



中华人民共和国国家标准

GB/T 5073—2005
代替 GB/T 5073—1985

耐火材料 压蠕变试验方法

Refractory products—Test method of creep in compression

(ISO 3187:1989, MOD)

2005-07-21 发布

2006-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准是对 GB/T 5073—1985《耐火制品压蠕变试验方法》的修订。

本标准修改采用 ISO 3187:1989《耐火材料压蠕变的测定》(英文版)。本次修订还参考了 EN 993-9:1997、ASTM C832-00 等标准。

本标准根据 ISO 3187:1989 重新起草。为了方便比较,在资料性附录 A 中列出了本标准条款和国际标准条款的对照一览表。

本标准在采用国际标准时进行了修改,这些技术性差异用垂直单线标示在它们所涉及的条款的页边空白处。在附录 B 中给出了技术性差异及其原因的一览表以供参考。

为便于使用,本标准还做了下列编辑性修改:

- “本国际标准”一词改为“本标准”;
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- 删除国际标准的前言。
- 删除国际标准的附录 A。

本标准与 ISO 3187:1989 相比,主要技术差异如下:

- 删除了在达到试验温度时加压的试验步骤和结果计算方法;
- 删除了附录中测量装置放置部位的表述。

本标准与原 GB/T 5073—1985 相比,主要技术差异如下:

- 对标准名称作了修改;
- 对标准适用范围作了调整;
- 新增了规范性引用文件;
- 增加了对不同材料施加载荷大小的规定;
- 增加了试验报告内容。

本标准代替 GB/T 5073—1985《耐火制品压蠕变试验方法》。

本标准的附录 A、附录 B 是资料性附录。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国耐火材料标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:洛阳耐火材料研究院、河南新密市高炉砌筑耐火材料厂。

本标准主要起草人:彭西高、王文战、吴道玉、魏发灿、杨慧敏、孙安勤。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 5073—1985《耐火制品压蠕变试验方法》。

耐火材料 压蠕变试验方法

1 范围

本标准规定了耐火材料压蠕变试验方法。本标准适用于致密和隔热耐火制品压蠕变的测定,不定形耐火材料可以参照使用。

本试验装置适用于1 600℃以下时压蠕变的测定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 5989 耐火制品 荷重软化温度试验方法 示差-升温法(idt ISO 1893:1989)

GB/T 8170 数值修约规则

3 术语和定义

本标准采用下列术语和定义。

3.1

压蠕变 creep in compression

耐火材料在恒定的压应力下随着时间而发生的等温形变。

3.2

最大膨胀点温度 temperature of maximum expansion

在升温过程中,承受压应力的试样的蠕变速率等于膨胀速率时的温度。

4 原理

一个给定尺寸的试样,在恒定的压应力下以一定的升温速率加热并达到设定的温度,记录试样在恒定温度下随着时间而产生的高度方向上的变形量以及相对于试样原始高度的变化百分率。

