

DB 4210

荆 州 市 地 方 标 准

DB 4210/T 59—2023

热防护材料高温拉伸性能测试方法

Test method for tensile properties at elevated temperature of thermal protective
materials

2023 - 11 - 13 发布

2023 - 12 - 01 实施

荆州市市场监督管理局

发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试验原理 2

5 试验设备 2

6 试验条件 3

7 试样 4

8 试验步骤 4

9 试验结果 5

10 试验报告 6

附录 A （规范性） 表面测温传感器的粘贴 8

前 言

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

本文件由湖北菲利华石英玻璃股份有限公司提出。

本文件由荆州市经济与信息化局归口。

本文件起草单位：湖北菲利华石英玻璃股份有限公司、湖北省产品质量监督检验研究院荆州分院。

本文件主要起草人：赵金峰、袁涛、张天福、马宜华、廖乐峰、张志斌、樊蓓蓓、关蓓蓓。

本文件于2023年11月首次发布。

热防护材料高温拉伸性能测试方法

1 范围

本文件规定了热防护材料高温拉伸性能测试方法的术语和定义、实验原理、试验设备、试验条件、试样、实验步骤、试验结果和试验报告。

本文件适用于将树脂基、陶瓷基等类型热防护材料单面热载荷按历程加载后，测定其拉伸强度、断裂伸长率、弹性模量、线膨胀系数，其他类材料（如金属材料、混合材料、层合材料等）可以参照使用。

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。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

3 术语和定义

3.1

热防护材料 thermal protection material

用于制造热防护结构，能抵御单侧高热流并阻抗能量传递的材料。

3.2

高温拉伸强度 tensile strength at high temperature

高温拉伸过程中，断裂之前试件所承受的最大载荷与初始横截面积之比。

3.3

弹性模量 young's modulus

高温拉伸过程中，根据初始线性段测得的数据，按本文件中规定的计算方式得到的模量。

3.4

断裂伸长率 elongation at break

高温拉伸过程中，在载荷作用下，试件断裂时产生的伸长量相对于试件有效长度的比值。

3.5

线膨胀系数 coefficient of linear expansion

高温拉伸过程中，根据初始线性段测得的数据，按照本文件中规定的计算方式得到的试件长度方向的膨胀系数。

4 试验原理

在试件受热面一侧加载热载荷，在指定时刻拉伸加载至破坏，实时记录整个过程中施加在试件上的载荷和试件的伸长量，以及试件正反面的温度，通过指定方法进行计算得出试件的高温拉伸强度、弹性模量、断裂伸长率、线膨胀系数等。

5 试验设备

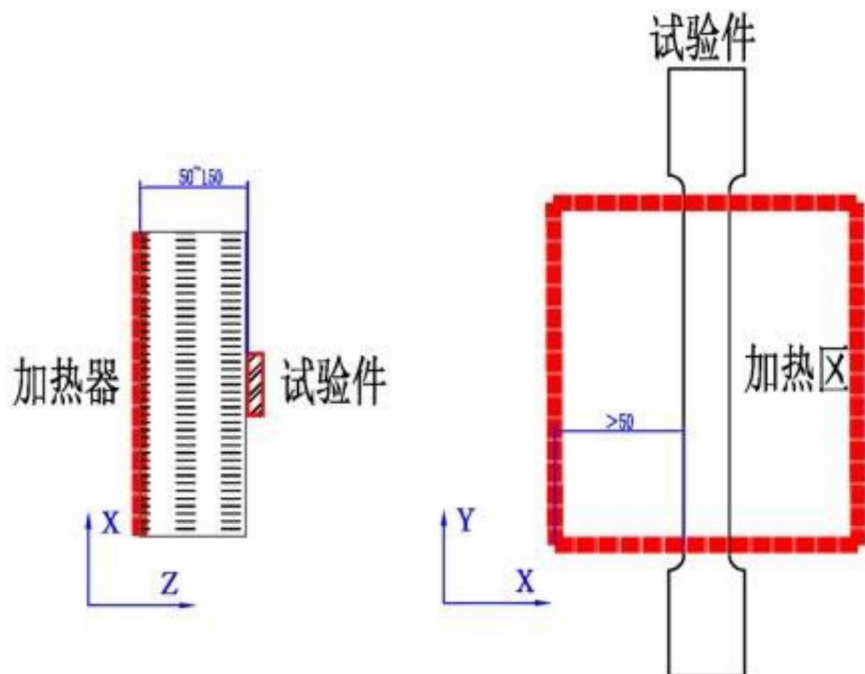
5.1 试验机

5.1.1 参考 GB/T 1447 中的规定，试验机需要具备存储和输出测试时间-载荷-位移历程的功能，时间历程记录和试验机的拉伸动作可以独立设置起始点。

5.1.2 拉伸试验机在-10℃~80℃范围内能够正常工作。

5.2 加热设备

加热设备由发热单元（常用石英灯）、供电电极和隔热部件等构成，通过伺服供电设备驱动发热单元对试件单侧进行加热，装置不限定具体形式，但需具备良好的隔热功能，在进行热载荷加载时能够稳定工作。发热单元发热范围在拉伸方向需覆盖试件的有效长度，在拉伸法向需超过试件有效段边缘50mm，发热单元表面距离试件的推荐距离为50~150mm，如图1所示。



