



中华人民共和国国家标准

GB/T 42655—2023

连续纤维增强陶瓷基复合材料 高温压缩性能试验方法

Test method for compression properties of continuous fiber reinforced ceramic
matrix composites at high temperature

[ISO 14544:2013, Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical
ceramics)—Mechanical properties of ceramic composites at high temperature—
Determination of compression properties, MOD]

2023-08-06 发布

2024-03-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件修改采用 ISO 14544:2013《精细陶瓷(先进陶瓷、先进技术陶瓷) 陶瓷基复合材料高温力学性能 压缩性能的测定》。

本文件与 ISO 14544:2013 相比,在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 ISO 14544:2013 相比,存在较多技术差异,在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(|)进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 B。

本文件做了下列编辑性改动:

- 为与现有标准协调,将标准名称改为《连续纤维增强陶瓷基复合材料高温压缩性能试验方法》;
- 删除了 ISO 14544:2013 中第 4 章、5.1、5.5、6.1、6.2、6.3、7.1、8.1.3、8.3.2 的注;
- 删除了 ISO 14544:2013 中 5.2 的注 1、注 3、注 4 和注 5;
- 增加了附录 A(资料性)“本文件与 ISO 14544:2013 结构编号对照一览表”;
- 增加了附录 B(资料性)“本文件与 ISO 14544:2013 的技术差异及其原因一览表”;
- 增加了附录 D(资料性)“样品的 3 类载荷与形变量关系曲线”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国工业陶瓷标准化技术委员会(SAC/TC 194)归口。

本文件起草单位:中国科学院上海硅酸盐研究所、中国科学院金属研究所、厦门市计量检定测试院、中广核研究院有限公司、三祥新材股份有限公司、湖南顶立科技有限公司、山东工业陶瓷研究设计院有限公司、中国科学院兰州化学物理研究所、广东省先进陶瓷材料科技有限公司、国装新材料技术(江苏)有限公司、广州创天电子科技有限公司、西安鑫垚陶瓷复合材料有限公司、巩义市泛锐熠辉复合材料有限公司、南京工业大学、武汉理工大学、浙江嘉康电子股份有限公司、力试(上海)科学仪器有限公司。

本文件主要起草人:王新刚、王京阳、蒋淑恋、薛佳祥、王小飞、陈常祝、刘洋、崔爽、胡祥龙、黄艺滨、吴永庆、蒋丹宇、包晓刚、张永胜、戴煜、宋俊杰、邱基华、陆春华、孙华君、马小民、彭高东、李建章、张东生、沈岳松、邓腾飞、崔升、姚国华、王斌。

连续纤维增强陶瓷基复合材料
高温压缩性能试验方法

1 范围

本文件规定了连续纤维增强陶瓷基复合材料高温压缩性能试验方法。
本文件适用于单向、双向和多向连续纤维增强陶瓷基复合材料沿一个主增强轴高温压缩性能的测定。本文件也适用于双向和多向连续纤维增强陶瓷基复合材料偏轴向高温压缩性能的测定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 12160 金属材料 单轴试验用引伸计系统的标定
- GB/T 16825.1 金属材料 静力单轴试验机的检验与校准 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 16825.1—2022,ISO 7500-1:2018,IDT)
- GB/T 16839.1 热电偶 第1部分:电动势规范和允差(GB/T 16839.1—2018,IEC 60584-1:2013,IDT)
- GB/T 21389 游标、带表和数显卡尺
- ISO 17161:2014 精细陶瓷(先进陶瓷、先进技术陶瓷) 陶瓷复合材料 单轴机械测试误差度数的测定[Fine ceramics (advanced ceramics,advanced technical ceramics)—Ceramic composites—Determination of the degree of misalignment in uniaxial mechanical tests]

