

不同温度下层合板胶接头力学性能的试验研究

王毅^{1,2}, 蒋志强², 王佩艳¹

(1. 西北工业大学 力学与土木建筑学院, 陕西 西安 710072;
2. 郑州航空工业管理学院 机电工程学院, 河南 郑州 450015)

摘要:采用试验方法对3组不同温度下层合板胶接头(T100/T500)的拉伸破坏力学性能进行了研究. 试验结果表明,高温试样初始破坏载荷约为室温试样的1/2,但最终破坏载荷均值为室温试样的1.79倍,而低温试样的最终破坏载荷的均值为室温试样的72.64%. 因此,胶接头(T100/T500)在高温条件下的力学性能要优于常温和低温条件下的力学性能.

关键词:层合板胶接头;力学性能;拉伸强度;初始破坏载荷;最终破坏载荷

中图分类号:TB332 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2012.05.018

Experimental study on mechanical property of composite laminate cementing under different temperature

WANG Yi^{1,2}, JIANG Zhi-qiang², WANG Pei-yan¹

(1. School of Mech. and Civil. & Architecture, Northwestern Polytech. Univ., Xian 710072, China;

2. College of Mech-Electr Eng., Zhengzhou Inst. of Aeronautical Ind. Manage., Zhengzhou 450015, China)

Abstract: The tensile crippling mechanical property of composite laminate cementing (T100/T500) under three different temperatures were studied by experiment. The results of the experiment proved that the first crippling load of the high temperatures was only half of the room temperature specimens, the ultimate failure load reached 1.79 fold of the room temperature specimens, and the average maximum load of the low temperatures specimens was 72.64% of the room temperature specimens. The mechanical property of the cementing (T100/T500) under the high temperature was superior to the others.

Key words: composite laminate cementing; mechanical property; tensile strength; first crippling load; ultimate failure load

0 引言

树脂基层合板由于具有比强度高、比模量大、可设计性强等优点,在航空、航天、汽车、运动器械

等领域应用广泛^[1-2]. 层合板的主要连接方式有胶接和机械连接2种:机械连接需要在层合板上开孔,这会导致孔周围的应力集中以及层合板纤维断裂引起的内部损伤,这些缺点导致了机械连接应用的

收稿日期:2012-02-25

基金项目:航空科学基金项目(2010ZF56016);河南省基础与前沿技术研究计划项目(072300440080,11230041003);河南省重点科技攻关项目(072102190013,082102210016)

作者简介:王毅(1975—),男,河南省南阳市人,郑州航空工业管理学院副教授,西北工业大学博士研究生,主要研究方向为复合材料层合板的力学性能.

局限性^[3-4];胶接的优势在于其不损伤连接的层合板,不占用额外空间,因此其在层合结构的连接中有着广泛的应用^[5],但其局限性在于连接性能受胶层性能影响较大.胶层性能易受温度的影响,这种影响主要体现在低温条件下胶层的冷脆性和高温条件下胶层的热熔性,国内外已经对此开展研究并取得了一些成果^[5-6].本文拟对 T100/T500 搭接胶接头在不同温度环境下的拉伸力学性能进行实验研究,通过对比胶接头在不同温度下所能承担载荷的实验结果,为层合板胶接性能的研究提供参考.

1 T100/T500 拉伸试验

1.1 试验材料与设备

缝纫层合板 T100 与 T500 通过胶层搭接,试样尺寸如图 1 所示.2 个缝纫层合板尺寸均为 $48\text{ mm} \times 35\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$,搭接面积为 $15\text{ mm} \times 35\text{ mm}$.试验标准参照 HB 7071—94^[7]:碳纤维复合材料层合板边缘分层拉伸试验方法.室温试验在 CSS88100 电子万能试验机上完成,试验环境为 $20 \sim 21\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $28\% \sim 32\%$.高温测试环境为 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,低温测

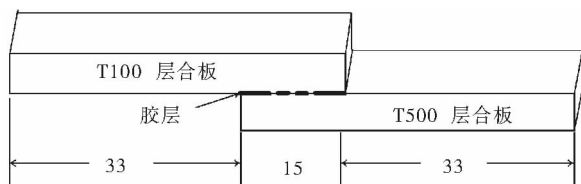


图 1 试样尺寸/mm

试环境为 $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$. 高低温试验均在英国 Instron 公司的 2382 型电子万能试验机上完成,试验采用重庆五环试验仪器有限公司的 MT7006L 型环境箱,该环境箱适用温度范围为 $-70 \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.2 试验方法