注：图示单位为mm。

图1 加热设备示意图

5.3 测量设备

5.3.1 热环境测量设备用于测量本文件里的温度、热流随时间变化的数据，要求能够连续记录从开始加热到试件拉伸断裂之前的温度或者热流历程。温度测量数据精确到 0.1°C ，热流测量数据精确到 $0.1\text{kW}/\text{m}^2$ ，记录频率不低于 10Hz 。对于同一个试验，可只对温度或者热流其中的一项数据进行记录。

5.3.2 拉伸性能测量设备用于测量力、夹具位移随时间变化的数据，由于材料烧蚀后强度明显降低，可以认为在高温拉伸试验中，夹具与试件之间不存在滑移，因此可以将夹具位移量等效于试件有效段伸长量。

5.3.3 测量设备另外包含对试件前后的重量、外形参数进行测量的量具和设备，其重量测量精度优于 0.1g ，形状测量精度优于 0.1mm 。

5.4 隔热工装

隔热工装能对正面热流进行有效遮挡，且可以保持试件受热面能与隔热工装在受热侧基本处于同一平面，工装与试件接触部分需保留一定的间隙用于柔性隔热材料（如硅酸铝隔热毡等）的填充，以减少试件边缘漏热，并减少试件边缘与工装之间的换热。

5.5 夹具

参试夹具在夹持试件时，需要一定的耐热能力，确保在受热时不发生明显的膨胀、变形。

6 试验条件

6.1 材料限定

本文件适用于固体板状材料，且要求材料在提供的热考核条件下能够保持尺寸稳定，不发生结构破坏。

6.2 环境条件

测试在室温环境下进行。

6.3 热载条件

试验前需指定测试的热载条件，热载条件应满足如下两种形式之一：

- a) 温度条件：按温度-时间提供历程数据，温度单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ），时间单位为秒（s）；
- b) 热流条件：按照热流-时间提供历程数据，热流单位为 kW/m^2 ，时间单位为秒（s）。

6.4 拉伸条件

试验按照恒定速度的控制方式进行拉伸，速度范围为 $2\text{mm}/\text{min} \sim 5\text{mm}/\text{min}$ 。加载速度根据试件自身拉伸至断裂的特性来选择，建议选取的拉伸速度可以使得试件从开始拉伸到断裂的时间在 $10\text{s} \sim 30\text{s}$ 之间。对于在速度选取范围内，断裂时间始终小于 10s 的试件，拉伸速度固定为 $2\text{mm}/\text{min}$ ；断裂时间始终大于 30s 的试件，拉伸速度固定为 $5\text{mm}/\text{min}$ 。