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

试验温度 test temperature
 T
试验样品标距中心的温度。

3.2

校准长度 calibrated length
 l
样品上具有均一、最小截面积部分的长度。

3.3

标距 gauge length
 L_0
校准长度内参考点之间的初始距离。

3.4

表观截面积 **apparent cross-section area**

A_0

校准长度范围内样品室温下的截面总面积。

3.5

有效截面积 **effective cross-section area**

A_e

考虑到样品表面存在抗氧化层,经过系数修正的截面面积。

3.6

纵向形变量 **longitudinal deformation**

ΔL

样品在压缩载荷作用下,标距上两参考点间的长度变化。

3.7

最大压缩载荷 **maximum compression force**

F_m

样品压缩破坏时的最大载荷值。

3.8

压缩强度 **compression strength**

σ_m

样品压缩破坏的最大压缩载荷与初始表观截面积(A_0)的比值。

3.9

有效压缩强度 **effective compression stress**

σ_e

样品压缩破坏的最大压缩载荷与有效截面积(A_e)的比值。

3.10

最大压缩应变 **maximum compression strain**

ϵ_m

样品最大压缩纵向形变量与标距的比值。

3.11

压缩弹性模量 **compressive modulus**

E

根据样品压缩载荷与形变量关系曲线,利用表观截面积计算的弹性模量。

3.12

有效压缩弹性模量 **effective compressive modulus**

E_e

根据样品压缩载荷与形变量关系曲线,利用有效截面积计算的弹性模量。

4 原理

将样品在给定气氛下加热到试验温度,以规定的速率对样品施加压缩载荷,在整个过程中测量施加在样品上的载荷和标距的变化,利用样品的载荷、形变量、截面积来计算压缩强度、压缩应变和压缩弹性模量。

5 仪器

5.1 试验机

试验机应具有均匀的横梁位移速率。试验机测量力范围的级别应符合 GB/T 16825.1 规定的 1 级或更高精度。

5.2 加载系统

加载系统应保证载荷传感器示值和样品承受的载荷一致,包括对准系统和力传递系统在内的加载系统不应因加热而改变。加载系统应使样品轴与加载方向对齐,不应在样品上引入弯曲或扭转力。应根据 ISO 17161:2014 中描述的程序验证和记录样品的偏心情况。在 500×10^{-6} 的平均应变下,弯曲应变百分比不应超过 5%。

有以下两种可选的加载方式。

- a) 利用连接到载荷传感器和横梁上的压板进行加载。在室温下,两个压板在加载区域的平行度应优于 0.01 mm,且应垂直于加载方向。可在样品和压板之间采用柔性夹层材料使测试宏观不均匀材料时确保接触压力均匀,这种材料应与样品和压板材料化学相容。
- b) 利用夹具夹紧样品和对样品加载,夹具的设计应防止样品在夹具内滑动,使样品轴线与加载轴对齐。

5.3 密封试验腔

密封试验腔应能够在试验过程中控制样品附近的环境。试验腔气压变化引起负载变化应小于所用传感器量程的 1%。

应根据待测材料和试验温度选择试验气氛。试验腔气压水平取决于待测材料、温度、气氛类型和引伸计类型。当使用真空腔时,真空度不应引起样品材料和引伸计导杆的化学和(或)物理性能变化。当在惰性气体中试验时,可通过在密封试验腔中抽真空(<10 Pa)或通过循环充入惰性气体来去除试验腔中的空气或水蒸气。

5.4 加热装置

在试验温度下,加热装置应满足样品标距内的温度梯度小于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。试验前,应通过测量至少 3 个位置的温度来确定样品标距范围的温度梯度,这 3 个位置应为引伸计参考点和两者之间的中间位置。

在试验时,试验温度可通过直接测量样品的温度来确定,也可通过加热装置指示温度来间接确定。在后一种情况下,应建立加热装置指示温度和样品标距中心温度之间的关系来对样品温度进行校准。

5.5 引伸计

引伸计应能连续记录试验温度下样品的纵向形变,其线性公差应不大于引伸计量程的 0.15%。引伸计应满足不低于 GB/T 12160 的 1 级要求。常用的引伸计是机械引伸计和光电引伸计。

