

浇口因素对动态注射成型制品影响的研究

李 兵¹ 李从威² 周南桥³ 石宝山¹

(1. 北京理工大学珠海学院机械与车辆工程学院, 珠海 519085; 2. 三一集团有限公司港机研究院, 长沙 410100;
3. 华南理工大学聚合物成型加工工程教育部重点实验室, 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 510641)

摘要 对动态注射条件下不同浇口聚丙烯(PP)/碳酸钙(CaCO₃)试样的力学性能进行研究。结果表明,在其它工艺参数一定的情况下,大浇口下动态注射成型试样的力学性能比小浇口有一定提高;相对于稳态注射成型,动态注射时浇口越小,试样的力学性能增加幅度越小;振动力场对于CaCO₃在PP基体中的分散有很大作用,但浇口大小对最终制品中CaCO₃的分布并无明显规律;动态注射成型时试样的熔点随浇口尺寸增大而提高。

关键词 动态注射 PP CaCO₃ 力学性能

塑料作为一种多功能材料,在现代工业中具有举足轻重的地位。在20世纪,注塑制品占全球塑料制品总量的30%左右^[1];在工程塑料的加工中,80%的制品是通过注射成型方法加工的,其主要的成型设备是注塑机。螺杆往复式注塑机是目前广泛使用的一类注塑机。长期以来人们对注塑机的塑化注射装置的结构和工作原理进行了深入的研究:一方面集中于研制新型螺杆和料筒以改进和提高塑化、混炼效果及计量精度;另一方面是在注射和保压阶段引入超声波振动,实现振动注射或振动保压,以改进注射特性和提高制品质量^[1-7]。

在塑化注射全过程中引入振动力场,可使聚合物的注射特性发生变化,从而完善和优化预塑、注射等过程^[5-8]。然而,由于塑料在注塑的各个阶段所处的工况,包括温度、压力、空间大小、流动阻力等都不同,所以振动在注塑的预塑、充模、保压等过程的作用是不同的,浇口大小对螺杆产生的轴向振动的效应也是不同的。在动态注射成型过程中,由于全程施加振动,因此预塑、充模和保压过程都伴随着轴向振动。轴向振动效应主要表现在保压过程和预塑过程。在保压过程中,不断的轴向振动有利于补料,消除冷却缩孔,提高制品质量。在预塑阶段,轴向振动的引入有利于熔融塑化和混合体系的分散,从而影响制品的综合性能。

笔者采用振动参数调节范围较宽的脉动注塑机注射成型聚丙烯(PP)/碳酸钙(CaCO₃)标准试样,并使用不同的浇口截面尺寸,考察了浇口因素对动态注射成型制品的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

PP: T30S, 熔体流动速率为3.15 g/10 min, 中国

石化茂名石化股份有限公司;

CaCO₃母粒: LD-62, CaCO₃含量80%,全新PP粒料15%,偶联剂、抗氧化剂、耐老化剂等5%,广东恩平燕华化工实业有限公司。

1.2 仪器及设备

台式电子万能材料试验机: 5566型,美国Instron公司;

摆锤冲击试验机: POE2000型,美国Instron公司;

扫描电子显微镜(SEM): S-3700N型,日本Hitachi公司;

差示扫描量热(DSC)仪: DSC204C型,德国Entsch公司;

高速混合机: GH-10DY型,北京塑料机械厂;

电子秤: YP1200型,精度±0.2 g,上海第二天平仪器厂;

液压脉动注塑机: ORCH型,主要技术指标见表1,选用标准力学测试样条模具,设计了3个浇口截面积不同的活动件,不同浇口尺寸见图1,华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程中心。

表 1 液压脉动注塑机的主要技术指标

项目	指标	项目	指标
理论注射体积/cm ³	68/86	实际注射量/g	60/78
螺杆直径/mm	25/28	最大注塑压力/MPa	268
螺杆长径比	22:1	螺杆行程/mm	40
最大螺杆转速/r·min ⁻¹	260	锁模力/kN	550
开模行程/mm	270	模板尺寸/mm	540×540
拉杆间距/mm	310×310	模板最大距离/mm	570
容模量	130~300	顶出行程/mm	80
顶出力/kN	28.5	液压系统压力/MPa	17.5
油泵马达/kW	11	电热量/kW	5
油箱容量/L	180		