在试验开始前,先对试件进行编号,并用测量精度为 0.01 g 的电子天平对试件进行称量,然后利用精度为 0.02 mm 的游标卡尺测量试件任意 3 处的宽度和长度,取平均值进行计算.加装时,在试件两侧粘贴不同厚度的垫块,使试件在装夹过程中保证其对中性.调整试验机的相对位置,安装试件.3 种温度下的加装图如图 2 所示.对于低、高温环境试验,需要设定环境箱的温度,当达到需要温度后,保温 $10 \sim 15\text{ min}$.所有工作完成后,对试验机进行清零调整,然后以 1 mm/min 的速度开始试验,直至试件破坏.

2 试验结果与分析

2.1 破坏载荷

由于低温试验中环境箱的密封程度很高,所以在试验过程中没有监听到试样的初始破坏响声,室温与高温初始破坏载荷见图 3.从图 3 可以看出,室温条件下试样的初始破坏载荷数值约为高温环境下的 2 倍左右,这是由高温条件下连接胶层呈现一定的热熔性造成的.3 组试验的最终破坏载荷见图 4.

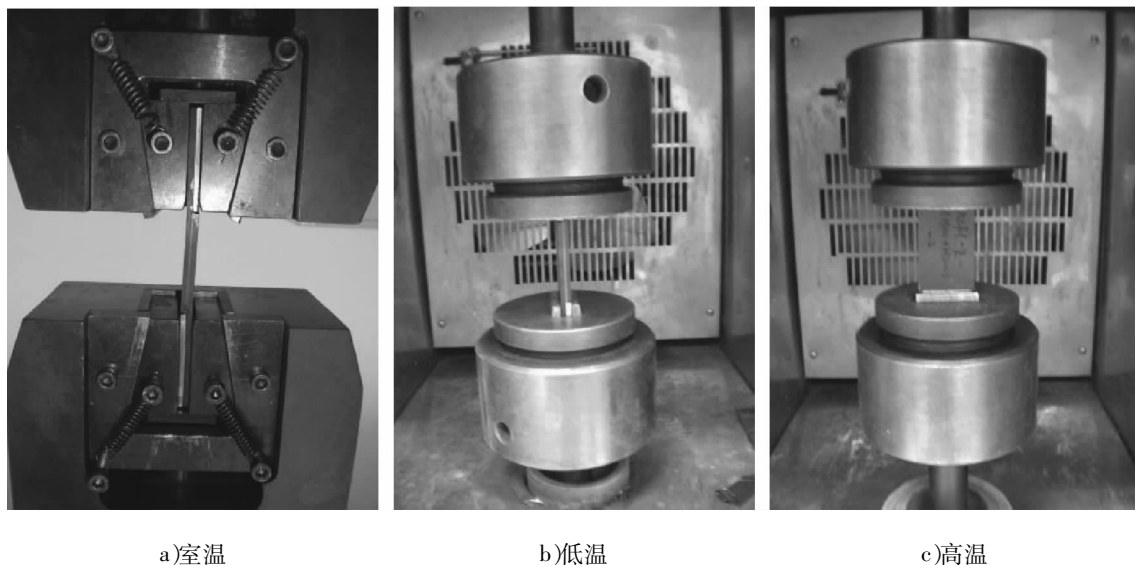


图 2 试样加装图

从图 4 可以看出,高温环境下,最终破坏载荷数据要远大于室温和低温环境,而低温环境试验数据略小于室温环境.这说明尽管在高温试验初期热熔性导致了初始破坏载荷降低,但在 70 °C 条件下,胶层仍能保持较好的粘结性能,使得胶接头的最终力学性能要优于常温环境.从 3 组试验最终破坏载荷的均值可以看出,高温环境试样最终破坏载荷均值约为室温环境试样的 1.79 倍,而低温环境试样的最终破坏载荷均值仅为室温环境试样的 72.64%.这说明在低温试验中,胶层材料冷脆性造成胶接头性能下降十分明显.

