



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 25996—2010

---

## 绝热材料对奥氏体不锈钢外部 应力腐蚀开裂的试验方法

Test method for thermal insulations on external  
stress corrosion cracking of austenitic stainless steel

2011-01-10 发布

2011-10-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国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。

本标准根据美国材料与试验协会 ASTM C692-2008《评估绝热材料对奥氏体不锈钢外部应力腐蚀开裂影响的试验方法》制定,在技术内容上与该标准非等效。

# 绝热材料对奥氏体不锈钢外部 应力腐蚀开裂的试验方法

## 1 范围

本标准规定了绝热材料对奥氏体不锈钢外部应力腐蚀开裂的试验方法。

本标准适用于覆盖奥氏体不锈钢用纤维型绝热材料包括岩棉、矿渣棉、玻璃棉、硅酸铝棉等及其制品,也适用于此用途的其他类型绝热材料如硅酸钙、水泥、复合硅酸盐、泡沫石棉、泡沫塑料、泡沫橡塑等。

## 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,仅所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 228 金属材料 室温拉伸试验方法

GB/T 4132 绝热材料及相关术语

GB/T 15970.3 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第3部分:U型弯曲试样的制备和应用

GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分

## 3 术语和定义

GB/T 4132 确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**应力腐蚀开裂 stress corrosion cracking**

金属在某些腐蚀环境和所受应力或残余应力的综合影响下可能发生的以裂纹形式出现的破坏。

### 3.2

**芯吸型绝热材料 wicking-type insulation**

芯吸型绝热材料是一种当其50%~75%部分浸入在水中10 min或更少的时间就会全部润湿的绝热材料。

## 4 要求

对于岩棉、矿渣棉、玻璃棉、硅酸铝棉等及其制品和硅酸钙、水泥、复合硅酸盐、泡沫石棉等最高使用温度高的绝热材料在当地水的沸点温度 $\pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 进行试验,试样所用的不锈钢试件应无一裂纹出现;对于某些泡沫塑料、泡沫橡塑等其最高使用温度小于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的产品,在其最高使用温度的上限进行试验,试样所用的不锈钢试件应无一裂纹出现。

## 5 方法说明

本标准给出两种试验方法——滴注法和达纳(Dana)法。其原理是持续使去离子水通过绝热材料试样到达有应力存在的304型奥氏体不锈钢的热表面28 d。如果材料中有可溶出的氯离子存在,将与

水一起通过蒸发积聚在不锈钢的热表面上。滴注法是使去离子水从绝热材料的内部上端通过材料到达下端的不锈钢热表面,适用于所有的绝热材料;达纳法是由材料自身的芯吸能力使水由材料下端通过材料的毛细管作用到达不锈钢热表面,只适用于芯吸型绝热材料。

## 6 试验准备

### 6.1 材料和设备

试验材料和设备如下:

- a) 奥氏体不锈钢板;代号为 S30408、牌号为 06Cr19Ni10,化学成分符合 GB/T 20878,碳含量为 0.05%~0.06%,尺寸为(1 000×2 000×1.5)mm;
- b) 电动锯;
- c) 箱式电阻炉;控温精度±20 ℃;
- d) 耐水磨砂纸;NO. 80;
- e) 钻头;φ7 mm;
- f) 精密折弯机;
- g) 无尘擦拭纸; $w(\text{Cl}^-) \leq 1 \text{ mg/kg}$ ;
- h) (φ5×65)mm 不锈钢螺栓、不锈钢螺母和绝缘垫圈;
- i) 铜接线片;(272×13×3.2)mm 和(51×13×3.2)mm;
- j) 带锯;
- k) 取样器;外径 51 mm。

### 6.2 不锈钢试件的制备

6.2.1 从同一块奥氏体不锈钢板上用电动锯裁取(51×178)mm 的试件 12 块,使试件的长尺寸平行于板的长尺寸。每 4 块一组,其中两组用作不锈钢板材的合格验证,一组用于试样试验。

