

中华人民共和国建材行业标准

JC/T 2404—2017

室温下连续纤维增强陶瓷基复合材料 拉伸性能试验方法

Test method for tensile behaviour of continuous fiber-reinforced ceramic
composites at room temperature

2017-04-12 发布

2017-10-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准修改采用 ISO 15733:2015(E) Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) - Mechanical properties of ceramic composites at ambient temperature in air atmospheric pressure - Determination of tensile properties。

本标准与 ISO 15733:2015(E) 的技术性差异及其原因如下：

——简化了第 1 章的陈述并删除附注；

——修改了标准的适用范围；

——关于规范性引用文件，本标准做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：

1) 用 GB/T 16825.1 代替了 ISO 7500-1；

2) 删除了 ISO 3611、ISO 14574:2014 和 ISO 17161:2014 标准的引用；

3) 增加了 GB/T 8170、GB/T 17991 和 JJG 623 标准的引用。

——对试样尺寸进行了明确的规定；

——对加载速度进行了明确的规定；

——增加了泊松比的计算公式。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国工业陶瓷标准化技术委员会(SAC/TC 194)归口。

本标准起草单位：山东工业陶瓷研究设计院有限公司、中国建材检验认证集团股份有限公司、中材高新材料股份有限公司、淄博高新技术产业开发区先进陶瓷研究院。

本标准主要起草人：吕艳红、李海舰、訾文娟、陈常祝、周长灵、包亦望、周明霞、夏卫亮、孙高梅琳。

本标准为首次发布。

室温下连续纤维增强陶瓷基复合材料拉伸性能试验方法

1 范围

本标准规定了连续纤维增强陶瓷基复合材料拉伸性能的术语和定义、实验原理、试验设备、试样、试验条件、试验步骤、计算方法和检测报告。

本标准适用于室温下连续纤维增强陶瓷基复合材料沿主轴方向的拉伸性能测试。

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 8170 数值修约规则与极限数值的表示与判定

GB/T 12160 单轴试验用引伸计的标定

GB/T 16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分:拉力和(或)压力试验机测力系统的检验与校准

GB/T 17991 精细陶瓷术语

JJG 623 电阻应变仪检定规程

3 术语和定义

GB/T 17991 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

校准长度 **calibrate length**

试样具有相同最小横截面积区域的长度。

3.2

标距长度 **gauge length**

校准长度内,试样参考点间的原始长度。

3.3

拉伸应力 **tensile stress**

在试样标距范围内,拉伸载荷与初始横截面积之比。

3.4

拉伸强度 **tensile strength**

在拉伸试验中,试样断裂时的拉伸应力。

3.5

拉伸应变 **tensile strain**

在拉伸载荷的作用下,试样标距范围内产生的长度变化率。

3.6

拉伸断裂应变 **tensile strain at fracture**

试样在拉伸载荷作用下,出现断裂时的拉伸应变。

3.7

拉伸弹性模量 **tensile modulus**

应力-应变曲线线性区域的斜率。

4 实验原理

沿试样轴向匀速施加静态拉伸载荷，直至试样断裂，在整个过程中测量施加在试样上的载荷和试样的伸长，通过试样的尺寸计算试样的拉伸强度、拉伸弹性模量、泊松比以及拉伸应力与应变的关系。