6.5 试验工况

以被评估时刻与热载荷历程的时间关系进行定义，并在测试前按照如下形式之一进行指定：

- a) 终秒工况：在热载历程加载结束时开始进行拉伸加载测试的工况；
- b) 最高温工况：在热载历程的最高温时刻开始进行拉伸加载测试的工况；

c) 指定时刻工况：在热载历程的指定时开始进行拉伸加载测试的工况。

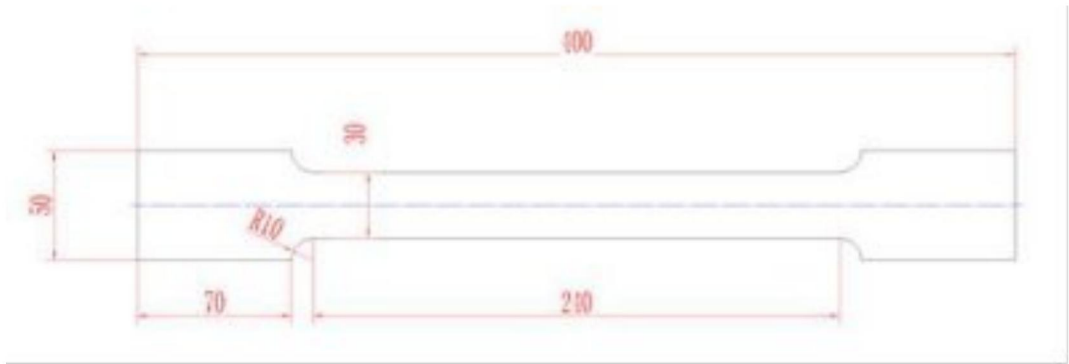
7 试样

7.1 试样数量

测试试样每组不少于3个有效样,仲裁试样每组不少于5个有效样,对于相同热载荷工况的多组试件,应额外提供一个同材质的调试件。

7.2 试样形状与尺寸

除另有规定外,测定材料高温拉伸性能用试件的形状及尺寸如图2所示,其试件有效厚度为1mm~30mm,试件允许厚度偏差±0.5mm。大于此厚度的试件,只要能被试验机有效夹持并获取到对应数值,均可认为符合此文件的测试范围。



注：图示单位为mm。

图 2 试件尺寸与规格

7.3 试验外观

试件应均匀、平直、无缺陷。

7.4 试样制备

试件在按照7.1~7.3提供以外,试验开始前还应按照附录A的方法进行制备。

8 试验步骤

8.1 样品检查

按照GB/T 1446的规定进行。

8.2 试样状态调节和记录

- 8.2.1 按照附录 A 的方法制样前,试件在室温环境下至少放置 6h。
- 8.2.2 按照附录 A 的方法制样后,试验在室温环境下至少放置 6h。
- 8.2.3 特殊状态调节按照需要而定。
- 8.2.4 按照前述方法调节后,用游标卡尺记录试件有效段的宽度和厚度。
- 8.2.5 对测试前的试件进行编号确认,必要时进行拍照记录。

8.3 试验状态调节

- 8.3.1 按照 6.3 提供的条件进行加热系统的参数设定。
- 8.3.2 按照 6.4 的规定对拉伸设备进行参数设定。
- 8.3.3 使用调试件对 6.3 提供的热条件进行调试，检查设定热条件和热条件反馈值的符合性，并调节加热系统参数，使得加热系统处于正常的工作状态。
- 8.3.4 按照 6.4 的规定对试件施加载荷，检查并调整试件及相关设备，使得系统处于正常的工作状态。

8.4 测试

- 8.4.1 试件装入试验机的夹头，要求试件轴线与拉伸动作轴线平行并对中。
- 8.4.2 启动数据记录，并启动加热系统，对试件受热面施加热载荷。
- 8.4.3 按照 6.5 的规定，在指定时刻对试件施加载荷，测试试件直至破坏，记录整个拉伸过程的位移-载荷历程、破坏载荷（或最大载荷），以及试件的破坏形式、破坏时间、位移等数据。
- 8.4.4 按照 8.2.4~8.2.5 的状态对测试后的试件进行测试后的状态记录。

8.5 破坏形式判定

- 若试件出现以下情况应予以作废：
- a) 试件破坏在明显的内部缺陷处；
 - b) 试件破坏在夹具内；
 - c) 试件断裂处距离试件夹具钳口小于 20mm（有特殊规定的除外）。

8.6 数据有效性判定

- 符合 8.5 的要求并满足如下原则即判定数据有效：
- a) 顺利完成了热载荷加载和拉伸破坏；
 - b) 取得了拉伸载荷、试件伸长量、试件尺寸以及正反面温度的有效数据；
 - c) 推荐的高温拉伸强度、弹性模量数据偏差小于 30%，线膨胀系数及伸长率数据偏差小于 50%，特殊情况可根据材料类型和试验工况另行判定。

9 试验结果

9.1 高温拉伸强度

高温拉伸强度按照式（1）计算：

$$\sigma_b = \frac{F}{S} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

σ_b ——高温拉伸强度，单位为兆帕（Mpa）；

F——破坏载荷，单位为牛顿（N）；

S——试件有效长度内的最小横截面积，单位为平方毫米（mm²）。

9.2 断裂伸长率

断裂伸长率按照式（2）计算：

$$\varepsilon_b = \frac{\Delta L}{L} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

ε_b ——断裂伸长率,单位为百分比(%) ;

L ——试件有效长度,单位为毫米(mm) ;

ΔL ——拉力位移曲线线性段位移的变化量,单位为毫米(mm) 。

9.3 弹性模量

弹性模量按照式(3)计算:

$$E = \frac{\Delta F \times L}{S \times \Delta L} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

E ——弹性模量,单位为吉帕(GPa) ;

ΔF ——拉力位移曲线线性段拉力的变化量,单位为牛顿(N) ;

L ——试件有效长度,单位为毫米(mm) ;

S ——试件有效长度内的最小横截面积,单位为平方毫米(mm²) ;

