

全程动态注塑对 PS 制品力学性能影响的研究

陈金伟¹ 彭响方² 徐百平¹

(1. 广东轻工职业技术学院轻化工程系, 广州 510300;
2. 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 在实际生产条件下,在振频 0 ~12 Hz、振幅 0 ~0.30 mm 范围内研究了振动参数对聚苯乙烯(PS)制品的力学性能和冲击断面形态结构的影响。结果表明,制品的力学性能对振动参数的响应并不是单调趋势,而是存在一个最佳的响应范围;全程动态注塑过程能提高制品的拉伸和冲击性能,其中冲击强度提高尤其明显,最大可提高 28.6%。

关键词 聚苯乙烯 振动 注塑 力学性能

塑料制品的性能取决于聚合物的微观聚集态结构,而微观形态又取决于材料的成型方法和加工条件。因此,通过特定的外场作用改变加工条件,就可以改变聚合物的聚集态结构,进而提高其性能^[1,2]。电磁动态注射成型技术^[3~6]将电磁场引起的机械振动引入到注射成型的全过程,在一定程度上改善了制品的聚集态结构和宏观力学性能。笔者利用华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心自制的 DPII90 电磁动态注射成型机,在振频 0 ~12 Hz,振幅 0 ~0.30 mm 的范围内较系统地研究了实际生产中振动参数的变化对聚苯乙烯(PS)制品力学性能和冲击断面形态结构的影响规律。

1 实验方法

1.1 原料及设备

PS: SG-26, 熔体流动速率 9.0 g/10 min, 汕头海洋第一聚苯树脂有限公司;

电磁动态注射成型机: DPII90, 螺杆直径 35 mm, 注塑压力 215 MPa, 加装了振幅监控、数据采集系统, 华南理工大学;

台式万能拉伸测试仪: INSTRON 5566, 美国 Instron 公司;

摆锤冲击试验机: POE2000, 美国 Instron 公司;

扫描电镜 (SEM): XL300, 荷兰 Philips 公司。

1.2 工艺流程和工艺参数

实验过程中将振动场引入塑化、注射、保压等注射成型全过程,振动场振幅、振频的控制和振幅数据的采集系统如图 1 所示。表 1 是稳态加工实验中设置的基本工艺参数,此时振频、振幅都为 0。动态加工实验是在上述稳态实验条件下,施加振幅 A (0.05 ~0.30 mm)、振频 f (4 ~12 Hz),并将振动引入注射成型全过程。所有实验均在室温条件下进行,模具

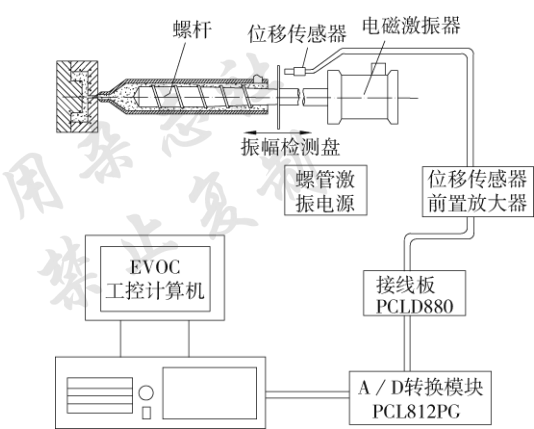


图1 振幅测量采集系统结构示意图

冷却过程为自然降温。

表 1 PS 稳态注塑工艺参数

项目	注塑压力 / MPa (4 段)	保压压力 / MPa	注射速度 / %	料筒前 3 段温度 / °C
数据	50、55、60、75	70	25	180、185、195

1.3 测试

拉伸性能按 ASTM D638-91 测试;

缺口冲击强度按 ASTM D1822-89 测试;

SEM 观察: 将试样脆断喷金后用 SEM 观察并拍照。

2 结果与讨论

2.1 振幅、振频对 PS 拉伸强度的影响

图 2 是 PS 在不同振频的加工条件下其拉伸强度随振幅的变化曲线。从图 2 可以看到, PS 在动态加工条件下所得试样的拉伸强度比稳态加工有大幅度的提高, 动态加工其拉伸强度最佳点(振频 4 Hz, 振幅 0.15 mm)的拉伸强度为 45.52 MPa, 比稳态时的 37.4 MPa 提高了 21.7%。由此可见, 贯穿注塑

