

三种不同点蚀深度测量方法的比对分析

宁文涛*

(冠标(上海)检测技术有限公司, 上海 201800)

摘要: 目的 本文主要介绍三种测量点蚀深度的方法: 金相法、测微计法和显微法, 并探讨它们在不同点蚀情况下的差异及其对测量结果的影响。**方法** 本文针对碳钢和不锈钢表面的腐蚀坑, 利用这三种测量方法分别对这两种典型材质表面的点蚀坑进行测量, 并对测量结果进行了分析和讨论。**结果** 通过对比测量结果可知: 金相法较为精确, 但该方法属于破坏性测量; 测微计法仅适用于宽浅型的点蚀坑; 显微法不仅适用于宽浅型的点蚀坑, 也适用于点蚀坑底部较为窄小的情况。**结论** (1) 针对宽浅的点蚀坑, 金相法、测微计法和显微法三种方法均适用且结果一致; (2) 针对底部窄小的点蚀坑, 金相法和显微法较为适用且结果一致; (3) 金相法、显微法和测微计法测量腐蚀深度时, 应考虑均匀腐蚀造成的厚度减少量并对结果进行修正, 尤其是在均匀腐蚀较为明显的情况下。

关键词: 金相法; 测微计法; 显微法; 点蚀深度

Comparative analysis of three different pitting depth measurement methods

NING Wen-Tao*

(Global-Standard (Shanghai) Testing Technology Co., Ltd., Shanghai 201800, China)

ABSTRACT: Objective This article mainly introduces three methods for measuring pitting depth: metallographic method, micrometer method and microscopy method, and discusses their differences in different pitting conditions and their influence on the measurement results. **Methods** Pitting pits on the surface of carbon steel and stainless steel were respectively measured by using these three measuring methods. and the measured results were analyzed and discussed. **Results** By comparing the measurement results, we can see that the metallographic method is more accurate, but it is destructive. The micrometer method is only suitable for wide and shallow pitting pits. The microscope method is not only suitable for wide and shallow pitting pits, but also for the small pit bottom. **Conclusion** (1) For wide and shallow pitting pits, metallographic method, micrometer method and microscopic method are applicable and the results are consistent; (2) For the small pitting pit at the bottom, metallography and microscopy are more suitable and the results are consistent; (3) When the corrosion depth is measured by metallographic, microscope and micrometer methods, the thickness reduction caused by uniform corrosion should be taken into account and the results should be corrected, especially in the case of more obvious uniform corrosion.

KEY WORDS: metallography method; micrometer method; microscopy method; pitting depth

0 引言

汽车由各种金属材料零件和非金属材料零件组成, 在汽车

使用的各种环境中材料都会有腐蚀问题。金属腐蚀导致全世界每年每辆汽车平均损失为 150~250 美元^[1]。这些腐蚀发生在汽车的各个零部件上, 轻则影响汽车外观, 重则造成功能损伤,

* 通信作者: 宁文涛, 硕士, 工程师, 技术负责人, 研究方向为材料在不同环境下的寿命测试和评估。E-mail: ningwt@gst-test.com.cn

*Corresponding author: NING Wen-Tao, Master, Engineer, Technical Director, No. 1215, Yuanda Road, Jiading District, Shanghai 201800, China. E-mail: ningwt@gst-test.com.cn

