

环状 ABS/SBS 试样疲劳破坏断口分析

郭胤 陆颖 周皇卫 严正

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065)

摘要 采用(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物/(苯乙烯/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS/SBS)材料成型了圆环状试样,使用自行设计的试验装置对环状试样进行疲劳试验,分析比较在环状下的断口形态学,测试出不同含量SBS对ABS环状试样在不同应力和频率下的裂纹扩展速度及断口形貌。从而获得了比标准试样更准确的填料特性对材料不同加工条件疲劳性能的影响情况。最后提出在不同条件下提高材料疲劳强度的方法。

关键词 (丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物/(苯乙烯/丁二烯/苯乙烯)共聚物 环状试样 疲劳性能 裂纹扩展 断口形貌

(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)作为一种常见塑料得到广泛应用,前人对ABS材料疲劳性能也进行了一定研究。H. S. Kim等^[1]研究了ABS/(苯乙烯/丁二烯/苯乙烯)共聚物(SBS)材料在不同温度环境及频率下的疲劳开裂,A. G. Atkins等^[2]研究了片状ABS的疲劳性,T. J. Bohatka等^[3]研究了不同负载下ABS疲劳裂纹的扩展等。但这些研究多局限于标准试样,而在应用中,ABS制件的结构形状远比标准试样复杂,疲劳行为也比标准试样复杂,所以采用标准试样研究的结果与实际结果有一定差异^[4]。因此,从应用角度出发,研究实际应用中常见结构的ABS制件的循环疲劳行为具有重要意义。笔者选择常见的圆环结构对ABS复合材料的疲劳破坏进行研究。通过这样的研究,将为工程中具体结构的ABS类制件的应用打下一定基础,从而为预计制件寿命,优化制件结构,提高制件疲劳强度等提供依据。笔者采用自行设计的试验装置,对不同应力下环状ABS/SBS试样的疲劳性能进行了分析对比研究。

1 实验部分

1.1 主要原料

ABS: 301,兰州石油化学有限公司;

SBS: 4452,燕山石油化学有限公司;

硅烷偶联剂: KH-570,南京立派化工有限公司;

丙酮: 分析纯,成都科龙化工试剂厂。

1.2 主要设备、仪器

双螺杆挤出造粒机: TSSJ225 型,晨光化工研究院树脂机械研究所;

注塑机: HTF86X1 型,宁波海天注塑机有限公司;

扫描电子显微镜(SEM): JSM-5900LV 型,日

本 Hitachi 公司;

疲劳试验机: 自制。

1.3 试样制备

将ABS原料与不同质量分数的SBS共混造粒,然后注塑成试样。试样为内径38 mm、横截面积6 mm×10 mm的环状试样。

1.4 性能测试

(1) 测定不同应力、不同频率、不同SBS填充量下的试样裂纹扩展速度。

(2) 试样用液氮深冷脆断,所得断面用光学显微镜及SEM观察并拍照。

2 结果与讨论

2.1 环状 ABS/SBS 试样断口形态学描述

(1) 疲劳源区

在没有任何类裂纹和残余应力的条件下,绝大部分情况下制件疲劳裂纹萌生于表面。对于存在内外回角或键槽等应力集中的制件,疲劳裂纹往往在角隅或圆角根部萌生。源区在断口上多呈半圆形或半椭圆形,如图1箭头所示。由于裂纹在源区内的扩展速率缓慢,所以其断口较其它两个区(疲劳裂纹扩展区和瞬时断裂区)更为平坦,有时呈反光镜面状。在整个断口上与其余两个区相比,疲劳源区所占面积最小。

(2) 疲劳裂纹扩展区

疲劳裂纹扩展区在断口上位于源区和瞬断区之间,它不如源区那样平坦。典型的扩展区断口往往呈海滩(或贝壳)花样,有时呈现出一些间距不等的“休止弧线”和以源区为中心的放射线。由源区出发向前扩展的裂纹,由于裂纹前沿的阻力不同,而发生扩展方向上的偏离,此后裂纹开始在各自的平面

