

·研究简报·

振动注塑 PP 的拉伸蠕变研究^{*}

陆 颖 彭 欢 申开智 杨 奇 严 正^{**}

(四川大学高分子科学与工程学院 成都 610065)

摘 要 分别通过改变机械振动注塑机的频率(5~25 Hz)和压力(10~18 MPa)获得不同条件下成型的 PP 样条,然后在各种成型条件下的 PP 样条上分别施加相同的拉伸力($F = 125$ N),进行 24 h 拉伸蠕变实验.结果表明,在相同的振动频率(10 Hz)和不同的振动压力下成型的 PP 试样,其 24 h 蠕变量随着压力的增大而减小.在相同振动压力(12 MPa)和不同的振动频率下成型的 PP 试样,其 24 h 蠕变量随着频率的增大而增大.当振动频率达到 $f = 10$ Hz 的时候,其 24 h 拉伸蠕变量的变化趋于平缓.同时,也对不同振动条件下注塑的 PP 试样进行拉伸实验,冲击实验和动态力学性能测试,讨论了成型条件对性能的影响.

关键词 振动注塑, 蠕变, 频率, 压力

自从 20 世纪 80 年代开始采用振动注射方法对聚合物进行加工以来,振动注塑已经衍生出了多种与之相关的技术,并极大的提高了聚合物各项性能. Bar^[1] 提出振动注塑技术主要能够改变材料的 3 种性质.其一,提高成型材料的密度.其二,改变材料的流变行为.其三,提高产量.由于这些原因,大量的科学工作者把注意力放在了振动注塑成型上.比如申开智^[2~9] 等通过动态保压技术获得了性能良好的制品,瞿金平^[9~12] 等通过电磁振动技术来研究振动成型后共混体系和填充体系材料的性能,傅强^[13~21] 等集中研究动态保压下材料的形态和结晶.同时,其他的研究者通过超声波技术来进行振动注射,也获得了具有良好性能的材料.但是,这些研究大部分是通过振动技术研究聚合物的形态,或者研究其短时的力学性能等.而对于工程中常遇到的长时的力学性能,比如蠕变、应力弛豫、循环应力下的疲劳性能等方面并没有进行深入的研究和探讨,这也是将振动技术运用到实际中所缺少的必要的技术参考.因此,我们以 PP 为实验材料,分别改变振动成型的频率和压力条件来获得不同条件下的 PP 样条,然后分别对所得样条施加一定静载荷,经过一定时间观察其应变的变化,分析原因,为研究设计提供依据,为生产提供数据参考,并在一定程度上推进振动注塑成型技术的工业化.

1 实验原料与仪器设备

PP,甘肃兰港化工有限公司,牌号,F401.注射

机,自制机械振动注射装置,万能电子拉力实验机,日本岛津 AUTO GRAPH,型号 A G210TA 冲击试验机,河北省承德市材料实验机厂型号 XJJ25 动态力学性能分析仪,美国 TA 仪器公司,型号 Q800 series.拉伸蠕变设备,自制拉伸蠕变仪.

本试验主要通过机械振动式注塑机,分别在相同的压力下改变频率以及在相同的频率下改变压力获得不同成型条件下的 PP 试样,再通过自制的拉伸蠕变仪,在相同的应力下观察一定时间内的蠕变变化.

2 试样制备

所用的均为注塑制件.试样为颈部为 35 mm × 5 mm × 6 mm 哑铃试样.

使用机械振动注塑机注塑成型.注塑温度(4 段)为 190℃、210℃、225℃、220℃;

模具温度 40℃.注塑时间 5 s;保压时间 5 s;冷却时间 40 s.

