

中华人民共和国建材行业标准

JC/T XXXXX—XXXX

玻璃熔窑用耐火材料动态下
抗玻璃液侵蚀试验方法

Test method of rotary corrosion resistance of refractories
for glass furnace to molten glass

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 原理 1

5 仪器设备 1

6 试样 4

7 试验步骤 4

8 结果计算 6

9 试验报告 7

附录 A（规范性）试样制取部位 8

附录 B（资料性）常见玻璃液流速与对应试验转速.....8

前 言

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

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专利的责任。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由建材工业综合标准化技术委员会归口。

本文件主要起草单位：中国国检测试控股集团股份有限公司

本文件主要起草人：

玻璃熔窑用耐火材料动态下抗玻璃液侵蚀试验方法

1 范围

本文件规定了玻璃熔窑用耐火材料动态下抗玻璃液侵蚀试验方法的原理、仪器设备、试样、试验步骤、结果计算及试验报告。

本文件适用于玻璃熔窑用耐火材料在动态、等温条件下抗玻璃液侵蚀性能的测定。

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 1598 铂铑 10-铂热电偶丝、铂铑 13-铂热电偶丝、铂铑 30-铂铑 6 热电偶丝

GB/T 2997 致密定形耐火制品体积密度、显气孔率和真气孔率试验方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 18930 耐火材料术语

3 术语和定义

GB/T 18930界定的术语和定义适用于本文件。

4 原理

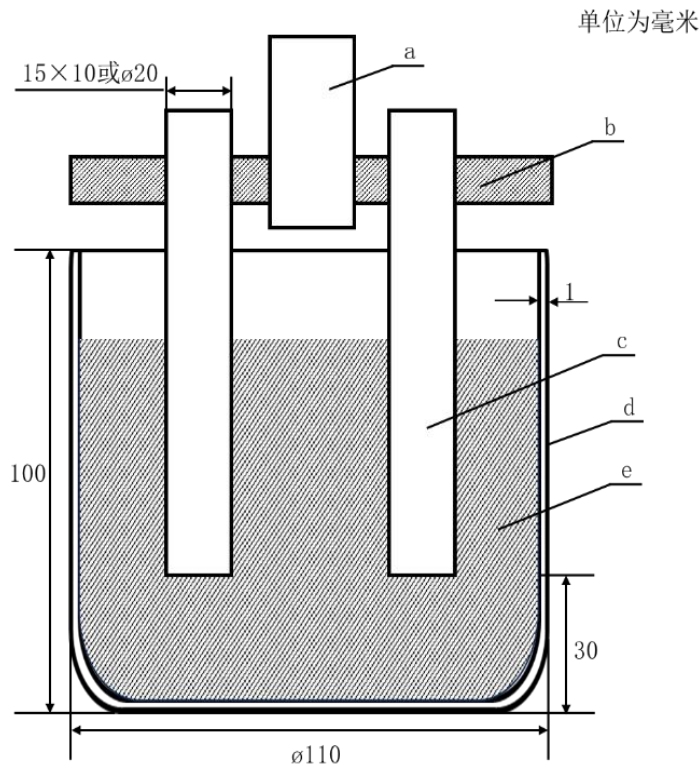
本方法通过使试样在熔融玻璃液中旋转运动，模拟耐火材料在玻璃熔窑中受流动玻璃液侵蚀的动态环境。高温下，耐火材料试样与熔融玻璃液接触时，在接触部位发生物理化学反应，导致试样被侵蚀，其受侵蚀部位的尺寸、面积或体积减小。通过测量试样在动态侵蚀试验前后的尺寸、面积或体积的减少量来表示耐火材料在规定条件下抗玻璃液动态侵蚀的能力。

5 仪器设备

5.1 试验电炉：应能按 7.2.2 规定的升温速度，加热试样到试验温度并恒温。恒温时炉内坩埚区域的最大温差不超过 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