6.2.2 先用清洁剂和自来水清洗试件,再用蒸馏水或去离子水反复清洗,以除去表面的油脂和污染物。然后,将不锈钢试件吹干放在干净的盘子中,备用。操作过程中注意避免氯化物污染。

6.2.3 将 12 块不锈钢板试件放入箱式电阻炉中,升温至 650 ℃,恒温加热 3 h,然后关闭电源,自然冷却至室温,取出。

6.2.4 用 NO. 80 耐水磨砂纸顺着试件长尺寸方向向同一方向打磨不锈钢试件以除去黑色金属氧化物,使金属变亮。打磨一面即可。同时,把剪切的边角用砂纸打磨光滑以免伤人。

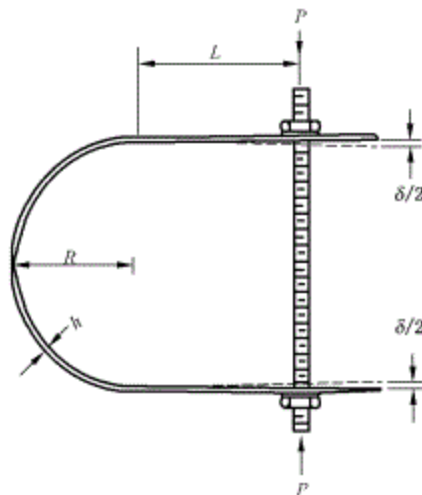


图 1 U 型试件示意图

$$\delta = \left( \frac{12S(2R+h)}{(L+R)(8R+h)(h)(E)} \right) \left( \frac{L^3}{3} + R \left( \frac{\pi}{2} L^2 + \frac{\pi}{4} R^2 + 2LR \right) \right) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $\delta$ ——挠度,单位为毫米(mm);
- $S$ ——弹性应力,单位为兆帕(MPa);
- $R$ ——弯曲半径,单位为毫米(mm);
- $h$ ——厚度,单位为毫米(mm);
- $L$ ——平直部位的长度,单位为毫米(mm);
- $E$ ——弹性模量,单位为兆帕(MPa)。

6.2.5 用钻头在每个不锈钢试件两端的中心距边缘 10 mm 处各钻一个 7 mm 的孔。

6.2.6 以半径为 25.4 mm 的金属棒为芯,按 GB/T 15970.3 规定的要求,在精密折弯机上将每个平板弯成外半径为  $(25.4 \pm 0.25)$  mm 的 U 型试件,U 型试件经打磨的一面朝外,且两平面要平行,偏差  $\leq 1.6$  mm。

6.2.7 在达纳法中,使用电来加热不锈钢试件,4 个不锈钢试件为一组,因此将长铜接线片弯成“U”形,两端的长度为 51 mm,其中一半伸出,一半用银焊连接相邻的不锈钢试件的外部拐角,每个不锈钢试件都呈对角线连接。短铜接线片焊接在每组不锈钢试件最外部两端,一半伸出,用以连接电导线。

6.2.8 用经去离子水润湿的低尘擦拭纸擦洗试件的凸表面,漂洗,吹干。以后不可用裸手去接触试件的凸表面。

6.2.9 在每个试件上安装螺栓和螺母,平稳地转动螺母,保持 U 型的两平面平行,如图 1 所示。转动螺母达到所需的转数,或者用游标卡尺测量两平面的挠度,确保每个试件的应力相同。图 1 中挠度  $\delta$  按公式(1)计算,公式(1)中的数值,可从不锈钢板材料力学性能的测试报告中获得,也可以按照 GB/T 228 进行拉伸试验和对试件做必要的测量来获得。本试验方法所需的弹性应力为 207 MPa。

### 6.3 绝热材料试样的制备

#### 6.3.1 表面和内部性质完全一致的绝热材料的制备

6.3.1.1 对于表面和内部性质完全一致的绝热材料,如玻璃棉、岩棉、矿渣棉、硅酸铝棉板等材料,用带锯将材料切割成  $(102 \times 178 \times 38)$  mm 的试样块,用取样器在每个试样块的中心钻一个孔,然后切成两部分,制成  $(102 \times 89 \times 38)$  mm 的试样。