3 试验流程



结果表征

4 性能测试

动态力学热性能测试是将哑铃试样颈部制成 30 mm × 5 mm × 6 mm 样条,采用 DMA Q800 型动态力学分析仪进行动态力学性能测试.测试采用单悬臂模式,氮气气氛,在升温速度为 3 K/min 条

件下从 -55°C 升至 150°C 。

哑铃型试样拉伸蠕变测试是通过振动注塑机,改变成型时的频率和压力获得不同成型条件下的 PP 材料,再通过给不同的 PP 材料施加相同的应力,获得不同成型条件下的 PP 的拉伸蠕变性能,并作图比较。

进行拉伸蠕变实验的设备参数,施加拉伸力 F 范围,125 N。

5 不同振动条件下成型材料的拉伸蠕变

图 1 是在 10 Hz 振动频率和不同振动压力下成型的 PP 试样在施加一定拉伸力 ($F = 125\text{ N}$) 后在整个蠕变期间内应变的变化曲线,图 2 是其在经过长时间 ($t = 24\text{ h}$) 后,不同振动压力下成型的 PP 试样的拉伸蠕变量曲线。从图 1 和图 2 都可以看出其拉伸蠕变量随振动压力的增加是一直下降的,其中当 $S = 10\text{ MPa}$ 时,PP 的 24 h 拉伸蠕变量达到了 7.4%,当压力增加到 12 MPa 的时候,其拉伸蠕变量大幅度的下降,但是当超过了 $S = 14\text{ MPa}$ 后,其拉伸蠕变的下降的趋势变缓了,相互之间的差别也不大,几乎达到稳定。

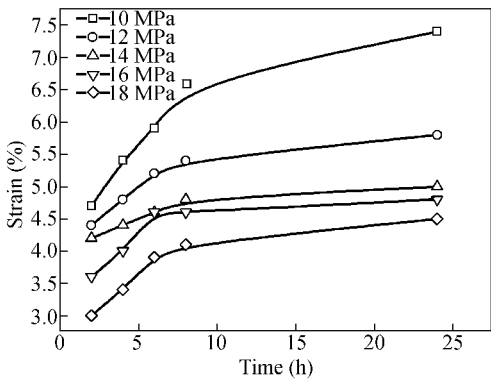


Fig. 1 Creep of PP made under different vibration stress and same vibration frequency

图 3 是在 12 MPa 振动压力和不同振动频率下成型的 PP 试样在施加一定拉伸力 ($F = 125\text{ N}$) 后在整个蠕变期间内应变的变化曲线,图 4 是其在经过长时间 ($t = 24\text{ h}$) 后,不同振动频率下成型的 PP 试样的拉伸蠕变量曲线。从图 3 和图 4 可以看出其振动频率对拉伸蠕变的影响是在 $f = 10\text{ Hz}$ 之前,其 24 h 拉伸蠕变量是随着频率的增大而增大。当振动频率达到 $f = 10\text{ Hz}$ 的时候,其 24 h 拉伸蠕变量的变化趋于平缓。

6 拉伸试验中断裂伸长量的变化

通过拉伸试验可以从图 5 看出,当 $S = 10\text{ MPa}$ 到 $S = 14\text{ MPa}$ 时,其断裂伸长量波动很小,之

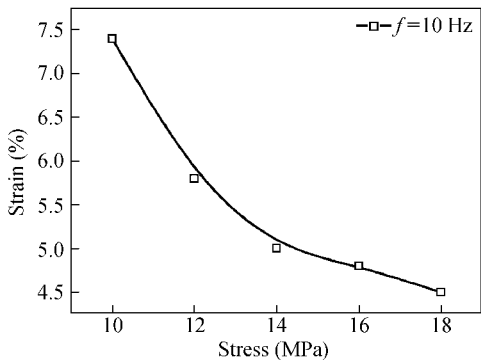


Fig. 2 The strain of PP processed under different vibration stress in same vibration frequency after 24 h

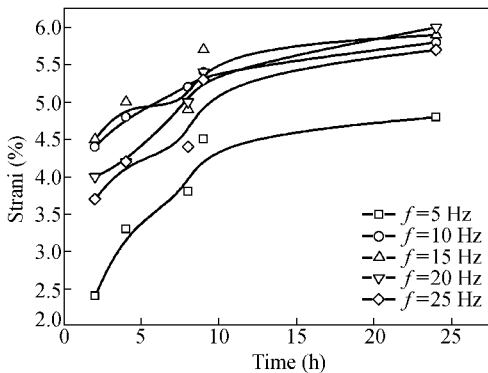


Fig. 3 Creep of PP made under different vibration frequency and same vibration stress