导致交通事故,危及人的生命财产安全^[2-3]。汽车的腐蚀形态有很多,腐蚀宏观上主要表现为全面腐蚀和局部腐蚀^[4]。涂层脱落导致汽车材料生锈,则引起全面腐蚀。而穿孔腐蚀主要发生于汽车不同部件的连接处,如孔槽部位,进入的水分很难立即挥发,长时间维持较高的湿度和盐度,形成腐蚀性较强的环境,最终导致汽车主体材料的穿孔破坏^[5]。一般来说,穿孔腐蚀比全面腐蚀破坏的程度更大。各大车厂对腐蚀后点蚀的测量也尤其重视,如通用汽车 GMW 15272 标准中明确规定功能检查时不允许有金属损失(即疏松腐蚀产物的剥落或明显的点蚀),如有任何的金属损失,必须进行分析测量以便确认是能够满足功能要求^[6],这就对点蚀的测量方法提出了要求。ISO 11463-1995《金属和合金的腐蚀 点蚀的评估》中说明了三种测量点蚀深度的方法^[7]:金相法、测微计法和显微法,但未就三种方法的优劣势进行讨论和说明。不同的点蚀坑具有不同的横截面形状,常见的点蚀坑横截面形状有宽浅型、椭圆型和底切型。而不同的点蚀坑横截面形状对测量方式的要求也不相同。因此:针对不同的腐蚀情况,寻找一种快捷的,合适的点蚀深度测量方法就显得尤为重要。本文正是基于这一点,讨论了三种点蚀测量方法的优劣势,从而进一步讨论了不同点蚀情况所适用的点蚀深度测量方法。

1 材料与方 法

点蚀深度的测量方法有三种:金相法、测微计法和显微法。金相法是指将预先选好的蚀坑垂直剖开,镶嵌横截面,然后在抛光表面上进行测量来确定蚀坑深度。测微计法是利用测微器上的尖针去探测蚀坑腔来测量点蚀深度,探针伸入的距离即为蚀坑的深度。显微法是将金属表面的单个蚀坑放在低倍物镜正中,增加物镜的倍数直到蚀坑面积占有视野的大部分,在蚀坑的边缘进行聚焦并记录旋钮读数,然后在蚀坑底部聚焦并记录旋钮读数,两者的差值即为蚀坑深度。本文采用整车上常用的两种材料:低碳冷轧钢板和不锈钢(403M)板进行腐蚀试验,使用金相法、测微计法和显微法来测量其点蚀深度,探讨三种测量方法之间的差异性。

(1) 选取 1 块低碳冷轧钢板依据 GMW 14872, EXT 条件进行循环腐蚀试验 25 个循环,然后采用喷砂除锈的方法除掉表面锈蚀产品^[8]。在钢板上选取 3 个点蚀较深的点,先采用测微计

法和显微镜法测量其点蚀深度,最后对 3 个点剖开镶嵌横截面并使用金相法测量其点蚀深度。

(2) 选取 1 块不锈钢板(403M)依据 GMW 14872, EXT 条件进行循环腐蚀试验 70 个循环,然后采用化学除锈的方法除掉表面锈蚀产品^[9]。在不锈钢板上选取 3 个点蚀较深的点,先采用测微计法和显微镜法测量其点蚀深度,最后对 3 个点剖开镶嵌横截面并使用金相法测量其点蚀深度。

(3) 显微镜法和金相法使用的设备为金相显微镜(型号:DM2700,生产厂家:德国徕卡)。测微计法使用的设备(如图 1)为数显千分尺(型号:0-20 mm,生产厂家:日本三量),并且对该设备进行了改进,在其上增加了一个尖端(如图 2)。



图 1 测微计法使用的设备

Fig.1 Equipment for micrometer method



图 2 设备改进部分细节图

Fig.2 Details of equipment improvement

2 结果与分析

2.1 低碳冷轧钢板点蚀深度的测量结果

使用测微计法、显微镜法和金相法对除锈后的低碳冷轧钢板上的点蚀深度进行测量,测量数据如表 1。图 3 为使用金相法测量点蚀深度的金相图。从表 1 可以看出,三种方法测量的结果较为相近。从金相图可以看出,低碳冷轧钢板的蚀坑类型为宽浅型,腐蚀坑规则且宽大,测微计的尖端能够很好的进入到腐蚀坑的底部并进行测量。

