

ABS/GF 疲劳裂纹扩展的研究

李萌崛 王 涛 周皇卫 严 正

(四川大学高分子科学与工程学院, 成都 610065)

摘要 通过对(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)/玻璃纤维(GF)复合材料疲劳裂纹扩展速度研究, 得到 ABS/GF 复合材料在不同应力和振动频率下疲劳性能随 GF 填充量变化的趋势。结果表明, 高频(0.85 Hz)低应力(0.8 kN)条件下, GF 对裂纹的扩展具有阻滞作用, 其中 GF 质量分数为 20% 时 ABS/GF 复合材料疲劳性能最好; 低频(0.25 Hz)高应力(1.6 kN)条件下, 试样疲劳性能最差, 疲劳周次均在 2000 次以下, 加入 GF 有利于裂纹的扩展。

关键词 (丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物/玻璃纤维 疲劳 裂纹扩展 应力

玻璃纤维(GF)增强热塑性塑料最早出现在 20 世纪 50 年代^[1]。(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)/GF 是以 ABS 聚合物作为基体, 以 GF 为增强相制得的复合材料, 其综合了聚合物和 GF 的性能^[2]。GF 的引入使 ABS 具有良好的综合性能, 其热变形温度、洛氏硬度、拉伸强度有所提高^[3], 同时, 线膨胀系数和成型收缩率显著降低, 增强了制品的尺寸稳定性^[4]。我国目前对 GF 增强复合材料的研究主要集中在聚丙烯和聚酰胺材料上, GF 增强 ABS 材料的研究较少。T. J. Bohatka 等^[5]对以 ABS 为基体的复合材料裂纹扩展提出了理论模型。陆颖等^[6]对 ABS/GF 复合材料环状试样动态力学进行分析。

笔者研究了不同含量 GF 在不同频率和应力条件下, ABS/GF 复合材料疲劳裂纹扩展速度, 以及裂纹扩展速度随 GF 填充量变化的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

ABS: 301, 兰州石化公司;

GF: 成都市科龙化工试剂厂;

硅烷偶联剂: KH-570, 南京立派化工有限公司;

丙酮: 分析纯, 成都市科龙化工试剂厂。

1.2 实验仪器、设备

双螺杆挤出机: TSSJ-25 型, 晨光化工研究院树脂机械研究所;

注塑机: HTF86X1 型, 宁波海天注塑机厂;

疲劳试验机: 自制;

USB 数码电子显微镜: 深圳市希曼电子有限公司。

1.3 试样制备

将 GF 和硅烷偶联剂以质量比 50:1 进行预处

理, 并将 ABS 在真空烘箱内烘 12 h, 温度为 80℃。通过双螺杆挤出机进行共混造粒, 加工温度分别为 170、190、210、220、220、215℃, 主轴转速 120 r/min, 加料转速 10 r/min。将预处理过的 GF 与 ABS 共混, 制备 ABS/GF 复合材料。采用注塑机注射成型。注射温度分别为 190、210、225、220℃; 模具温度 60℃, 注射时间 5 s, 保压时间 5 s, 冷却时间 40 s。

1.4 疲劳试验

将自制的疲劳试验机(频率 0.25~0.85 Hz, 应力 0~1.8 kN)装夹在冲床上, 利用冲床上下往复的运动, 提供循环应力。通过一系列传动装置, 将此循环压力传递到标准试样上。

将质量分数分别为 0、10%、20%、30% 的 GF 加入 ABS 中, 分别制得 1[#]、2[#]、3[#]、4[#] 试样, 测试相同条件下 GF 的含量对 ABS/GF 复合材料疲劳性能的影响。

