The influences of vibration force field on the melt flowing length and the melt injection pressure were analyzed. The results showed that vibration force field could reduce the melt apparent viscosity and the injection pressure losing, improve the melt flowing property. Moreover, the influence of vibration force field on the melt with high apparent viscosity was more obvious.

KEYWORDS vibration force field, Archimedes spiral cavity mold, injection molding, cavity pressure, LDPE

鞍山君利工程塑料有限公司

鞍山君利工程塑料有限公司是股份制企业,生产以工程塑料为主的改性材料。由教授级高级工程师、中国塑料加工工业协会专家委员会专家赵文聘负责生产技术。可为用户提供增强、增韧、复合、阻燃、环保阻燃、抗静电、耐磨、塑料合金类系列改性工程塑料。公司竭诚为用户“量身订做个性化需求的产品,为客户创造价值”。公司宗旨:信誉第一;质量第一。

欢迎新老客户前来指导、合作!

- 改性品种: PA66、PA6、PP、PE、ABS、AS、HIPS、POM、PC、PC/ABS、PBT、PET、PVC 等系列改性塑料。
- 适用行业: 家电、汽车、机械、铁路、纺织、石油化工、煤矿、农业等。

经理: 徐长旭 13604228259, xuchangxu315@163.com

总工: 赵文聘 13804910274, zhaowenpin315@163.com

地址: 辽宁省鞍山市千山区旧堡 邮编: 114041

电话: 0412-2326259 传真: 0412-2326256