

# 团 体 标 准

T/CNS 54—2022

---

## 放射化工用高耐蚀材料腐蚀速率挂片 测定方法

**High corrosion resistant materials for radiochemical applications  
—Test methods for determination of corrosion rate**

2022 - 12 - 16 发布

2023 - 04 - 01 实施

---

中国核学会 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 试样 .....	1
5 试验装置 .....	2
6 试验溶液 .....	3
7 试验条件和步骤 .....	3
8 试验结果 .....	4
9 试验报告 .....	4
参考文献 .....	5



## 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。

本文件由中国核学会提出。

本文件由核工业化研究所归口。

本文件起草单位：中国原子能科学研究院、核工业化研究所。

本文件主要起草人：赵晶、欧阳应跟、王文华。



# 放射化工用高耐蚀材料腐蚀速率挂片 测定方法

## 1 范围

本文件规定了高耐蚀材料均匀腐蚀试验方法的试样、试验设备、试验溶液、试验条件和步骤、试验结果的评定及表示。

本文件适用于放射化工用年腐蚀速率小于等于0.5 mm的高耐蚀金属或合金材料均匀腐蚀速率的测定。

注：高耐蚀金属或合金材料，其抗腐蚀主要依靠在金属或合金表面形成致密氧化膜产生钝化作用抗腐蚀。

## 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 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 10123 金属和合金的腐蚀基本术语和定义

## 3 术语和定义

GB/T 10123界定的术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 腐蚀 **corrosion**

金属与环境间的物理-化学相互作用。其结果使金属的性能发生变化，并可导致金属、环境或由它们作为组成部分的技术体系的功能受到损伤。

### 3.2

#### 局部腐蚀 **localized corrosion**

暴露于腐蚀环境中，金属表面某些区域的优先集中腐蚀。

注：局部腐蚀可产生如点坑、裂纹、沟槽等。

### 3.3

#### 全面腐蚀 **general corrosion**

暴露于腐蚀环境中的整个金属表面上进行的腐蚀。

### 3.4

#### 均匀腐蚀 **uniform corrosion**

在整个金属表面几乎以相同速度进行的全面腐蚀。

### 3.5

#### 腐蚀速率 **corrosion rate**

单位时间内金属的腐蚀效应。

注：腐蚀速率的表示方法取决于技术体系和腐蚀效应的类型。

## 4 试样

## 4.1 试样的形状和尺寸

4.1.1 试样的形状和尺寸应随被试材料的原始条件及所使用的试验容器而定，应采用单位质量表面积大、侧面与总面积之比值小的试样。一般情况下，与轧制或锻造方向垂直的面积不应大于试样总面积的一半。每个试样表面积应不小于  $10\text{ cm}^2$ 。

4.1.2 推荐两种形状的试样，规格如下：

- a) 板状试样：外形尺寸（长×宽×高）， $50\times 25\times (2\sim 5)\text{ mm}$ ；
- b) 圆形试样：外形尺寸（外径×高）， $30\times (2\sim 5)\text{ mm}$ ；
- c) 根据试验目的的不同，也可选用其他形状和尺寸的试样。

4.1.3 同批试验的试样形状和规格应相同。

## 4.2 试样的制备

4.2.1 在板材或带材上取样时，应沿轧制方向切取，如轧制方向不清或不沿轧制方向切取时，需在报告中注明。要尽量避开板带边缘部分。

4.2.2 在圆棒上取样时，应从棒材截面中部沿纵向切取。如沿径向切取，需在报告中注明。管材上取样时，应将管材试样沿管材轴向方向切割取长条的片材试样。

4.2.3 锻件、铸件、焊接件、敷层金属材料等的取样和制备方法，可参考相应的国家标准并在报告中注明，如锻件可参考 GB/T 2975 中规定的取样位置和方向截取腐蚀试样。

4.2.4 试样可以用各种机械方法加工到预定的尺寸，应避免由此可能引起的试样性能的任何变化。采用剪切法时，需对剪切的断面进行再加工，以去除受剪切影响的部位。

4.2.5 试样可用砂纸研磨或其他机械方法去掉原始金属表面层。研磨处理时应防止表面过热，被试验的试样表面粗糙度  $R_a$  值不应大于  $0.8\ \mu\text{m}$ 。不可进行研磨的试样，可以进行酸洗，但表面不可过酸洗。检验原始金属表面对腐蚀速率影响的试验的试样不在此例。