5.2 温度测量装置：热电偶应符合 GB/T 1598 的规定，并定期校正。

5.3 坩埚：推荐使用不与玻璃反应的铂铑坩埚，推荐尺寸如图 1。可配套使用刚玉砂或固定匣钵，以防止动态条件下坩埚发生倾斜或晃动。



标引序号说明：

- a——旋转轴；
- b——转盘；
- c——试样；
- d——坩埚；
- e——试验用玻璃。

图 1 坩埚和试样

- 5.4 旋转轴：推荐选用氧化铝材质。
- 5.5 固定装置：应使用高强度的耐高温材质，如氧化铝、刚玉-莫来石等。固定装置可选用转盘或螺栓。（二选一）
- 转盘厚度不小于 10mm，旋转半径应为 30mm-50mm，悬挂示例如图 2。
 - 螺栓直径为 ϕ 6mm，悬挂示例如图 3。为避免试样粘连，可增设耐高温材质的垫片。

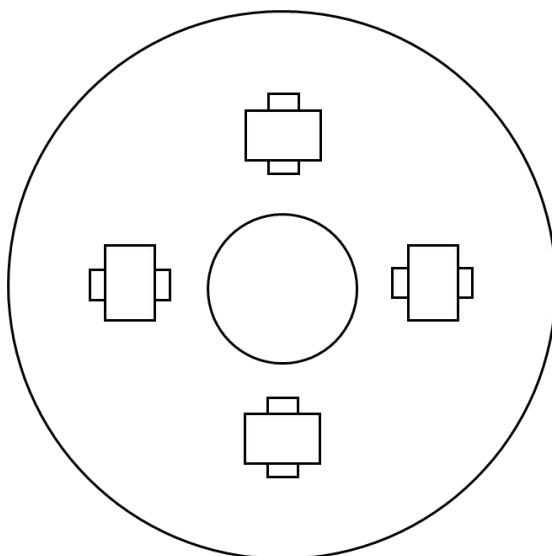


图2 转盘固定试样示例

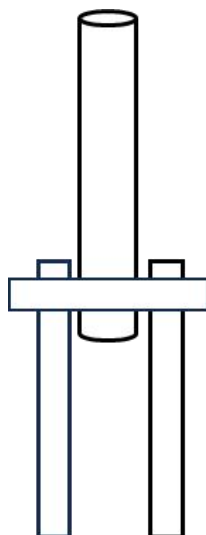


图3 螺栓固定试样示例

- 5.6 动力装置：应能够提供试验所需的稳定转速，且能够为旋转轴的升降提供动力。
- 5.7 喷砂机：用于去除侵蚀后试样表面附着的玻璃。
- 5.8 测量显微镜：测量范围不小于 150mm，最小分度值为 0.01mm。
- 5.9 抽真空装置：能够将绝对压力降至不大于 2500Pa（0.025bar），并能够测量所使用的压力。
- 5.10 浸液：可选用蒸馏水。
- 5.11 浸液槽：应有合适的尺寸，保证能够容纳试样，且试样不碰壁。
- 5.12 天平：分度值为 0.01g，并且有能够使试样悬挂在浸液中的装置。
- 5.13 液体比重计：分度值为 0.001g。

6 试样

6.1 图4为试样尺寸示意图。试样为长方体或圆柱体，尺寸为：

——长方体： $(15 \pm 0.1) \times (10 \pm 0.1) \times (100 \pm 0.5)$ mm。在距离试样顶部15mm处居中钻取 $\phi 6$ mm通孔。

——圆柱体： $\phi (20 \pm 0.1) \text{ mm} \times (100 \pm 0.5) \text{ mm}$ 。在距离试样顶部15mm处居中钻取 $\phi 6$ mm通孔。