单位为毫米

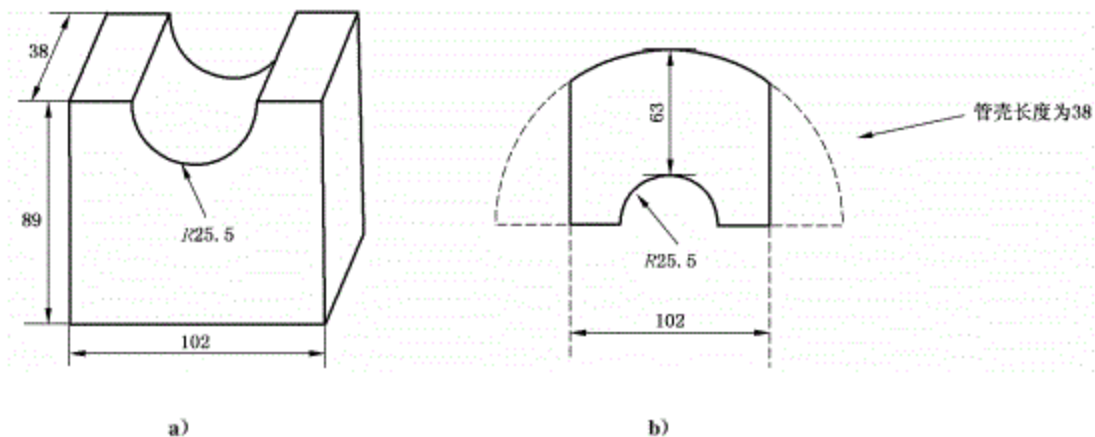


图 2 试样形状

6.3.1.2 松填材料的制备是先制造一个不锈钢丝网的笼子,如图 2a)所示,把松填材料填入笼中,达到所需的密度。

6.3.1.3 薄层式绝热材料是先堆积成 38 mm 高,再按 6.3.1.1 的方法制备试样。试样用橡皮筋或金属丝固定。

### 6.3.2 外表面不同于内表面的材料的制备

6.3.2.1 对外表面不同于内表面的材料,如可溶离子在干燥过程中会迁移到外表面的湿法成形的硅酸钙和水泥、用芯轴卷绕并使用脱芯制成的玻璃棉管壳、经过 V-开槽又被胶合形成的矿棉管壳等。绝热管壳制备如图 2b)所示,长度为 38 mm。如有夹套,制样时还应包括夹套。

6.3.2.2 绝热水泥试样的制备是先制作一个模具,如图 2a)所示,然后浇铸,待凝固后去掉模具,将浇铸体切成两个 19 mm 厚的部分,再用橡皮筋或金属丝固定,中间的接触面用水润湿。整个制备过程应带上干净的聚乙烯手套,避免裸手直接接触绝热材料,防止氯化物污染。

## 7 试验

### 7.1 滴注法

#### 7.1.1 试剂、材料和设备

试剂、材料和设备如下:

- a) 所有试验用水:蒸馏水或去离子水, $c(\text{Cl}^-) < 0.1 \text{ mg/L}$ ;
- b) 氯化钠溶液: $c(\text{Cl}^-) = 1\,500 \text{ mg/L}$ ,2.473 g NaCl 溶于 1 L 水中;
- c) 导热油膏;不含氯化物;
- d) 染色剂;
- e) 低尘擦拭纸:(38×100)mm, $w(\text{Cl}^-) \leq 1 \text{ mg/kg}$ ;
- f) 加热装置:加热管外径 38 mm,外壁温度为当地水的沸点温度 $\pm 6 \text{ }^\circ\text{C}$ ,并可将温度控制在水的沸点温度以下;
- g) 多途径的蠕动泵或其他给水装置;
- h) 玻璃下口瓶:500 mL;
- i) 放大镜;
- j) 显微镜:10 倍~30 倍。