如果使用机械引伸计,标距应为引伸计导杆接触样品两个位置之间的初始纵向距离。引伸计导杆可能暴露在高于样品试验温度下。温度和(或)环境引起导杆材料结构变化不应影响形变测量的准确度。导杆材料应与样品材料化学相容。

如果使用光电引伸计,需要在样品上做参考标记。应将参考标记垂直于轴线并附着在样品表面上。标距为两个参考标记之间的距离。参考标记的材料和黏合剂(如果使用)应与样品材料和试验温度相容,并且不应改变样品的应力场。

5.6 测温仪

如果使用热电偶测量温度,热电偶应符合 GB/T 16839.1 的规定,如果使用高温计测温,高温计的校准数据应附在试验报告中。

5.7 数据采集系统

校准的数据记录器可用于记录载荷与形变量关系曲线。

5.8 带表卡尺

带表卡尺的分度值应不大于 0.01 mm,且应符合 GB/T 21389 的规定。

6 样品

6.1 概述

样品在标距内的部分宜代表材料结构特性,样品在校准长度内宜避免屈曲失效。

样品形状取决于以下几个因素:

- 材料基体和增强相的特性;
- 加热系统的类型;
- 加载系统的类型。

6.2 样品形状

6.2.1 I 型样品

采用压板对样品加载试验,通常使用如图 1 所示的 I 型样品,表 1 给出了 I 型样品的推荐尺寸。

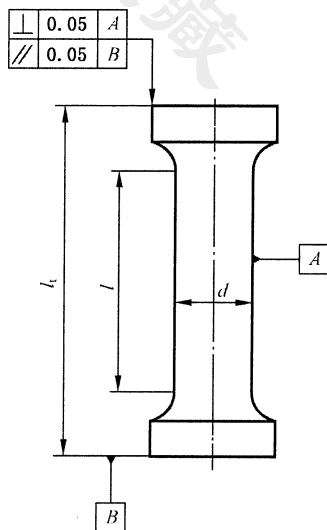


图 1 I 型样品示意图

表 1 I 型样品的推荐尺寸

单位为毫米

项目	样品尺寸	公差
校准长度 l	≥ 15	± 0.5
样品长度 l_t	$\geq 1.5l$	± 0.5
截面的直径 d	≥ 8	± 0.2
肩部曲率半径 r	≥ 10	≥ 2
加工部分平行度	0.05	—
加工部分垂直度	0.05	—
加工部分中心度	0.05	—

6.2.2 II 型样品

采用压板对样品加载试验,也可以采用图 2a)所示截面为方形和图 2b)所示截面为圆形的 II 型样品进行试验,表 2 给出了 II 型样品的推荐尺寸。

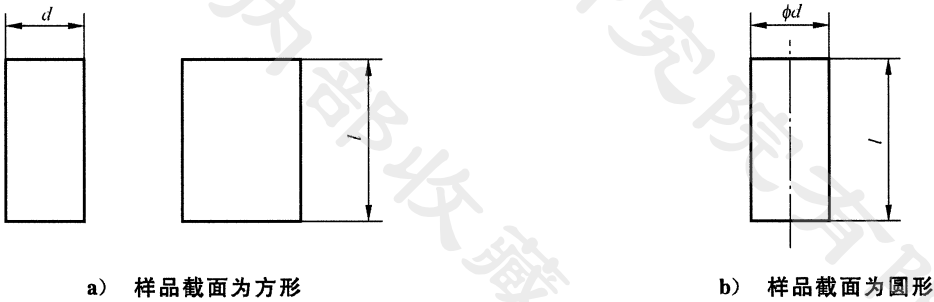


图 2 II 型样品示意图

表 2 II 型样品的推荐尺寸

单位为毫米

项目	样品尺寸	公差
校准长度 l	≥ 10	± 0.5
方形截面的边长或圆形截面的直径 d	≥ 10	± 0.2
加工部分平行度	0.05	—
加工部分垂直度	0.05	—

