

涂漆钢件循环腐蚀试验标准方法

1 范围

1.1 本方法适用于测定涂料和有关涂漆钢件的耐腐蚀性，循环腐蚀试验（CCT）的目的是产生类似于室外腐蚀环境下所发生的典型腐蚀。

1.2 循环腐蚀试验可采用多种典型的环境。例如：盐雾（ASTM B117）、暴露于潮湿、干燥和/或寒冷的条件，以便加速金属的腐蚀。在循环腐蚀试验中，试样至少暴露于三种不同的典型环境条件，从一种环境循环到另一种环境。

1.3 本方法对材料操作和设备可能有危险，本方法没有提出使用中的安全问题。采用本方法的使用者要建立适当的安全措施和健康保护，并在使用前，确定限制范围。

2 参考文献

2.1 ASTM 标准

B 117 盐雾试验方法

D 609 用于试验涂料、油漆、上光漆及涂层相关产品钢试片的制备方法

D 823 在试板上制作厚度均匀的油漆、清漆和相关膜层的方法

D 1193 试验用水规范

D 1654 涂层或涂料的试样经腐蚀试验后的评价方法

D 2247 在 100%相对湿度中的涂层耐水试验规程

D 3170 涂层刮片试验标准方法

2.2 SAE（汽车工程师学会）出版物

J 1563 涂漆汽车零件实验室循环腐蚀试验程序指南

3 重要性和用途

3.1 循环腐蚀试验对各种机械的腐蚀评价是很有效的，例如：对通用机械、电器设备、地质机械等的腐蚀评价。为达到所要求的腐蚀暴露程度，试验周期可以单独制定，野外汽车涂层腐蚀的循环试验周期已确定。它们并不适宜于各种材料的试验，

因为本试验着重于涂层钢件。除 CCT 方法 5 外，仅限于汽车装饰性涂层的腐蚀试验。

3.2 指南包括了涂漆金属件经循环腐蚀试验后，腐蚀程度的评估。指南有助于根据试验结果，通过研究得到有关因素的结论，不会因试验程序自身的原因而出错。指南还可以使进行此类试验的用户获得较好的试验室间试验结果的一致性。

注 1: 早在 1914 年，就提出用盐雾对钢铁保护层进行腐蚀试验的评价。在上一世纪 70 年代，这种中性盐雾试验被 ASTM B117 作为汽车金属件涂层以及其它结构件的试验标准。虽然这种试验方法经过多年的修改和完善，而现在一般认为该试验不能预测“现实”的腐蚀。随着防腐要求的日益提高，工程师和科学家们开发了循环腐蚀试验，以便对金属的腐蚀评估更为准确。汽车工程师学会 (SAE) 和美国钢铁协会 (AISI) 合作，制定出汽车材料装饰性腐蚀的通用循环试验方法，其研究成果分别于 1989 年和 1991 年发表在 SAE 腐蚀年会上。

4 设备

4.1 根据选择的循环腐蚀试验，所需的部分或全部设备如下：

4.1.1 盐雾试验箱，见 ASTM B117 描述。

4.1.2 潮湿试验箱，见 ASTM D 2247 描述。

4.1.3 Grarelo meter 刮片设备，见 ASTM D 3170 描述。

4.1.4 划线工具，见 ASTM D1654 描述。

4.1.5 腐蚀对比样：长 50.8mm × 宽 25.4mm 美国钢铁协会的 1006 - 1010 号裸钢，试样用于监控裸钢在试验环境中产生的腐蚀，试样厚度根据各种试验的需求而定。而较厚的试样用于试验周期较长的试验。

5 试验样品

5.1 所用试样的表面类型和试样的准备取决于所用的规范，或者有关用户事前提出，或者模拟实际生产材料和条件。试验样品所选择的数量应充足，以确保其试验结果在预定的可信性水平具有统计意义。在试样准备过程中，检查到的任何异常现象都应作为试验结果的一部分记录下来，并写在试验报告上。

5.2 除试验样品外，腐蚀对比样（在试验环境中性能已知的样品）也应同时进行试验。建议由腐蚀对比样提供受试样品的性能分类，腐蚀对比样可使重复试验过程中的试验条件规范化，也可对不同重复试验的结果进行比较。