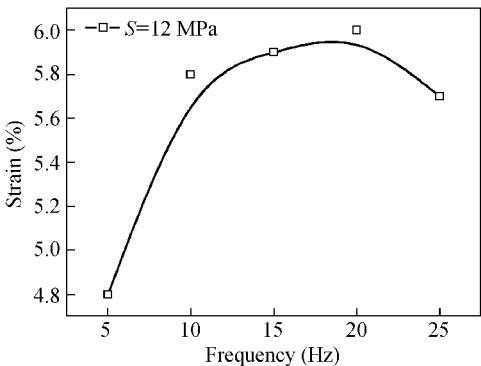


Fig. 4 The stain of PP processed under different vibration frequencies in same vibration stress after 24 h

后,随着振动压力的增加,其断裂伸长量大幅的减小。从图 6 可以看出,试样拉伸时的断裂伸长随振动频率的增加而增大。当 $f = 20\text{ Hz}$ 的时候,其断裂伸长呈现极大值。

7 冲击强度变化

图 7 是试样的冲击性能测试结果,由此可以了解不同成型条件对的 PP 的抗冲击性能的影响,从而也从侧面反映材料的韧性。由图 7 可以看出,

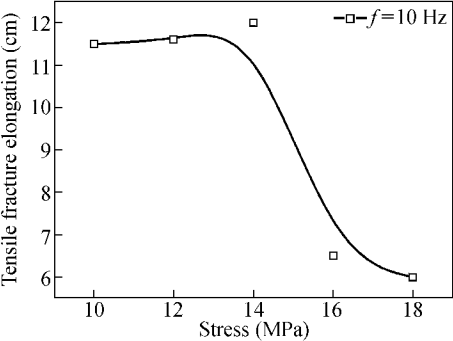


Fig. 5 Tensile fracture elongation for PP made under different vibration stress in same vibration frequency (10 Hz)

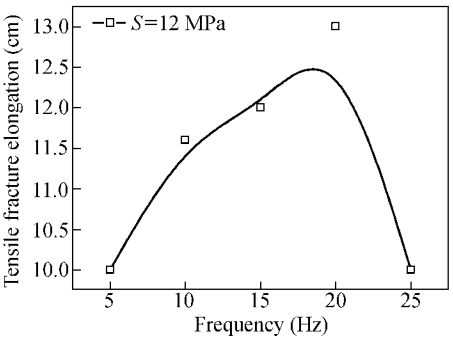


Fig. 6 Tensile fracture elongation for different PP processed under different vibration frequencies in same vibration stress (12 MPa)

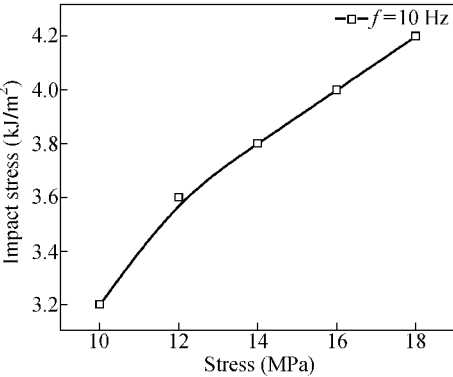


Fig. 7 Impact stress of PP made under different vibration stress in the same vibration frequency (10 Hz)

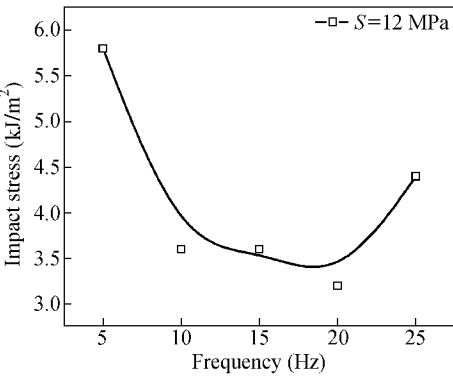


Fig. 8 Impact stress for different PP processes under different frequencies in the same vibration stress (12 MPa)

随着振动压力的增加其冲击强度几乎呈线性上升的,这说明随着压力的增加其韧性是提高了. 图 8 给出振动频率对冲击强度的影响,可以看出,当 $f = 5$ Hz 时,冲击强度达 5.75 kJ/m^2 ,随频率的增加,冲击强度明显下降,当约 $f = 20$ Hz 时,其抗冲击强度呈现极小值.