6.2.3 III 型样品

采用夹具夹持样品加载试验,通常采用如图 3 所示的 III 型样品,表 3 给出了 III 型样品的推荐尺寸。

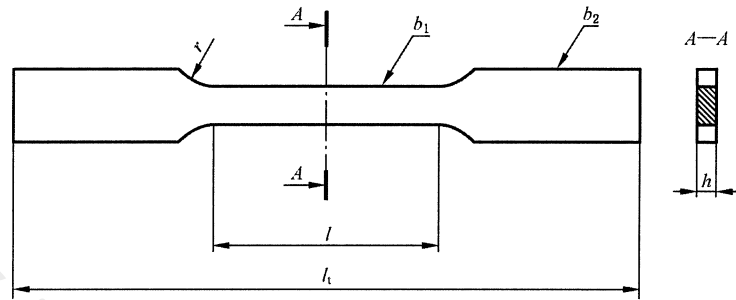


图 3 III型样品示意图

表 3 III型样品的推荐尺寸

单位为毫米

项目	样品尺寸	公差
校准长度 l	≥ 15	± 0.5
样品长度 l_t	—	—
样品厚度 h	2	± 0.2
标准长度内样品宽度 b_1	≥ 8	± 0.2
宽度 b_2	$b_2 = \alpha b_1, \alpha = 1.2 \sim 2$	± 0.2
肩部曲率 r	≥ 30	± 2
加工部分平行度	0.05	—

6.2.4 IV型样品

采用夹具夹持样品加载试验,也可以采用如图 4 所示的IV型样品,表 4 给出了IV型样品的推荐尺寸。

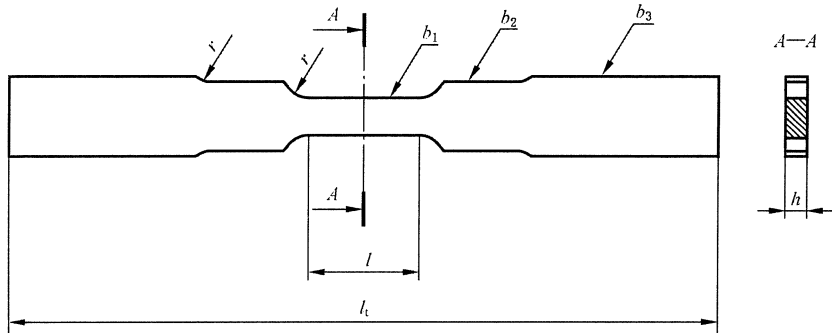


图 4 IV型样品示意图

表 4 IV型样品的推荐尺寸

单位为毫米

项目	样品尺寸	公差
校准长度 l	≥ 15	± 0.2
样品长度 l_t	—	—
样品厚度 h	3	± 0.2
标准长度内样品宽度 b_1	8~20	± 0.2
宽度 b_2	$b_2 = \alpha b_1, \alpha = 1.2 \sim 2$	± 0.2
宽度 b_3	$b_3 = \beta b_2, \beta = 1.2 \sim 2$	± 0.2
肩部曲率 r	≥ 30	± 2
加工部分平行度	0.05	—

7 样品制备

7.1 样品加工

在切割过程中,对于同轴试验,应将样品轴向与待测的纤维轴向对齐。对于偏轴向的高温压缩试验,应根据纤维增强轴与样品轴确定偏轴角度,样品纤维增强方向与加载方向的关系示意图应附在试验报告中。加工过程中,样品不应受到损伤。当样品表面存在抗氧化涂层时,加工后的表面宜进行抗氧化处理。当使用冷端夹持法试验时,介于试验温度和夹持温度之间的样品可能需要适当的抗氧化处理。

7.2 样品数量

有效样品数量不少于 5 个。

8 试验步骤

8.1 用外径千分尺测量样品中心和校准长度的两端尺寸,计算 3 个位置的横截面积并取算术平均值即为样品的表观截面积。

8.2 将样品安装在夹持系统或加载系统中,使其待测轴向与试验机加载轴一致。在某些情况下,有必要在整个加热期间施加预载,以防止准直失效。预加载荷不宜超过预期失效载荷的 5%。应在试验报告中附上样品待测轴向与加载轴的关系图。

