



中华人民共和国国家标准

GB/T 34559—2017

碳/碳复合材料压缩性能试验方法

Test method for compressive property of C/C composites

2017-10-14 发布

2018-09-01 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、沈薇、左劲旅、李保健、乔永乐、杨波。

碳/碳复合材料压缩性能试验方法

1 范围

本标准规定了碳/碳复合材料室温压缩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/碳复合材料的压缩强度、压缩弹性模量、压缩应力-应变曲线。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 textile

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 C/C 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 textile

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 C/C 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。

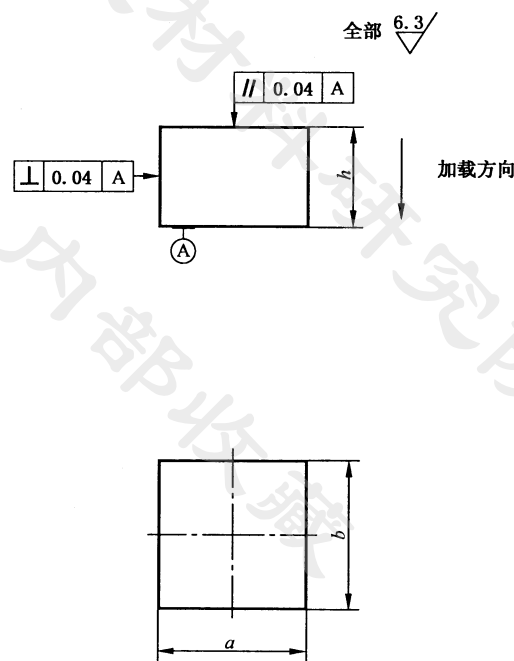
4 试验设备

- 4.1 试验机:试验机应符合 GB/T 1446 的规定。
- 4.2 压缩装置:压缩装置上、下两圆盘平行安装在试验机轴上,两圆盘表面平行度不应超过 0.02 mm。
- 4.3 引伸计:量程 10 mm~15 mm,相对误差不应超过±1%。
- 4.4 游标卡尺:量程 0 mm~200 mm,精度 0.02 mm。

5 试样

5.1 试样形状与尺寸

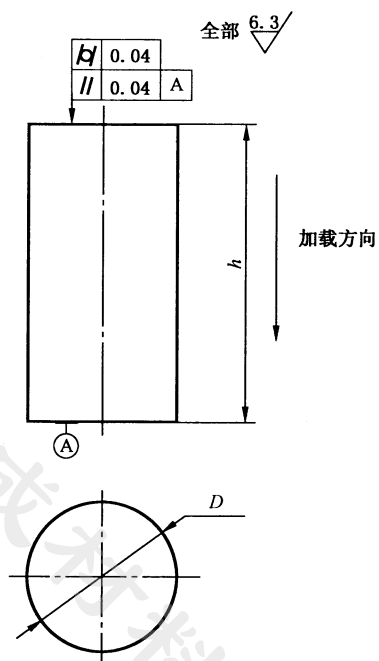
测试压缩强度时,试样形状为长方体或正方体,试样尺寸符号和加工精度见图 1;测试压缩弹性模量时,试样形状为圆柱体,试样尺寸符号和加工精度见图 2。试样尺寸见表 1。



说明:

- h —— 高度;
- a —— 压缩截面长度;
- b —— 压缩截面宽度。

图 1 压缩强度试样



说明：

h —— 高度；

D —— 压缩面直径。

图2 压缩弹性模量试样

表1 压缩强度和压缩弹性模量试样尺寸

单位为毫米

试样类型		试样方向	试样形状	试样尺寸			
				边长(a)	边长(b)	直径(D)	高度(h)
压缩强度 试样	三维穿刺	XY 向	长方体	15 ± 0.1	15 ± 0.1	—	10 ± 0.1
	碳/碳复合材料	Z 向	正方体	10 ± 0.1	10 ± 0.1	—	10 ± 0.1
	准三维针刺 碳/碳复合材料	XY 向 或 Z 向	正方体	10 ± 0.1	10 ± 0.1	—	10 ± 0.1
压缩弹性模量试样		XY 向或 Z 向	圆柱体	—	—	15 ± 0.1	30 ± 0.1
注1：加载方向与试样高度方向一致。 注2：测试 XY 向压缩强度或压缩弹性模量时，加载方向为 XY 向；测试 Z 向压缩强度或压缩弹性模量时，加载方向为 Z 向。							

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压缩试样。
- 加工后的压缩试样应进行外观目视检查，不应有纤维剥落、孔洞、掉边掉角等瑕疵。

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,在试样高度方向的不同截面位置处分别测试试样直径 D 或压缩截面长度 a 、宽度 b ;高度 $h=10\text{ mm}$ 的试样测 2 个点,高度 $h=30\text{ mm}$ 的试样测 3 个点,并取测量值的算术平均值。测量精度不低于 0.02 mm 。

