

中华人民共和国建材行业标准

JC/T 2405—2017

室温下连续纤维增强陶瓷基复合材料 弯曲强度试验方法

Test method for flexural strength 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 17138:2014 Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) - Mechanical properties of ceramic composites at room temperature - Determination of flexural strength。

本标准与 ISO 17138:2014 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；
- 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 标准的引用；
 - 3) 增加了 GB/T 6569、GB/T 8170、GB/T 17991 和 GB/T 21389 标准的引用。
- 将原标准第 3 章“原理”调整为第 4 章“原理”；
- 将原标准第 4 章“术语、定义与符号”调整为第 3 章“术语与定义”；
- 删除了原标准 5.3 “数据记录系统”的规定；
- 对原标准中“推荐试样尺寸”进行了调整，按实际情况规定了“标准试样尺寸”；并按原标准的含义归纳了“其他试样尺寸”的规定；
- 将原标准中第 6 章“试样”和第 7 章“试样制备”进行了合并；
- 将原标准中第 8 章“试验程序”分为第 7 章“步骤”和第 8 章“试验结果处理”；
- 增加了平均值和标准偏差的规定；
- 对标准中的部分文字表述进行了调整；
- 对报告记录的内容进行了调整。

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。

本标准主要起草人：李海舰、吴萍、吕艳红、訾文娟、万德田、王洪升、夏卫亮、陈常祝、周明霞、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弯曲强度试验方法

1 范围

本标准规定了连续纤维增强陶瓷基复合材料弯曲强度的术语和定义、原理、仪器、试样、试样的制取方向、试验步骤、试验结果计算和检测报告。

本标准适用于三点弯曲法和四点弯曲法测试连续纤维增强陶瓷基复合材料的弯曲强度。

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 6569 精细陶瓷弯曲强度试验方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示与判定

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

GB/T 21389 游标、带表和数显卡尺

3 术语与定义

GB/T 17991 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

弯曲应力 flexural stress

试样外表面受到的公称应力。

3.2

弯曲强度 flexural strength

弯曲试验中,试样破坏时的最大弯曲应力。

3.3

试样的坐标 the coordinates of the sample

单向板材中,以沿着纤维方向为“1”,垂直于纤维的方向为“2”,复合材料厚度的方向为“3”。也可将1、2、3方向用x、y、z轴表示。

4 原理

对矩形截面的梁施加与轴向垂直的弯曲载荷直到试样断裂。该试验以恒定速率进行。

5 仪器

5.1 试验机

5.1.1 试验机应符合标准 GB/T 16825.1 的规定。

5.1.2 能保证恒定的加载速度。

5.1.3 载荷误差不超过满量程的 $\pm 1\%$ 。

5.2 测试夹具

5.2.1 试验夹具应具有与 GB/T 6569 相似的结构。

5.2.2 支辊的曲率半径为 4.0 mm~10.0 mm；长度应大于试样的宽度；硬度应大于试样的硬度。各支辊的轴向平行度不大于 0.01 mm/mm。

5.3 游标卡尺

游标卡尺应满足 GB/T 21389 的规定，精度为 0.02 mm。

6 试样

6.1 试样尺寸

6.1.1 标准试样及跨距

标准试样尺寸及跨距见表 1。

表1 试样尺寸及跨距

单位为毫米

项 目	总长度 L_t	宽度 b	厚度 h	内跨距 L_i (四点弯曲法)	外跨距 L	
					三点弯曲法	四点弯曲法
尺寸	$L+20$	10.0	5.0	50	100	150
公差	± 1	± 0.2	± 0.2	± 0.1	± 0.1	± 0.1

6.1.2 其他尺寸试样

在该实验方法中，如果跨距与试样的厚度比变小，试验时试样将出现剪切应力变高和弯曲应力变低的现象，从而使试样发生剪切破坏。无法使用标准试样的情况下，试样要符合如下条件：