8.3 在样品纵向居中安装引伸计。

8.4 设定加载速率,选择的加载速率应使样品在 60 s 内破坏。如果待测材料在试验温度下发生蠕变,则应提高加载速率,但应避免高速加载对样品产生的冲击。

8.5 根据待测样品材料和试验条件设定试验所需要的气氛。

8.6 将样品加热至试验温度,保持该温度一段时间使样品标距内的温度稳定,确保样品在加热过程中保持初始应力状态。

8.7 将载荷试验机传感器和引伸计清零,启动试验机直至样品压缩失效,同时记录载荷与形变量关系曲线。

8.8 在压缩试验过程中,样品可能会发生弯曲。为了确保试验的有效性,有必要验证在试验条件下没有发生屈曲。可在步骤 8.3 中在样品两侧放置两个引伸计,引伸计响应的差异可表明是否存在屈曲。如果在试验条件下无法在样品上放置两个引伸计,则应按照附录 C 进行验证。当材料或样品几何形状变化时,应验证是否发生屈曲。

8.9 重复步骤 8.1~8.8,直至完成试验。若在试验中出现以下情况,此次试验无效:

- 未能满足规定的试验条件;
- 样品滑移;
- 引伸计打滑;
- 样品在温度控制区以外断裂;
- 样品发生屈曲。

9 结果计算

9.1 压缩强度

压缩强度和有效压缩强度分别按公式(1)和公式(2)计算。

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_0} \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma_e = \frac{F_m}{A_e} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

σ_m ——用表观截面积 A_0 计算的压缩应力,单位为兆帕(MPa);

σ_e ——用有效截面积 A_e 计算的压缩应力,单位为兆帕(MPa);

F_m ——最大压缩载荷,单位为牛顿(N);

A_0 ——表观截面积,单位为平方毫米(mm²);

A_e ——有效截面积,单位为平方毫米(mm²)。

压缩强度及有效压缩强度结果保留至整数位。

9.2 最大压缩应变

最大压缩应变按公式(3)计算。

$$\epsilon_m = \frac{\Delta L_m}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

式中:

ϵ_m ——样品最大压缩应变;

ΔL_m ——样品最大压缩载荷下的形变量,单位为毫米(mm);

L_0 ——样品标距,单位为毫米(mm)。

最大压缩应变结果保留两位有效数字。

9.3 压缩弹性模量

9.3.1 样品在加载后才表现出线弹性行为(见图 D.1),用载荷与形变量关系曲线线性部分的下限和上限附近两点($\Delta L_1, F_1$)和($\Delta L_2, F_2$),分别按照公式(4)和公式(5)计算压缩弹性模量和有效压缩弹性模量。

$$E = \frac{L_0(F_2 - F_1)}{A_0(\Delta L_2 - \Delta L_1)} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(4)$$

$$E_e = \frac{L_0(F_2 - F_1)}{A_e(\Delta L_2 - \Delta L_1)} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- E —— 压缩弹性模量,单位为吉帕(GPa);
- E_e —— 有效压缩弹性模量,单位为吉帕(GPa);
- L_0 —— 样品标距,单位为毫米(mm);
- F_2 —— 载荷与形变量关系曲线线性部分的上限附近的压缩载荷,单位为牛顿(N);
- F_1 —— 载荷与形变量关系曲线线性部分的下限附近的压缩载荷,单位为牛顿(N);
- A_0 —— 表观截面积,单位为平方毫米(mm²);
- ΔL_2 —— 压缩载荷 F_2 对应的形变量,单位为毫米(mm);
- ΔL_1 —— 压缩载荷 F_1 对应的形变量,单位为毫米(mm);
- A_e —— 有效截面积,单位为平方毫米(mm²)。