调整冲床的频率和试样承受的应力, 得到频率和应力因素对 ABS/GF 的影响。

2 结果与讨论

2.1 高频高应力下试样疲劳裂纹的扩展

试样在高频(0.85 Hz)、高应力(1.6 kN)循环应力作用下疲劳裂纹扩展情况如图 1 所示。1[#] 试样

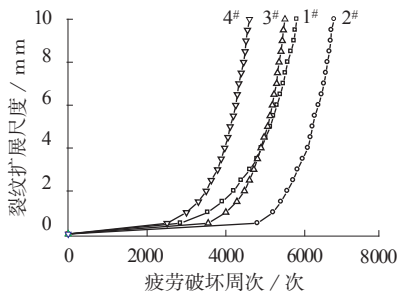


图 1 高频高应力下试样疲劳裂纹的扩展

疲劳断裂周次为 5800 次;2[#] 试样比纯 ABS 试样疲劳性能有所提高,疲劳断裂周次为 6750 次;而 3[#] 试样和 4[#] 试样疲劳性能有所降低,分别为 5500 次和 4600 次。当 GF 含量超过 2[#] 试样时,随着 GF 含量的增加,试样的疲劳性能下降。在循环应力作用的初期(0~2500 次),4[#] 试样疲劳裂纹的扩展速度高于 1[#]、2[#]、3[#] 试样疲劳裂纹的扩展速度。在循环应力的后期(大于 2500 次),3[#]、4[#] 试样疲劳裂纹扩展的速度高于 1[#]、2[#] 试样。

试样疲劳过程大致分为三个阶段:疲劳裂纹的产生、疲劳裂纹的扩展、试样的失效和断裂。在疲劳裂纹的产生阶段,随着 GF 含量的增加,ABS 与 GF 界面增多,有利于裂纹的产生。疲劳裂纹扩展阶段,疲劳裂纹的尖端扩展到与原裂纹扩展方向不同的 GF 表面时,裂纹的扩展终止,裂纹扩展方向改变或者 GF 从基体中拔出以后,疲劳裂纹才会继续扩展,因此 GF 对试样疲劳裂纹的扩展起阻滞作用。如图 1 所示,在 0~2500 次中,2[#]、3[#] 试样裂纹扩展的速度低于 1[#] 和 4[#] 试样。

随着基体中 GF 含量的增加,应力大量集中在 ABS 与 GF 的界面处,当试样所受的应力大于 ABS 与 GF 界面的粘结力时会产生裂纹,且裂纹沿着 GF 轴向方向扩展。故而,随着 GF 含量的增加,试样的疲劳性能降低。

2.2 高频低应力下试样疲劳裂纹的扩展

试样在高频(0.85 Hz)、低应力(0.8 kN)条件下裂纹扩展如图 2 所示。高频条件下,试样在一个受力周期中所受应力时间与低频(0.25 Hz)条件下所受应力时间短。故在高频低应力条件下,试样均表现出良好的疲劳性能,2[#]、3[#]、4[#]、1[#] 试样的疲劳破坏周次分别为:16200 次、17300 次、15100 次、14050 次。

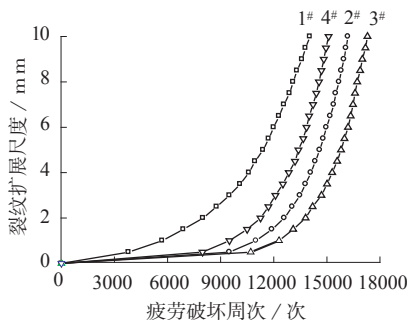


图2 高频低应力下试样疲劳裂纹的扩展

由图 2 可知,在裂纹扩展初期(0~10000 次),GF 对裂纹扩展起到阻滞作用,2[#]、3[#]、4[#] 试样裂纹扩

展的速度低于 1[#] 试样裂纹扩展的速度,此时 2[#]、3[#]、4[#] 试样的疲劳性能最佳,分别为 16200 次、17300 次、15100 次,3[#] 试样疲劳性能最好。即随着 GF 含量的增加,试样的疲劳性能先增加后降低。因为 GF 的加入,阻滞裂纹扩展的同时,降低了界面间距,有利于裂纹的扩展。故 2[#]、3[#] 试样比 4[#] 试样疲劳性能好。