6 试验样品的制备

6.1 按预先认可的程序喷涂钢试片或产品零件及材料进行试验，如果预先未认可，可使用 ASTM D609 和 D833 方法。

6.2 使用在暴露环境稳定的涂料，涂覆到须防护的未涂的基体，切边上或涂到带有识别标志的其他表面。

6.3 提供的试样可以是经划线、切割的，也可以是不破坏的。根据用户要求而定。通常，Grarelo meter 开槽仪和划线工具，用来在循环腐蚀试验前制作切割试样。

6.3.1 当采用 Grarelo meter 开槽仪制作试样时，应按 D 3170 程序进行，确保结果的一致性。

6.3.2 试样的划线应得到有关用户的认可。划线工具的认可特别重要，因为划线的几何形状会影响试验结果。划线方法见 ASTM D1654 说明。

注 2: 注意切割的深度可能影响循环腐蚀试验结果。划线不同会明显导致试验结果的不同。例如，涂漆钢件试验结果的差异取决于划线工具的类型和划线深度。推荐的划线深度应穿透到金属基材，可用显微镜观察划线的几何形状。

7 试验条件

7.1 为确保试验结果的一致性，应把各个试片放置在试验设备各个不同的部位来测定试验环境的均匀性，如果发现结果的重现行太差时，应在试验过程的叙述中对设备情况作说明。

7.2 以下环境条件可用来做循环腐蚀试验，所需的环境条件可以任意组合，根据用户的需求而定。

- a. 室内环境;
- b. 非室内环境 (试验箱环境);
 - 含有氯化物的腐蚀环境;
 - 干燥环境;
 - 高湿环境;
- c. 浸渍;
- d. 盐雾;
- e. 表面污染。

7.2.1 室内环境一指没有腐蚀性气氛，特别是没有酸和碱气氛，空气流速不应过大。

每次试验都应监测和记录环境条件。温度保持在 $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 50\%$

7.2.2 非室内环境—指试验箱内保持的环境，可以用一个试验箱，也可将试样从一个试验箱转移到另一个试验箱来进行多种非室内环境的循环试验，通常的非室内环境包括高湿、高温和低温，温度和相对湿度应进行监测。因此，建议使用自动控制系统。为取得稳定的试验结果。试验的条件应控制在一定的偏差范围内，温度偏差为 $\pm 2^\circ\text{C}$ ；相对湿度偏差为 $\pm 5\%$ 。

7.2.2.1 腐蚀性环境—由含有以下一种或多种不同浓度的溶液组成：

氯化钠

氯化钙

碳酸氢钙

碳酸氢钠

硫酸钠

焦亚硫酸钠

硝酸钠

碳酸钙

碳酸镁

磷酸钠

a. 浓度：典型的为 5%；

b. pH 值：4~8；

c. 温度：规定的循环温度 $\pm 3^\circ\text{C}$ 。

这些溶液将根据实际用途选择，为确保试验结果稳定，这些溶液应监测并符合规定的范围。

7.2.2.2 高湿环境—可以通过采用标准 B117 设备喷纯水雾获得，使用标准 D2247（100%相对湿度）的办法也可以获得这种环境。

7.2.2.3 干燥环境—它需保持充分的空气流通，防止形成不同的温度层，用干燥剂也可以满足。

7.2.2.4 浸渍—溶液用蒸馏水或去离子水组成，（见 ASTM D1193），容器用不起化学反应的材料制作。浸渍槽应按以下要求控制：pH 值 6~8 范围，温度为 $(24 \pm 3)^\circ\text{C}$ ；导电系数在 25°C 时 $< 50 \mu\Omega/\text{cm}$ 。

7.2.2.5 盐雾—在试验箱中喷盐雾（典型的 B117 或等效标准），或在一个封闭环境

里用手动完成。盐雾用溶液应符合有关规范的规定或按有关用户的要求。这种溶液象雾一样喷出（例如，从塑料瓶喷到试样和试件上）喷嘴把盐溶液雾化成所需的盐雾。可用无油可调空气压缩机虹吸喷雾，也可以手动泵喷雾。