压缩弹性模量和有效压缩弹性模量结果保留至整数位。

9.3.2 样品从开始加载就表现出线弹性行为(见图 D.2),用力载荷与形变量关系曲线上的任意点($\Delta L_1, F_1$),按照公式(6)和公式(7)计算压缩弹性模量和有效压缩弹性模量。

$$E = \frac{L_0 F_1}{A_0 \Delta L_1} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$E_e = \frac{L_0 F_1}{A_e \Delta L_1} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

- E —— 压缩弹性模量,单位为吉帕(GPa);
- E_e —— 有效压缩弹性模量,单位为吉帕(GPa);
- L_0 —— 样品标距,单位为毫米(mm);
- F_1 —— 载荷与形变量关系曲线上线性部分任意一点的压缩载荷,单位为牛顿(N);
- A_0 —— 表观截面积,单位为平方毫米(mm²);
- ΔL_1 —— 压缩载荷 F_1 对应的形变量,单位为毫米(mm);
- A_e —— 有效截面积,单位为平方毫米(mm²)。

9.3.3 对于样品在整个加载过程中没有表现出线弹性行为(见图 D.3),除非另有约定,一般选用($\Delta L_1, 0.1F_m$)和($\Delta L_1, 0.5F_m$),分别按公式(4)和公式(5)计算样品的压缩弹性模量和有效压缩弹性模量。

10 试验报告

试验报告应包含以下内容:

- a) 测试机构的名称和地址;
- b) 测试日期,报告及每页的唯一性标识,客户名称和地址,授权签字人;
- c) 本文件编号;
- d) 样品尺寸图或者参考文件,样品中纤维增强方向与加载方向关系示意图;
- e) 样品材料的描述,如材料种类、编号和批次等;
- f) 试验装置的描述,如加热系统、温度测量装置、引伸计、加持系统、载荷传感器、测试环境气氛的种类和纯度或者测试环境真空度等;
- g) 标距内和控温区的温度梯度;
- h) 加热速率,试验温度和采用的加载速率、位移速率或者应变速率;

- i) 试验样品数量和有效样品数量；
- j) 载荷与形变量数据；
- k) 压缩强度、最大压缩应变和压缩弹性模量的平均值和标准差；
- l) 当使用有效截面积计算有效压缩弹性模量时，报告修正因子及其获得的方法；
- m) 所有样品压缩失效位置；
- n) 测试过程中的特殊现象和变化，可能影响结果的任何偏离。

附 录 A
(资料性)

本文件与 ISO 14544:2013 结构编号对照一览表

表 A.1 给出了本文件与 ISO 14544:2013 结构编号对照一览表。

表 A.1 本文件与 ISO 14544:2013 结构编号对照情况

本文件结构编号	ISO 14544:2013 结构编号
1	1
2	2
3.1	3.1
3.2	3.2
3.3	3.3
3.4	3.5.1
3.5	3.5.2
3.6	3.6
3.7	3.9
3.8,3.9	3.10
3.10	—
3.11,3.12	3.11
4	4
5.1	5.1
5.2	5.2
5.3	5.3,8.3.3 第一段
5.4	5.4,8.1.2,8.1.3
5.5	5.5
5.6	5.6
5.7	5.7
5.8	5.8
6.1	6.1
6.2.1,6.2.2	6.2
6.2.3,6.2.4	6.3
7.1	7.1

表 A.1 本文件与 ISO 14544:2013 结构编号对照情况 (续)

本文件结构编号	ISO 14544:2013 结构编号
7.2	7.2
8.1	8.2.2
8.2	8.3.1
8.3	8.3.2
8.4	8.2.1
8.5	8.3.3
8.6	8.3.4
8.7	8.3.5
8.8	8.2.3
8.9	8.4
9	9
9.1	9.2
9.2	9.3
9.3	9.4
9.3.1	9.4.1
9.3.2	9.4.2
9.3.3	9.4.3
10	9.1, 10
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	附录 A
附录 D	—
—	3.4, 3.7, 3.8, 8.1.1, 9.1, 参考文献

附录 B

(资料性)