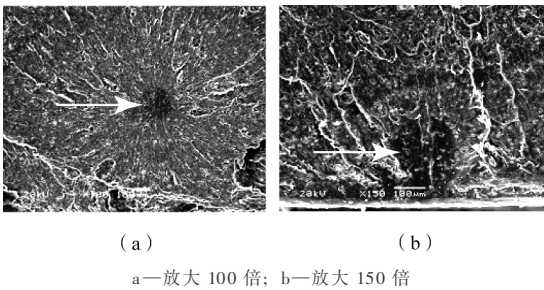


图 1 环状 ABS 疲劳破坏源区的 SEM 照片

上继续扩展,不同的断面相交而形成台阶,这些台阶在断口上构成了放射状射线,如图 2 箭头处所示。扩展区在断口上所占的面积最大。

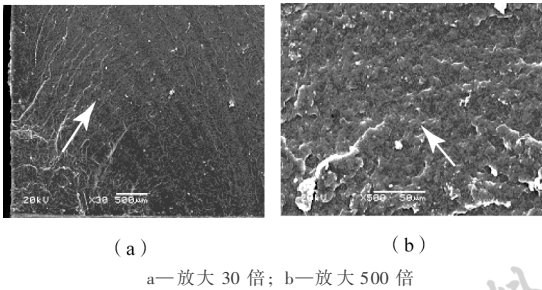


图 2 环状 ABS 疲劳裂纹扩展区的 SEM 照片

(3) 瞬时断裂区

对于塑性材料,当疲劳裂纹扩展至断面的应力达到材料的断裂应力时,便发生瞬时塑性断裂。对于脆性材料,当裂纹扩展至材料的临界裂纹长度时,便发生瞬时脆性断裂。瞬时断裂是一种静态断裂,具有静态载荷断裂断口形貌,如图 3 所示。靠近裂纹扩展区的断口往往是斜断口,而处于断口中部的瞬断区往往呈平断口,与其它两个区(源区和扩展区)相比,它的明显特征是具有不平坦的粗糙表面。

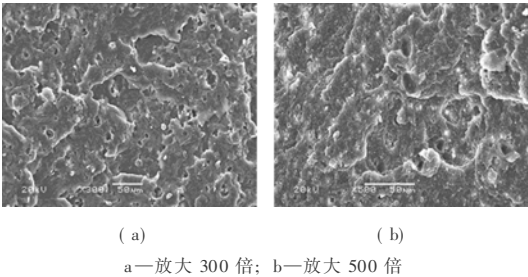


图 3 环状 ABS 瞬时断裂区的 SEM 照片

2.2 环状 ABS 试样裂纹扩展速度及断口形貌

(1) 高频低应力

图 4 为环状 ABS 试样在频率 0.85 Hz 低应力下的疲劳裂纹扩展的速度曲线。由图 4 可以看出,在频率 0.85 Hz 低应力下,SBS 质量分数较少(2%)或者质量分数较多(10%)时,增韧 ABS 的疲劳断裂周次比较低,基本在 20000 次左右就发生了断裂,而

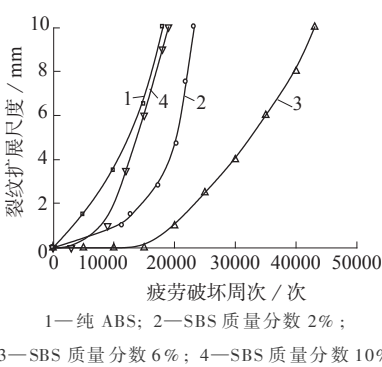


图 4 环状 ABS 在频率 0.85 Hz 低应力下疲劳裂纹扩展的速度曲线
当 SBS 的质量分数在 6% 左右时,增韧 ABS 的疲劳强度最好,疲劳周次达到了 40000 多次,而且在刚开始 15000 周次的时候并没有发生开裂。比起同等条件下的其它配方,疲劳断裂的周次都要好很多。