#### 7.1.2 试验步骤

7.1.2.1 把每个不锈钢试件放在加热管上,开口向下,并且将导热油膏搽在试件和加热管之间,使其相互紧密接触。安装螺栓,使其达到所需的应力。

7.1.2.2 将待测的绝热材料试样块用水润湿,放在不锈钢试件上,使两者紧密接触,并固定。

7.1.2.3 将与每个玻璃下口瓶连接的经蠕动泵的滴水管插在试样的中心部位,开动蠕动泵,调节滴水速度,保证每个绝热材料试样每天均匀滴入 $(250 \pm 25) \text{ mL}$ 水。在测试过程中每天对每个试样对应的下口瓶中加入 $(250 \pm 25) \text{ mL}$ 水。

7.1.2.4 打开加热装置,管外壁温度控制在当地水的沸点温度 $\pm 6 \text{ }^\circ\text{C}$ ,温度达到后开始计时。试验时间为 $28 \text{ d} \pm 6 \text{ h}$ 。在 28 d 的测试过程中如遇停电,应补偿停电的时间。

7.1.2.5 试验结束后,关闭电源使试件冷却,然后小心地取下不锈钢试件。

#### 7.1.3 不锈钢的合格验证

7.1.3.1 用中性芯吸的低尘擦拭纸代替绝热材料,放置在不锈钢试件上,通过蠕动泵每天均匀滴入



250 mL 的氯化钠溶液到低尘擦拭纸的中心。每天对每个试样对应的下口瓶中加入 $(250 \pm 25)$  mL 的氯化钠溶液。

7.1.3.2 打开加热装置,管外壁温度控制在当地水的沸点温度 $\pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,温度达到后开始计时。试验时间为 $72\text{ h} \pm 30\text{ min}$ 。

7.1.3.3 按同样的方法用去离子水对 4 个 U 型弯曲的试件进行 28 d 的空白试验。

7.1.3.4 滴氯化钠溶液的一组不锈钢试件都应开裂,空白试验的一组不锈钢试件无一开裂,则证明此批不锈钢合格,可用于应力腐蚀试验。

## 7.2 达纳法

### 7.2.1 试剂、材料和设备

试剂、材料和设备如下:

- a) 所有试验用水:蒸馏水或去离子水, $c(\text{Cl}^-) < 0.1\text{ mg/L}$ ;
- b) 氯化钠溶液: $c(\text{Cl}^-) = 1\ 500\text{ mg/L}$ , $2.473\text{ g NaCl}$ 溶于 1 L 水中;
- c) 环氧胶粘剂;铝粉填充;
- d) 染色剂;
- e) 硼硅酸盐玻璃棉(圆柱形): $(\phi 35 \times 51)\text{ mm}$ ;
- f) 结晶皿:由硼硅酸盐玻璃制成, $(\phi 190 \times 100)\text{ mm}$ ;
- g) 隔离型电子变压器: $150\text{ mV}/150\text{ A}$ ,并配有温度调压器;
- h) 电导线:铜芯截面积 $50\text{ mm}^2$ ;
- i) 热电偶温度表;
- j) 放大镜;
- k) 显微镜:10 倍~30 倍。

### 7.2.2 试验步骤

7.2.2.1 将每块润湿的绝热材料试样放在结晶皿中,使其 U 形槽向上。

7.2.2.2 将用铜接线片串联好的不锈钢试件依次放置在绝热材料的 U 形槽内,使其紧密接触。试件组与电子变压器之间用铜导线连接。

7.2.2.3 将热电偶温度表的接触头粘在不锈钢试件凹面底部中间的位置。先在接触头的上面盖上铝粉,再在铝粉上滴几滴胶粘剂,使热电偶温度表的接触头牢牢地粘在不锈钢上。

7.2.2.4 结晶皿中注水直至约低于试样凹槽底部 13 mm 的水平。打开电源加热,试验中通过调节水位,控制温度在当地水的沸点温度 $\pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。当温度达到当地水的沸点温度时开始计时,试验时间为 $28\text{ d} \pm 6\text{ h}$ 。在 28 d 的测试过程中如遇停电,应补偿停电的时间。