本文件与 ISO 14544:2013 技术差异及其原因一览表

表 B.1 给出了本文件与 ISO 14544:2013 技术差异及其原因的一览表。

表 B.1 本文件与 ISO 14544:2013 技术性差异及其原因

本文件结构编号	技术差异	原因
1	删除了范围规定的温度上限 2 000 ℃；范围中增加偏轴高温压缩性能的测定范围	增加本文件的适用性
3	删除了 ISO 14544:2013 中 3.4、3.5、3.7、3.8 的术语和定义	这些定义在本文件中没有提及
	将 ISO 14544:2013 中“压缩强度”涉及的表观压缩强度和有效压缩强度分别进行定义,更改为“压缩强度”“有效压缩强度”	增加可操作性,便于本文件的执行
	增加了“最大压缩应变”术语和定义	
	将 ISO 14544:2013 中“弹性模量”涉及的表观弹性模量和有效弹性模量分别进行定义,更改为“压缩弹性模量”“有效压缩弹性模量”	
5.1	用规范性引用的 GB/T 16825.1 代替了 ISO 7500-1	适应我国技术条件
5.2	用规范性引用的 ISO 17161:2014 代替了 CEN/TS 15867:2009	适应我国技术条件
5.3	增加了“当在惰性气体中试验时,可通过在密封试验腔中抽真空(<10 Pa)或通过循环充入惰性气体来去除试验腔中的空气或水蒸气。”	增加可操作性,便于本文件的执行
5.5	删除了 ISO 14544:2013 中规范性引用的 EN 10002-4,增加了规范性引用的 GB/T 12160	适应我国技术条件
5.6	用规范性引用的 GB/T 16839.1 代替了 IEC 60854-1:1995、IEC 60854-2:1982 和 IEC 60854-2:1982, Amendment 1:1989	适应我国技术条件
5.8	用规范性引用的 GB/T 21389 代替了 ISO 3611	适应我国技术条件
6.2	删除了 ISO 14544:2013 中表 4 III 型样品的可选推荐尺寸、图 5 V 型样品示意图和表 6 V 型样品的推荐尺寸	取消薄的样品,薄的样品容易发生屈曲,增加可操作性,便于标准的执行
7.1	增加了偏轴向试验时,根据纤维增强轴与样品轴来确定偏轴角度的规定	增加可操作性,便于本文件的执行
8	删除了 ISO 14544:2013 中 8.1 试验对温度的考量	增加可操作性,便于本文件的执行
10	增加了试验报告中“测试过程中的特殊现象和变化,可能影响结果的任何偏离”的要求	增加可操作性,便于本文件的执行

附录 C

(规范性)

存在屈曲时如何进行试验

C.1 初步室温试验

假设高温和室温的力学行为相同,高温抗屈曲的能力可在室温下用两个引伸计来测量。如果屈曲发生,有必要改变样品几何尺寸。

C.2 用两种不同样品试验

如果可以制备两个不同厚度的样品,则应使用两个不同厚度样品试验(厚度为 h 和 $2h$)。如果结果一致直至破坏,则假设不存在屈曲问题。如果没有,则厚度改为 $2h$ 和 $4h$ 。如果不能制备不同厚度的样品,则采用两种类型的样品进行两次试验,第一次试验采用引伸计测量弹性模量,第二次试验采用短的样品测量压缩强度。

附录 D

(资料性)