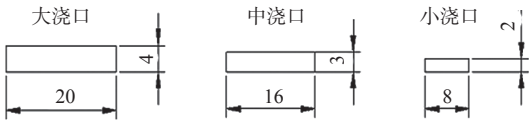


图1 浇口尺寸示意图

1.3 试样制备

将PP和CaCO₃母粒按照80/20的质量比在高混机下混合5 min,将混合好的物料用液压脉动注塑机制备成标准试样。液压脉动注塑机加工四段温度设定分别为225、205、200、190℃,注塑压力为55 MPa,保压压力为60 MPa,保压时间为5 s,冷却时间为15 s,模具温度为50℃。

1.4 性能测试

拉伸性能按GB/T 1040-1992测试,拉伸速度25 mm/min;

冲击性能按GB/T 1043-1993测试,摆锤质量0.431 kg,冲击速率3.490 m/s;

弯曲性能按GB/T 9341-2000测试,试验机速度设定为2 mm/min,规定挠度为1.5 h(h=4 mm);

SEM分析:试样断面用液氮淬断并真空喷金处理后用SEM观察并拍照;

DSC分析:样品质量5 mg,升温区间25~200℃,升温速率10℃/min,氮气流量70 mL/min。

2 结果与讨论

2.1 不同浇口注射成型试样的力学性能

液压脉动注塑机的振动频率调节范围为5~25 Hz,振幅调节范围为0~1500 μm。实际上,振幅大小是通过调节幅值比来实现的;在频率一定情况下,幅值比为100%时振幅值最大。为了研究在不同振动工况下振动效应对浇口的响应程度,本实验选取了6种振动工况,如表2所示。

表2 液压脉动注射成型的振动参数设定

振动参数	Set1	Set2	Set3	Set4	Set5	Set6
频率(Hz)-幅值比(%)	0-0	5-20	5-100	25-20	25-100	15-60
频率(Hz)-振幅(μm)	0-0	5-220	5-1270	25-150	25-560	15-750

图2示出稳态(set1)和5种动态(set2~set6)条件下使用不同浇口所注射成型试样的拉伸强度、冲击强度和弯曲强度对比。

由图2可以看出:(1)无论是稳态还是动态,试样的拉伸强度、冲击强度和弯曲强度都有随着浇口截面积的增大而增加的趋势。(2)在振动工况设定set6即振动频率为15 Hz、振幅为750 μm情况下,拉伸强度随浇口截面积增大的提高量最大。在动态条

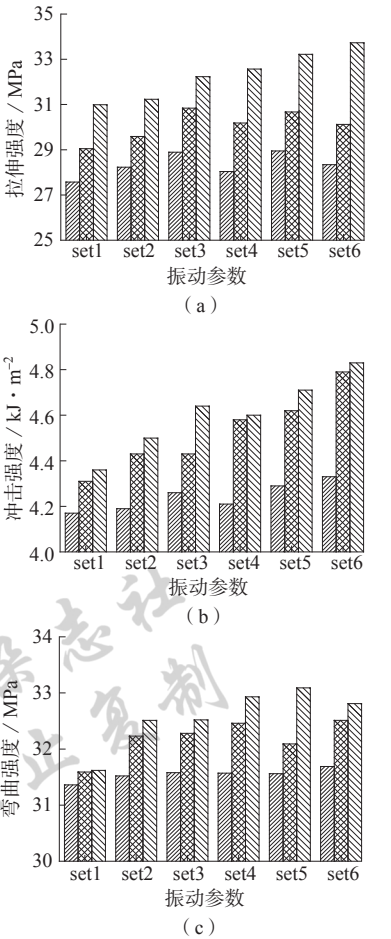


图2 不同浇口注射成型试样的力学性能

件下,使用小浇口时,除set3情况外,试样的冲击强度明显要小于使用中浇口和大浇口时。弯曲强度增加最大出现在振动工况设定set5时。(3)无论使用哪种截面积的浇口,动态注射成型试样的拉伸强度、冲击强度和弯曲强度均高于稳态注射示,但提高幅度不同。

综合上述可知,其它工艺参数一定的情况下,浇口大小对体系的拉伸强度、冲击强度和弯曲强度是有影响的,浇口越小,伴随振动的加入试样的力学性能增加幅度越小。究其原因,一方面,振动是从注射喷嘴处向模具深处传递的,在传递过程中有能量损耗;传递过程中所经过的空间越狭窄,能量损耗越大;大浇口处物料固化较慢,持续的振动有利于进一步补料压实。不同浇口振动产生的效应不同,因此就造成了力学性能的差异。另一方面,较小截面尺寸的浇口会导致熔体经由浇口进入模腔所面临的流动阻力较大;浇口尺寸增大后熔体进入模腔则能够较快地扩散至壁面处,从而获得较为理想的‘渐进