通常记录第一个5 h的变化百分率与试验结束时的变化百分率之差。

5 设备

5.1 加荷装置

5.1.1 概述

加荷装置应能在整个试验进程中沿加压棒、试样和支承棒的公共轴线竖直施加压力,加荷装置的具体要求见5.1.2~5.1.5。

恒定载荷竖直向下施加于直接或间接放置在固定的支承棒上的试样上面,试样的形变由通过支承棒的中心的测量装置来测量。图1和图2示出了通过支承棒的测量装置。

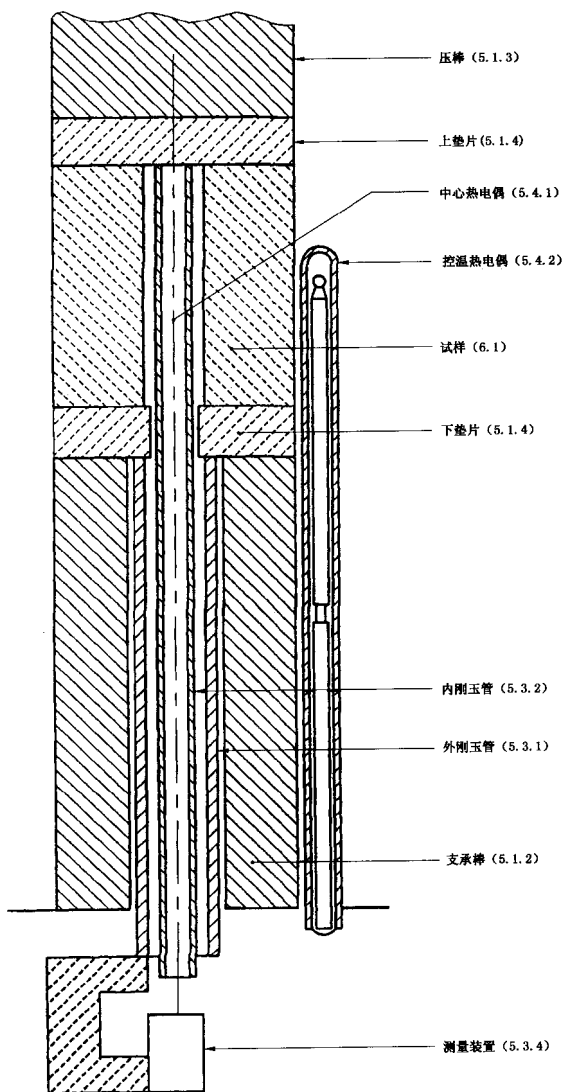
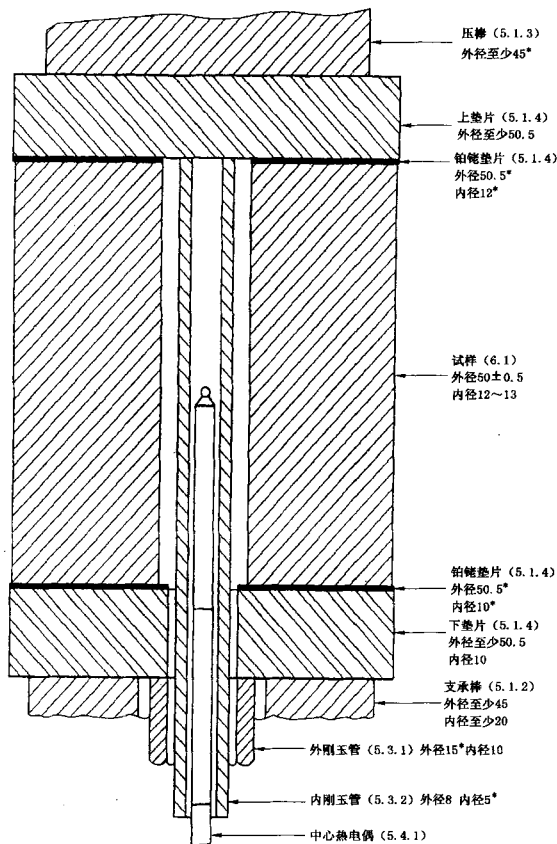


图 1 测量装置示意图

单位为毫米



注：带 * 者为典型的尺寸。

图 2 试样、压棒、垫片及刚玉管安装示意图

5.1.2 支承棒，外径至少 45 mm，并带有轴向内孔（见 5.1.5）。棒的端面应平整并与其轴线垂直。

5.1.3 加压棒（移动棒），外径至少 45 mm。棒的端面应平整并与其轴线垂直。

加压棒可以固定在炉子上，炉子和加压棒组成可移动的加荷装置。

5.1.4 上、下垫片，厚度 5 mm~10 mm，直径至少 50.5 mm（且不小于试样实际的直径），可以采用与待测材料相匹配的耐火材料制作（如测量铝硅酸盐制品时采用高温烧成莫来石或氧化铝材料，测量碱性制品时采用氧化镁或尖晶石材料）。垫片放置在试样和加压棒、支承棒之间，其中放置在支承棒和试样之间的垫片中间应有孔洞（见 5.1.5）。每个垫片的表面应平整且相互平行。

尤其是在测量硅质制品时，应将铂或铂铑垫片（厚度 0.2 mm）放置在试样和垫片之间以阻止化学反应的发生。

5.1.5 加压棒、支承棒、上、下垫片、铅片(需要时)和试样的放置方法示于图2。

5.1.6 加压棒、支承棒和上、下垫片应能承受给定的压力直到最终的试验温度而不发生显著变形,而且垫片不与加压棒、支承棒发生反应。

上、下垫片所用材料的 T_1 值应大于或等于试样材料的 T_0 值,这些值由 GB/T 5989 测定。

5.2 实验炉

应在空气中按规定的升温速率(见 7.4)加热试样至最终试验温度。当实验炉达到 500℃ 以上时,试样周围上下 12.5 mm 的区域应保持温度均匀至 ±20℃ 以内,应可以用固定在试样内外表面不同点的热电偶进行调节。在保温期间,控制热电偶显示的温度波动不应超过 5℃。