- b) 三点弯曲法中， $L/h \geq 20$ ；四点弯曲法中， $(L-L_i)/h \geq 20$ ，且 $L_i = L/3$ 。
- c) 试样的长度为跨距加 20 mm，即 $L_t = 20 + L$ (mm)；
- d) 试样的厚度不小于 2 mm，即 $h \geq 2$ mm。

6.2 试样的制备

试样厚度规定如下：二维增强的复合材料强化基体需 3 层以上；三维增强复合材料需包含 1 个以上构造单元。试样的宽度规定如下：二维增强的复合材料需 3 束以上纤维；三维增强复合材料需包含 1 个以上纤维束单位织物的构造单元。

试样应平滑无弯曲，表面边缘不能有缺陷。试样的厚度偏差不能超过平均值的 $\pm 5\%$ 。只要有一个条件不符合要求，则应重新加工试样。

6.3 试样的上下面

试样的上下(或者表里)对试验结果有影响，因此开始切割试样时应标记出上下面。

6.4 试样的数量

每组有效试样不少于 5 个。

6.5 试样的制取方向

对于有两个主轴方向的样品，应按两个主轴方向分别制取试样。对于实际使用中有特定受力取向的情况，应按该方向制取试样。

7 试验步骤

7.1 试验环境

试验条件为温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，湿度为 $(50 \pm 5)\%$ ，压力为 1 个标准大气压。

7.2 试样的尺寸测定

用游标卡尺分别测量各试样的宽度与厚度，精确到 0.02 mm。

7.3 试验面

先确定好试样的上下面，同组试验在同一面上加载。另外，要记录试样的上下面与原样品上下面的对应关系。

7.4 加载速度

测试的加载速度设定为 $(0.5 \pm 0.1)\text{mm/min}$ 。

7.5 记录

记录加在试样上的载荷与其相应的挠度。经过载荷最大值后，应继续加载，直至载荷值低于最大载荷的 50% 为止，并进行记录。

7.6 结果的判断

如果出现以下的试验结果，则认为试验是不合适的。此时，应追加新的试样，并通过加大跨距的方法进行试验，或通过双方的协定来决定。

- a) 在试样的最大弯曲力矩外侧发生的破坏(例如：三点弯曲中，中间 $L/3$ 外侧；四点弯曲中，内跨距外侧)；
- b) 试样的宽度方向出现明显的平行裂痕，发生层间剪切破坏；
- c) 层间破坏伴随着压缩破坏；
- e) 外支辊处发生断裂。

8 试验结果计算

8.1 弯曲强度

8.1.1 三点弯曲强度按公式(1)进行计算：

$$\sigma_{f,m} = \frac{3F_m L}{2bh^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$\sigma_{f,m}$ ——弯曲强度, 单位为兆帕(MPa);

F_m ——载荷, 单位为牛顿(N);

L ——跨距, 单位为毫米(mm);

b ——试样宽度, 单位为毫米(mm);

h ——试样厚度, 单位为毫米(mm)。

8.1.2 四点弯曲强度按公式(2)进行计算:

$$\sigma_{f,m} = \frac{3F_m(L - L_i)}{2bh^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\sigma_{f,m}$ ——弯曲强度, 单位为兆帕(MPa);

F_m ——载荷, 单位为牛顿(N);

L ——外跨距, 单位为毫米(mm);

L_i ——内跨距, 单位为毫米(mm);

b ——试样宽度, 单位为毫米(mm);

h ——试样厚度, 单位为毫米(mm)。

8.2 计算

对于每个系列的测试结果, 平均值按公式(3)计算, 标准偏差按公式(4)计算:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (3)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

X_i ——测试结果;

n ——有效的测试次数。

8.3 结果处理

用算术平均值和标准偏差表示测定结果, 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。

9 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) 试样的制作方法, 试样的制取方向;

- e) 试样的尺寸;
 - f) 试样的数量;
 - g) 实验环境的条件;
 - h) 试验方法(三点、四点);
 - i) 支辊间距离;
 - j) 在试验中试样的上下面方向;
 - k) 弯曲强度、算术平均值以及标准偏差;
 - l) 本标准的编号。
-