式”模腔充填过程。此外,小浇口充填模腔时发生“喷射”现象的可能性较大,容易导致模腔中气体来不及排除而形成气孔和空洞等缺陷,还可能出现熔接痕。所以,大浇口情况下,注射成型试样的力学性能较好。

2.2 不同浇口注射成型试样的分散性

将振动频率设定为 14 Hz, 振幅设定为 200 μm , 考察不同浇口时试样的分散性。图 3 为 PP/ CaCO_3 注射成型试样的断面 SEM 照片。

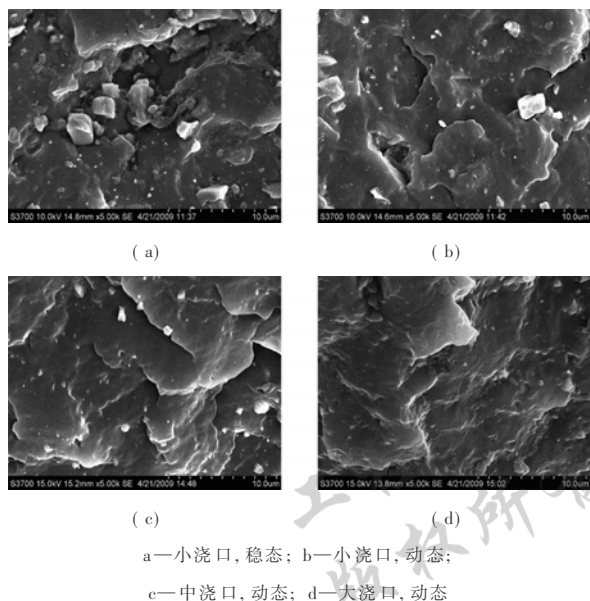


图 3 不同浇口 PP/ CaCO_3 注射成型试样的断面 SEM 照片

由图 3 可以发现,稳态情况下出现大量的大颗粒 CaCO_3 , 并且堆积在一起, 分布得非常不均匀。动态情况下(图 3b、3c、3d), CaCO_3 颗粒的粒径明显减小, 并且大颗粒明显减少, 堆积很少出现; 但不同浇口时 CaCO_3 分布无明显区别, CaCO_3 粒径也没有明显变化。

可见,对于动态注射成型而言,振动力场的存在对于 CaCO_3 在 PP 基体中的分散有很大作用, 螺杆的剪切作用和轴向交变拉伸松弛作用促进了 CaCO_3 在 PP 中的分散。但浇口大小对最终制品中 CaCO_3 的分布并无明显规律, 这从侧面反映了对填充体系分散性的作用趋于集中在料筒内。

2.3 不同浇口注射成型试样的 DSC 测试

为了考察不同浇口大小在振动力场作用下对 PP/ CaCO_3 结构和性能的影响, 分别对在稳态和动态(频率 10 Hz, 振幅 150 μm) 条件下不同浇口注射成型的试样进行 DSC 分析, 结果见图 4。

从图 4a 可以发现, 稳态注射成型时, 大浇口情

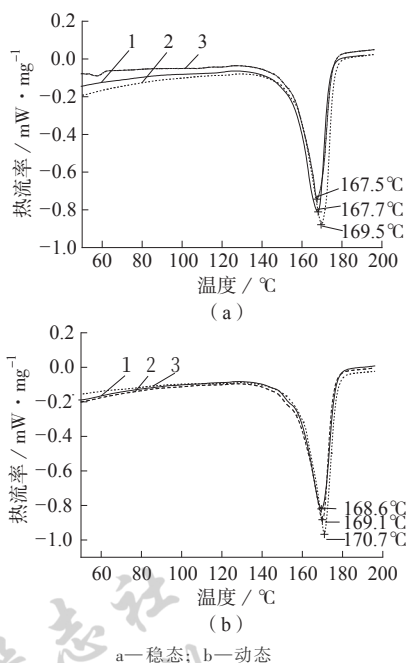


图 4 不同浇口注射成型试样的 DSC 曲线
a—稳态; b—动态
1—小浇口; 2—中浇口; 3—大浇口

况下试样的熔点最低(167.5 $^{\circ}\text{C}$), 小浇口情况下次之(167.7 $^{\circ}\text{C}$), 中浇口情况下最高(169.5 $^{\circ}\text{C}$)。这表明, 同等工艺条件下, 稳态注射成型时并不是浇口越大或越小所得试样的熔点越高、结晶度越高, 而是存在一个中间较好的浇口尺寸范围。可能的原因是稳态注射情况下, 浇口截面尺寸合适时, 熔体通过浇口获得合适的剪切速率, 有利于高分子的取向, 高分子取向促使更好地结晶, 因而结晶度提高; 而浇口截面尺寸过小或过大容易形成紊流, 不利于高分子取向, 结晶度也就相对减小。