4.2.6 特殊情况下采用干磨时，应在报告中注明。

4.2.7 试样的棱角应予以保持，不准许倒角。

4.2.8 以氧化膜抗腐蚀的材料，须预氧化形成保护膜后再进行试验。预氧化过程应在报告中详细注明，包括预氧化氛围、温度、时间等关键信息。

## 4.3 对试样的其他要求

4.3.1 试样如需悬挂，准许在试样上钻孔，但孔径不应大于  $4\text{ mm}$ 。

4.3.2 经过最终研磨处理的试样应及时用水、氧化镁粉糊等充分去油并洗涤，然后用丙酮、酒精等不含氯离子的试剂脱脂洗净，迅速干燥后贮于干燥器内，放置到室温后再测量表面积。

4.3.3 试样表面积的计算应精确到  $0.01\text{ cm}^2$ 。

4.3.4 每组试验至少取三个平行试样。

4.3.5 在进行测量尺寸操作时，应使用干净无油污的测量工具，并应带干净的工作手套。

4.3.6 在试样上选择至少一个合适点做标记并进行扫描电镜 2000 倍观察，记录表面形貌。

4.3.7 根据实际试样材料，采用金属或合金材料化学成分分析的国家标准方法，测试确定试样中元素组成占前 4 位的元素的质量百分含量，并准确记录分析方法和结果。

## 5 试验装置

### 5.1 容器

5.1.1 容器材质应使用对腐蚀介质呈惰性的材料，常用的有玻璃、塑料、陶瓷等。

5.1.2 沸腾或试验材料特定使用条件下试验，可使用带锥形磨口并配有冷却效果良好的回流冷凝器的烧瓶。

5.1.3 室温下试验时可用适当密闭的容器。

### 5.2 温度保持系统

根据不同的温度要求,选择能使试验溶液保持在规定温度范围内的温度保持系统。试验溶液的温度控制精度应在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内。室温试验时,应在报告上注明试验期间实际温度的上下限和平均温度值。

### 5.3 试样支持系统

5.3.1 试样支持系统应能把试样置于试液中间,支持系统的材质应对试液和试样呈惰性,它与试样的接触面积应尽可能小。

5.3.2 试样支持系统一般情况下采用玻璃支架或挂钩,也可用塑料、陶瓷及化学纤维等材质。

### 5.4 其他装置

试验期间,试液如需搅拌或持续流动与补充,可根据实际情况增加相应的装置,搅拌材料等应在试验溶液中不发生腐蚀。

## 6 试验溶液

6.1 试验溶液的来源与成分视试验目的而定。应尽可能全面、准确的控制试验溶液的组成成分并准确记录试验溶液总体积。

6.2 试验溶液中如果含有 4.3.7 试样中元素组成占前 4 位的元素,则应准确记录试验溶液相关元素含量,该元素含量应在 7.11 测试结果中予以扣除。

6.3 试验溶液配制时,使用蒸馏水或去离子水和符合国家或行业标准中的分析纯级试剂。如使用其他级别的试剂时应加以说明。

6.4 溶液的浓度用质量百分比表示,如用其他方式表示,应在报告中注明。

6.5 试验溶液的 pH 值、溶解气体量等其他参数由试验双方根据材料具体使用条件确定。

6.6 试验溶液的用量为每平方厘米试样表面积不少于 20 mL。

6.7 溶液如要充气时,应避免气流直接喷洒在试样上。这一操作应在试样放入前适当时间(视溶液量而定)开始并在整个试验期间持续进行。如需排除溶解氧,可用惰性气体或氮气充气。

