

振动参数对 HDPE 注塑件力学性能的影响^{*}

柯文体 李又兵 申开智 陈长森 李安定

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065)

摘要 采用自制的振动注射试验装置注射成型高密度聚乙烯(HDPE)制件,探讨振动频率、振动压力幅度对 HDPE 注塑件屈服强度、断裂伸长率、拉伸弹性模量和冲击强度的影响。结果表明,振动使得注塑件的综合力学性能得到改善;不同温度下振动频率或振动压力幅度对注塑件力学性能的影响程度不同,但其影响趋势是一致的。

关键词 振动注射 振动频率 振动压力幅度 高密度聚乙烯 力学性能

聚合物材料的物理力学性能不仅取决于其化学结构、分子量及分子量分布,而且还强烈依赖于其凝聚态结构。通过改变成型过程来控制聚合物的凝聚态结构,从而改变其性能是优化材料性能的经济而实用的方法^[1]。笔者利用振动注射成型技术将脉冲压力振动引入注射、保压和冷却的全过程,借助周期性的振动力有效促进分子的取向,并在熔体固化阶段控制晶粒的形成、生长和取向,从而改变聚合物的凝聚态结构,提高注塑件的力学性能。在此主要考察振动频率、振动压力幅度对高密度聚乙烯(HDPE)力学性能的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

HDPE: HD6070EA, 熔体流动速率 7.5 g/10 min, 中国石油独山子石化公司。

1.2 仪器与设备

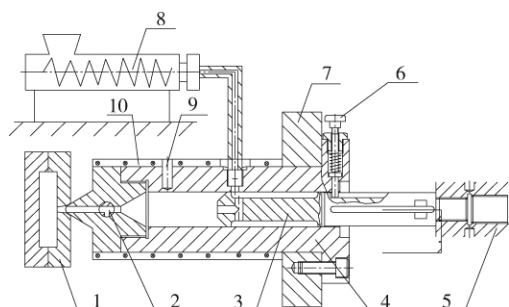
单螺杆挤出机: SJ-30 ×25B 型, 上海挤出机械厂;

振动注射试验装置: 见图 1, 自制;

振动试样模具: 自制;

万能材料试验机: Instron 4302 型, 英国 Instron 公司;

冲击试验机: UJ-40 型, 承德市试验机厂。



1—模具; 2—三通阀; 3—振动杆; 4—储料筒; 5—连接杆;
6—弹簧销; 7—固定座; 8—挤出机; 9—温度计孔; 10—加热圈

图1 振动注射试验装置

1.3 实验方法

将 HDPE 原料经挤出机均匀塑化后加入到振动注射试验装置的储料筒, 在设定的温度下保温 10 min, 在持续振动中进行注射和保压, 冷却后取出试样, 按 GB/T 1039-1992 进行力学性能试验, 其中拉伸速率为 50 mm/min。

2 结果与讨论

2.1 振动频率对力学性能的影响

设定系统压力为 39.6 MPa, 振动压力幅度为 19.6 MPa, 分别在 180、200℃对 HDPE 进行注射成型, 测试振动频率对注塑件屈服强度、断裂伸长率、拉伸弹性模量和冲击强度的影响, 结果见图 2。

由图 2a 可看出, 不同温度下屈服强度均随着振动频率的增加而明显提高。在初始阶段(0~0.932 Hz)屈服强度的提高尤为明显, 当振动频率超过 0.932 Hz 后, 屈服强度有所起伏, 但仍保持着上升的趋势, 增加趋势较为平缓。

由图 2b 可见, 不同温度下两条曲线的走势很相似。在振动频率低于 0.466 Hz 时, 断裂伸长率并没有提高, 当振动频率超过 0.466 Hz 后, 断裂伸长率提高很快, 但频率超过 1.165 Hz 后稍有回落。可见在适当的频率范围内, 振动频率对断裂伸长率的影响较为显著。

由图 2c 可看出, 随振动频率的增加, 在初始阶段(0~0.466 Hz)拉伸弹性模量增加较快, 当振动频率超过 0.466 Hz 后拉伸弹性模量缓慢上升, 在频率为 2.097 Hz 时达到一峰值, 180℃时的拉伸弹性模量为 1523.7 MPa, 200℃时的拉伸弹性模量为 1344.9 MPa, 增幅分别为 70.1% 和 54.5%。

由图 2d 可见, 不同温度下冲击强度总的趋势是

^{*} 国家自然科学基金资助项目(54473053)

