



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 38978—2020

---

## 耐火材料 应力应变试验方法 (三点弯曲法)

Refractory products—Determination of stress-strain  
(three-point bending method)

2020-07-21 发布

2021-06-01 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

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由全国耐火材料标准化技术委员会(SAC/TC 193)提出并归口。

本标准起草单位：中钢集团洛阳耐火材料研究院有限公司、江苏省陶瓷耐火材料产品质量监督检验中心、瑞泰马钢新材料科技有限公司、上海利尔耐火材料有限公司、宜兴市耐火材料有限公司。

本标准主要起草人：李如航、宋艳艳、章健、朱惠良、高建荣、徐文渊、彭学峰、齐书祥、李洪波、刘士范、蒋正跃、陈松林、李维锋。



# 耐火材料 应力应变试验方法 (三点弯曲法)

## 1 范围

本标准规定了耐火材料应力应变试验方法的原理、设备、试样、试验步骤、结果计算及试验报告。  
本标准适用于定形烧成耐火制品、化学结合耐火制品和不定形耐火材料。

## 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 4513.5 不定形耐火材料 第5部分:试样制备和预处理

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 10325 定形耐火制品抽验收抽样检验规则

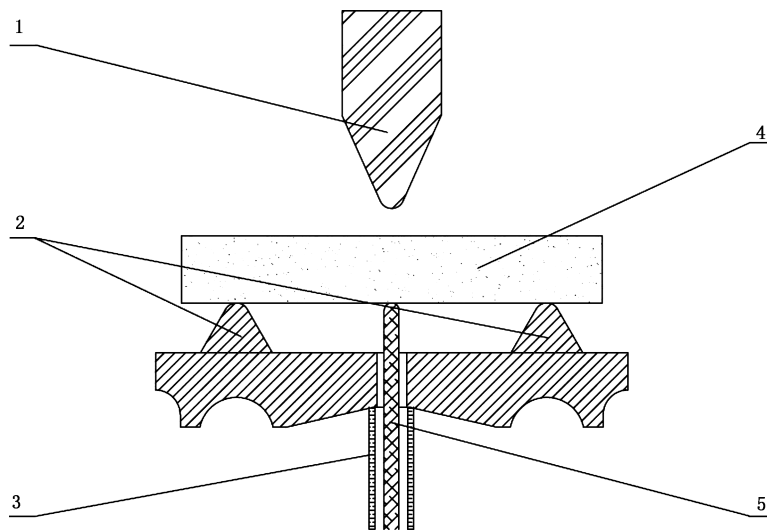
## 3 原理



常温或将试样加热到试验温度,保温至规定的时间,对试样上表面施加以一定速率增加的载荷直至试样断裂,在试样下表面测量弯曲试样的中心变形量,记录载荷和对应的中心变形量,从而计算出试样的应力和应变。

## 4 设备

4.1 设备主要包括试验炉、加荷装置、试样变形测量装置和温度测量装置等,其测试原理见图1。



说明:

- 1——上刀口;
- 2——下刀口;
- 3——示差管;
- 4——试样;
- 5——测量杆。

图 1 测试原理示意图

## 4.2 加荷装置

4.2.1 加荷装置应具有 2 个下刀口和 1 个上刀口, 3 个刀口应互相平行。下刀口之间的距离为  $(125 \pm 2)$  mm, 上刀口应放置在 2 个下刀口的正中, 精确至  $\pm 2$  mm。

4.2.2 刀口和试样在试验温度下接触时应不发生任何反应。

4.2.3 刀口长度应比试样宽度至少长 5 mm, 刀口的曲率半径应为  $(5 \pm 1)$  mm, 使用过程中刀口应定期检查, 以保证其曲率半径符合规定。

4.2.4 两个下刀口应在同一水平面上, 其间距应在室温下测量, 精确至  $\pm 0.5$  mm。

4.2.5 加荷装置应以规定的加荷速率对试样均匀地加荷, 并应具备记录或指示试样断裂时载荷的装置, 示值精度应为  $\pm 2\%$ 。

## 4.3 变形测量装置

4.3.1 精度需达到  $1 \mu\text{m}$ , 并应定期校正。

4.3.2 采用接触式位移传感器时, 试样的变形量通过传递机构传递到位移传感器; 采用引伸计测量时, 引伸计的精度不低于 B<sub>L1</sub> 级, 高温下使用的引伸计的精度可在常温下标定, 但尽可能带高温引伸杆一起标定。对于自动记录图表引伸计, 每次试验前应在试验现场进行精度标定。