5 试验设备

5.1 试验机

试验机应符合 GB/T 16825.1 的规定。

5.2 静态应变仪

应变仪应满足 JJG 623 的规定。

5.3 引伸计

引伸计应满足 GB/T 12160 的规定。引伸计精度级别 ≤ 2 ，标距范围 ≥ 25 mm。

6 试样

6.1 试样的形状与尺寸

6.1.1 标准试样

6.1.1.1 试样按形状分为哑铃型和直条型两种，见图 1 和图 2。

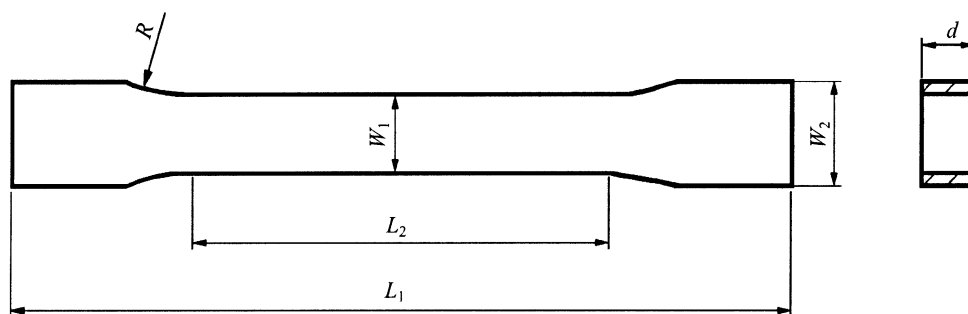


图1 哑铃型试样

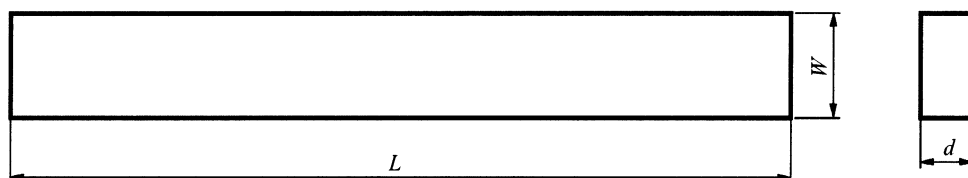


图2 直条型试样

6.1.1.2 标准试样的尺寸见表1和表2。

表1 哑铃型试样尺寸

单位为毫米

项目	总长度 L_1	校准长度 L_2	厚度 d	校准宽度 W_1	夹持宽度 W_2	转接半径 R	平行度
尺寸	150	80	10.0	15.0	20.0	35	0.05
公差	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	± 2	—

表2 直条型试样尺寸

单位为毫米

项目	长度 L	厚度 d	宽度 W	平行度
尺寸	150	10.0	20.0	0.05
公差	0.5	0.2	0.2	—

6.1.2 其他尺寸试样

无法使用标准试样的情况下，试样应符合以下条件：

- b) 试样总长度为 150 mm；
- c) 试样的宽度以及厚度要与标准试样同等比率，即 $W=2d$ 。

6.2 试样制备

6.2.1 测试样品应从整板块上切下，试样应在距板材边缘 10 mm 以上(已切去毛边)切取，若板材存在明显的缺料、气泡、褶皱、分层、孔洞等缺陷，则应避开。

6.2.2 若对取样区有要求或者需要从产品中取样时，应按照有关技术要求规定，并在试验报告中注明。

6.2.3 连续纤维增强复合材料一般为各向异性，应该按照各向异性材料的主要方向(轴向，经向，法向等)切割试样，且严格保证纤维方向和铺层方向与实验要求相符。

6.2.4 连续纤维增强复合材料在加工时，为防止试样分层、刻痕等机械损伤，应该采用 150 目以上的砂纸进行粗磨。

6.2.5 采用 300 目以上的砂纸打磨试样表面，然后采用丙酮清洗干净后烘干，用环氧胶粘贴加强片，加强片采用与试样宽度相同，厚度为 1.0 mm~2.0 mm 的铝合金片；或者采用玻璃布增强环氧材料等弹性模量与试样弹性模量相近的材料。

6.3 试样数量

每组有效试样不少于 5 个。

7 试验条件

7.1 试验环境条件

温度：(23±2)℃；相对湿度：(50±10)%。

7.2 加载模式

7.2.1 测定拉伸弹性模量、泊松比、断裂伸长率和绘制应力-应变曲线时，加载速度一般为 0.5mm/min。测定拉伸弹性模量、泊松比时，采用分级加载方式，一般应记录 500 N、1 000 N、1 500 N、2 000 N、2 500 N 时的纵向和横向应变值。特殊情况时，应根据具体材质进行均匀取值，取值不少于 5 个。

