第 13 卷 第 1 期 复 合 材 料 学 报 Vol. 13 No. 1
1996 年 2 月 ACTA MATERIAE COMPOSITAE SINICA Feb. 1996

CALL 混杂复合材料裂纹尖端损伤区实验研究

卿新林 秦玉文 戴嘉彬
(清华大学工程力学系，北京 100084) (天津大学力学与工程测试系，天津 300072)

摘 要 本文用以高密度光栅技术为基础的云纹干涉法对带双边裂纹的 CALL 混杂复合材料进行了拉伸实验研究，得到了在纤维方向和垂直纤维方向拉伸时双边裂纹尖端损伤区的形状及其应变场分布。结合对试件断口形貌的扫描电镜观察，分析了两种拉伸试件的破坏模态。所得实验结果为进一步深入研究 CALL 混杂复合材料的损伤和破坏机理提供了重要依据。

关键词 混杂复合材料，双边裂纹，云纹干涉法，损伤区，破坏模态

碳纤维/环氧树脂/铝薄板层间混杂复合材料(CALL)是利用胶接技术将各向同性的铝合金薄板和各向异性的碳纤维/环氧树脂复合材料巧妙结合起来的一种新型结构材料。它兼有金属铝材的耐冲击、易加工和碳纤维/环氧树脂的高强度、耐疲劳等优点。国内外已有一些学者对 CALL 材料的力学性能研究作过有意义的工作[1,2]。在本文中，作者用以高密度光栅技术为基础的云纹干涉法对两种纤维取向不同的单向增强 CALL 混杂复合材料的双边裂纹尖端区域进行了测量，并结合试件断口形貌的扫描电镜的观察。分析了试件的破坏模态。

1 实验技术

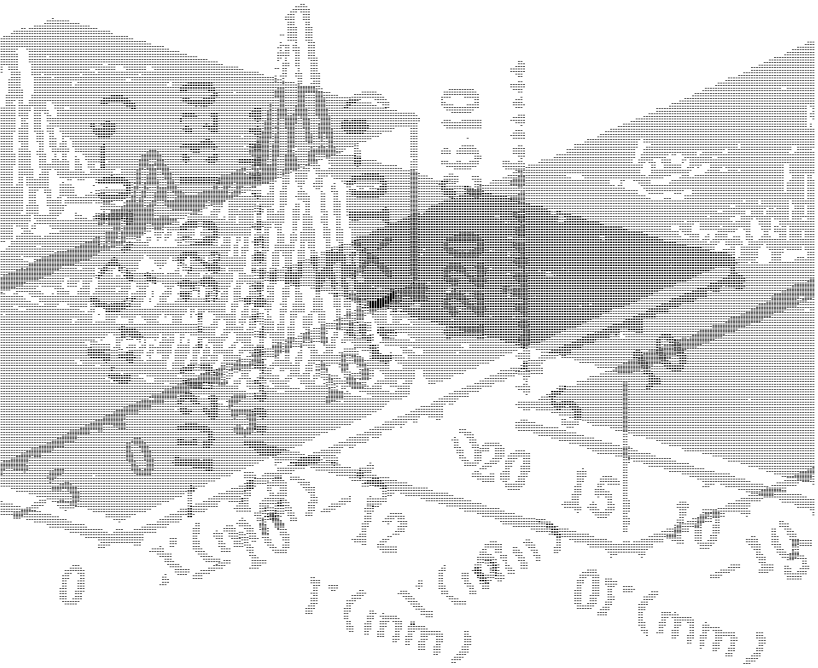
根据云纹干涉法的波前干涉理论[3]，当两束相干准直光以角度 $\theta=\arcsin(\lambda f)$ 对称入射复制在试件表面的试件栅时，它们的正、负一级衍射相互干涉产生云纹图，该云纹图包含着试件表面的位移信息。若在试件表面复制有正交位相型全息光栅，并采用包含有三反镜的四光束云纹干涉光学系统[4]，则可以同时获得 u、v 两个位移场

$$u=\frac{1}{2f}N_x \qquad v=\frac{1}{2f}N_y \tag{1}$$

相应的面内应变为

$$\begin{aligned}\varepsilon_x&=\frac{\partial u}{\partial x}=\frac{1}{2f}\frac{\partial N_x}{\partial x}\\ \varepsilon_y&=\frac{\partial v}{\partial y}=\frac{1}{2f}\frac{\partial N_y}{\partial y}\\ \varepsilon_{xy}&=\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}=\frac{1}{2f}\left(\frac{\partial N_x}{\partial y}+\frac{\partial N_y}{\partial x}\right)\end{aligned} \tag{2}$$

本文于 1994 年 10 月 25 日收到修改稿，1994 年 6 月 20 日收到初稿


0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
150
155
160
165
170
175
180
185
190
195
200

的扫描电镜照片，可以看出：断口处碳纤维/环氧树脂层相对完整，铝薄板断口处有明显的颈缩发生。

3 结 语

本文以云纹干涉法为主要手段对CALL混杂复合材料的纵向拉伸试件和横向拉伸试件双边裂纹尖端场及破坏模态进行了研究。实验不仅为深入研究CALL混杂复合材料的损伤破坏机理提供了有力的依据，同时也证明了云纹干涉法在复合材料裂纹尖端场的研究中可以大显身手。

致 谢 衷心感谢清华大学工程力学系戴福隆教授和中国科学院力学研究所毛天祥老师的帮助。

参 考 文 献

1 Mao T X, Han J H. Tensile fracture of carbon/epoxy aluminium laminates. Proc of ISCMS/Ⅱ. Beijing. 1992
2 卿新林，戴福隆，毛天祥，韩金虎. CALL混杂复合材料的弯曲试验研究. 复合材料学报，1995，12(3)：65～69
3 Dai F L, Mckelvie J, Post D. An Interpretation of Moire Interferometry from Wavefront Interference Theory. Opt and Las in Engineering, 1990
4 卿新林，戴福隆，秦玉文. 云纹干涉法在新材料细观力学实验研究中的应用. 实验力学，1994，9(4)
5 孙 庚，吴人洁，胡延永. CFRP/AL层间混杂复合材料、复合材料新进展学术会议文集. 济南. 1991
6 王震鸣，范赋群主编. 复合材料及其结构的力学进展(第二册). 广州：华南理工大学出版社，1992
7 Sun K, *et al*. Possibility of galvanic corrosion in interlayer of CALL. Proc of ISCMS/Ⅱ. Beijing. 1992
8 张志民主编. 复合材料结构力学. 北京：北京航空航天大学出版社，1993

EXPERIMENTAL STUDY OF DAMAGE ZONE AROUND CRACK-TIP FOR CALL HYBRID COMPOSITES

Qing Xinlin
(Department of Engineering Mechanics, Tsinghua University, Beijing 100084)
Qin Yuwen Dai Jiabin
(Department of Mechanics, Tianjin University, Tianjin 300072)

Abstract The mechanical behavior in damage zones around crack-tips for carbon fiber aluminium laminates (CALL) hybrid composites was studied by moire interferometry. The strain distributions in the zones around the double-edge crack-tips for longitudinal and transversal specimens were obtained under the tensile loading. The morphology of damaged sections was observed by use of scanning electron microscope and the damage characteristics were analysed for these specimens.

Key words hybrid composites, moire interferometry, double-edge crack, strain field, damage