ICS 47.020.05
CCS H 20

中华人民共和国国家标准

GB/T 13671—2025
代替 GB/T 13671—1992

不锈钢缝隙腐蚀电化学试验方法

Electrochemical test method for crevice corrosion of stainless steel

2025-04-25 发布　　2025-08-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

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　原理 …… 2
5　试验仪器 …… 2
6　试样制备 …… 2
7　试验条件 …… 3
8　试验步骤 …… 3
9　试验报告 …… 6
附录 A（资料性）　人工缝隙夹具 …… 7

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。

本文件代替GB/T 13671—1992《不锈钢缝隙腐蚀电化学试验方法》，与GB/T 13671—1992相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a) 更改了适用范围（见第1章，1992年版的第1章）；
b) 增加了“点蚀电位”“预选钝化电位”“诱发缝隙腐蚀电位”“缝隙腐蚀再钝化电位”的术语和定义（见3.1～3.4）；
c) 更改了试验方法的原理（见第4章，1992年版的第3章）；
d) 更改了试验仪器的技术要求（见第5章，1992年版的第4章）；
e) 更改了试样尺寸的要求（见6.1，1992年版的5.1），更改了试样的导线连接方式（见6.6，1992年版的5.6）；
f) 增加了可以根据客户要求使用其他浓度和温度的试验溶液的规定（见7.1）；
g) 增加了点蚀电位的测量（见8.1）；
h) 增加了装配缝隙试样旋紧夹具的扭矩力的数值（见8.3）；
i) 更改了诱发缝隙腐蚀电位的选择标准、诱发缝隙腐蚀描述、电流密度-时间曲线和图4（见8.5，1992年版的7.5）；
j) 更改了关于缝隙腐蚀试样再钝化的描述和电流密度-时间曲线（见8.6，1992年版的7.6）；
k) 更改了重新诱发缝隙腐蚀的电位选择标准（见8.7，1992年版的7.7）；
l) 更改了预选钝化电位的选择标准（见8.8，1992年版的7.8）；
m) 更改了试验报告内容中关于试样信息的记录，增加了试验报告内容中关于试验条件和点蚀电位的记录（见第9章，1992年版的第8章）。

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。

本文件由全国海洋船标准化技术委员会（SAC/TC 12）提出并归口。

本文件起草单位：洛阳船舶材料研究所（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）、中国船级社武汉分社。

本文件主要起草人：张慧霞、刘雪辉、罗兴、郝福耀、陈晨、胡宏伟、隋永强、李相波、侯健、许立坤、邢少华、郑国华。

本文件于1992年首次发布，本次为第一次修订。

不锈钢缝隙腐蚀电化学试验方法

1 范围

本文件描述了不锈钢缝隙腐蚀电化学试验方法的原理，规定了试验仪器、试样制备、试验条件、试验步骤和试验报告内容。

本文件适用于评价不锈钢在氯化物环境中的抗缝隙腐蚀性能，特别适用于不同牌号或不同表面状态的不锈钢比较。本文件还适用于评价人体外科植入不锈钢及其他钝性金属材料的抗缝隙腐蚀性能。

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 626 化学试剂 硝酸

GB/T 1266 化学试剂 氯化钠

GB/T 10123 金属和合金的腐蚀 术语

GB/T 17899—2023 金属和合金的腐蚀 不锈钢在氯化钠溶液中点蚀电位的动电位测量方法

3 术语和定义

GB/T 10123 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

点蚀电位 pitting potential

E_{b100}

在不锈钢表面上能引起点蚀、电流密度为 100 $\mu A/cm^2$ 时的电极电位值。

3.2

预选钝化电位 presetpassivation potential

E_i

不锈钢能够发生钝化的预设电极电位值。

注：i 为自然数。

3.3

诱发缝隙腐蚀电位 inducedcrevice corrosion potential

E_{icc}

能够诱发不锈钢发生缝隙腐蚀的电极电位。

注：诱发缝隙腐蚀电位不负于点蚀电位。

3.4

缝隙腐蚀再钝化电位 repassivation potential for crevice corrosion

E_{rpc}

不锈钢发生缝隙腐蚀后再钝化的最正电位。

4 原理

用规定的人工缝隙夹具将 1 cm^2 的不锈钢试验面与尼龙网构成人工缝隙，在恒温的测试溶液中，用恒电位法使其极化到诱发缝隙腐蚀电位，诱发不锈钢缝隙腐蚀。试样诱发缝隙腐蚀后，立即将电位降至某一预选钝化电位，如果在该电位下不锈钢对缝隙腐蚀敏感，腐蚀将继续发生；反之，试样将再钝化。以缝隙腐蚀表面能够再钝化的最正电位为判据，评价材料的抗缝隙腐蚀性能。