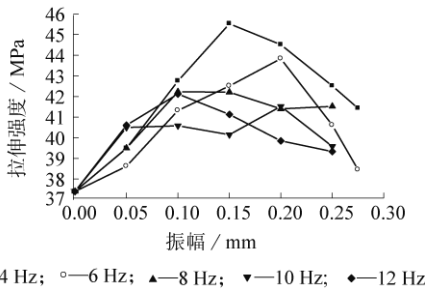


图 2 PS 在不同振频下其拉伸强度和振幅的关系曲线

加工全过程的振动场可以改善 PS 的拉伸强度。从图 2 还可看出, PS 在不同频率的动态加工条件下, 随着振幅的变化, 拉伸强度的变化有一定的规律性。具体来说就是拉伸强度对于振幅的变化存在一个拐点, 即不同振频下拉伸强度对振幅的响应均有一个最佳点, 在此最佳点之前曲线走势向上, 拉伸强度值提高很快; 在此拐点之后曲线走势趋于平缓, 拉伸强度值有所降低, 变化规律和高抗冲聚苯乙烯 (HIPS)^[7] 类似。不同振频时最佳的振幅点不尽相同, 大部分集中在中振幅区域的 0.10 ~0.20 mm 之间。图 3 是 PS 在不同振幅的加工条件下其拉伸强度随振频的变化曲线。从图 3 可以看到, 不同振幅的动态加工条件下, PS 试样的拉伸强度随振频的变化也存在一个最佳点。不同振幅下的最佳振频点不尽相同, 多为 4 ~6 Hz 的低频段。

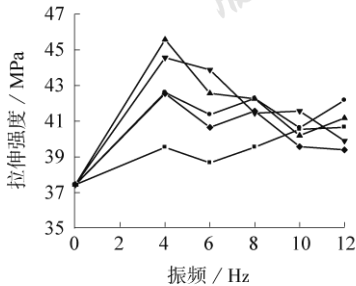


图 3 PS 在不同振幅下其拉伸强度和振频的关系曲线

综合图 2 和图 3 可以得知, 在本实验的加工条件下, 全程振动的加工过程可以提高 PS 的拉伸强度, 最大提高幅度为 21.7%。同时, 拉伸强度对于振动场的响应存在最佳点, 即在低频中振幅区域响应明显, 拉伸强度提高最大。拉伸强度最佳工况点出现于此区域也印证了这一点。

2.2 振幅、振频对 PS 冲击强度的影响

图 4 是 PS 在不同振频的加工条件下其冲击强度随振幅的变化曲线。从图 4 可以看到, 动态注射成型所得的 PS 试样的冲击强度比稳态加工有较大提高, 最大从稳态时的 2.70 kJ/m² 提高到了 3.47

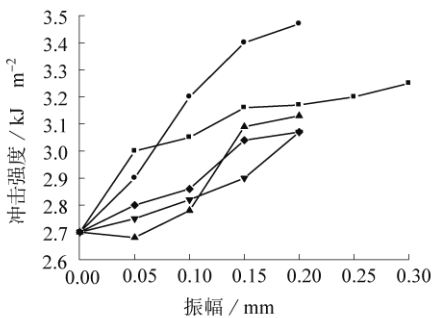


图 4 PS 在不同振频下其冲击强度和振幅的关系曲线

kJ/m², 提高了 28.6%。因此, 贯穿注射成型全程的振动场可以大幅度提高 PS 试样的冲击强度。从图 4 还可以看出, 在本实验的振频和振幅范围内, 不同频率下 PS 试样的冲击强度随着振幅的增大总体趋向增大, 但变化趋势变缓。这一规律与 HIPS 试样^[7] 有所不同。由此可以看出, 不同的无规非晶聚合物的冲击性能对于振动场振幅变化的响应规律在具体细节上是有所差别的。

图 5 是 PS 在不同振幅的加工条件下其冲击强度随振频的变化曲线。

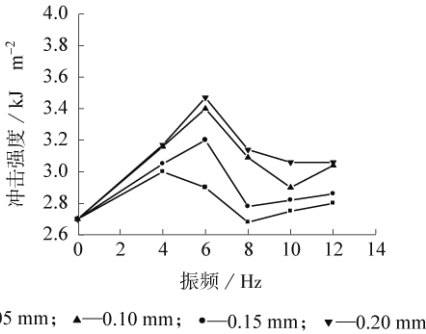


图 5 PS 在不同振幅下其冲击强度和振频的关系曲线

从图 5 可以看到, 不同振幅的动态加工条件下, PS 试样的冲击强度随振频的变化存在一个最佳点。不同振幅下的最佳振频点也不尽相同, 主要在 4 ~6 Hz。

综合图 4 和图 5 的曲线可以得知, 在本实验的加工条件下, 全程振动的加工过程可以提高 PS 试样的冲击强度, 最大提高幅度为 28.6%。

2.3 PS 试样冲击断面微观结构分析

图 6 及图 7 是 PS 稳态和动态注塑最佳冲击强度试样冲击断面放大 2000 倍的 SEM 照片。从图 6 可以看到, PS 稳态注塑试样的冲击断面没有明显的断裂点, 而是片状的断裂面, 断裂形式为脆断断裂。从图 7 可以看出, 动态注塑试样的整体断裂面与稳态类似, 但在局部断裂面却出现指向断裂面外的高