实验炉的设计应能使整个压棒系统易于安放,可以通过移动支承棒,或当支承棒移入炉体受限时移动炉体本身,整个装置应是加压棒和试样竖直放置并与支承棒同轴。

5.3 测量装置

5.3.1 外刚玉管,放置在支承棒内,紧贴下垫片的下表面,并可在支承棒内自由移动(见 5.3.3)。

5.3.2 内刚玉管,放置在外刚玉管内,并通过下垫片和试样的中心孔紧贴上垫片的下表面,并能在外刚玉管内下垫片和试样之间自由移动(见 5.3.3)。

5.3.3 内、外刚玉管,上、下垫片和试样的放置示于图2。

5.3.4 测量仪器(如:一块千分尺或一个紧接着自动记录系统的位移传感器),固定在外刚玉管的一端(见 5.3.1),由内刚玉管传动,测量装置的灵敏度应至少 0.001 mm。

5.3.5 内、外刚玉管应能承受测量装置施加的压力直至最终试验温度而没有显著变形。

5.4 温度测量装置

5.4.1 中心热电偶,插入内刚玉管,热端置于试样中间部位,用于测量试样几何中心的温度。

5.4.2 带保护管的控温热电偶,放置在试样的外部(见图1),用于调节升温速率。

5.4.3 热电偶应由铂或铂铑丝组成,并与最终试验温度相匹配。

5.4.4 热电偶的精度应按规定进行校准。

5.5 游标卡尺

精度为 0.02 mm。

6 试样

6.1 试样为中心带通孔的圆柱体,直径 50 mm ± 0.5 mm,高 50 mm ± 0.5 mm,中心通孔直径 12 mm ~ 13 mm,并与圆柱体同轴。

圆柱体试样的轴向应与制品的压制方向一致。

6.2 试样的上下端面应平整并相互平行(必要时可研磨),而且应与圆柱体轴线垂直。圆柱体表面不应有肉眼可见的缺陷。用游标卡尺测量试样的高度,任何两点的高度差不应超过 0.2 mm。当试样的一个端面放置在一个平面上时,该圆柱体端面应与平面完全接触,当用角尺测量时,其柱面与角尺之间的间隙不应超过 0.5 mm。

6.3 为确保试样的上下端面完全平整,可将其两端面依次压在衬有复印纸的硬滤纸(厚度 0.15 mm)的平板上,或采取印邮戳的方式。如果印痕不清晰完整则应重新磨平。

也可以用直尺控制试样的平整度。

7 试验步骤

7.1 测量试样的高度及内外径,精确到 0.1 mm,将试样放置在加压棒和支承棒之间,并用垫片隔开,调整测量装置至正确位置,并将其放入试验炉内。

7.2 在室温下对加压棒施加一恒定压力,施加于试样的全部压力应包括加压棒和垫片在内,产生的实际压力应符合以下要求,压力误差 ± 2%,总应力应计算取舍至整数 1 N:

- 致密定形制品 0.2 MPa;
- 定形隔热制品 0.05 MPa;
- 致密不定形耐火材料 0.1 MPa;
- 隔热不定形耐火材料 0.05 MPa。

7.3 按规定的升温速率升温,升温速率由控温热电偶调节,一般为 $(4.5\sim 5.5)^\circ\text{C}/\text{min}$ 。当超过 500°C 时,可以采用 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率。