ΔL ——拉力位移曲线线性段位移的变化量,单位为毫米(mm) 。

9.4 线膨胀系数

线膨胀系数按照式(4)、(5)计算:

$$\alpha = \frac{F_c}{S \times E \times \Delta T} \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta T = T_1 - T_0 \dots\dots\dots (3)$$

式中:

α ——线膨胀系数,一般以 $10^{-6} \times ^\circ\text{C}^{-1}$ 为单位;

F_c ——加载初始时刻的支反力,即开始拉伸时刻试件对夹具的反作用力,取开始拉伸时刻力值传感器测量值的相反数为支反力值,单位为牛顿(N) ;

E ——弹性模量,单位为吉帕(GPa) ;

S ——试件有效长度内的最小横截面积,单位为平方毫米(mm²) ;

ΔT ——开始拉伸时刻材料表面算数平均温度与热载条件加载初始时刻材料表面算数平均温度差值的绝对值,单位为摄氏度(°C) ;

T_1 ——开始拉伸时刻的材料表面有效温度的算数平均值,单位为摄氏度(°C) ;

T_0 ——热载荷加载初始时刻材料表面的有效温度测量值的算数平均值,如各点温度相差较小,也可取单点温度值,单位为摄氏度(°C) 。

9.5 算数平均值、标准误差和离散系数

按照GB/T 1446 规定的方法进行。

10 试验报告

试验报告应至少包含以下各项内容:

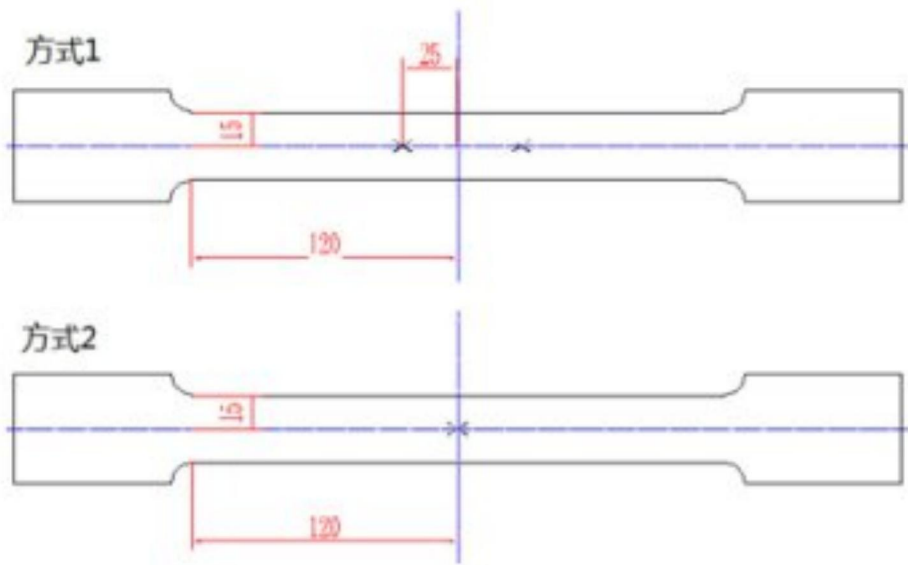
- a) 生产单位名称,类型或编号;
- b) 试验方法或者标准;

- c) 传感器粘贴位置说明;
- d) 试验热载条件;
- e) 试验结果, 包含高温拉伸强度、断裂伸长率等性能, 其他结果根据实际需求提供;
- f) 试验地点、日期及其他需要说明的情况。

附 录 A
(规范性)
表面测温传感器的粘贴

A.1 表面测温传感器的布置

- A.1.1 试验温度测量采用K型热电偶，在试验前进行热电偶的焊接和准备。
- A.1.2 按照图A.1的位置，对传感器粘接点表面进行轻度打磨，要求打磨深度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，打磨后试件表面没有新增裂纹或其他可见缺陷。
- A.1.3 使用胶带粘接线路非测量部分的方式对进行传感器布置，热载荷加载面热电偶按照图A.1方式布置1个以上传感器，非加载面按照图A.1方式2布置1个以上传感器。传感器位置和数量需要调整时可按照其他方式进行传感器布置，但是需要在测试结果中进行说明。
- A.1.4 布置好传感器后，使用耐高温导热粘接剂（推荐使用陶瓷胶）对传感器测点进行涂覆，涂覆后按照粘接剂使用方式进行粘接剂固化，固化温度控制在 80°C 以内。
- A.1.5 检查试件粘接状态，要求粘接剂固化后胶层厚度 $< 1\text{mm}$ ，粘接点胶层平面面积不大于 2cm^2 ，对于不合格的粘接点，去掉粘接剂并按照附录A.1.2规定的方式打磨表面后，重新进行传感器布置和粘接。



注：图示单位为mm。

图 A.1 传感器布置方式