7.2.2.5 根据温度,适时调整各试件水位,水位增高会使温度降低。一般每个试件所需的水量为 $(200 \sim 600)\text{ mL/d}$ 。

7.2.2.6 试验结束后,关闭电源使试件冷却,断开电导线,小心地把不锈钢试件从试样上移开。

### 7.2.3 不锈钢的合格验证

7.2.3.1 用中性芯吸的硼硅酸盐玻璃棉代替绝热材料,不锈钢试件应接触玻璃棉小块的顶部。

7.2.3.2 在结晶皿中注入氯化钠溶液,并控制液位处于离试件底部 $6.4\text{ mm} \sim 19\text{ mm}$ 范围内,保持温度在当地水的沸点温度 $\pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内。蒸发的水量在 $(250 \sim 1\ 000)\text{ mL/d}$ 。当温度达到当地水的沸点温度时开始计时,试验时间为 $72\text{ h} \pm 30\text{ min}$ 。

7.2.3.3 按同样的方法用去离子水对 4 个 U 型弯曲的试件进行 28 d 的空白试验。

7.2.3.4 加氯化钠溶液的一组不锈钢试件都应开裂,空白试验的一组不锈钢试件无一开裂,则证明此批不锈钢合格,可用于应力腐蚀试验。

## 8 裂纹的检查

### 8.1 初步检查

在良好的照明条件下,先用肉眼检查所有的不锈钢试件,如果发现有裂纹则不用继续检查。裂纹的形状如树枝状,如图3所示。

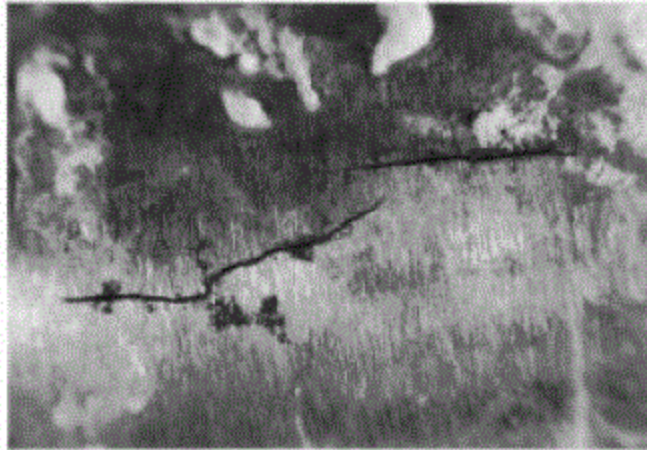


图3 应力腐蚀开裂裂纹的形状

### 8.2 进一步检查

手工铺平所有初步检查未发现裂纹的试件,清除表面的固体颗粒,用一根外径 51 mm 的管子将不锈钢试件再弯为原来的 U 型,用放大镜和显微镜仔细检查试件表面是否有裂纹。

### 8.3 深入检查

对可能有裂纹的区域涂上液体染色剂,在显微镜下继续检查。如果有裂纹,染色剂能将其显示出来。至此仍没有检查出裂纹,则认为试件没有开裂。

## 9 结果判定

如果不锈钢合格验证中的 4 个试件经过 72 h 的氯化钠溶液试验后,任意一块未出现裂纹,则试验无效。

如果空白试验的试件未出现裂纹,而试样试件出现裂纹,则判定该绝热材料不合格;如果试样试件也未出现裂纹,则判定该绝热材料合格。

如果试样试件未出现裂纹,而空白试件出现裂纹,则判定该绝热材料合格。

注:此时尽管不锈钢试件处于“激化”状态,但绝热材料中的抑制剂能有效保护不锈钢材料免受试验腐蚀条件的影

响。  
如果空白试验中的 4 个试件中任何一块出现裂纹,而试样试验中也产生裂纹,则不能判定绝热材料不合格。



## 10 试验报告

试验报告至少应包括以下信息：

- 样品的名称、规格型号及形状；
  - 样品的数量；
  - 试验方法；
  - 每个不锈钢试件出现裂纹的数目和严重程度，以及发现的方法；
  - 支持试件中的应力腐蚀裂纹存在的图片或其他证据(可选项)。
-