



中华人民共和国国家标准

GB/T 33501—2017

碳/碳复合材料拉伸性能试验方法

Test method for tensile property of C/C composites

2017-02-28 发布

2018-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国纤维增强塑料标准化技术委员会(SAC/TC 39)归口。

本标准起草单位:湖南博云新材料股份有限公司、中国飞机强度研究所、中南大学。

本标准主要起草人:徐惠娟、张红波、李磊、左劲旅、沈薇、李保健、杨波。

碳/碳复合材料拉伸性能试验方法

1 范围

本标准规定了碳/碳复合材料室温拉伸性能试验方法的术语和定义、试验设备、试样、试验条件、试验步骤、计算和试验报告。

本标准适用于室温下测定三维穿刺碳/碳复合材料和准三维针刺碳/碳复合材料的拉伸强度、拉伸弹性模量、泊松比、比例极限应力、比例极限应变。类似结构的碳/碳复合材料也可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1446 纤维增强塑料性能试验方法总则

GB/T 3961 纤维增强塑料术语

3 术语和定义

GB/T 3961 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碳/碳复合材料 C/C composites

碳纤维增强碳基的复合材料。

3.2

三维穿刺碳纤维织物 punctured three-dimensional carbon fibre texture

XY 向为连续长碳纤维铺层,Z 向采用连续长碳纤维束双向贯穿而制成的三维整体织物。

3.3

三维穿刺碳/碳复合材料 punctured three-dimensional carbon fibre reinforced carbon composites

用三维穿刺碳纤维织物作为增强体制备的碳/碳复合材料。

3.4

准三维针刺碳纤维织物 needled quasi-three-dimensional carbon fibre texture

XY 向为碳纤维无纬布或碳纤维经编有纬布与短碳纤维网胎铺层,Z 向采用针刺工艺引入短碳纤维而制成的准三维整体织物。

3.5

准三维针刺碳/碳复合材料 needled quasi-three-dimensional carbon fibre reinforced carbon composites

用准三维针刺碳纤维织物作为增强体制备的碳/碳复合材料。

3.6

XY 向 the XY direction

碳/碳复合材料中无纬布或连续长纤维平铺平面的方向。

3.7

Z 向 the Z direction

碳/碳复合材料中垂直于 XY 向的方向。

4 试验设备

试验机和测量仪器应符合 GB/T 1446 的规定。

5 试样

5.1 试样形状与尺寸

碳/碳复合材料拉伸试样为扁平状,取样方向有两种:XY 向和 Z 向。三维穿刺碳/碳复合材料拉伸试样形状见图 1,准三维针刺碳/碳复合材料拉伸试样形状见图 2,对应的试样尺寸见表 1。三维穿刺碳/碳复合材料 Z 向拉伸试样在工作段应保证横截面(XY 平面)内至少包含完整的 3×3 纤维束。