7.4 记录试样高度和温度的变化,在升温以及在控温热电偶显示达到恒定温度后的第一个小时,记录间隔不超过5 min。随后每隔30 min记录一次,直至试验结束。

7.5 标准的试验时间为25 h或50 h。当需要时,可延长至100 h。

当试样的高度变化百分率超过5%时应结束试验。

8 结果计算

8.1 利用7.4所获得的结果绘制曲线 C_1 (见图3),代表试样高度变化百分率与温度的关系,不计刚玉管长度的变化(见5.3.1和5.3.2)。

8.2 确定内刚玉管在试样中心孔的一段长度 H 随温度变化的百分率,绘制校正曲线 C_2 ,见图3。

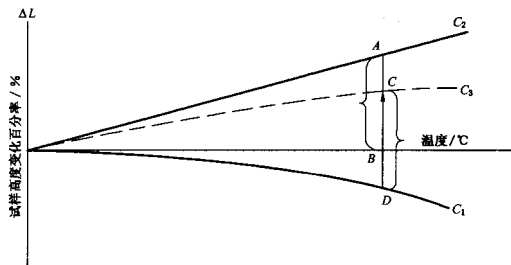


图3 试验校正曲线

8.3 在任何给定温度下, $AB=CD$,绘制校正后曲线 C_3 ,见图3和图4。

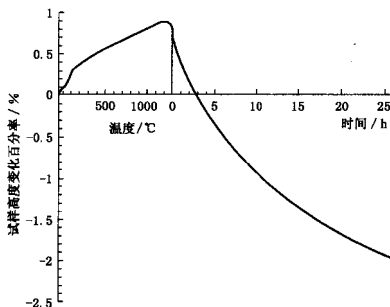


图4 试样高度变化与试样温度、保温时间的关系

8.4 按以下形式表述结果：

- a) 在升温过程中，绘制试样高度的变化百分率（相对于原始高度）和温度变化的关系曲线（见图 4）；
- b) 绘制蠕变曲线，表示在恒定温度下，试样高度变化百分率（相对于原始高度）和时间变化的关系（见图 4）；
- c) 绘制蠕变表格，表示在恒定温度开始时，以及随后每隔 5 小时的试样高度变化百分率（相对于原始高度）；
- d) 第 5 个小时和第 25（或 50 h）个小时总的蠕变率差值；
- e) 记录试验曲线达到最大膨胀点的温度。

8.5 按下式计算蠕变率：

$$P = (L_n - L_0) / L_0 \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：P——蠕变率，%；

L_0 ——试样原始高度，单位为毫米（mm）；

L_n ——试样恒温开始时的高度，单位为毫米（mm）；

L_n ——试样恒温 n 小时的高度，单位为毫米（mm）。

8.6 蠕变率报告至三位小数，数值修约按 GB/T 8170 进行。

9 试验报告

试验报告应包括如下内容：

- a) 试验单位；
- b) 试验日期；
- c) 执行标准；
- d) 试验材料的描述（如生产者、型号、批次等）；
- e) 试样编号；
- f) 试验炉型号；
- g) 试验载荷；
- h) 如果不是空气气氛，应注明试验炉气氛；
- i) 试验温度；
- j) 采用的升温速率；
- k) 根据 8.4 获得的试验结果。

附 录 A
(资料性附录)

本标准章条编号与 ISO 3187:1989 章条编号对照

表 A.1 给出了本标准章条编号与 ISO 3187:1989 章条编号对照一览表。

表 A.1 本标准章条编号与 ISO 3187:1989 章条编号对照

| 本标准章条编号 | 对应的国际标准章条编号 |
|---------|------------------|
| 1 | 1 的第 1 段的部分内容和注释 |
| 2 | 2 的规范性引用文件的部分内容 |
| 3 | 3 的蠕变定义 |
| 4 | 4 的部分内容 |
| 5.1.1 | 5.1.1 的部分内容 |
| 5.1.6 | 5.1.6 的部分内容 |
| 5.3.4 | 5.3.4 |
| 5.4.3 | 5.4.3 的部分内容 |
| — | 7.2 |
| 7.2 | 7.3 |
| 7.3 | 7.4 |
| 7.4 | 7.5 |
| — | 7.6 |
| 7.5 | 7.7 |
| 8 | 8 |
| — | 8.1 |
| 8.1 | 8.1.1 |
| 8.2 | 8.1.2 |
| 8.3 | 8.1.3 |
| 8.4 | 8.1.4 |
| 8.5 | — |
| 8.6 | — |
| — | 8.2 |
| 9 | 9 |
| — | 附录 A |
| 附录 A | — |
| 附录 B | — |

注：表中的章条以外的本标准的其他章条与 ISO 3187:1989 的其他章条编号均相同且内容相对应。

附录 B
(资料性附录)

本标准与 ISO 3187:1989 技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本标准与 ISO 3187:1989 技术性差异及其原因的一览表。