8 动态力学性能比较

通过动态力学性能测试,由图 9 可知,在相同

的压力以及室温 25°C 下,当 PP 在 $f = 20$ Hz 下成型时,其材料的损耗模量峰值是最大的. 由图 9 看出随着温度的升高,几种材料的损耗模量逐渐的趋于一致. 由图 10 可以看出,在相同的频率下,在 25°C 时,其 PP 材料的损耗模量随之压力的增加而减小,并且由图 10 可知随着温度的升高,其趋势也是接近一致.

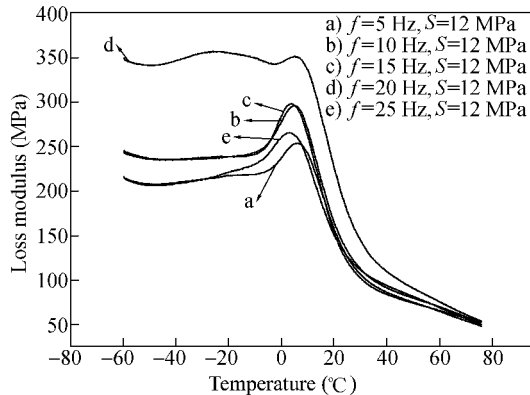


Fig. 9 The curve of modulus loss for PP processed under different frequencies in the same vibration stress

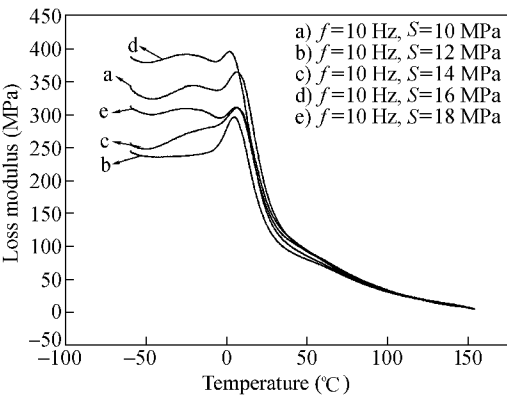


Fig. 10 The curve of modulus loss for PP processed under different vibration stress in the same vibration frequency

从以上的实验结果可以看出,(1)在所用的振动压力(10~18 MPa)和频率(5~25 Hz)的范围内,增大振动压力和降低振动频率可降低 PP 试样的拉伸蠕变,提高其长时间使用性能;(2)增大振动压力和降低振动频率还可以提高 PP 试样的冲击强度,增加其韧性;(3)改变振动压力和频率也可用于调节 PP 试样的断裂伸长和动态力学性能;(4)在所用的实验条件范围内提高振动压力和频率对同一力学性能的影响往往是相反的。

9 结论

在所用的振动压力(10~18 MPa)和频率(5~25 Hz)的范围内,增大振动压力和降低振动频率可降低 PP 试样的拉伸蠕变,提高其长时间使用性能 增大振动压力和降低振动频率还可以提高 PP 试样的冲击强度,增加其韧性 改变振动压力和频率也可用于调节 PP 试样的断裂伸长和动态力学性能 在所用的实验条件范围内提高振动压力和频率对同一力学性能的影响往往是相反的。

REFERENCES

1 Bar J P. Polymer Engineering and Science,1998,38(1) 1~20

2 Zhang Jie(张杰),Shen Kaizhi(申开智),Na Shun(那顺). China Plastic Industry(塑料工业),2004,32(10) 27~30

3 Guan Q,Shen K Z, Ji J L,Zhu J M. J Appl Polym Sci,1995,55(13) 1797~1804

4 Guan Q,Lai F S, Mccarthy S P, Chiu D,Zhu X G, Shen K Z. Polymer,1997,38(20) 5251~5253

5 Li Y B,Deng M,Huang H,Shen K Z. J Macromol Sci,Part B Phys,2006,45(5) 911~922

6 Zhang J,Shen K Z,Wen Y F,Fu Q. Polym-Plastics Tech Eng,2006,45(5) 601~606

7 Yan Zheng(严正),Shen Kaizhi(申开智),Zhang Jie(张杰),Qing Yuting(秦玉廷). Polymer Material Science and Engineering(高分子材料科学与工程),2001,17(4) 82~85

