

低温拉伸夹具的设计与应用

潘勤彦¹ 付绍云¹ 黄传军^{1,2} 赵立中¹

(1. 中国科学院理化技术研究所, 北京 100080; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 设计了一套低温拉伸夹具, 并用其测试了环氧树脂/SiO₂ 纳米复合材料在室温和 77K 环境下的拉伸强度、拉伸弹性模量和断裂伸长率。结果表明, 新设计的拉伸夹具能够在低温环境下很好地测定复合材料的拉伸性能, 夹具本身对测量结果无影响。

关键词 复合材料 拉伸夹具 低温拉伸性能

随着复合材料在航空、航天、能源、电气、化工、交通运输、医学等领域的广泛应用, 研究其在低温环境中的力学性能越来越重要。众所周知, 要想准确、可靠、稳定地测量复合材料的低温拉伸性能是极其困难的, 这主要是由于复合材料本身的局限性(包括材料在低温下受力时发生打滑现象等) 及低温环境的特殊性所致。目前国内外试验机厂提供的拉伸夹具一般都结构复杂、体积大、低温下易打滑, 因此不适于低温环境下使用。

为了更好地测量复合材料在低温下的拉伸性能, 笔者设计了一套简洁的拉伸夹具, 并用其测试了环氧复合材料在室温和液氮(77K) 下的拉伸强度、拉伸弹性模量和断裂伸长率。试验结果表明, 新设计的拉伸夹具能够准确、可靠地应用于低温环境的测量, 具有广泛的应用价值。

1 试验夹具设计

目前国内普遍使用的拉伸试验夹具, 夹持装置主要为弹簧自动锁紧, 适合在室温下测量。但是其体积庞大, 结构复杂(如图 1 所示), 而且无法实现在密闭的低温环境中的装夹等, 因而不适于低温环境的使用。



图 1 常温拉伸夹具

为了更好地研究复合材料低温下的性能, 笔者根据 ASTM D 638 - 01 《塑料拉伸试验方法》规定的

常温小样品拉伸尺寸, 设计出一套低温拉伸夹具, 结构如图 2 所示, 主要由试样板、前后盖板、圆柱销、弹性垫片组成。夹具的材料选用耐低温的 1Cr18Ni9Ti 不锈钢。装配过程中, 将试样放置在试样板中间, 试样正反两面用弹性垫片夹紧定位以保证样品对中, 然后用前后盖板将样品压紧, 侧面上紧螺丝即可。测多个样品时, 各待测试样均按上述方法装夹好, 放置在密闭低温(液氮或液氦) 容器中测量。这种新设计的拉伸试验夹具与国内外现使用的夹具相比具有较大的优越性, 其体积为普通夹具的 1/10(普通夹具的体积 300 cm³), 质量仅是普通夹具的 1/16(普通夹具的质量约 1 kg), 而且结构简单, 装夹方便, 在低温下能很好地克服试样打滑的现象等。

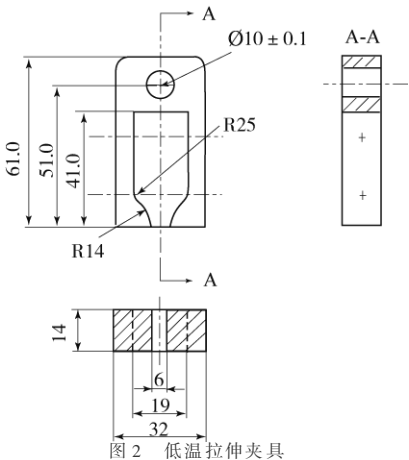


图 2 低温拉伸夹具

2 试验

2.1 试验准备

试验设备采用深圳市瑞格尔仪器有限公司生产的电子万能试验机, 精度为 0.5 级; 应变测量系统采用北京建筑研究院研制的泰瑞星应变仪, 最小分辨率为 1 μ ϵ (1 微应变)。

试样为采用溶胶-凝胶法^[1]在环氧树脂中引入纳米 SiO₂ 结构, 制备的环氧树脂/SiO₂ 纳米复合材料^[2]。试样尺寸参照 ASTM D 638-01 标准制备, 低温环境下测试的电阻应变片采用 H610 耐低温粘结剂, 保证粘结层在低温环境中具有较高的剪切强度。