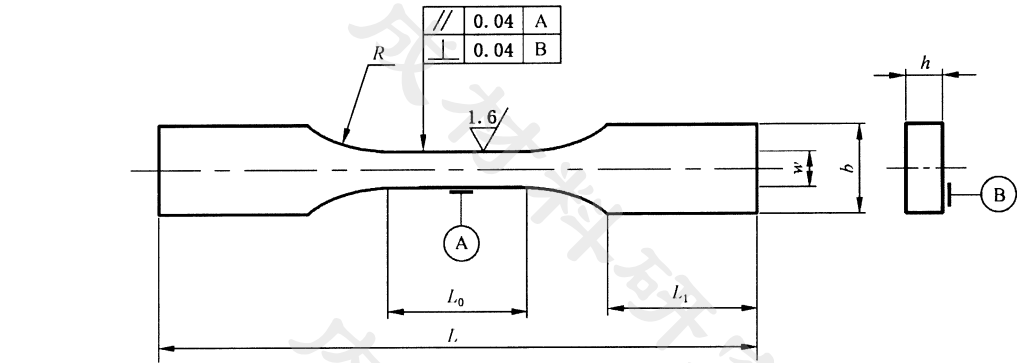


图 1 三维穿刺碳/碳复合材料拉伸试样

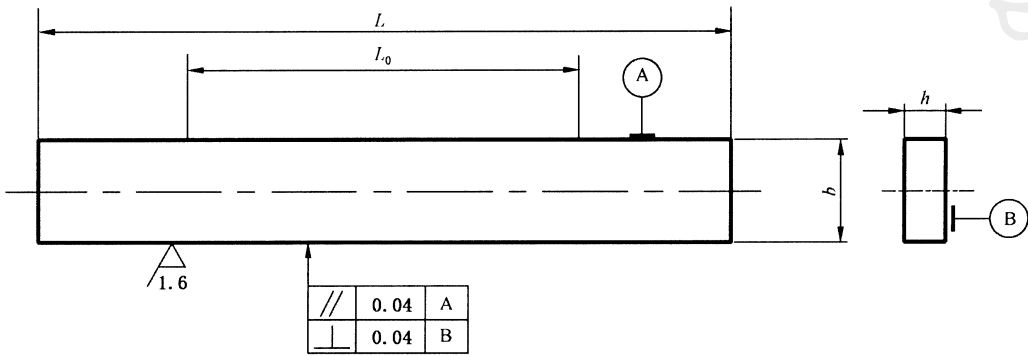


图 2 准三维针刺碳/碳复合材料拉伸试样

表 1 碳/碳复合材料拉伸试样尺寸

单位为毫米

试样 类型	方向	形状	试样尺寸						
			总长度 (L)	厚度 (h)	工作段 宽度(w)	过渡 半径(R)	夹持段 宽度(b)	夹持段 长度(L_1)	标距 长度(L_0)
三维穿刺碳/碳 复合材料	XY	哑铃形	150	10	10	75	18.6	35	30
	Z		130	8 ^a	8 ^a	30	20	32	
准三维针刺碳/ 碳复合材料	XY	直条形	150	10	15	—	15	—	
	Z		130	6	15	—	15	—	

^a 为保证三维穿刺碳/碳复合材料 Z 向拉伸试样工作段横截面内至少包含完整的 3×3 纤维束,可调整试样工作段的截面尺寸。

5.2 试样制备

试样制备按 GB/T 1446 的规定,同时在加工试样过程中应遵循如下原则:

- 样坯从制品上切取后,应及时做好方向标记并注明此样坯将会制取成何种方向的拉伸试样。
- 加工后的拉伸试样应进行外观目视检查。对于三维穿刺碳/碳复合材料 Z 向拉伸试样,应保证横截面(XY 平面)内至少包含 3×3 束纤维整数,且工作段 9 束碳纤维完整。

5.3 试样数量

每组有效试样应不少于 5 个。

6 试验条件

6.1 试验环境

试验标准环境应满足 GB/T 1446 的规定。

6.2 试样状态调节

试验前,试样在实验室标准环境条件下至少放置 24 h。

7 试验步骤

7.1 试验前准备

7.1.1 按 GB/T 1446 的规定检查试样外观,对每个试样编号。

7.1.2 按 6.2 的规定对试样进行状态调节。

7.1.3 试样状态调节后,在试样工作段三个截面测量宽度 w 和厚度 h ,并取三次测量的算术平均值。测量精度不低于 0.02 mm。

7.2 试样安装

7.2.1 将试样对中夹持于试验机上、下夹头的夹块内,使载荷中心与试样轴向中心线一致。

7.2.2 夹持力在表 2 推荐的范围内进行调整,以避免夹持力过大造成试样夹持部位破坏。

表 2 推荐的夹持力

试样类型	方向	形状	夹持力 MPa
三维穿刺	XY	哑铃形	3~10
	Z		1~5
准三维针刺	XY	直条形	2~5
	Z		1~4

7.2.3 安装引伸计时,引伸计的标距中心与试样标距中心保持一致。

7.3 加载

7.3.1 按 0.5 mm/min~1.0 mm/min 的加载速率对试样连续加载,直至试样破坏。连续测量并记录载荷-应变数据、最大载荷。

7.3.2 试样破坏后对试样断裂部位进行外观目视检查,并记录试样破坏模式。试样在夹持段根部和夹持段内破坏的均为无效试样。试样典型破坏模式参见附录 A。

8 计算

8.1 拉伸应力/拉伸强度

拉伸应力和拉伸强度分别按式(1)和式(2)计算,结果保留三位有效数字:

$$\sigma_i = \frac{P_i}{wh} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma_b = \frac{P_{\max}}{wh} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- σ_i ——试样的拉伸应力,单位为兆帕(MPa);
- σ_b ——试样的拉伸强度,单位为兆帕(MPa);
- P_i ——试样承受的载荷,单位为牛顿(N);
- $P_{\max}$ ——试样承受的最大载荷,单位为牛顿(N);
- w ——试样工作段宽度,单位为毫米(mm);
- h ——试样工作段厚度,单位为毫米(mm)。