8 Yan Zheng(严正),Shen Kaizhi(申开智),Song Dayong(宋大勇),Zhang Jie(张杰). China Plastics(中国塑料),2000,114(12) 63~67

9 Li Youbing(李又兵),Gao Xueqin(高雪芹),Yuan Yi(袁毅),Shen Kaizhi(申开智). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2007,(12) 1111~1114

10 Wang Q,Qu J P. Polym Int,2006,55 1330~1335

11 Liu Guoqiang(刘国强),Qu Jinping(瞿金平),Du Ligang(杜立刚),Cao Xianwu(曹贤武),Yu Guohua(俞国华). Engineering Plastics Application(工程塑料应用),2004,32(4) 25~28

12 Qu Jinping(瞿金平),Yu Guohua(俞国华),Cao Xianwu(曹贤武),Liu Guoqiang(刘国强),He Guangjian(何光健). Engineering Plastics Application(工程塑料应用),2004,32(6) 21~23

13 Qu J P,He G J,He H Z,Yu G H,Liu G Q. Eur Polym J,2004,40(8) 1849~1855

14 Wang C,Su J X,Li J,Yang H,Zhang Q,Du R N,Fu Q. Polymer,2006,47 3197~3206

15 Wang K,Guo M,Zhao D G,Zhang Q,Du R N,Fu Q,Dong X. Polymer,2006,47(25) 8374~8379

16 Liang S,Wang K,Yang H,Zhang Q,Du R N,Fu Q. Polymer,2006,47(20) 7115~7122

17 Wang C,Su J X,Li J,Yang H,Zhang Q,Du R N,Fu Q. Polymer,2006,47(9) 3197~3206

18 Na B,Zhang Q,Wang Y,Du R N,Fu Q. Polymer,2003,44(19) 5737~5747

19 Yang Hong(杨红),Wang Yong(王勇),Na Bing(那兵),Cao Wen(曹文),Li Jiang(李江),Zhang Qin(张琴),Du Rongni(杜荣妮),Fu Qiang(傅强). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2007,(3) 209~217

20 Wang K,Guo M,Liang S,Zhao P,Yang H,Zhang Q,Du R N,Fu Q. Chinese J Polym Sci,2007,25(1) 23~33

21 Li J,Zhang Q,Wang C,Yang Y,Du R N,Fu Q. Chinese J Polym Sci,2006,24(4) 379~387

STUDIES ON TENSILE CREEP OF POLYPROPYLENE MOULDED IN VIBRATION FIELD

LU Ying, PENG Huan, SHEN Kaizhi, YANG Qi, YAN Zheng
(The College of Polymer Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065)

Abstract A custom-made dynamic injection molding machine was adopted to obtain PP specimens *via* changing the vibration frequency (5 ~ 25 MPa) and vibration stress (10 ~ 18 MPa). The specimens were characterized by tensile tests, notched Izod impact tests, dynamic mechanics analysis and creep measurements under a tensile load of 12 kg. For specimens prepared under a vibration frequency of 10 Hz their 24 h creep strain decreased from 7.4% to 4.5% with an increase of vibration stress from 10 MPa to 18 MPa. While for specimens prepared under a vibration stress of 12 MPa their 24 h creep strain increased with vibration frequency first, and after 10 Hz its variation became very slow. It was also found for these specimens that the Izod impact strength increased from 3.2 kJ/m² to 4.2 kJ/m², when the vibration stress changes from 10 MPa to 18 MPa, and, at the same time, the Izod impact strength decreased with increasing vibration frequency first and showed a minimum around 20 Hz. The influence of processing conditions on tensile elongation and dynamic mechanical properties were also observed. All the results indicated that within the experimental conditions used in this work increasing the vibration stress and decreasing the vibration frequency during processing could improve the long-term mechanical performance and impact ductility of PP specimens.

Keywords Vibration injection, Tensile creep, Vibration frequency, Vibration stress