## 7 试验条件和步骤

7.1 按 6.6 取适量溶液置于用蒸馏水或去离子水充分洗涤过的试验容器中,准确记录试验过程中所用试验溶液的总总体积。

7.2 将试样浸入溶液中,也可以先将试样置于容器中再倒入溶液。如溶液需出气或充气时,参见 6.7。

7.3 试样应尽量放置在溶液中间位置,不准许与容器壁接触。一般情况下每一容器内只能放置 1 个试样,如需放 2 个以上试样时,试样间距要在 1 cm 以上。

7.4 试验温度保持系统使溶液达到规定温度。此时即开始计时。

7.5 沸腾试验应使溶液保持微沸状态。为防止暴沸,可以加入适量的助沸物,如小玻璃球、陶瓷碎屑或聚四氟乙烯屑等不溶物。

7.6 试验期间应注意观察试样和溶液的变化情况,并作记录。

7.7 试验时间要满足能准确检测到试验溶液中 4.3.7 相关元素的新增离子浓度。一般情况下,长时间试验的结果较准确。

7.8 试验期间如需更换溶液时,操作要迅速,试样不需处理。更换的溶液要符合 6.1~6.6 溶液配制要求。从再次达到规定温度开始累积计算试验时间。

7.9 达到预定时间后取出试样,用定量去离子水冲洗,晾干,对 4.3.6 中标注位置进行电镜扫描,与试验前的形貌进行比较,确定无局部腐蚀。冲洗液归入试验溶液中并计入试验溶液总总体积。

7.10 将试验溶液混合均匀。如果试验过程中有更换溶液，将所有试验溶液混合均匀并准确记录溶液总体积。

7.11 从混合试验溶液中取定量溶液，测量其中 4.3.7 相关元素的新增离子浓度，推荐测量方法为电感耦合等离子体原子发射光谱法（ICP-AES）。若试验前溶液中含有 4.3.7 中的相关元素，则应予以扣除。

## 8 试验结果

8.1 本文件采用腐蚀速率作为试验结果的表达形式。

8.2 选择试样中元素含量与溶液中该元素的新增离子浓度之比值最小的元素  $i$ ，以元素  $i$  的新增离子浓度  $\rho_i$  与试验溶液总体积  $V$  之乘积，计算得到试验溶液中该元素  $i$  的总含量。

8.3 试验溶液中元素  $i$  的总含量与元素  $i$  在试样中的质量百分含量  $w\%$  之比值即试样总腐蚀量。

8.4 试样总腐蚀量与试样密度  $D$  之比值即试样腐蚀体积。

8.5 试样腐蚀体积与试样总表面积  $S$  及试验时间  $T$  之比值即试样年腐蚀速率  $R$ 。

8.6 腐蚀速率的计算如公式（1）：

$$R = \frac{8.76 \times 10^4 \times r_i \times V}{D \times S \times T \times w\%} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $R$  ——年腐蚀速率的数值，单位为毫米每年（mm/a）；
- $\rho_i$  ——元素  $i$  在试验过程中的新增质量浓度的数值，单位为克每升（g/L）；
- $V$  ——试验溶液总体积的数值，单位为升（L）；
- $D$  ——试样密度的数值，单位为克每立方厘米（g/cm<sup>3</sup>）；
- $S$  ——试样总面积的数值，单位为平方厘米（cm<sup>2</sup>）；
- $T$  ——试验时间的数值，单位为小时（h）；
- $w\%$  ——离子  $i$  在试样中的质量百分含量的数值。

8.7 有时为了某些特殊需要，试验结果也可用其他腐蚀速率单位表示，但应在报告中注明。

8.8 腐蚀速率用所试验的全部试样的平均值作报导；当某个平行试样的腐蚀速率与平均值之相对偏差超过 10% 时，应取新的试样作重复试验，用第二次试验结果进行报导。当再达不到要求时，则应同时报导两次试验全部试样的平均值和每个试样的腐蚀速率。

8.9 本试验所获得的腐蚀速率只能用来评价被测材料在某种试验介质中的耐蚀性，不可用来泛指这种材料在其他介质中的耐蚀性。

8.10 测量、计算的数值需要修约时，按 GB/T 8170 有关规定处理。

## 9 试验报告

试验报告应包括以下主要内容：

- a) 试样名称、尺寸、取样与预处理过程、试样数、表面状态及主要元素含量；
- b) 试验溶液成分、温度、搅拌情况及每次试验周期；
- c) 过程中的试验现象；
- d) 试验溶液总体积、试样中元素组成占前 4 位的元素的质量百分含量、元素  $i$  的新增质量浓度、试样的密度、试样的总面积及腐蚀速率；
- e) 需要注明情况的备注；
- f) 操作和审核人员的署名；
- g) 报告日期。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2975 钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备
-