7.2.2.6 表面污染—进行涂料表面污染试验时，应确保污染符合预定标准。高岭土可用于表面污染。

8 曝露注意事项

8.1 试样架—在任何情况下，使用的试样架对试样不应有金属间的相互接触。在试验的循环时没有传导作用，试样在试验中的放置角度应按标准要求进行，确保试验结果的一致性和重现性。

8.2 安装位置—为确保试验结果的重现性，设备应水平按置，保持试验时空气流通。

8.3 试验中断—在设备出现故障或放假等原因试验不得不中断时，试样应保存在腐蚀性最小的条件下。如：在干燥或冷冻的环境。最好中断时间不超过5天，在试验报告中要反映中断和试样处理情况。

8.4 过渡时间—在各种试验状态之间转换的过程为过渡时间。它是影响试验结果的主要因素。过渡时间随所用设备的型号和试验箱内样品量而不同，对过渡时间应进行监控并在报告中反映。

8.5 沉降量—为精确测定沉降量，连续喷雾时间至少为16小时。大部分CCT试验规定的喷雾时间都不太长，详见B117喷雾采集说明。

9 循环腐蚀试验

下列循环适用于一般用途。对某些用途，其他循环方法可能更适用。

9.1 CCT 方法 1

9.1.1 方法 1 是为汽车装饰性腐蚀提出的方法，采用 1%的（氯化钠 0.9%，氯化钙 0.1%）盐雾和中、高温、干燥环境。溶液 pH 值为 6~8，方法 1 需要每天工作 16 小时或一个自动循环试验箱。

9.1.2 如果进行人工盐雾试验，用喷雾器喷雾，直到试样表面全部喷湿为止。这是在室内对试样和试件进行喷雾，在每次喷雾前，试样应表干。

方法 1 暴露循环由以下部分组成：

10 分钟 喷盐雾
90 分钟 室内环境 (25℃, 30%~50%RH)
8 小时 高湿 (95%~100%RH)
8 小时 干燥 (60℃, <30% RH)

重复以上循环

9.1.3 如果是人工操作, 试样应在室内环境下放置过周末。

9.1.4 典型的试验周期为 80 次循环。

9.2 CCT 方法 2

9.2.1 方法 2 是用 5%的氯化钠溶液进行喷雾, pH 值 6~7, 此方法是为人工试验而设计的, 每天工作 8 小时。此方法是用来评估不同金属的腐蚀和缝隙腐蚀的典型方法。

9.2.2 进行手工操作盐雾试验时, 用喷雾器直到试验表面全部喷湿为止, 这是在室内对试样和试件进行喷雾, 在每次喷雾前试样应表面干燥。方法 2 由以下部分组成:

10 分钟 喷盐雾
60 分钟 室内环境 (25℃, 30%~50%RH)
16 小时 高湿 (B 117 用纯水喷雾)
4 小时 室内环境 (25℃, 30%~50%RH)

重复以上循环

9.2.2 试样应在水雾的湿环境中过周末。

9.2.3 典型的试验周期是 50 次循环。

9.3 CCT 方法 3

9.3.1 方法 3 是由 AISI 开发的，试样在暴露前用钢丸（1.5mm 钢丸）喷砂，每次试验暴露 2 周。其方法如下：

6 小时 潮湿（50℃，85%RH）

15 分钟 浸渍（5%氯化钠溶液）

17.75 小时 室内环境（25℃，30%~50%RH）

9.3.2 试样应在室内环境下放置过周末。

9.4 CCT 方法 4

9.4.1 方法 4 使用 5%的氯化钠溶液，试验方法如下：

10 分钟 喷盐雾（35℃）

155 分钟 干燥（60℃）

75 分钟 潮湿（60℃，95%RH）

160 分钟 干燥（60℃）

80 分钟 潮湿（60℃，95%RH）

160 分钟 干燥（60℃）

50 分钟 潮湿（60℃，95%RH）

30 分钟 过渡（降到 35℃）

重复以上循环

9.4.2 试验过周末时，没有特殊要求。

9.5 CCT 方法 5

9.5.1 方法 5 是为工业维护保养而开发。这种电解液为重量百分浓度 0.05%氯化钠和 0.35%硫酸铵溶液，比传统的盐雾溶液稀释的多。pH 值为 5~5.4。其试验方法如