从动态力学性能分析可以知道,ABS/SBS(质量分数 6%)复合材料的动态力学性能是最好的,在受到循环载荷作用时,同时具有良好的抵抗变形的能力和通过橡胶相变形吸收耗散破坏能量的能力,所以含质量分数 6% SBS 的 ABS/SBS 试样低应力下疲劳性能最好。图 5 为不同 SBS 含量的 4 种 ABS 试样的疲劳断口的光学显微镜照片。由图 5 可以看出,含质量分数 6% SBS 的 ABS 试样的疲劳扩展区很平,疲劳休止线的跨度很大(图 5c 箭头所示),说明这种试样发生疲劳破坏的时候,裂纹扩展的速度很慢。其它几种试样的疲劳休止线间隙很小,说明疲劳裂纹扩展得快,迅速就过度到韧性断裂区,试样很快就破坏了。

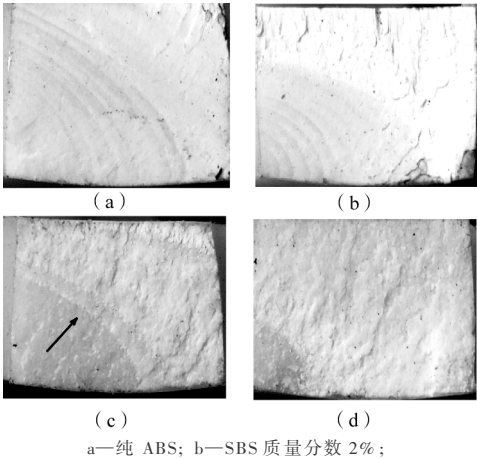


图 5 环状 ABS 在频率 0.85 Hz 低应力下疲劳断口的
光学显微镜照片

(2) 高频高应力

图 6 为环状 ABS 试样在频率 0.85 Hz 高应力下

疲劳裂纹扩展的速度曲线。

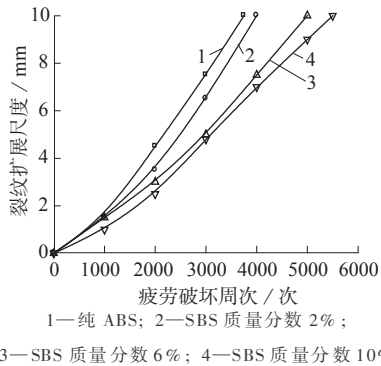


图 6 环状 ABS 在频率 0.85 Hz 高应力下疲劳裂纹扩展的速度曲线

由图 6 可以看出,在高应力疲劳试验中,材料都表现出不太好的疲劳性能,疲劳周次都很短,疲劳裂纹扩展的速度都很快。图 7 为不同 SBS 含量的 4 种 ABS 试样的疲劳断口的光学显微镜照片。通过图 7 比较,4 种 ABS 材料都有一定的疲劳扩展区域出现,其大小随 SBS 含量的增加而增大,含质量分数 10% SBS 的 ABS 试样的疲劳扩展区域又要相对宽一些(图 7d 箭头所示),故含 SBS 质量分数 10% 的 ABS 试样在高应力下的疲劳性能最好。

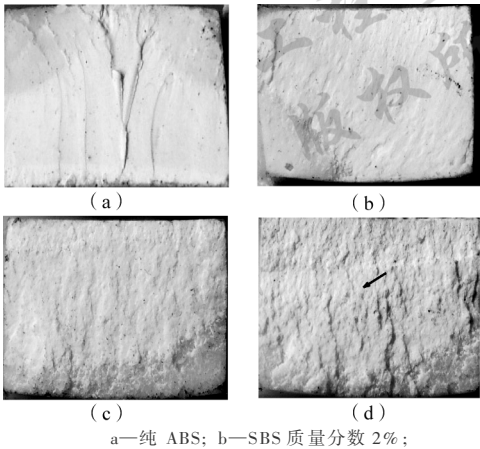


图 7 环状 ABS 在频率 0.85 Hz 高应力下疲劳断口的
光学显微镜照片

(3) 低频低应力

图 8 为环状 ABS 试样在频率 0.25 Hz 低应力下疲劳裂纹扩展的速度曲线。由图 8 可以看出,在频率 0.25 Hz 低应力的情况下,含质量分数 2% SBS 的 ABS 试样的疲劳性能最好,裂纹扩展的速度最慢。图 9 为不同 SBS 含量的 4 种 ABS 试样的疲劳断口的光学显微镜照片。由图 9 可以看出,断口的左上角和右下角都出现了疲劳扩展区(图 9b 箭头所示)。而其它区域的断面也比较光滑,整个复合材料