4.3.3 非接触式测量可采用激光, 但应满足精度要求。

## 4.4 试验炉

4.4.1 试验炉应能同时加热加荷装置和试样, 在试验时试样上的温度应均匀分布, 温差不超过  $\pm 10$  °C。

4.4.2 对于含碳等易氧化试样, 试验炉中试样周围的气氛应是中性的或还原性的, 以保护试样免于氧化。

## 4.5 温度测量装置

4.5.1 应在试样张力面中点附近用热电偶测量温度。

4.5.2 应事先确定测量的温度和试样张力面中点温度之间的关系,并定期检查。

4.5.3 试验期间应使试样张力面中点保持在试验温度下。

## 4.6 电热干燥箱

能控制温度在 $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

## 4.7 游标卡尺

分度值不大于 0.05 mm。

# 5 试样

## 5.1 数量

5.1.1 定形耐火制品样品的抽取及数量按 GB/T 10325 进行,也可按双方约定的数量。

5.1.2 对不定形耐火材料,每组试样应不少于 3 个。

## 5.2 尺寸

5.2.1 通常情况下,定形耐火制品试样应为长条体,横截面为 $(25 \pm 1)\text{mm} \times (25 \pm 1)\text{mm}$ ,长约为 150 mm,每个试样长度方向上的相对面应相互平行,允许偏差不超过 $\pm 0.2\text{ mm}$ ,横截面的对边应相互平行,允许偏差不超过 0.1 mm,应保证试样表面平滑,棱角完整。不定形耐火材料推荐横截面为 $(40 \pm 1)\text{mm} \times (40 \pm 1)\text{mm}$ ,长约为 160 mm,其他尺寸在报告中注明。

5.2.2 在常温下,用游标卡尺测量试样中部的高和宽,精确至 $\pm 0.1\text{ mm}$ 。

## 5.3 制样

5.3.1 由定形制品上切取的试样,如果已知制品的压制方向,应保留垂直于压制方向的一个原砖面做试样的压力面,并做标记,而长度方向的其他表面不应有原砖面。

5.3.2 使用模型制备的不定形耐火材料试样,以成型时的侧面作为试样的压力面。

5.3.3 一般情况下,试样应在 $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 干燥至恒量;对易水化试样,应尽可能干切,如需湿切,湿切后用干布将水擦干后立即在电热干燥箱内 $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 干燥至恒量;对含碳材料,湿切后立即在电热干燥箱内  $40^\circ\text{C}$  以下干燥至恒量。

5.3.4 对化学结合耐火制品或不定形耐火材料,通常需要经过预处理,预处理条件需经有关方面协商并在试验报告中注明。

# 6 试验步骤

## 6.1 常温测试

6.1.1 将试样对称地置于下刀口上,试样与下刀口接触面的中心位置安装位移测量装置。

6.1.2 使上刀口在试样的压力面中部垂直地均匀加荷,直至试样断裂。应力增加速率应符合下列规定:

—— 致密耐火制品 $(0.15 \pm 0.015)\text{MPa/s}$ ;

——隔热耐火制品( $0.05 \pm 0.005$ )MPa/s。

6.1.3 记录加荷过程中试样承受的载荷值和对应的中心变形量。

## 6.2 高温测试

6.2.1 试验温度应由有关方面商定,推荐使用 100 °C 的倍数(如 1 000 °C, 1 100 °C, 1 200 °C 等),如果需要也可使用 50 °C 的倍数(如 1 050 °C, 1 100 °C, 1 150 °C 等)。

6.2.2 将试样对称地置于试验炉内的下刀口上,按规定的速率升温,一般为 4.5 °C/min~5.5 °C/min。

对致密定形耐火材料,当温度超过 500 °C 时,可采用 10 °C/min 的升温速率。

6.2.3 达到试验温度时,将试样在此温度下保温一段时间,以使试样上温度分布均匀,温差不超过  $\pm 10$  °C,保温时间应在试验报告中注明。

6.2.4 将试样加热到试验温度时开始保温计时。对于烧成耐火材料保温时间为 30 min。热处理过的不定形耐火材料保温时间为 30 min;未热处理的不定形材料的保温时间可为 60 min,也可由相关方协商确定。保温时间和不定形材料的热处理条件应在试验报告中注明。

6.2.5 在试验过程中,由位于试样压力面中点附近的热电偶测量的温度波动不超过  $\pm 2$  °C。

6.2.6 同 6.1.2。

6.2.7 在试验温度下,记录加荷过程中试样承受的载荷值和对应的中心变形量。

## 7 结果计算

7.1 分别按式(1)、式(2)计算应力与应变:

$$\sigma = \frac{3pl}{2bh^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\epsilon = \frac{6\omega h}{l^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\sigma$  ——应力,单位为兆帕(MPa);

$p$  ——施加载荷,单位为牛(N);

$b$  ——试样宽度,单位为毫米(mm);

$h$  ——试样高度,单位为毫米(mm);

$\epsilon$  ——应变;

$\omega$  ——中心变形量,单位为毫米(mm);

$l$  ——支承刀口之间的距离,单位为毫米(mm)。

7.2 按试验过程中应力与应变的变化值绘制应力应变曲线。

7.3 按照 GB/T 8170,应力修约至 1 位小数,应变修约至 2 位有效数字。

## 8 试验报告

试验报告应包括:

a) 实验室名称;

b) 试验日期;

c) 本标准编号;

d) 试样名称和编号;

e) 试样数量;

- f) 试验温度及保温时间；
  - g) 试样预处理条件；
  - h) 试样尺寸；
  - i) 试样的取样位置；
  - j) 支承刀口之间的距离；
  - k) 升温速率；
  - l) 试验气氛；
  - m) 加荷过程中的载荷值与对应的中心变形量；
  - n) 试样断裂时的应力与应变；
  - o) 试验过程中的偏离与异常。
- 



库七七 www.kq9w.com 提供下载