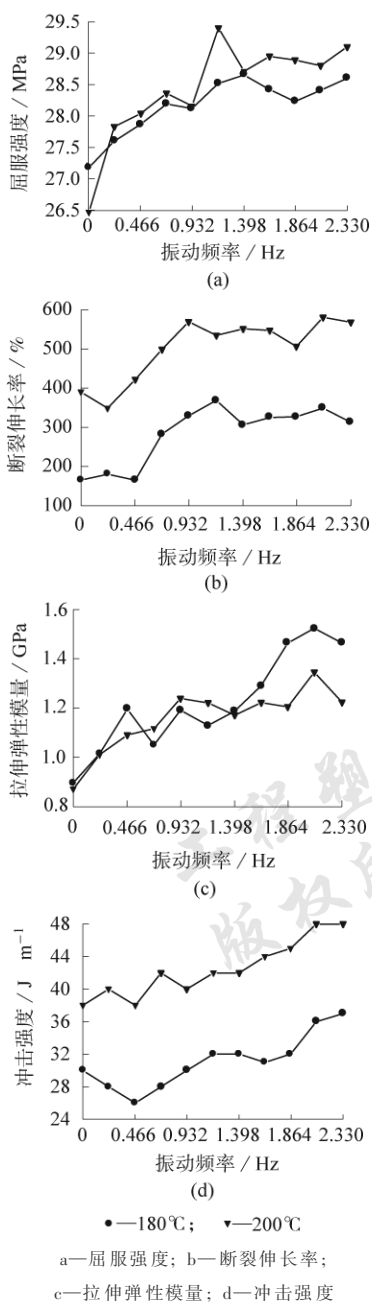


图 2 不同温度下振动频率对力学性能的影响

随着振动频率的增加而提高。在振动频率达2.330 Hz 时, 180℃和 200℃下的冲击强度增幅分别为 23.3%和 26.3%。

2.2 振动压力幅度对力学性能的影响

在前期研究^[2-5]的基础上, 选定振动频率为 0.7 Hz, 系统压力为 39.6 MPa, 探讨了不同温度 (180℃和 200℃) 下振动压力幅度对注塑件屈服强度、断裂伸长率、拉伸弹性模量和冲击强度的影响, 结果见图 3。

由图 3a 可见, 在振动压力幅度较低(0 ~29.7

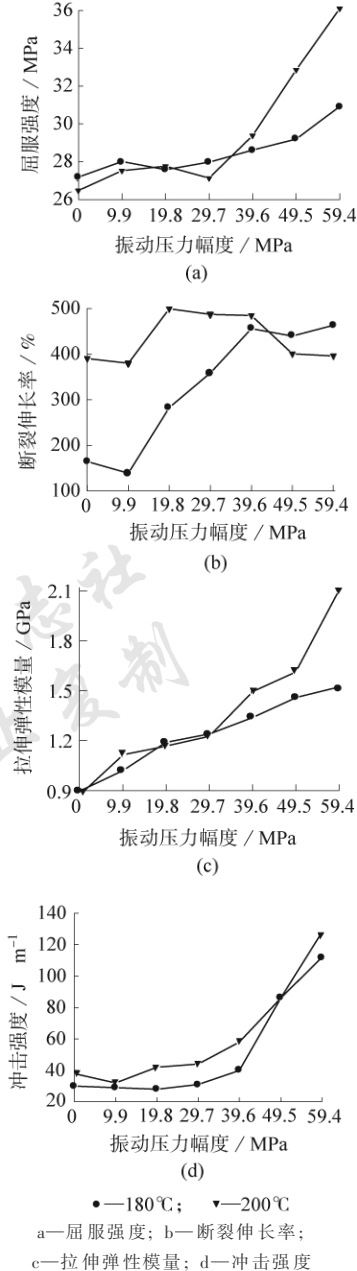


图 3 不同温度下振动压力幅度对力学性能的影响

MPa) 时, 不同温度下屈服强度变化均不大, 振动压力幅度超过 29.7 MPa 后屈服强度很快上升; 相同的振动压力幅度下, 200℃时振动压力幅度对屈服强度的影响更为显著, 在振动压力幅度大于 29.7 MPa 后, 屈服强度几乎呈线性上升趋势。在振动压力幅度为 59.4 MPa 时屈服强度达 36.1 MPa, 较常规注射提高了 36.4%。

图 3b 中, 180℃下的曲线显示出一定的规律。在振动压力幅度为 9.9 ~39.6 MPa 时, 断裂伸长率随振动压力幅度的增加而呈线性上升, 从 164.9% 提高到 455.8%, 而后变化不大。在 200℃下振动压