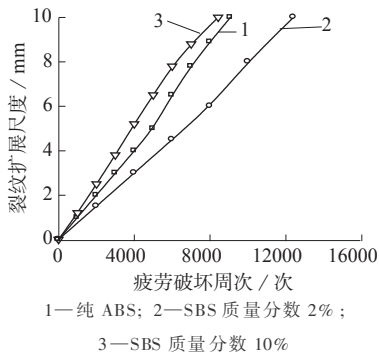


图 8 环状 ABS 在频率 0.25 Hz 低应力下疲劳裂纹扩展的速度曲线

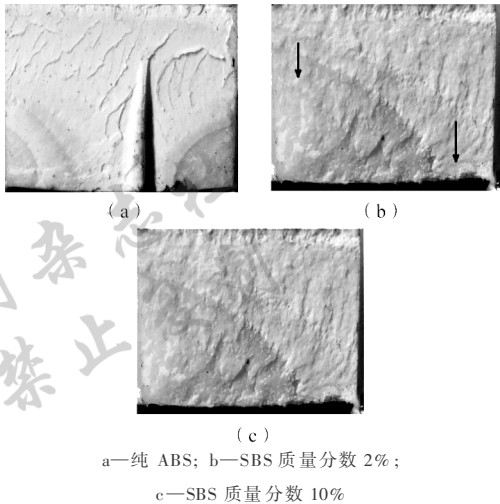


图 9 环状 ABS 在频率 0.25 Hz 低应力下疲劳断口的
光学显微镜照片

料在低频低应力下表现出良好的疲劳性能,含质量分数 10% SBS 的 ABS 和纯 ABS 都出现了比较明显的韧性断裂,试样直接被拉断,疲劳性能较差。

(4) 低频高应力

图 10 为环状 ABS 试样在频率 0.25 Hz 高应力下疲劳裂纹扩展的速度曲线。

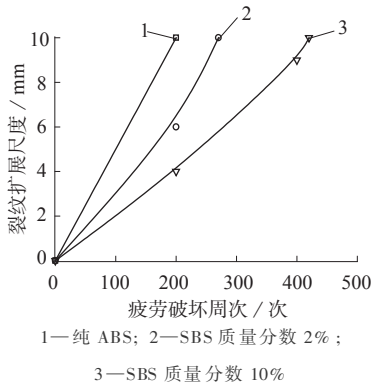


图 10 环状 ABS 在频率 0.25 Hz 高应力下疲劳裂纹扩展的速度曲线

由图 10 看出,在频率 0.25 Hz 高应力循环载荷作用下,试样均迅速被破坏,相对比较,含质量分数

10% SBS 的 ABS 试样疲劳性能稍好。而所有的断口形貌如同拉伸断裂的断口, 如图 11 箭头处所示。在高应力的作用下, 分子结构被破坏, 疲劳性能差。

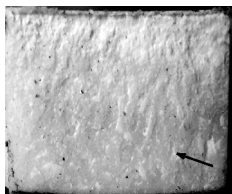


图 11 含质量分数 10% SBS 的环状 ABS 试样在频率 0.25 Hz 高应力下疲劳断口形貌的光学显微镜照片

3 结论

(1) 在高频低应力下 ABS/SBS(质量分数 6%) 的疲劳裂纹扩展的速度最慢, 抗疲劳效果最好; 在高频高应力下 ABS/SBS(质量分数 10%) 的疲劳裂纹扩展的速度最慢, 抗疲劳效果最好; 在低频低应力下 ABS/SBS(质量分数 2%) 的疲劳裂纹扩展的速度最慢, 抗疲劳效果最好; 在低频高应力下 ABS/SBS(质量分数 10%) 的疲劳裂纹扩展的速度稍慢, 抗疲劳效果稍好。

