

影响盐雾试验结果的因素分析

■ 曾凡辉, 姜其斌, 谢续江, 陈红梅(株洲时代新材料科技股份有限公司技术中心, 412007)

摘要: 分析了盐雾试验过程中的样板制备、试验温度、湿度、氯化钠溶液浓度和 pH 值、盐雾沉降率、样板放置角度与位置等因素对防腐涂料检测结果的影响, 并对其预防对策进行了一些探讨。

关键词: 防腐涂料; 盐雾试验; 影响因素; 预防对策

0 前言

盐雾试验是模拟含有盐份的海洋大气对金属材料及其保护层进行腐蚀的试验, 可测试漆膜在恶劣环境下的耐腐蚀能力。为快速评价防腐涂料的防腐能力提供了一定的科学依据。该试验首先在 1939 年开始使用, 此后经过不断改进、完善, 目前已作为检验漆膜耐腐蚀性的常用试验法。

盐雾试验作为一种考核涂膜耐盐雾腐蚀的试验方法, 能否通过试验得到正确的数据对盐雾试验很重要。如果试验数据失准, 不仅使试验失去意义, 而且会误导生产单位和用户, 造成不必要的损失。所以要保证试验结果的准确性, 除了保证试验设备要严格试验执行规定的参数外, 如何避免外界因素对试验结果的影响也是试验成败的关键。

1 盐雾试验的标准及试验参数

盐雾试验的样板制备按国标“GB/T1765-79 测定耐湿热、耐盐雾、耐候性的漆膜制备法”进行。样板规格有两种:

①100 mm × 150 mm[要求在样板上沿

对角线划十字交叉型划痕, 划痕处露出金属, 漆膜厚度为(70 ± 5) μm]。

②70 mm × 150 mm[不要求划痕, 漆膜厚度为(40 ± 5) μm]。

盐雾试验过程按国标“GB/T1771-91 色漆和清漆耐中性盐雾性能的测定”进行。主要试验参数为: 盐水浓度: (5 ± 1)% ; pH 值为 6.5~7.2; 喷雾量: 1~2 mL/80 cm² · h; 试验室温度: (35 ± 2) °C; 饱和桶温度为(50 ± 2) °C; 试验室相对湿度: 90%以上; 喷雾方式: 连续喷雾; 喷雾压力为 0.1 MPa。

2 盐雾试验影响因素分析

2.1 样板制备

试验样板的基材处理、漆膜的制作及养护的好坏, 直接影响盐雾试验的结果。影响因素分析如表 1 所示。

正确的样板制作方法为(自干漆): 冷轧钢板的表面处理严格按 GB/T9271-1988 进行, 先涂装背面漆, 然后采用压缩空气喷枪喷涂试验样漆, 气压力为 0.4~0.5 MPa, 喷涂 2 遍, 间隔 24 h 喷涂。控制干膜厚为(40 ± 5) μm(不要求划痕)或(70 ± 5) μm(要求划

表1 样板制备过程中的影响因素分析

影响因素	表现形式及后果	预防对策
底材处理不干净	影响漆膜对底材的附着力, 加速漆膜起泡、锈蚀甚至脱落	冷轧钢板的表面处理严格按 GB/T9271-1988 进行
漆膜厚度	漆膜偏薄, 耐盐雾性能减弱; 漆膜偏厚, 耐盐雾性能增强	用测厚仪及喷涂经验, 将厚度误差控制在 $\pm 5 \mu\text{m}$ 的范围
养护环境	灰尘污染, 易形成腐蚀点; 环境温度和湿度的变化, 影响漆膜的状态	将样板放入恒温恒湿箱中养护
其他因素	手指接触漆膜而留下的汗渍、油渍和碰伤, 都可能在盐雾试验中形成最早的腐蚀点	试验前, 保证漆膜表面的干净、完整

痕), 室温放置 7 d 后, 用松香和石蜡封边。

2.2 温度的影响

试验温度与腐蚀速度的关系如图 1 所示。

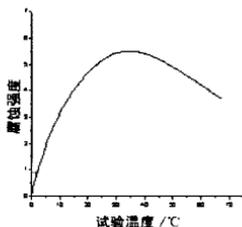


图1 试验温度与腐蚀速度的关系

温度升高, 漆膜表面的腐蚀速度加快, 漆膜表面液膜中离子的迁移速度和氧气的扩散速度也大大加快, 根据阿累尼乌斯公式 $V=A_0 e^{(-Q/RT)}$ 可知(式中 V : 反应速度; A_0 : 试验常数; e : 自然常数; R : 气体常数; T : 绝对温度; Q : 试验温度): 温度每升高 10°C , 化学反应速度增加约 2~3 倍, 即盐雾腐蚀速度加快。但随着温度的进一步升高, 氧气(腐蚀因子)在溶液中的溶解度降低, 同时温度升高, 盐溶液容易产生盐析, 使盐雾腐蚀速度减慢。所以试验过程中应避免温度波动较大, 将试验温度严格控制在 $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的范围内。