样品的 3 类载荷与形变量关系曲线

D.1 I 类载荷与形变量关系曲线

样品在加载后才表现出线弹性行为,见图 D.1。

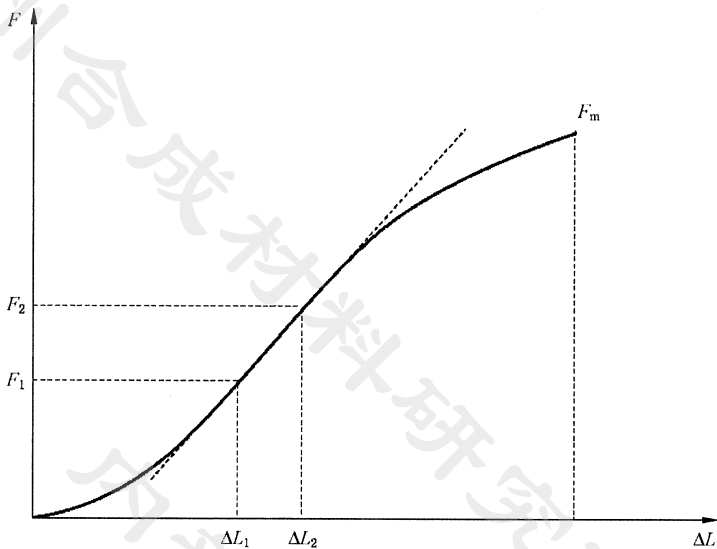


图 D.1 I 类载荷与形变量关系曲线示意图

D.2 II 类载荷与形变量关系曲线

样品从开始加载就表现出线弹性行为,见图 D.2。

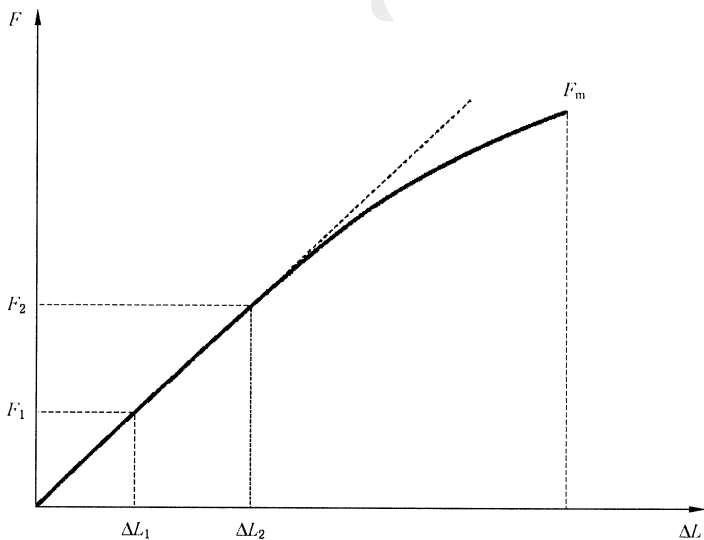


图 D.2 II 类载荷与形变量关系曲线示意图

D.3 Ⅲ类载荷与形变量关系曲线

样品在整个加载过程中没有表现出线弹性行为,见图 D.3。

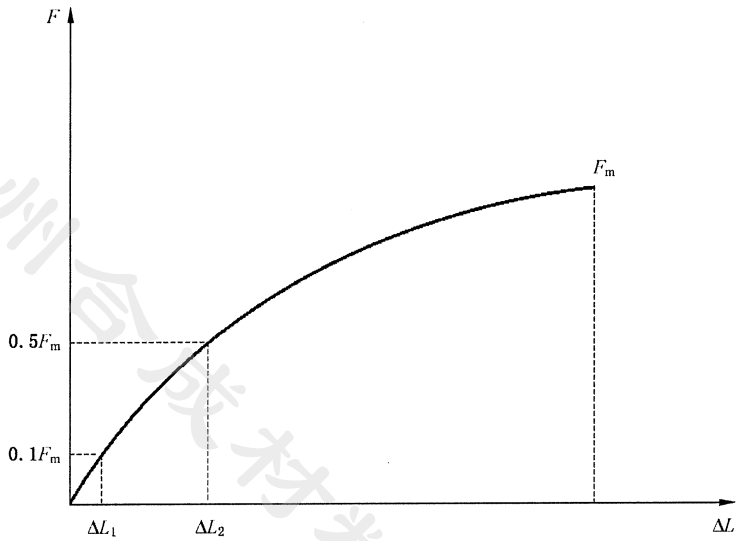


图 D.3 Ⅲ类载荷与形变量关系曲线示意图