2.3 低频高应力下试样疲劳裂纹扩展的速度

试样在低频(0.25 Hz)、高应力(1.6 kN)作用下疲劳裂纹的扩展情况如图 3 所示。低频作用下,试样在一个循环应力周期所受应力时间长、应力较大,试样的疲劳性能最差。纯 ABS 疲劳破坏周次仅为 1810 次,随着 GF 含量的增加,试样的疲劳性能降低,2[#]、3[#]、4[#] 试样疲劳破坏周次分别为 1450 次、1200 次、805 次。

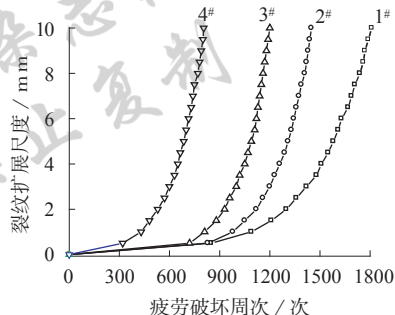


图3 低频高应力下试样疲劳裂纹的扩展

在疲劳破坏试验的初期(0~300 次),GF 对疲劳裂纹的扩展起阻滞作用较弱,因此在低频高应力的条件下,GF 含量的增加,使得复合材料中 ABS 和 GF 界面增多,利于疲劳裂纹的扩展。2[#]、3[#]、4[#] 试样裂纹扩展的速度比纯 ABS 试样在 0~300 次期间裂纹扩展的速度快。加入 GF,更多表现为利于裂纹扩展,随着 GF 含量的增加,裂纹扩展速度加快。300 次以后裂纹产生,4[#] 试样沿着 GF 轴向方向迅速扩展,在 805 次时发生疲劳断裂。

2.4 低频低应力下试样疲劳裂纹扩展的速度

试样在低频(0.25 Hz)、低应力(0.8 kN)作用下疲劳裂纹的扩展情况如图 4 所示。加入 GF 提高了 ABS/GF 复合材料的疲劳性能,2[#]、3[#] 试样疲劳破坏周次分别为 11700 次、12500 次,但 4[#] 试样比 1[#] 试样疲劳性能下降,疲劳周次为 9200 次。

由图 4 可以看出,在疲劳裂纹扩展的初期(小于 8000 次),1[#] 试样疲劳裂纹扩展的速度高于 2[#]、3[#]、4[#] 试样,GF 对裂纹扩展起阻滞作用。但是当疲劳周次超过 8000 周次以后,4[#] 试样裂纹扩展速率超

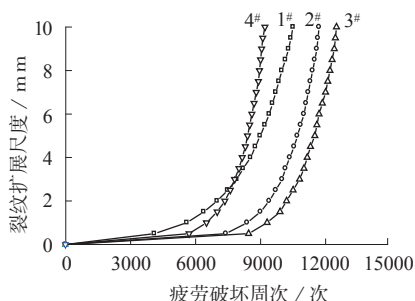


图4 低频低应力下试样疲劳裂纹的扩展

过纯 ABS 的裂纹扩展速度, 在 9200 周次时, 试样发生失效和断裂。

3 结论

(1) 高频低应力条件下, ABS/GF 复合材料疲劳性能良好; 低频高应力条件下, ABS/GF 复合材料疲劳性能较差。

(2) 高频高应力下, 2[#] 试样疲劳性能最好; 高频低应力下, 3[#] 试样疲劳性能较好; 低频高应力下, 4[#] 试样疲劳性能最差; 低频低应力下, 3[#] 试样疲劳性能较好。

RESEARCH ON FATIGUE CRACK GROWTH OF ABS/GF COMPOSITE

Li Mengjue, Wang Tao, Zhou Huangwei, Yan Zheng

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

ABSTRACT By the research on the fatigue crack growth rate of ABS/GF composite, the trends of fatigue crack growth under different frequency and different stress were studied. The results showed that GF blocked the fatigue crack under the high frequency (0.85 Hz) and low stress (0.8 kN) in which the test sample with 20% GF owned the best fatigue capability. While GF helped the fatigue crack under the low frequency (0.25 Hz) and low stress (1.6 kN), and the fatigue times was less than 2000.