2.2 载荷 - 位移曲线

图 5 给出了 3 种不同温度条件下试样的载荷 - 位移曲线.在初始加载阶段,图 5a) 给出的常温试验名义弹性模量的数值要明显高于另外 2 种试验条件,这是由于在加载初期胶层性能受温度条件影响较大,而随着载荷增加,胶层的性能趋于稳定.而低温条件下的载荷 - 位移曲线在破坏前体现出了明显的非线性特征,这说明低温环境下,胶层的力学

性能发生了重大改变,已经偏离了原有本构.

2.3 破坏试样

3 种温度下的最终破坏试样如图 6 所示.与室温及低温 2 种条件下的接头破坏断口相比,高温条件下的断口出现了明显的针状毛刺,这说明在 70 °C 环境条件下,胶接层出现了明显的热熔.

3 结论

通过对比缝纫层合板 T100/T500 胶接头在 3 种不同温度条件下拉伸力学性能的试验结果,得出如下结论:

- 1) 高温条件下的初始破坏载荷相对于室温环境有所降低,约为室温条件下的 1/2.
- 2) 高温条件下的接头最终破坏载荷为室温条件下的 1.79 倍左右,而低温条件下的接头最终破坏载荷仅为室温条件下的 72.64%.
- 3) 胶接头 (T100/T500) 在高温条件下的力学性能要优于常温和低温条件下的力学性能.

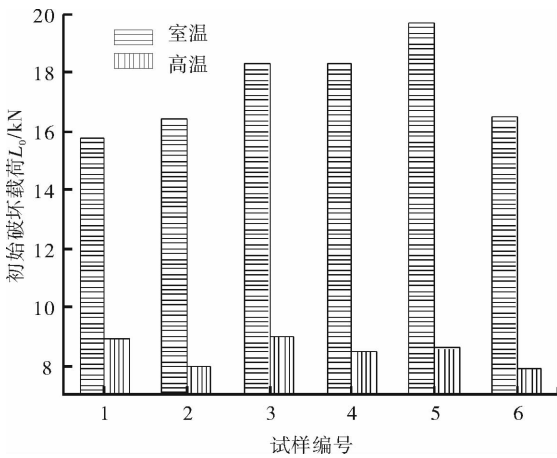


图 3 初始破坏载荷

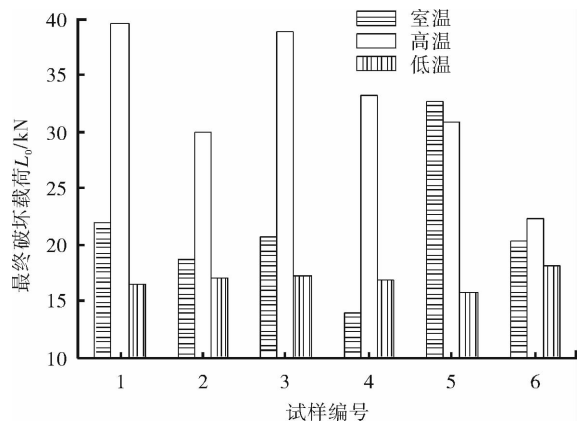


图 4 最终破坏载荷

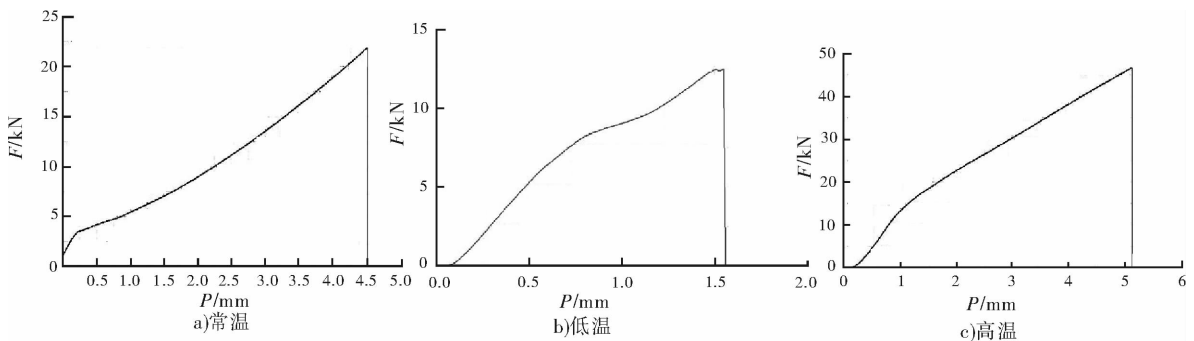


图 5 3 种温度条件下试样的载荷 - 位移曲线

$$x_{10} = [-1.5 \quad 1.8]^T$$

$$x_{20} = [-1.7 \quad 2.6]^T$$

4 结语

本文研究了一类离散的基于 T-S 模型模糊双线性切换系统的 H_∞ 控制问题,利用 Lyapunov 稳定性理论和线性矩阵不等式处理方法给出了系统稳定的充分条件和切换律的设计方案,并通过数值算例说明了该方法的有效性.