2.3 湿度的影响

试验湿度低, 空气干燥, 相对腐蚀速度慢, 在相同的温度条件下, 腐蚀速度与相对湿度成正比, 其关系如下: 腐蚀速度 = $(\Psi - 65) \times 1.045 \times t/10$ (式中 Ψ : 相对湿度; t : 试验温度), 从公式中可知, 当相对湿度大于 65% 时, 金属容易生锈, 腐蚀速率且随相对湿度和温度的增加而加快。在盐雾试验中, 为减少湿度波动对试验结果的影响, 试验室相对湿度应控制在 90% 以上。

2.4 氯化钠溶液浓度的影响

盐溶液浓度与金属腐蚀失质量的关系如图 2 所示。在一定温度条件下, 腐蚀速度是由两个主要的因素即盐浓度与溶解在溶液中的氧含量来控制的。当溶液中氧含量能满足电化学反应时, 腐蚀速度受盐浓度控制, 即氯离子浓度越大, 发生的腐蚀反应越强, 腐蚀速度随浓度的增加而增加。当浓度超过 5% 后, 随浓度的增加, 溶解的氧的含量降低, 不能满足电化学反应的需要, 这时腐蚀速度是受溶液中氧的含量来控制。虽然氯离子浓度变大, 但此时起主要作用的是氧, 所以腐蚀速度随浓度的增加而变小。在 5% 左右浓度时的腐蚀速率最高, 因此标准中一般都采用 5% 的氯化钠水溶液。

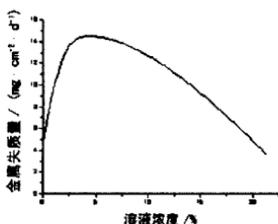


图2 金属失质量与盐溶液浓度的关系

为减少氯化钠溶液浓度对试验结果的影响,应定期对溶液浓度进行测量,测量时可采用密度法,一般5%的氯化钠溶液在25℃时的密度在1.029~1.041 g/mL,用比重计即可快速准确地进行测量。同时严格控制氯化钠溶液的纯度,如采用符合GB1266规定的氯化钠和GB6682规定的三级水来配制溶液,防止其他杂质离子对腐蚀速率造成影响。

2.5 氯化钠溶液 pH 值的影响

腐蚀速率与 pH 值的关系如图3所示。

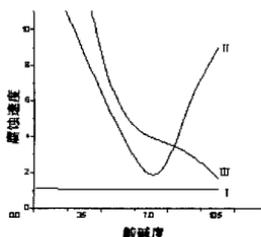


图3 腐蚀速度与溶液 pH 值的关系

由图3可知,溶液 pH 对金属的腐蚀速率的影响有三种情况:①腐蚀速率不受 pH 的影响,见曲线 I,如金、铂等。②随 pH 增高,腐蚀速率先减少后增大,见曲线 II,如铝、铅等。③随着 pH 的增加,腐蚀速率也降低,见曲线 III,如铁、锡等。虽然随着 pH 值的变化,腐蚀速率有不同的变化,但都存在一个稳定区域及中性区域附近。为了控制试验参数,增强试验的重现性,通常选用

中性盐雾试验,控制 pH 值为 6.5~7.2 之间, pH 值范围越窄,试验重现性越好。

在盐雾试验中,应定期用 pH 计(精度为 0.1 pH)对溶液的 pH 值进行测量,偏高时可用醋酸溶液进行调节,偏低时用氢氧化钠溶液进行调节。

2.6 盐雾沉降率的影响

盐雾沉降率与腐蚀速率的关系如图4所示。盐雾沉降率是指单位时间内在单位表面积上沉降盐雾的多少。当沉降率低时,膜层较薄,氧透过水膜很快到达阴极表面,当膜层厚到一定程度,则氧到达阴极的难度加大,但电化学反应速度并不因为沉降率的加大而加快。当盐雾沉降率小于 0.5 mL/80 cm² h 时,金属表面液膜较薄,氧会很快透过液膜到达阴极表面,故随沉降率上升腐蚀速率会快速上升,随着沉降率的增加,金属表面有中等厚度的液膜,随沉降率上升其腐蚀速率会缓慢上升,当盐雾沉降率超过 2 mL/80 cm h 时,金属表面的液膜加厚,氧的扩散阻力加大,故腐蚀速率并没有明显加速。所以取适中的盐雾沉降率会使腐蚀速率稳定,试验结果的重现性好。一般标准规定盐雾沉降率为 1~2 mL/80 cm² h,此时腐蚀速率变化范围小,便于控制。