KEYWORDS ABS/GF, fatigue, crack growth, stress

苏威集团扩大常州产能

全球第一大高性能聚合材料生产商苏威集团近日在上海宣布, 将在江苏常熟建立一个特种聚合物合成加工厂, 主要供应中国市场。未来 1 至 2 年苏威对我国新材料领域的投资将超过 1 亿欧元。

2007 年苏威在常州建立了全资工厂。为满足中国对特种聚合物增长的需求, 苏威宣布决定投资 2100 万欧元扩大该厂产能, 并于 2012 年第四季度建成投产。常州特种聚合物合成加工厂将主要生产聚邻苯二甲酰胺 (PPA)、聚芳基酰胺 (PARA) 和 Ixef 改性 PARA, 这些材料可以用于电子电器、汽车、消费品和工业应用。其中 Ixef 改性 PARA 还被应用于苏威赞助的首架实现零燃料昼夜飞行的太阳能飞机“阳光动力号”的起落架中。(色母粒)

宝马汽车或联手标致雪铁龙开发碳纤维车身

几个月前, 宝马宣布将推动碳纤维材料在汽车制造领域的大规模应用, 如今这一计划已吸引了标致雪铁龙集团的关注, 或许这家法国制造商将与宝马联手开发这一新技术。

(3) 裂纹扩展的初期, 高频高应力下, GF 对裂纹扩展的阻滞作用不明显; 高频低应力下, GF 对裂纹扩展的阻滞作用显著; 低频高应力下, GF 的加入提高了裂纹的扩展速度; 低频低应力下, GF 对裂纹的扩展起到阻滞作用。

参考文献

- [1] 陈现景. 玻纤增强热塑性树脂基复合材料的界面改性[J]. 济南大学学报: 自然科学版, 2008, 22(1): 38-42.
- [2] 傅荣政, 王芳, 石正金. 玻纤增强本体法 ABS、乳液法 ABS 复合材料的制备及其性能[J]. 工程塑料应用, 2008, 36(10): 26-28.
- [3] 刘明晖, 袁余. 长玻纤增强 ABS 复合材料的性能研究[J]. 化工新型材料, 2004, 32(1): 23-25.
- [4] 罗伟东, 沙中瑛, 刘光烨. 短玻纤增强 ABS 复合材料的研究[J]. China Elastomerics, 2001, 11(2): 26-28.
- [5] Bohatka T J, Moet A. Crack layer analysis of fatigue crack propagation in ABS polymer[J]. Journal of Materials Science, 1995, 30(18): 4669-4675.
- [6] 陆颖, 周皇卫, 严正. ABS/SBS 和 ABS/GF 环状试样的疲劳性能[J]. 高分子材料科学与工程, 2008, 24(3): 118-121.

碳纤维复合材料具有强度高、质量轻、耐腐蚀等优势, 多年前便应用于赛车领域, 但由于成本高, 从未普及到民用汽车领域。而在宝马未来产品规划中, 电动都市车型有着极重要的重要性, 为了抵消电池组带来的 250~350 kg 额外质量, 车身轻量化势在必行。

目前 PSA 集团正在积极推动自己的电动车项目, 而且两家公司在开发汽油发动机方面已有较多合作, 这为二者进一步扩大合作范围打下了良好基础。(工程塑料网)

三菱化学将投资 240 亿日元在中国建聚酯薄膜厂

日本三菱化学公司近日表示, 为应对日益增长的液晶电视需求, 该公司将投资约 240 亿日元在中国建立新厂, 以生产及销售用于平面显示器的聚酯薄膜。

该日本化学品制造商表示, 旗下全资子公司将于 2011 年 1 月份在苏州建立一家新厂, 该厂将于 2013 年启动一条新生产线, 并于 2015 年再启动一条, 预计年产量将达 45 kt。两条生产线投入运营后, 预计在中国的聚酯薄膜业务销售量将增至 200 亿日元。(中聚网)