5 试验仪器

5.1 宜使用的电化学工作站：能够将电极电位控制在给定值±1 mV 范围内，10^{11} Ω～10^{14} Ω 数量级的高输入阻抗；能够检测出 1.0 mV 的电位变化；电流测量的最大误差值在±0.5%范围内。

5.2 人工缝隙夹具，包括夹具和压盖、垫片、尼龙网和玻璃珠，见附录 A。

5.3 电解池应选择在规定试验条件下耐腐蚀、性能稳定的绝缘材料，如玻璃电解池、有机玻璃(PMMA)或聚四氟乙烯(PTPE)电解池等。

5.4 恒温水浴装置，温度应能控制在给定值±1 ℃。

5.5 辅助电极应为导电良好的惰性材料，宜使用铂电极，辅助电极面积应不小于工作电极面积。

5.6 参比电极应放置在电解池外部，处于环境温度下，通过鲁金毛细管(盐桥)与电解池相连。推荐使用饱和甘汞电极(SCE)或饱和银/氯化银电极(sat.SSCE)。

6 试样制备

6.1 试样尺寸：工作面积为 1.0 cm^2，宜选用尺寸直径为 11.3 mm 的圆柱试样，厚度为 2 mm～10 mm；也可根据客户要求采用其他适宜尺寸。

6.2 试验坯料化学成分、热处理工艺及性能等应与使用状态一致。

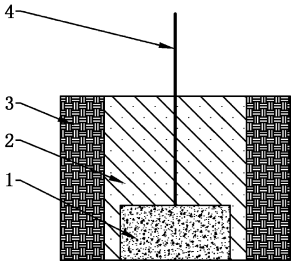
6.3 试样采用机械加工、线切割等方式制备。平行试样应不少于 3 个。

6.4 试验面及与其毗邻的周面，用砂纸由粗到细逐级打磨，最后用 600 目(粒度为 10 μm～14 μm)的砂纸打磨并脱脂。

6.5 用符合 GB/T 626 的分析纯硝酸配制质量分数为 20%～30%的硝酸溶液，将试样浸入 60 ℃的硝酸溶液中钝化 1 h。

6.6 用锡焊、点焊或螺钉连接等方式在试验面的反面连接测量导线，并应在连接完导线后进行电导通测量，使试样测试表面和导线的导通良好。

6.7 用环氧树脂或其他绝缘树脂镶嵌试样，暴露 1.0 cm^2 的试验面(见图 1)。



标引序号说明：

1——试样；

2——绝缘树脂；

3——塑料管；

4——导线。

图 1 镶嵌试样

6.8 最后用600目(粒度为10 μm～14 μm)或以上的砂纸打磨试验面,并依次用无水乙醇和丙酮清洗。试样打磨应在试验进行前1 h内完成。试验前,应采取措施防止试样表面污染。

7 试验条件

7.1 试验溶液为3.5%的氯化钠溶液,用符合GB/T 1266规定的分析纯氯化钠35 g溶于965 mL的蒸馏水或去离子水中配制而成。试验在标准大气压下进行,试验温度为30 ℃±1 ℃。也可根据客户要求使用其他浓度和温度的试验溶液。

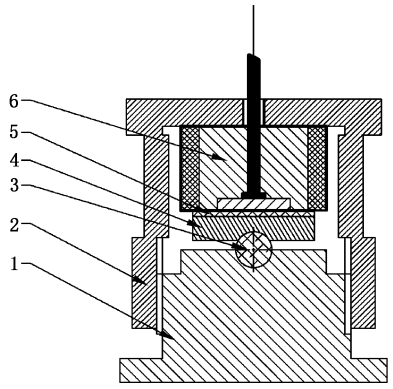
7.2 外科植入不锈钢的试验溶液为9 g/L的氯化钠溶液,试验温度为37 ℃±1 ℃。