力幅度对断裂伸长率的影响不是很明显,在振动压力幅度为 19.8 MPa 时,断裂伸长率达最大值,之后出现一段平缓区,当振动压力幅度超过 39.6 MPa 后,断裂伸长率骤然下降。

由图 3c 可见,振动压力幅度对拉伸弹性模量的影响是明显的,随振动压力幅度的增加,拉伸弹性模量持续上升,二者几乎成线性关系,180℃ 和 200℃ 时的最高增幅分别为 70%、142%。

图 3d 中,在振动压力幅度较小(0~19.8 MPa)时冲击强度无明显变化。当振动压力幅度为 19.8~39.6 MPa 时,冲击强度缓慢上升,当振动压力幅度超过 39.6 MPa 后,冲击强度上升很快。在两种温度下振动压力幅度对冲击强度的影响趋势是一致的。由此可见,振动压力幅度的提高对改善注塑件的韧性很有帮助。

2.3 实验分析

振动注射对于提高 HDPE 注塑件的屈服强度和冲击强度有显著的影响,提高的程度依成型工艺条件(包括振动参数)的不同而异。研究表明,振动对聚合物成型制件性能的影响主要是通过改变聚合物结晶动力学过程从而影响凝聚态结构起作用的^[3]。

(1) 振动频率的影响

振动频率的增加,使熔体受到的剪切作用更加强烈,这使得分子链沿流动方向获得高度取向;同时由于剪切诱导作用,可能诱导注塑件内部取向和结晶,使得结晶度大为提高;高频率的振动使熔体的热历程变长、剪切层增厚^[6]。

(2) 振动压力幅度的影响

因为振动贯穿于整个注射成型过程,振动压力幅度的增加,使得注塑压力和保压压力也得以提高。注塑压力的提高使熔体受到的剪切应力增大,从而使分子链沿外力场高度取向;同时振动压力(保压

压力)的增加有利于取向与晶体固定;在高剪切应力作用下,晶体可能发生取向甚至重排^[2]。

分子链的高度取向和结晶度的提高大大改善了注塑件屈服强度和拉伸弹性模量。而冲击强度的提高很可能是因为反复的剪切作用使晶粒细化,改善了薄弱的球晶界面所致^[7]。

3 结论

(1) 振动频率的增加能有效提高注塑件的屈服强度和拉伸弹性模量,与此同时,冲击强度和断裂伸长率也有一定程度的提高。

(2) 振动压力幅度的增加有利于强度的提高。在振动频率为 0.7 Hz 情况下,当振动压力幅度为 59.4 MPa 时,屈服强度提高幅度为 36.4% (200℃);拉伸弹性模量增幅为 142% (200℃)。同时在一定的振动压力幅度范围内(大于 39.6 MPa),振动压力幅度的增加使冲击强度显著提高。

(3) 不同温度下振动频率、振动压力幅度对注塑件力学性能的影响程度不同,但其影响趋势是一致的。

参考文献

- 1 吴世见,郭建明,申开智,等.制备高性能注塑和挤出制品的形态控制技术.高分子材料科学与工程,2003,19(3):58
- 2 Ibar J P. Control of polymer properties by melt vibration technology: A review. Polym Eng Sci, 1998, 38(1): 1
- 3 严正,申开智,张杰,等.振动场对注射成型制件力学性能作用的实验研究.高分子材料科学与工程,2001,17(4):82
- 4 李又兵,申开智,张杰,等.低频振动对聚乙烯注射件力学性能的影响.中国塑料,2003,17(4):43
- 5 李又兵,高雪芹,廖永衡,等.低频振动注射实现等规聚丙烯自增强增韧的研究.中国塑料,2003,17(6):77
- 6 瞿金平,胡汉杰.聚合物成型原理及成型技术.北京:化学工业出版社,2001.
- 7 E.L.托马斯.聚合物的结构与性能.施良和,沈静姝译.北京:科学出版社,1999.

EFFECTS OF VIBRATION PARAMETERS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HDPE INJECTION MOLDING PARTS

Ke Wenti, Li Youbing, Shen Kaizhi, Chen Changsen, Li Anding

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

ABSTRACT The high density polyethylene(HDPE) sample was processed by using the self-made vibration injection device. Effects of vibration frequency and vibration pressure amplitude on yield strength, elongation at break, modules of elasticity in tension and impact strength of injected HDPE samples were explored. The results showed that vibration was favorable for the increase of all over mechanical properties. The affecting degree of vibration frequency or vibration pressure amplitude on the mechanical properties at different temperature was dissimilar, but the affecting trend was consistent.

KEYWORDS vibration injection, vibration frequency, vibration pressure amplitude, high density polyethylene, mechanical property