ICS 81.080
Q 40

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
国家标准化管理委员会　发布

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

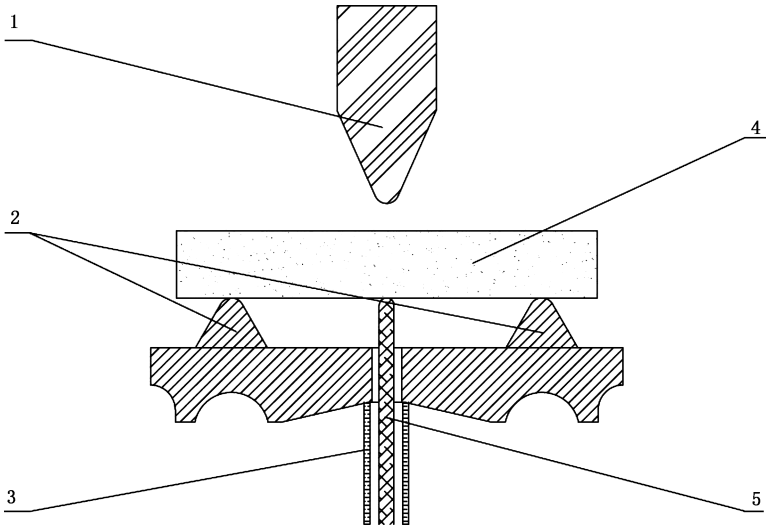
GB/T 10325　定形耐火制品抽验收抽样检验规则

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±2)mm，上刀口应放置在 2 个下刀口的正中，精确至±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±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±0.5 mm。

4.2.5　加荷装置应能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±2%。

4.3　变形测量装置

4.3.1　精度需达到 1 μm，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_{-1}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±10 ℃。

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±5)℃。

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±1)mm×(25±1)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±0.2 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±1)mm×(40±1)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±0.1 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±5)℃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±5)℃干燥至恒量；对含碳材料，湿切后立即在电热干燥箱内 40 ℃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±0.015)MPa/s；

—— 隔热耐火制品(0.05±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 ℃的倍数(如1 000 ℃,1 100 ℃,1 200 ℃等),如果需要也可使用50 ℃的倍数(如1 050 ℃,1 100 ℃,1 150 ℃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 ℃/min~5.5 ℃/min。

对致密定形耐火材料,当温度超过500 ℃时,可采用10 ℃/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±10 ℃,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±2 ℃。

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:

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

$$\varepsilon = \frac{6wh}{l^2} \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中:

σ ——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);

ε ——应变;

w ——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。