8 试验步骤

8.1 按GB/T 17899—2023的规定确定试验材料在测试体系中的点蚀电位E_{b100},试验过程中无需对溶液进行除氧处理。

8.2 控制恒温水浴装置,使试验溶液的温度恒定在试验条件要求的温度。

8.3 装配缝隙试样:装配前先将尼龙网和垫片在试验溶液中浸润,然后将试样放入夹具内,同时将浸润过的尼龙网和垫片依次压在试验面上,再放入玻璃珠,最后用扭矩扳手旋紧夹具压盖(见图2),扭矩力为20 N·m。



标引序号说明:

1——夹具压盖;

2——夹具座;

3——玻璃珠;

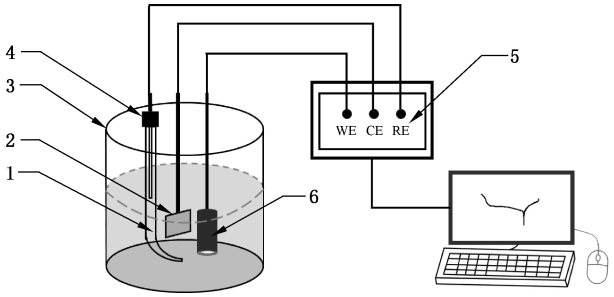
4——垫片;

5——尼龙网;

6——镶嵌试样。

图2 人工缝隙试样装配图

8.4 将装配好的试样、辅助电极及参比电极放入电解池试验溶液中。使用如图3所示的鲁金毛细管(盐桥),鲁金毛细管尖端定位在距离测试电极表面最近位置。连接测量导线(测量接线方式见图3)。1 h后测量并记录试样的自腐蚀电位。



标引序号说明：

1——鲁金毛细管(盐桥)；

2——辅助电极；

3——电解池；

4——参比电极；

5——电化学工作站；

6——试样。

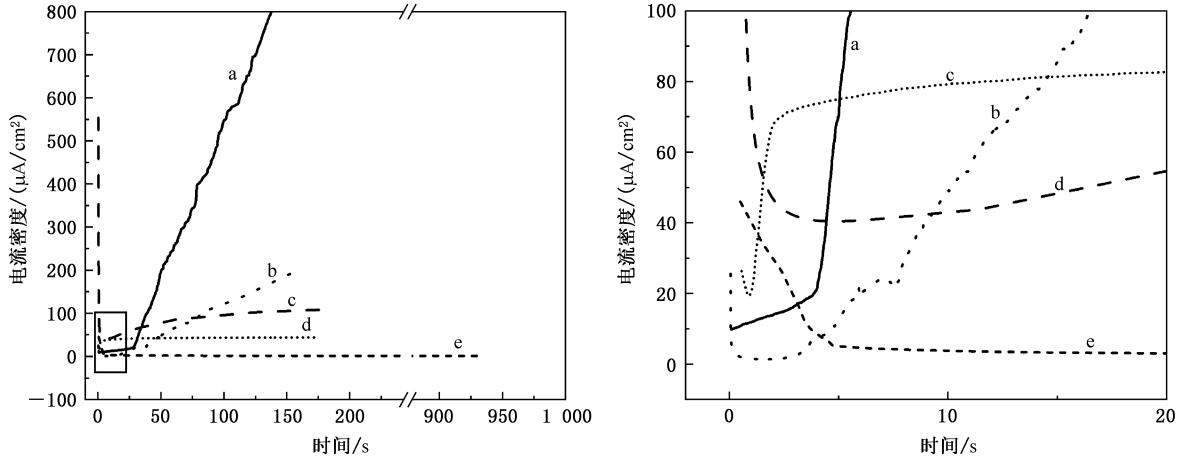
图 3　测量接线示意图

8.5　诱发缝隙腐蚀：在诱发缝隙腐蚀电位 E_{icc} 下进行恒电位极化，监测试样在 E_{icc} 下的电流密度-时间曲线。电流密度随时间增加表示缝隙腐蚀发生，见图 4 中 a 曲线～d 曲线，具体步骤如下。

a)　电流密度达到 500 $\mu A/cm^2$(见图 4 中 a 曲线)，立即将电位降至第一个预选钝化电位 E_1(即自腐蚀电位)。

b)　电流密度未达到 500 $\mu A/cm^2$，但电流密度随时间增加(见图 4 中 b 曲线)，或电流密度迅速减小然后增加或维持在大于 4 $\mu A/cm^2$ 的某电流密度值(见图 4 中 c 曲线和 d 曲线)，持续 20 s 后将电位降至 E_1。

c)　电流密度在开始 20 s 内很小(小于 4 $\mu A/cm^2$)或随时间减小(见图 4 中 e 曲线)，延长诱发缝隙腐蚀时间。在延长期内发生缝隙腐蚀，分别按步骤 a)或 b)的规定进行；如延续至 15 min 仍不发生缝隙腐蚀，则终止试验。