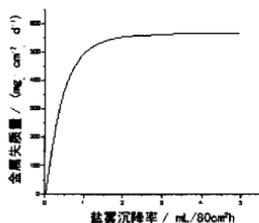


图4 金属失质量与盐雾沉降率的关系

盐雾试验前,须将盐雾沉降率调到规定范围内方可进行试验,试验过程中,应定期测定喷雾量,计算出盐雾沉降率,若有偏差,可通过调节喷嘴上方的锥形挡板的高低来调

整盐雾沉降率。

同时喷雾压力的大小也会对盐雾沉降率产生较大影响。压力偏大, 盐雾沉降率增加, 压力过小, 沉降率降低, 且产生的盐雾颗粒粗, 喷雾效果差。所以一般控制喷雾压力在 0.1 MPa 左右。

2.7 样板放置角度与位置的影响

试验过程中, 样板在盐雾箱中的放置方式, 即样板与垂直线所成的角度, 对试验结果也有较大的影响。盐雾是从上向下沉降的, 样板与垂直线所成的角度越大, 漆膜接受盐雾的面积增大, 使腐蚀加剧, 反之则相反。所以一般标准规定样板与垂直线所成的角度为 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 角为宜。

试验过程中每次检查完后, 应交换样板的放置位置, 以消除由于盐雾试验箱内喷雾量与温度的不均匀而引起的试验误差。

2.8 其他应注意的问题

2.8.1 快速地对腐蚀过程进行观察

在盐雾试验过程中, 中途停机开箱对样板的腐蚀情况进行观察时动作要快, 一般要在 30 min 内完成检查, 因为中断盐雾试验会加剧样板的腐蚀。一方面由于盐雾试验箱内外温差的变化, 导致漆膜和金属样板均会产生一定的收缩或膨胀, 由于两者之间的膨胀系数不一致, 导致漆膜对金属样板的附着力下降, 影响漆膜的耐盐雾腐蚀性能。另一方面, 在观察过程中, 漆膜表面的液膜逐渐风干, 会使腐蚀作用由湿态腐蚀转为干态腐蚀。干态腐蚀时, 空气中的氧会直接穿过漆膜到达金属阴极表面, 大大加速金属的腐蚀速度。

2.8.2 正确对试验结果进行评价

(1) 起泡的判断与评价

起泡是漆膜由于局部丧失附着力而从基材表面升起的呈圆顶状突起。它通常是漆膜防腐蚀能力不足的最先的外观表征。在试验

中往往出现以下几种起泡情况: 一是在三块样板中只有一块出现局部非均匀性的起泡, 一般情况下, 可认为是起泡的原因是由于底材未处理好或其他外界因素引起的。若有两块或三块样板均出现起泡, 并伴有锈蚀现象, 可判定是涂料本身的质量问题。

(2) 锈蚀的判断与评价

造成生锈的原因有两种: 一是在制板过程中有灰尘颗粒落在板面上, 灰尘颗粒处可能形成一个锈蚀点。另一种是涂膜本身不致密, 氧和其他腐蚀因子由此渗入而形成腐蚀点, 两种情况须分别对待。在对有划痕的样板进行锈蚀评价时, 一般要求整个板面不生锈, 十字划痕处单向锈蚀宽度小于 2 mm 为合格。

3 结语

虽然影响盐雾试验结果的因素很多, 导致盐雾试验的重现性较差, 同时盐雾试验结果与户外暴露的关联性也备受一些专家的置疑, 但它作为一种快速的试验检验方法, 又具有一定的代表性, 目前尚无更好的方法来取代它。盐雾试验在防腐产品的性能考核中仍然发挥着重要作用, 随着对盐雾试验的研究工作深入展开, 涂料行业的盐雾试验将会更加可靠, 更加有效。

参考文献

- [1] 王丽. 盐雾试验参数确定的理论依据浅析. 环境技术, 1998, (1): 14-18
- [2] 曾凡辉, 等. 水性环氧防腐涂料耐盐雾性能研究. 中国涂料, 2004, (12): 26-28
- [3] 姚连芬. 盐雾沉降率对产品腐蚀危害的研究. 环境技术, 1993, (10): 8-12
- [4] 田双双. 有关涂料盐雾试验及结果评价的探讨. 上海涂料, 2004, (12): 37-38
- [5] GB/T1765-79. 测定耐湿热、耐盐雾、耐候性(人工加速)的漆膜制备法
- [6] GB/T1771-91 色漆和清漆. 耐中性盐雾性能的测定