下:

1 小时 喷盐雾 (25℃)

1 小时 干燥 (35℃)

重复以上循环

9.5.2 干燥过程是通过新鲜空气净化试验箱,在 45 分钟内试件上全部小水滴就会被蒸发干燥。

9.6 CCT 方法 6

9.6.1 此方法使用 5%氯化钠溶液,其方法如下:

4 小时 盐雾 (35℃)

2 小时 干燥 (60℃, < 30%RH)

2 小时 潮湿 (50℃, > 95%RH)

重复以上循环

9.6.2 典型的试验时间为 200 次循环。

9.7 CCT 方法 7

9.7.1 这种方法是用 5%氯化钠溶液浸渍。此方法如下:

7.5 分钟 浸渍 (40℃)

15 分钟 潮湿 (40℃, > 95%RH)

7.5 分钟 干燥 (60℃, < 30%RH)

重复以上循环

9.7.2 典型的试验时间为 4000 次循环。

10 结果

10.1 检查

当试验结束后,检查试样腐蚀状况和拍照。如果是塑料试件,需检查变色、剥蚀、粘连等缺陷,并记录。

10.2 试验结束后,试样应用干净自来水冲洗,并在评价前将试样吹干。

10.3 评价试样的准备。根据不同的评价方法,试样可清洗、浸泡、粘贴、吹气、刮削。由于试验后涂料的物理性能的保持性评价方法不同,应按规定的程序和限定时间进行准备。

10.4 评价

应按试验前的规定，报告循环试验中腐蚀的评价。ASTB D1654 是最合适的评价标准。除非另有规定，通常试样切割边缘 6mm 内的腐蚀情况可不反映。

11 报告

11.1 报告 ASTM B117 报告的章节中所要求的全部信息。

11.2 除上面所述，还应写出自动试验箱中各种环境过渡时间。

11.3 报告中要反映试样数量。

11.4 在人工操作的试验时，应反映代表室内环境的实验室房间内的温度和相对湿度变化范围及平均值。

12 正确性

12.1 本方法提供了涂漆钢件循环腐蚀试验结果的测定。采用不同的评价试验结果的方法所得到质量特性，并不是正确性的说明。

附录 用于监测试验特性的腐蚀对比样的应用

A1. 对比样的准备

每件对比样都应在外面冲压数字作为永久性标记，腐蚀对比样在使用前要用甲醇或丙酮溶液清洗干净，而且还要准确地称重，重量以 mg 计量，记录并保存下来供以后使用。

A2. 对比样架的准备

在开始试验前，要准备能放置监测试验所需对比样的对比样架。

A2.1 对比样应紧固在铝或非金属对比样架上，对比样架上带有紧固装置，紧固用的螺栓、螺母及垫圈都应用非黑色的塑料制成，用尼龙更佳。

A2.2 利用事先的编号标明每件对比样在对比样架的准确位置，并作好记录。这样做，即使对比样上的号码被腐蚀掉了，也会长久地保障对比样的准确性。

A2.3 对比样之间不能相互接触，对比样与对比样架之间最小距离为 5mm，所有对比样与垂线呈 15 度。

A2.4 对比样架应放置在试验样品的附近，使对比样处在与正式试样相同的腐蚀环

境中。

A3. 在整个监控腐蚀试验的每个阶段，应取出一个对比样来分析。从对比样架的端部取出一个对比样用于称重测定质量损耗。

A3.1 称重之前，对比样进行轻微喷砂清洁处理，去除对比样表面的腐蚀产物，用甲醇清洗后称重，按下列公式测定失重：

$$\text{失重} = \text{最初的重量} - \text{阶段试验后的重量}$$

A3.2 把实际失重与指标值相比较

注 A1: 对比样在每个循环腐蚀试验的暴露周期失重指标值都是未知的，为了检查试验过程，保证试样正常进行，假设腐蚀速率是线性的。这样，如果试验做了整个过程的 40%，试样的失重近似为试验结束后指标范围的 40%。

A4. 如果实际失重与预期值不相符合，这个试验应重做。而且要查找为什么没有达到目标的原因，并且要纠正后才能重作试验。