从图 4b 可以发现, 动态注射成型时, 小、中、大浇口情况下对应试样的熔点依次增高。同稳态注射相比, 动态注射时大浇口对应的试样的结晶度提高量要高于中、小浇口对应的结晶度提高量。这是因为在充模过程中, 浇口截面尺寸较大, 螺杆产生的轴向振动仍有一部分能够传递至模腔内, 继续促进高分子取向, 结晶度提高。另外, 不同浇口情况下动态注射成型试样的熔点和结晶度均要高于稳态注射成型试样。这是因为振动的引入使得高分子在预塑和注射充模过程中发生取向, 结晶度提高。

3 结论

(1) 采用大浇口时动态注射成型试样的力学性能(拉伸强度、冲击强度和弯曲强度)相对于小浇口情况下有一定提高。相对于稳态注射成型, 动态注射成型时浇口越小, 试样的力学性能增加幅度越小。

(2) 振动力场的存在对于 CaCO_3 在 PP 基体中的分散有很大作用,但浇口大小对最终制品中 CaCO_3 的分布并无明显规律。

(3) 动态注射成型时试样的熔点随浇口尺寸增大而提高。

参考文献

- [1] Kung Fu-Chen, Weng Yung-Jin. Optimizations of the processing parameters of high - performance engineering plastic in injection molding[J]. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2008, 47(11): 1154 - 1155.
- [2] Chen Juhn-Hong, Sheu Long-Jy, Chen Wen-Chin, et al. Application of advanced process control in plastic injection molding [C]. Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Serv-

- ice Operations and Logistics, and Informatics, 2008: 2719 - 2720.
- [3] 瞿金平. 聚合物动态塑化成型加工理论与技术(理论篇)[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 3 - 10.
- [4] 瞿金平. 电磁式聚合物动态注射成型方法及装置: 中国, CN96108387[P], 1997-02-05.
- [5] 杜遥雪, 瞿金平. 振动力场强化聚合物反应挤出过程的研究[J]. 橡胶工业, 2003, 50(3): 73 - 76.
- [6] 王权. 液压脉振注射成型机塑化注射特性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2006.
- [7] 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.
- [8] 何亮, 刘斌, 瞿金平. 电磁振动对金属粉末注射型坯结构均匀性的影响[J]. 广东轻工职业技术学院学报, 2006, 5(3): 1 - 5.

STUDY ON EFFECT OF INJECT GATES ON PROPERTIES OF DYNAMIC INJECTION MOLDING PRODUCTS

Li Bing¹, Li Chengwei², Zhou Nanqiao³, Shi Baoshan¹

(1. Machine and Vehicle Institute, Zhuhai Campus of Beijing Institute of Technology, Zhuhai 519085, China;

2. Port Machinery Institute of SANY Group, Changsha 410100, China;

3. The Key Lab of Polymer Processing Engineering, Ministry of Education, National Engineering Research Center of Novel Equipment for Polymer Processing, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

ABSTRACT The mechanical properties of dynamic injection molding PP/ CaCO_3 products with different inject gates are analyzed. The results showed that while other process parameters are unchanged, the mechanical properties of specimen molding in large-size inject gates displayed better than the small-size gates. Compared with the static injection, the smaller inject gate, the smaller range improve of the properties of the specimen under dynamic injection. The decentralization of PP/ CaCO_3 in dynamic inject process is increased, but the decentralization of PP/ CaCO_3 in different inject gates is ruleless in dynamic process. The melt point of specimen increases with the increase of inject gate in dynamic process.

KEYWORDS dynamic injection, PP, CaCO_3 , mechanical property

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”。公司通过 ISO9001:2000 国际质量管理体系认证。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: 辽宁省鞍山市腾鳌镇黄县 邮编: 114225

电话: 0412 - 8935903 传真: 0412 - 8935803