7.2.2 测定拉伸强度时，加载速度为 2.0 mm/min。

8 试验步骤

8.1 测量试样标距范围内三等分位置的宽度和厚度并记录数值，各自取算术平均值，测量精度为 0.02 mm。

8.2 在试验机上安装拉伸夹具，并进行校准。

8.3 夹持试样，使试样的中心线与上下夹具的对准中心线一致。陶瓷基复合材料一般较脆，因此，夹持试样时应防止夹紧力过大造成试样夹持部分局部损伤。

8.4 沿试样的轴向安装引伸计，校准，调零。

8.5 测定泊松比时，将应变片按轴向和横向分别粘贴到试样标距的中间部位，并将试样上的应变片与静态应变仪相连接。

8.6 按 7.2 的规定进行加载。

8.7 加载直至试样破坏，记录载荷与位移的变化关系。

8.8 若试验中出现以下情况，结果作废：

- a) 试样破坏处有明显的内部缺陷；
- b) 试样在夹持位置发生破坏；
- d) 试样滑动；
- e) 应变片滑动。

9 计算方法

9.1 拉伸应力(拉伸断裂应力或拉伸强度)

拉伸应力(拉伸断裂应力或拉伸强度)按公式(1)计算：

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

σ_t ——拉伸应力(拉伸断裂应力或拉伸强度)，单位为兆帕(MPa)；

F ——破坏载荷或最大载荷，单位为牛顿(N)；

A ——试样的原始截面积，单位为平方毫米(mm²)。

对式中的原始面积 A 规定如下：

1) 直条型试样的原始面积 A 按公式(2)计算：

$$A = Wd \dots\dots\dots (2)$$

式中：

W ——直条型试样的宽度，单位为毫米(mm)；

d ——试样的厚度，单位为毫米(mm)。

2) 哑铃型试样的原始面积 A 按公式(3)计算：

$$A = W_1 d \dots\dots\dots (3)$$

式中:

W_1 ——哑铃型试样的宽度,单位为毫米(mm);

d ——试样的厚度,单位为毫米(mm)。

9.2 试样断裂伸长率

试样断裂伸长率按公式(4)计算:

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta L_b}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中:

ε_t ——试样断裂伸长率;

ΔL_b ——试样拉伸断裂时标距 L_0 内的伸长量,单位为毫米(mm);

L_0 ——测量的标距长度,单位为毫米(mm)。

9.3 拉伸弹性模量

拉伸弹性模量采用分级加载时按公式(5)计算:

$$E_t = \frac{L_0(\Delta F)}{A(\Delta L)} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

E_t ——拉伸弹性模量,单位为兆帕(MPa);

ΔF ——载荷-形变曲线上直线段的载荷增量,单位为牛顿(N);

ΔL ——与载荷增量 ΔF 对应的标距 L_0 内的变形增量,单位为毫米(mm)。

9.4 泊松比

泊松比按公式(6)计算:

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \right| \dots\dots\dots (6)$$

式中:

μ ——泊松比;

ε_1 ——与载荷增量 ΔF 对应的轴向应变;

ε_2 ——与载荷增量 ΔF 对应的横向应变。

9.5 平均值、标准偏差和可变系数

对于每个系列的测试结果,平均值按公式(7)计算,标准偏差按公式(8)计算,可变系数按公式(9)计算:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (7)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (8)$$

$$V = \frac{100(SD)}{\bar{X}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

X_i ——测试结果；

n ——有效的测试次数。

9.6 结果处理

用算术平均值、标准偏差和可变系数表示测定结果，计算结果按 GB/T 8170 进行修约，修约后结果保留三位有效数字。

10 检测报告

检测报告应包括以下内容：

- a) 试样名称；
 - b) 检测日期；
 - c) 检测设备的名称及型号；
 - d) 试样的制备方法，试样的制取方向；
 - f) 试样的尺寸；
 - g) 试样的数量；
 - h) 实验环境的条件及加载速度；
 - i) 每个测试系列的平均值、标准偏差以及可变系数；
 - j) 本标准的编号。
-