2.2 试验方法

整个低温材料拉伸性能测试在配有新研制的低温力学测试系统的瑞格尔电子万能试验机上进行, 数据通过高精度、高灵敏度的仪器连接到计算机上控制采集。温度环境通过将液氮输入低温箱使温度达到 77K, 当样品达到温度后保持一段时间, 然后开始拉伸试验。室温测试按 ASTM D 638-01 标准执行, 低温测试由于尚无统一标准, 故参考室温标准进行(温度条件除外)。

3 结果与讨论

3.1 试验数据

利用新设计的低温拉伸夹具测得的纳米 SiO₂ 含量不同的环氧树脂/SiO₂ 纳米复合材料的室温及低温拉伸性能见表 1 和表 2, 每个数据根据标准规定均取五个试样测试结果的平均值。为验证测试结果的可靠性, 室温下笔者还采用图 1 夹具测得环氧树脂/SiO₂ 纳米复合材料的室温拉伸性能作参考, 一并列入表 1。从表 1 可以看出, 使用新设计的低温拉伸夹具与普通夹具得到的结果相差很小, 表明低温夹具本身对结果无影响。

表 1 环氧树脂/SiO₂ 纳米复合材料室温拉伸试验数据

SiO ₂ 含量/%	拉伸强度/MPa		拉伸弹性模量/GPa		断裂伸长率/%	
	普通夹具	低温夹具	普通夹具	低温夹具	普通夹具	低温夹具
0	45.5	47.5	1.56	1.50	6.0	6.5
2	51.2	50.2	1.58	1.54	16.2	16.6
4	48.1	46.3	1.45	1.51	14.8	15.5

由表 1 和表 2 可看出, 用新设计的低温拉伸夹具对复合材料进行测量, 室温下添加 2% 纳米 SiO₂

表 2 环氧树脂/SiO₂ 纳米复合材料低温拉伸试验数据

SiO ₂ 含量/%	拉伸强度/MPa	拉伸弹性模量/GPa	断裂伸长率/%
0	72.7	4.85	1.6
2	84.6	5.44	1.8
4	102.5	6.30	2.3

的环氧树脂/SiO₂ 纳米复合材料的拉伸强度较高, 断裂伸长率提高显著, 表明纳米 SiO₂ 对环氧基体有较好的增强增韧作用。两种不同夹具的试验结果相差很小, 说明由夹具带来的误差影响可以忽略。在液氮(77K)温度下, 复合材料的拉伸强度、拉伸弹性模量随 SiO₂ 含量增加而提高, 断裂伸长率虽随纳米 SiO₂ 含量增加有所提高, 但比室温下低。纳米粒子有极高的比表面积, 表面原子活性高, 因此利用纳米 SiO₂ 增韧环氧树脂能起到很好的效果。试验数据符合这一推理, 进一步表明测试结果的准确、可靠。

另外, 从夹具的结构观察, 强度刚度校核均满足要求; 且试样工作肩处无损伤, 断裂部位均在标准规定的标距范围内, 变形均匀, 表明试验夹具夹持部位设计较为合理; 同时多个相同试样测试结果显示, 数据的重复性较好, 可认为夹具本身对测量结果基本无影响。

4 结论

新设计的低温拉伸夹具可很好地应用于低温环境的拉伸性能测量, 在室温和低温下能够准确、可靠、稳定地测量复合材料的拉伸强度、拉伸弹性模量、断裂伸长率, 夹具本身对试验结果无影响, 是一套符合力学测量要求的拉伸试验夹具, 适用于大多数复合材料拉伸性能测试, 具有一定的应用价值, 不仅可应用在液氮温度区, 而且为液氮温度区下的使用提供了很好的技术支持。

参考文献

1 Sarwar M I, Ahmad Z. Eur Polym J, 2000, 36: 89
2 黄传军, 张以河, 付绍云, 等. SiO₂ 改性环氧树脂基纳米复合材料的室温和低温冲击性能研究. 复合材料学报, 2003, 21(4): 1

DESIGN AND APPLICATION OF CRYOGENIC TENSILE TESTING JIG

Pan Qinyan, Fu Shaoyun, Huang Chuanjun, Zhao Lizhong

(Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

ABSTRACT A new kind of cryogenic tensile testing jig was designed, and it was used to measure the tensile strength, tensile modulus of elasticity and breaking elongation of epoxy/nano-SiO₂ composite at room temperature and 77 K. The results showed that the new-designed tensile testing jig suited well for the measurement of mechanical properties of composite at low temperature. And the jig itself had no effect on testing results.

KEYWORDS composite, tensile testing jig, cryogenic tensile property