参考文献:

[1] Souza F O, Mozelli L A, Palhares R M. On stability and stabilization of T-S fuzzy time-delay systems [J]. IEEE Trans Fuzzy Syst, 2009, 17(6):1450.

[2] Tsai S H, Li T H S. Robust fuzzy control of a class fuzzy bilinear systems with time-delay [J]. Chaos Solitons and Fractals, 2009, 39(15):2028.

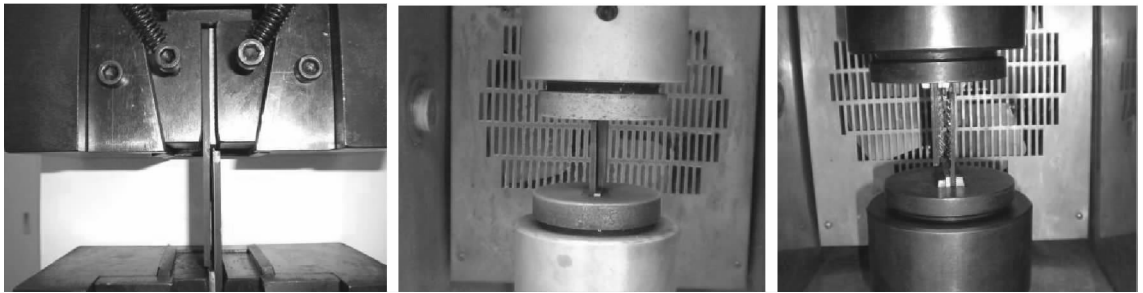
[3] 毛北行, 喻军, 孟晓玲, 等. 一类切换模糊时滞系统的 H_∞ 鲁棒控制 [J]. 河南科学, 2011, 29(5):508.

[4] 王建军, 毛北行, 卜春霞. 一类时滞离散模糊切换系统的 H_∞ 控制 [J]. 河南科学, 2011, 29(3):256.

[5] Li T H S, Tsai S H. T-S fuzzy bilinear model and fuzzy controller design for a class of nonlinear systems [J]. IEEE Trans Fuzzy Syst, 2007, 15(3):494.

[6] Peng Chen, Yue Dong, Yang Taicheng, et al. On delay-dependent approach for robust stability and stabilization of T-S fuzzy systems with constant delay and uncertainties [J]. IEEE Trans on Fuzzy Syst, 2009, 17(5):1143.

(上接第 80 页)



a)常温

b)低温

c)高温

图 6 3 种温度下的最终破坏试样

参考文献:

[1] Tita V, Carvalho J, Vandepitte D. Failure analysis of low velocity impact on thin composite laminates: Experimental and numerical approaches [J]. Composite Structures, 2008, 83(4):413.

[2] Wang W X, Takao Y, Matsubara T, et al. Improvement of the interlaminar fracture toughness of composite laminates by whisker reinforced interlamination [J]. Composites Sci and Tech, 2002, 62(6):767.

[3] Mosallam A S. Strength and ductility of reinforced concrete moment frame connections strengthened with quasi-isotropic laminates [J]. Composites (Part B): Engineer-

ing, 2000, 31(6/7):481.

[4] Marshall I H, Arnold W S, Wood J. Observations on bolted connections in composite structures [J]. Composite Structures, 1989, 13(2):133.

[5] Shu X P, Soldatos K P. An accurate de-lamination model for weakly bonded laminates subjected to different sets of edge boundary conditions [J]. Int J of Mech Sci, 2001, 43(4):935.

[6] Dano M L, Hyer M W. SMA-induced snap-through of unsymmetric fiber-reinforced composite laminates [J]. Int J of Solids and Structures, 2003, 40(22):5949.

[7] HB 7071—94, 中华人民共和国航空工业标准 [S].