标引序号说明：

a、b、c、d ——发生缝隙腐蚀曲线；

e　　——未发生缝隙腐蚀曲线。

图 4　诱发缝隙腐蚀的电流密度-时间曲线

8.6 缝隙腐蚀试样再钝化：诱发缝隙腐蚀成功的试样，电位降到第一个预选钝化电位 E_1 后，监测电流密度-时间曲线 15 min，确定试样是否钝化。再钝化的标志是电流密度随时间减小或电流密度很小（不大于 2 $\mu A/cm^2$，见图 5）；反之，如果电流密度随时间增加（大于 2 $\mu A/cm^2$，见图 6 中 a 曲线和 b 曲线）或电流密度很大（大于 4 $\mu A/cm^2$，见图 6 中 c 曲线），表示没有钝化，缝隙腐蚀在继续发生。随后步骤如下：

a) 如果试样发生钝化，则重新将电位升至 E_{icc}，诱发缝隙腐蚀；

b) 如果试样未钝化，缝隙腐蚀继续发展，即在 E_1 不能再钝化，则终止试验。

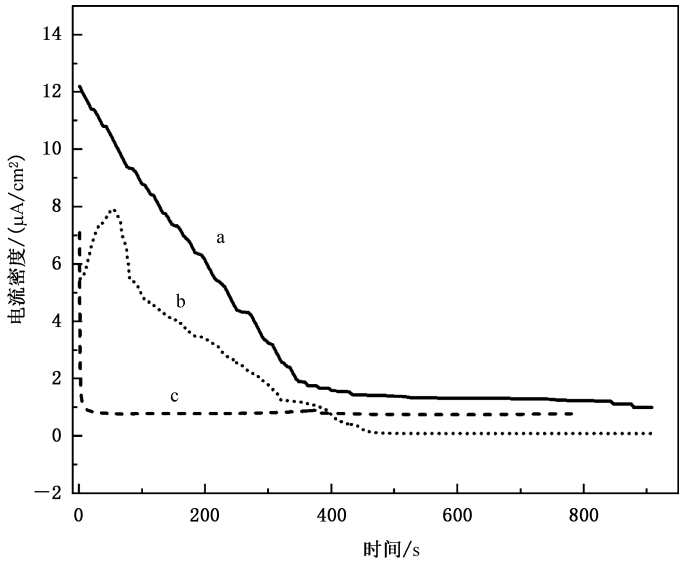


图 5 缝隙腐蚀试样再钝化的电流密度-时间曲线

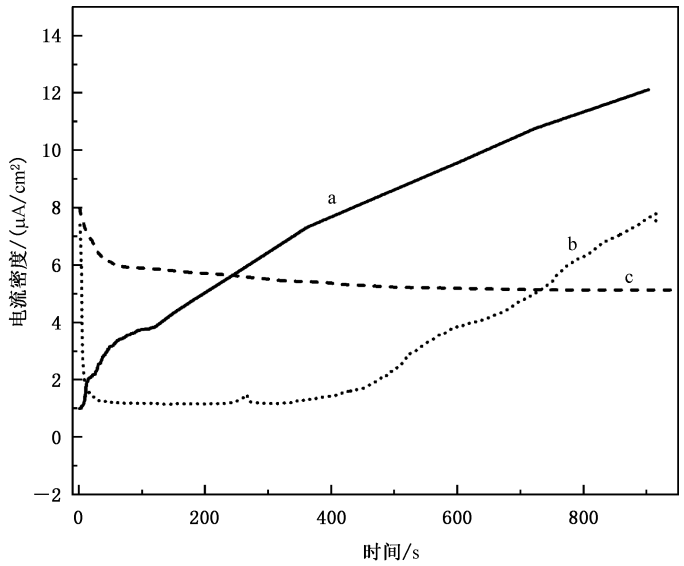


图 6 缝隙腐蚀试样未钝化的电流密度-时间曲线

8.7 重诱发缝隙腐蚀（按 8.5 操作）后，再将电位负移至第 2 个预选钝化电位 E_2。预选钝化 E_2 的选取推荐使用二分法，E_{icc} 与 E_1 的中间值即为第 2 个预选钝化电位 E_2。