表 B.1 本标准与 ISO 3187:1989 技术性差异及其原因

| 本标准的 条款编号 | 技术性差异 | 原因 |
|--------------|---|---|
| 1 | <p>删除了 ISO 3187:1989 中压蠕变的定义表述。</p> <p>删除了 ISO 3187:1989 中的第二段“本试验方法中的试样尺寸与 ISO 1893 荷重软化温度的测定方法中的一致。”</p> <p>增加了“本标准适用于致密和隔热耐火制品压蠕变的测定,不定形耐火材料可以参照使用。”</p> <p>将 ISO 3187:1989 的注变为了本标准的正文。</p> | <p>压蠕变的定义在本标准第三章中有明确描述。</p> <p>确定了适用范围以方便本标准的使用。也与其他国家标准相一致。</p> <p>ISO 3187:1989 注中表示的是本标准的测定温度范围,应变为正文。</p> |
| 2 | <p>删除了 ISO 3187:1989 中的 3 个引用标准: ISO/R 836:1968, IEC 584-1:1977 和 IEC 584-2:1982。</p> <p>引用了 1 个与国际标准对应的国家标准: GB/T 5989。</p> <p>增加引用了国家标准 GB/T 8170。</p> | <p>删除了 2 个热电偶标准,与其他国际标准相一致。</p> <p>删除了 1 个术语标准,直接表述便于使用。</p> <p>增加引用的 GB/T 8170 为数值修约规则,以方便测试结果的数值运算。</p> |
| 3 | <p>增加了“最大膨胀点温度”的定义。</p> | <p>定义并要求在结果中报出“最大膨胀点温度”,可以知道试验在开始保温时试样所处的变形状态。</p> |
| 4 | <p>删除了 ISO 3187:1989 中的“有两种试验方法,一是在室温下加压,另一种是在试验温度下加压。”</p> <p>将 ISO 3187:1989 的注变成了本标准的正文。</p> | <p>本标准根据实际情况取消了在达到试验温度加压的方法。</p> <p>注中提到的是结果的报告方式,应变为正文。</p> |
| 5.1.1 | <p>删除了部分有关测量装置在实验炉上部的表述内容和图 3。</p> | <p>与整个标准相对应。</p> |
| 5.1.6 | <p>增加了“上、下垫片所用材料的 T_1 值应大于或等于试样材料的 T_2 值,这些值由 GB/T 5989 测定。”</p> | <p>明确了上、下垫片与试样的性能差异的要求。</p> |
| 5.3.4 | <p>将 ISO 3187:1989 中的测量装置的灵敏度应至少达到 0.005 mm 修改为达到 0.001 mm。</p> | <p>一般采用的位移传感器可以达到 0.001 mm 的灵敏度。</p> |
| 5.4.3 | <p>删除了引用的 2 个热电偶标准 IEC 584-1 和 IEC 584-2。</p> | <p>对应的其他试验方法标准中都未引用热电偶标准。</p> |
| 7.2 | <p>增加了“在室温下对加压棒施加一恒定压力。”</p> <p>将 ISO 3187:1989 中的注中有关不定形耐火材料的推荐载荷的表述改为本标准的正文。</p> | <p>由于取消了 ISO 3187:1989 中的 7.2,因此在本标准的 7.2 中直接描述在室温下加压的试验方法。</p> |

表 B.1 (续)

| 本标准的 章节编号 | 技术性差异 | 原 因 |
|--------------|---|--|
| 7.5 | <p>将标准的试验时间由“25 h”修改为“25 h 或 50 h, 当需要时,可延长至 100 h”。</p> <p>明确了试验结束的条件为“当试样的高度变化百分率超过 5%时”。</p> | <p>国内压蠕变的标准试验时间一般为 50 h。ISO 注中规定了“需要时可延长至 100 h”,现变成标准正文。</p> <p>ISO 注中提及当试样高度变化百分率超过某一特定值时试验应结束。现变为标准正文,并根据国内产品性能和设备的特点,明确规定了试验结束的条件。</p> |
| 8.1 | <p>本标准中只采用了在室温下加压的试验方法,删除了 ISO 3187:1989 中的 8.2 部分有关在达到试验温度时加压的方法。</p> <p>修改了图 4,删除了达到实验温度时加压的曲线。</p> | <p>目前国内设备中没有设计在达到试验温度加压的装置和控制程序,而且 ISO 3187:1989 中明确表述通常情况下采用室温下加压的方法。</p> |
| 8.4e) | <p>增加记录试样膨胀到最大点的温度。</p> | <p>第 3 章增加了“最大膨胀点温度”的定义,记录并报告该温度,可以了解试验开始保温时试样所处的变形状态。</p> |
| 8.5 | <p>增加了蠕变率的计算公式。</p> | <p>明确蠕变率的计算方法,便于计算。</p> |
| 8.6 | <p>增加了数字修约规则。</p> | <p>规定了蠕变率结果的保留位数和数字修约规则,规范检测结果。</p> |
| 附录 A | <p>删除了 ISO 3187:1989 中的附录 A。</p> | <p>该附录表述了测量装置在实验炉中的两种放置方法(实验炉的上部或下部),由于国内设备中不存在上部的情况,因而取消。</p> |