8.2 拉伸弹性模量

拉伸弹性模量按式(3)计算,结果保留三位有效数字:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- E ——试样的拉伸弹性模量,单位为吉帕(GPa);
- $\Delta\sigma$ ——拉伸应力-应变曲线上初始直线段上两个应变点(在 0.005%~0.05%应变范围内取值)对应拉伸应力的差值,单位为兆帕(MPa);
- $\Delta\epsilon$ ——拉伸应力-应变曲线上初始直线段上两个应变点(在 0.005%~0.05%应变范围内取值)对

应变变量的差值。

8.3 泊松比

泊松比按式(4)计算,结果保留三位有效数字:

$$\nu = \frac{\Delta \epsilon_t}{\Delta \epsilon_l}$$

..... (4)

式中:

- ν ——泊松比;
- $\Delta \epsilon_t$ ——对应载荷增量 ΔP 的横向应变增量(在应力-应变曲线上初始线性段);
- $\Delta \epsilon_l$ ——对应载荷增量 ΔP 的纵向应变增量(在应力-应变曲线上初始线性段)。

8.4 比例极限应力和比例极限应变

在拉伸应力-应变曲线上,将应力-应变初始线性段沿应变轴平移到一个给定的应变偏移量(推荐采用 0.05%),平移后的初始线性段与应力-应变曲线相交,该交点对应的应力值和应变值即为比例极限应力和比例极限应变,分别用 $\sigma_{0.05}$ 和 $\epsilon_{0.05}$ 表示,见图 3。

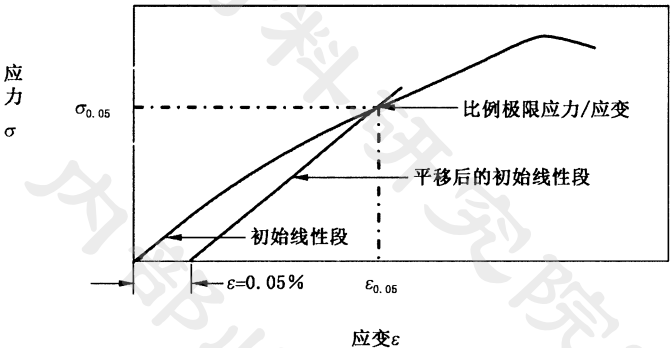


图 3 比例极限应力和比例极限应变确定方法示意图

8.5 统计

对于每一组试样,按 GB/T 1446 的规定计算每一种性能的算术平均值、标准差和离散系数。

9 试验报告

试验报告一般包括下列内容:

- a) 试验项目名称、执行标准和方法;
- b) 试验时间和地点、试验环境条件;
- c) 试样来源,材料品种及规格;
- d) 试样编号和尺寸、试样方向及数量;
- e) 试验设备及仪器的型号、规格;
- f) 加载速率;
- g) 每个试样的测定值,每组试样的算术平均值、标准差与离散系数;
- h) 必要时,给出每个试样的破坏模式;
- i) 试验人员、日期及其他。

附 录 A
(资料性附录)

碳/碳复合材料拉伸试验的破坏模式

A.1 碳/碳复合材料拉伸试验破坏模式采用代码形式,用三个大写英文字母表示代码,见表 A.1。

表 A.1 试样破坏模式代码

第 1 个字母		第 2 个字母		第 3 个字母	
破坏类型	代码	破坏区域	代码	破坏部位	代码
厚度方向	H	夹持段内部	I	下夹头段	D
Z 方向纤维束断裂	Y	夹持段根部	A	上夹头段	U
长纤维方向断裂	C	过渡段	T	中间段	M
斜角	A	工作段	G		
夹碎	B	多处	M		
分层	P	端部	E		
多模式	M				

A.2 典型破坏模式和代码如图 A.1 所示。



图 A.1 碳/碳复合材料拉伸试验典型破坏模式/代码示例