单位为毫米

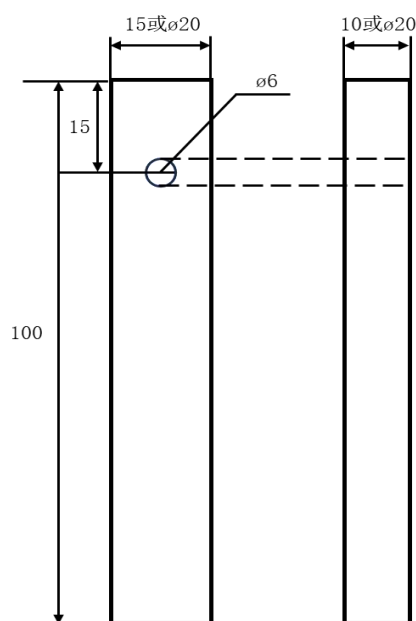


图4 试样尺寸示意图

6.2 试样数量不少于1条，不多于4条，可由供需双方商定。

6.3 试样表面应平整、无明显缺陷及裂纹。

7 试验步骤

7.1 试验前试样的测量

7.1.1 用测量显微镜测量试样预期液面线处、液面线下二分之一处的尺寸和总高度，分别记为G、H和I，精确至0.02mm。

7.1.2 按照GB/T 2997的规定，测定饱和试样悬浮在浸液中的质量(m_2)和试样的饱和质量(m_3)，精确至0.01g，并用比重计测定浸液密度(ρ_{ing})，按式(1)计算得到试验前整个试样的体积(V_1)。

$$V_1 = \frac{m_3 - m_2}{\rho_{\text{ing}}} \times 1000 \quad (1)$$

式中： V_1 ——试验前整个试样的体积，单位为立方毫米(mm^3)；

m_2 ——整个试样悬浮在浸液中的质量，单位为克(g)；

m_3 ——整个试样的饱和质量，单位为克(g)；

ρ_{ing} ——浸液密度，单位为克每立方厘米（ g/cm^3 ）。

7.2 试样安装

- 7.2.1 试样装入前应于 110°C 干燥至恒重。
- 7.2.2 将试样和旋转轴固定，要求试样垂直于坩埚底面。
- 7.2.3 装入试验用玻璃，熔化后的玻璃在坩埚中深度不小于 70mm 。
- 7.2.4 装样完成后，先提升旋转轴，保证试样能置于坩埚上方后再关闭炉门。

7.3 试验温度的确定

- 7.3.1 以耐火材料使用温度为试验温度。
- 7.3.2 升温速率：室温～ 1000°C ： 2°C/min ～ 5°C/min ； 1000°C ～试验温度： 1°C/min ～ 3°C/min 。
- 7.3.3 保温时间可由供需双方商定。

7.4 动力装置控制

- 7.4.1 操作动力装置应在炉温升至试验温度并保持 1h 后进行，以确保玻璃熔化。
- 7.4.2 下降至试样下端距离坩埚底部 30mm ，调整旋转轴转速，启动旋转。旋转轴转速应根据耐火材料在窑炉中实际使用位置的玻璃液流速确定，推荐转速为 1r/min ～ 4r/min 。转速计算按式（2）进行：

$$N = \frac{V}{2\pi r} \dots\dots\dots (2)$$

式中： N ——旋转轴转速，单位为转/分钟（ r/min ）；

V ——试验耐火材料在窑炉使用位置处的玻璃液流速，单位为米/分钟（ m/min ）；

r ——旋转半径，单位为米（ m ）。

- 7.4.3 保温时间结束后停止旋转并提升旋转轴使试样置于玻璃液面之上，关闭加热控制电源，试样和坩埚随炉降温至室温。

7.5 试验后试样的处理

- 7.5.1 将试验后的试样从旋转轴上取下。
- 7.5.2 测量方法包括尺寸测量法、面积测量法和体积测量法。液面线处侵蚀量较大的试样推荐使用尺寸测量法，侵蚀形貌不规则的试样推荐使用面积测量法和体积测量法。使用尺寸测量法和面积测量法需用厚度不大于 1mm 的金刚石锯片将试样的旋转外侧面沿纵向对半切开。