分子纤维束,可见局部表现为类韧性断裂形式。

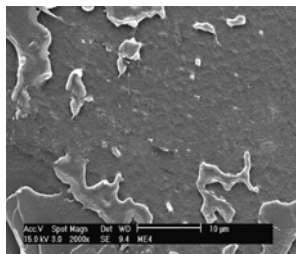


图6 PS 稳态注塑试样冲击断面 SEM 照片

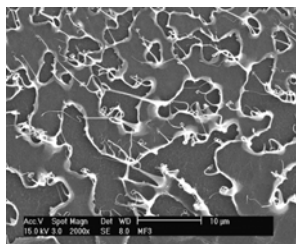


图7 PS 动态注塑试样冲击断面 SEM 照片

从图7还可看出,动态注塑试样的冲击断面明显具有韧性断裂特征。通俗的说,稳态注塑试样断面好似“平板”,而动态注塑试样冲击断面在局部却有“拉丝”状分子链断裂纤维束。这表明全程动态注塑条件下制得的PS试样的韧性得到了明显改善,也即使PS在冲击方向的分子链的构象发生了改变,变得更为规整,变得更耐冲击。振动力场使脆性的PS提高了冲击强度,这种提高不是通过填充或共混其它材料(如HIPS填充橡胶粒子)获得,而是通过改进加工方法即全程引入振动场使其增韧。这里讨论的PS是单一PS相体系,相当于HIPS里的PS相,由此可以推论,对于HIPS试样振动也会使其中的PS相的规整性提高^[7],但这种规整性的提高要受到橡胶相的干扰,故其冲击强度在数值上虽高于PS试样,但提高幅度低于PS试样;在拉伸强度方面,HIPS则在数值上低于PS试样,且提高幅度也

低于PS试样。

3 结论

(1) 在本实验的加工条件下,全程振动的加工过程可以提高PS试样的拉伸强度,最大提高幅度为21.7%。同时,拉伸强度对于振动场的响应存在最佳点,即在低频中振幅区域响应明显,拉伸强度提高最大。

(2) 在本实验的加工条件下,全程振动的加工过程可以提高PS制品的冲击强度,最大提高幅度为28.6%。冲击强度对于振动场振幅和振频的响应规律有所不同,即振幅的提高可以使得PS制品的冲击强度提高,但趋势变缓;PS制品的冲击强度随振频的变化会出现一个最佳点,PS制品的最大冲击强度多集中于低频段。

(3) PS试样冲击断面形态表明,相比于稳态注塑试样,动态注塑试样在整体断裂面与稳态类似,但在局部断裂面却出现指向断裂面外的高分子纤维束,可见局部表现为类韧性断裂形式。

参考文献

- 1 Ibar J P. Control of polymer properties by melt vibration technology: A review. *Polymer and Engineering and Science*, 1998, 38(1): 1
- 2 Ibar J P. Improving molding through melt-flow oscillation. *Modern Plastics*, 1995, 72(1): 6
- 3 彭响方, 瞿金平. 聚合物动态成型技术的研究及进展. *高分子材料科学与工程*, 1999, 15(5): 8
- 4 彭响方. 塑料动态注射成型工艺及其振动模具结构设计. *模具工业*, 1999(10): 44
- 5 瞿金平. 电磁式聚合物动态注射成型方法及装置. 中国专利 96108387. 1997-2-5
- 6 瞿金平. 聚合物动态塑化成型加工理论与技术. 北京: 科学出版社, 2005.
- 7 许超. 动态注塑过程对塑料制品聚集态结构和性能影响的研究: [硕士论文]. 广州: 华南理工大学, 2004

STUDY ON THE EFFECT OF DYNAMIC INJECTION MOLDING ON MECHANICAL PROPERTIES OF PS

Chen Jinwei¹, Peng Xiangfang², Xu Baiping¹

(1. Department of Chemical Engineering, Guangdong Industry Technical College, Guangzhou 510300, China; 2. National Engineering Research Center of Novel Equipment for Polymer Processing, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT Under the condition of factual manufacture, the effect of vibration frequency (from 0 to 12 Hz) and amplitude (from 0 to 0.30 mm) on the mechanical properties and the impact section morphology structures of polystyrene (PS) product were investigated. The results showed that the response of mechanical properties to vibration parameters was not in a monotony trend, but existing an optimum responding range. The dynamic injection molding could simultaneously improve the tensile and impact properties, in which the improvement of impact strength was most obvious, being up to 28.6%.

KEYWORDS polystyrene, vibration, injection molding, mechanical properties