8.8 在第 2 个预选电位 E_2，重复 8.6 步骤。如果发生钝化，则缝隙腐蚀再钝化电位 E_{rpc} 大于 E_2，二分法向正的方向进行；如果未发生钝化，E_{rpc} 小于 E_2，二分法向负的方向进行。当两个预选电位的逼近区

间小于 10 mV，且较正的电位预选电位 E_i 下未发生钝化，较负的 E_i 下钝化，则终止试验，记录较负的 E_i 即为缝隙腐蚀再钝化电位 E_{rpc}。

8.9 采用电化学工作站分别在诱发缝隙腐蚀电位 E_{icc} 和预选钝化电位 E_i 下进行恒电位极化，实现试样的缝隙腐蚀诱发或再钝化。

8.10 缝隙腐蚀再钝化电位确定后终止试验，从测试溶液中取出试样，用蒸馏水或去离子水冲洗，再依次用无水乙醇和丙酮清洗，然后在空气中晾干或冷风吹干。在放大倍数不小于 20 倍的显微镜下观察试验面有无腐蚀，记录试样表面形貌。

9 试验报告

试验报告应包括以下内容：

a) 试样的牌号或名称、表面状态、测试溶液、溶液溶氧量、pH 值和温度等；

b) 试样的自腐蚀电位、预选钝化电位、点蚀电位、诱发腐蚀电位、缝隙腐蚀再钝化电位；

c) 预选钝化电位下的电流与时间的关系曲线；

d) 试验面腐蚀情况。

附 录 A
（资料性）
人工缝隙夹具

A.1 夹具座

A.1.1 夹具座的材质为有机玻璃、聚四氟乙烯等非金属惰性材料。

A.1.2 夹具座加工图见图 A.1。

单位为毫米

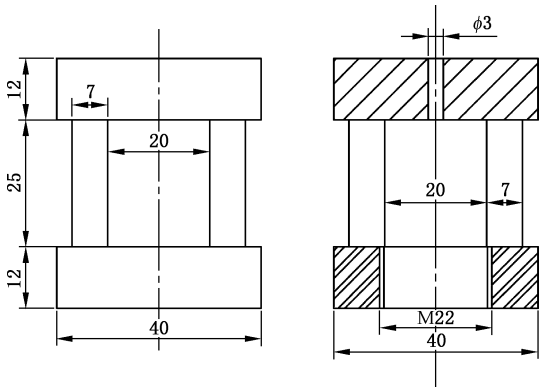


图 A.1 夹具座加工图

A.2 压盖

A.2.1 压盖的材质为有机玻璃、聚四氟乙烯等非金属惰性材料。

A.2.2 压盖加工图见图 A.2。

单位为毫米

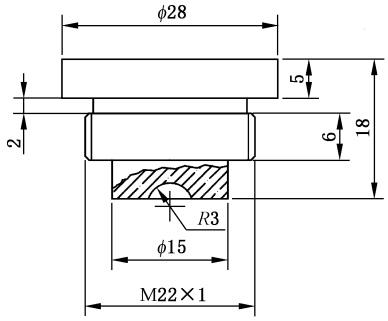


图 A.2 压盖加工图

A.3 垫片

A.3.1 垫片的材质为尼龙、聚四氟乙烯等非金属惰性材料。

A.3.2 垫片加工图见图 A.3。

单位为毫米

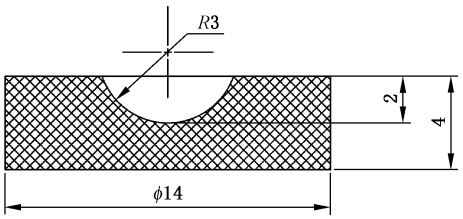


图 A.3　垫片加工图

A.4　平纹编织尼龙网

A.4.1　尺寸为 ϕ15 mm，规格 16 目(粒度 10 μm～14 μm)，线径 0.40 mm。

A.4.2　不重复使用。

A.5　玻璃珠

玻璃珠直径为 6 mm。