7.2 试样安装

7.2.1 将试样对中放置于试验机压缩圆盘中心上,使载荷中心与试样轴向中心线一致。试验机的上、下圆盘相互平行,同时垂直于试验机力加载方向。

7.2.2 引伸计安装在试样上,并使引伸计的标距中心与试样高度中心保持一致。

7.3 加载

7.3.1 测量压缩强度时,按 1.0 mm/min 的加载速率对试样连续加载,直至试样破坏,记录最大破坏载荷。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。试样典型破坏模式参见附录 A。

7.3.2 测量压缩弹性模量时,按 0.5 mm/min 的加载速率对试样连续加载,连续测量并记录载荷-应变数据,直到加载至应变为 0.20% 时停止试验。

8 计算

8.1 压缩强度

压缩强度按式(1)计算,结果保留 3 位有效数字。

$$\sigma_b = \frac{P_{\max}}{a \times b} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

σ_b ——试样的压缩强度,单位为兆帕(MPa);

$P_{\max}$ ——试样承受的最大载荷,单位为牛(N);

a ——试样压缩截面长度,单位为毫米(mm);

b ——试样压缩截面宽度,单位为毫米(mm)。

8.2 压缩应力

压缩应力按式(2)计算,结果保留 3 位有效数字。

$$\sigma = \frac{4P}{\pi D^2} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

σ ——试样的压缩应力,单位为兆帕(MPa);

P ——试样承受的载荷,单位为牛(N);

D ——试样压缩截面直径,单位为毫米(mm)。

8.3 压缩应变

压缩应变按式(3)计算,结果保留 3 位有效数字。

$$\epsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

ϵ ——压缩应变,无量纲;

ΔL_0 ——与载荷增量 ΔP 对应的引伸计标距 L_0 内试样长度的变化量,单位为毫米(mm);

L_0 ——引伸计标距,单位为毫米(mm)。

8.4 压缩弹性模量

压缩弹性模量按式(4)计算,结果保留 3 位有效数字。

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

E ——试样的压缩弹性模量,单位为吉帕(GPa);

σ_1 ——图 3 所示的压缩应力-应变曲线上,应变值 $\epsilon_1 = 0.05\%$ 时对应的压缩应力,单位为兆帕(MPa);

σ_2 ——图 3 所示的压缩应力-应变曲线上,应变值 $\epsilon_2 = 0.10\%$ 时对应的压缩应力,单位为兆帕(MPa);

ϵ_1 ——应变值,取 $\epsilon_1 = 0.05\%$;

ϵ_2 ——应变值,取 $\epsilon_2 = 0.10\%$ 。

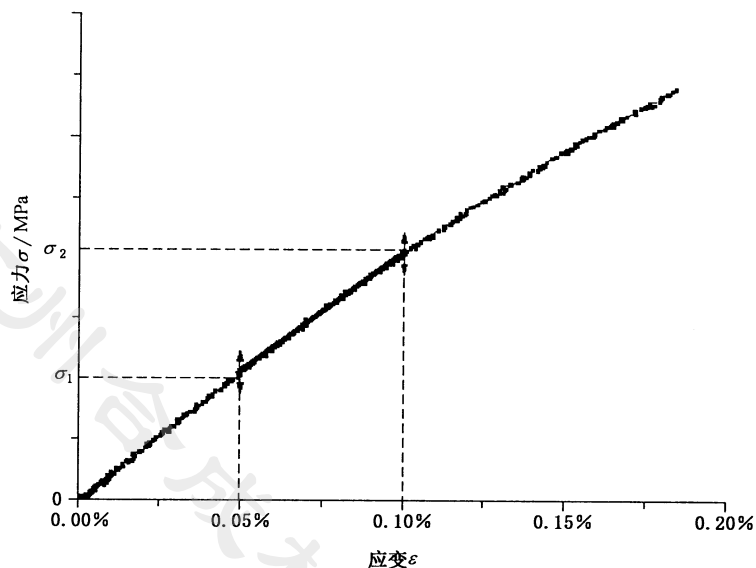


图3 压缩应力-应变曲线图

8.5 统计

按 GB/T 1446 的规定计算算术平均值、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、执行本标准；
- b) 试验时间、地点及试验环境条件；
- c) 试样来源、材料品种及规格；
- d) 试样编号、尺寸、试样方向及数量；
- e) 试验设备、仪器的型号及规格；
- f) 加载速率；
- g) 每个试样的测定值，每组试样的平均值、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/碳复合材料压缩试验的破坏模式

A.1 碳/碳复合材料压缩试验破坏模式代码见表 A.1。

表 A.1 试样破坏模式代码

代码	破坏类型
A	斜角破坏
B	鼓胀破坏
C	失稳破坏
D	分层破坏
E	端部压溃
F	其他

A.2 典型破坏模式如图 A.1 所示。理想的破坏模式推荐为 A 和 B。



图 A.1 碳/碳复合材料压缩试验典型破坏模式/代码示例