——尺寸测量法：在测量显微镜下测量两块切开试样液面线最薄处的长度，记录为 g_1 或 g_2 ，液面线下二分之一处的厚度，记录为 h_1 和 h_2 。

——面积测量法：用金刚石锯片将两块切开试样未浸入玻璃液部分切除，按照浸入玻璃液高度和试样原始尺寸计算试验前的试样面积（ S ），将切开试样浸入折射率液中，置于测量显微镜下测量试样面积，记录为 s_1 和 s_2 。

——体积测量法：使用喷砂机去除试样表面附着的玻璃，采用测量显微镜测量未浸入玻璃液试样部分的高度（ h ），再用金刚石锯片将试样未浸入玻璃液部分切除。按照 GB/T 2997 的规定，测定剩余试样悬浮在浸液中的质量（ m_2' ），精确至 0.01g ；从浸液中取出试样，除掉多余液体，用天平称量剩余试样的饱和质量（ m_3' ），精确至 0.01g ；用液体比重计测定浸液密度（ ρ_{ing} ），精确至 0.001g/cm^3 ，通过公式（3）计算得到液面线下剩余试样的体积（ V_2 ）。

$$V_2 = \frac{m_3' - m_2'}{\rho_{\text{ing}}} \times 1000 \dots\dots\dots (3)$$

式中： V_2 ——液面线下剩余试样的体积，单位为立方毫米（ mm^3 ）；

m'_2 ——液面线下剩余试样悬浮在浸液中的质量，单位为克（g）；

m'_3 ——液面线下剩余试样的饱和质量，单位为克（g）；

ρ_{ing} ——浸液密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）。

8 结果计算

8.1 尺寸测量法

计算试样液面线处和液面线下二分之一处被玻璃熔液侵蚀的深度。

液面线处的侵蚀按式（4）计算：

$$G_c = \frac{1}{2} \left[G - \frac{1}{2} (g_1 + g_2) \right] \quad \dots\dots \quad (4)$$

式中： G_c ——液面线处侵蚀量，单位为毫米（mm）；

G ——试验前试样液面线处的尺寸，单位为毫米（mm）；

g_1 、 g_2 ——分别为两块切开试样液面线处的厚度，单位为毫米（mm）。

液面线下二分之一处的侵蚀按式（5）计算：

$$H_c = \frac{1}{2} \left[H - \frac{1}{2} (h_1 + h_2) \right] \quad \dots\dots \quad (5)$$