RESEARCH ON THE PROFILE OF THE FATIGUE OF ANNULAR SPECIMEN OF ABS/SBS

Guo Yin, Lu Ying, Zhou Huangwei, Yan Zheng

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

ABSTRACT The annular specimens were prepared with ABS/SBS. By using the custom-made apparatus, the fatigue properties of the annular specimens of ABS/SBS were tested. The morphologic profile of ABS filled with various content SBS were analysed and compared. Meanwhile, by applying different pressure and frequency on the annular specimen, the speed of crack spreading and the shape of profile of ABS/SBS were achieved. Consequently, the influence about the characteristic of filler to the fatigue properties of different process conditions was obtained that was more exact than standard sample. Finally, the method that how to increase the fatigue intensity was put forward.

KEYWORDS ABS/SBS, annular specimen, fatigue, spread of crack, profile

中石化仪化 6 万 t PBT 树脂项目启动兴建

中石化仪化工程塑料厂 6 万 t/a 的聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)树脂新项目经批准近日已正式启动兴建。该项目引进当今国际最先进的设备和技术, 预计明年二季度建成投产。项目建成后, 将进一步降低该厂 PBT 产品的生产成本, 扩大市场份额, 形成规模优势, 进一步增强工厂市场竞争力。该厂目前已拥有一座 2 万 t/a 的 PBT 装置, 项目建成后, 将形成年产超 8 万 t PBT 生产能力。(慧聪网)

巴斯夫生物降解塑料购物袋现身德国超市

德国大型折扣连锁超市 ALDI S D 现在开始向顾客提供由巴斯夫可生物降解塑料 Ecovio 制成的购物袋。这些购物袋由位于德国 Kerpen 的 VICTOR G ühoff & Partner Group 生产。Ecovio 塑料由 Ecoflex 和聚乳酸(PLA)组成, 其中 PLA 是从玉米这种可再生原材料得来。以化学性质来说, Ecoflex 是一种石化基聚酯, 但由于其特殊的分子结构, 在特

(2) 在高频率和高应力条件下, 要提高材料的疲劳强度必须增加材料的韧性。在低频率和低应力条件下, 要提高材料的疲劳强度必须增加材料的刚性。并且应力对材料疲劳强度的影响更胜于频率。

(3) 疲劳性能越好, 断口越平整, 扩展区域越大, 可以观察到疲劳休止线, 断口呈脆断形态; 疲劳性能不好的断面呈韧性断裂形态, 扩展区域小, 甚至没有。

参考文献

- [1] Kim H S, Wang Xiangming. Temperature and frequency effects on fatigue crack growth in acrylonitrile-butadiene-styrene(ABS) [J]. Journal of Applied Polymer Science, 1995, 57(7): 811-817.
- [2] Atkins A G, Jeronimidis G, Arndt S. Biaxial monotonic and fatigue fracture of some commercial ABS and PVC sheets [J]. Journal of Materials Science, 1998, 33(17): 4349-4356.
- [3] 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.
- [4] 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.

定条件下也可被微生物分解。根据欧盟标准 EN 13432, Ecoflex 属于完全可生物降解材料。因此, Ecoflex 使袋子具有弹性、防撕裂、防水, 并可进行印刷等一般塑料的特性, 而 PLA 为这种可再生原材料提供硬挺的特性。

可生物降解购物袋另一大优势在于: 它们不仅足够结实, 作为购物袋可多次反复使用, 而且在多次用后还可最后作为垃圾袋收集和处理有机厨房垃圾。(中塑网)

Xaloy 推出新型机筒加热系统

美国塑料加工设备制造商 Xaloy 推出业界关注的、可以替代传统的加热器品牌的节能型产品 INDX, 是一种非接触加热系统, 使用高频加热的螺旋感应线圈产生热量, 并且热量刚好分布在机筒壁的位置。在感应加热线圈和机筒之间设有隔热层, 从而使得热量损失降至最低, 同时该隔热层还能提高热效率和控制响应。公司宣称其系统可实现高达 70% 的加工能耗节约, 同时需要的维护很少。(中塑在线)