式中： H_c ——液面线下二分之一处侵蚀量，单位为毫米（mm）；

H ——试验前试样液面线下二分之一处的尺寸，单位为毫米（mm）；

h_1 、 h_2 ——分别为两块切开试样液面线下二分之一处的厚度，单位为毫米（mm）。

以 24h 侵蚀的毫米数报告侵蚀速度，侵蚀量和侵蚀速度精确至小数点后第二位，数值修约按 GB/T 8170 的规定进行。

8.2 面积测量法

计算试样浸入玻璃熔液部分被侵蚀的面积。

面积损失率按式（6）计算：

$$S_c = \left(1 - \frac{S_1 + S_2}{2S} \right) \times 100\% \quad (6)$$

式中： S_c ——面积损失率，%；

S ——试验前试样液面线下的面积，单位为平方毫米（mm²）；

s_1 、 s_2 ——分别为两块切开试样液面线下的剩余面积，单位为平方毫米（mm²）。

结果精确至小数点后第二位，数值修约按 GB/T 8170 的规定进行。

8.3 体积测量法

计算试样浸入玻璃熔液部分被侵蚀的体积。

体积损失率按式（7）和（8）计算：

$$V'_1 = \frac{l-h}{l} \times V_1 \quad (7)$$

$$V_c = \frac{V'_1 - V_2}{V_1} \times 100\% \quad (8)$$

式中： l ——试验前试样的高度，单位为毫米（mm）；

h ——未浸入玻璃液试样的高度，单位为毫米（mm）；

V'_1 ——浸入玻璃液部分试样试验前的体积，单位为立方毫米（ mm^3 ）；

V_1 ——试验前整个试样的体积，单位为立方毫米（ mm^3 ）；

V_2 ——试验后试样液面线下的剩余体积，单位为立方毫米（ mm^3 ）；

V_c ——体积损失率，%。

结果精确至小数点后第二位，数值修约按 GB/T 8170 的规定进行。

9 试验报告

试验报告应包括：

- a) 委托单位；
- b) 试样信息：包括名称、尺寸和数量等描述；
- c) 试验方法；
- d) 试验用玻璃种类、试验温度、保温时间和转速；
- e) 试验结果；
- f) 与规定试验步骤的差异（必要时）；
- g) 试验单位、操作人员和日期。

附录 A
(规范性)

试样制取部位

长方体制样图例如图 A.1，切除底面 20mm 厚的表皮，试样由 10mm 厚的第一层依次切取，切取方式如图 B.2 所示。

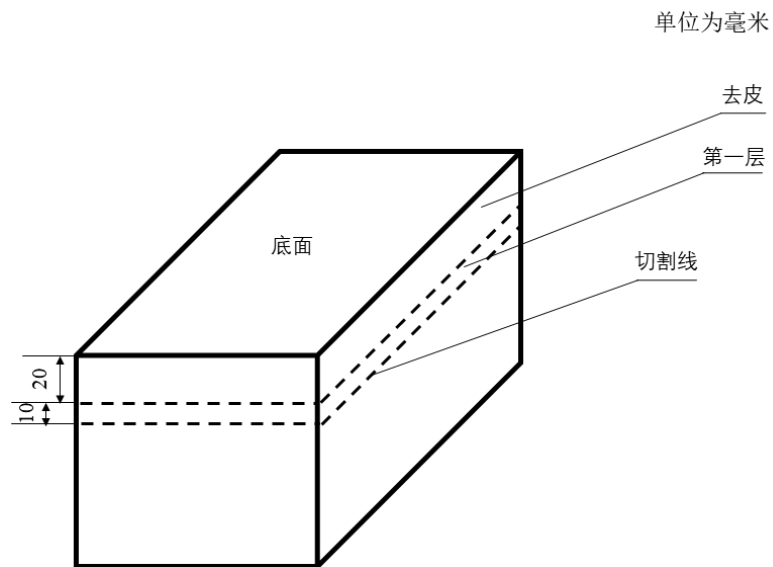


图 A. 1 制样图例

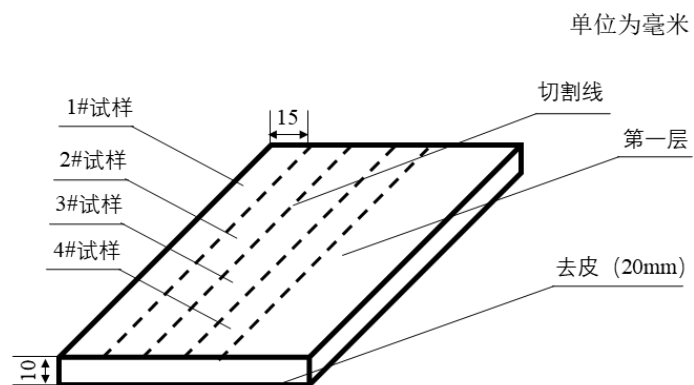


图 A. 2 取样部位示意图

附录 B
(资料性)

常见玻璃液流速与对应试验转速

动态抗侵蚀测试的旋转半径为 30mm 时，试验转速对应玻璃液流速的示例，如表 B.1。

表 B. 1 试验转速与对应玻璃液流速（流速已保留两位小数）

r=30mm，试验转速/（r/min）	玻璃液流速/（m/h）
1.00	11.31
2.00	22.62
3.00	33.93
4.00	45.24
5.00	56.55
6.00	67.86
7.00	79.14
8.00	90.48
9.00	101.82
10.00	113.10