表 1 低碳冷轧钢板点蚀深度的测量结果

Table 1 Measurement results of pitting depth of low carbon cold-rolled steel

方法	结果(μm)		
	位置 1	位置 2	位置 3
测微计法	112	116	118
显微镜法	114	117	120
金相法	115	118	120

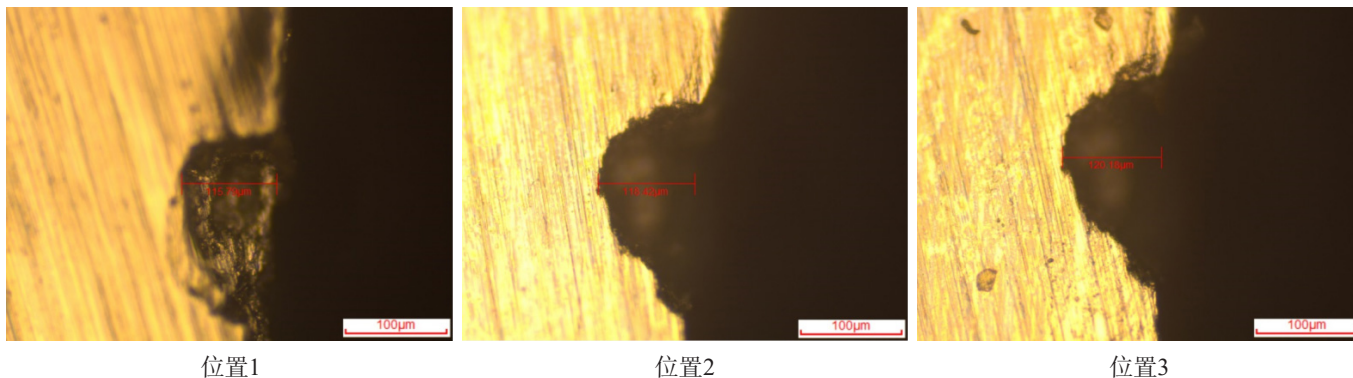


图 3 低碳冷轧钢板点蚀坑的金相法测量

Fig.3 Metallographic measurement for low carbon cold-rolled steel

2.2 不锈钢板点蚀深度的测量结果

使用测微计法、显微镜法和金相法对除锈后的不锈钢板上点蚀深度进行测量，测量数据如表 2。使用金相法测量点蚀深度的金相图如图 4。从表 2 可以看出，显微法同金相法测量

的数据相近，而测微计法所测得数据比两者小且相差较大。从金相图可以看出，不锈钢板的蚀坑类型为椭圆形，底部较为窄小，测微计的尖端不能够进行到点蚀坑的底部进行测量。

表 2 不锈钢板点蚀深度的测量结果

Table 2 Measurement results of pitting depth of stainless steel

方法	结果 (μm)		
	位置 1	位置 2	位置 3
测微计法	23	36	33
显微法	41	65	69
金相法	42	63	70



图 4 不锈钢板点蚀坑的金相测量

Fig.4 Metallographic measurement for stainless steel

3 讨论与结论

(1) 金相法的结果较为精确，是目前公认的测量深度的方法，也是仲裁目的时所推荐的方法。但由于使用该方法测量时需要破坏样品且对测量位置的选取要求较高，要求测试人员对蚀坑的选择有熟练的操作技巧且耗费时间，因此限制了该方法的应用。显微法和测微计法为非破坏性测量，且操作简单快速。显微镜法特别适用于蚀坑较狭窄且探针很难伸入蚀坑内的情况，但由于受设备样品台的影响，显微镜法对于较大和不平整的零

件测量较为困难。测微计法设备简单，不受样品大小和形状的影响，但目前市面上这种带有细针尖头的测微计较少，本文通过对数显千分尺进行改造，在其一端增加一个尖端后很好的实现该目的，能够方便的测量出点蚀的深度。

(2) 由于金相法较为精确，故以金相法测量的数据为参考结果。GB/T 18590-2001 中对浅宽型、椭圆形和底切型点蚀坑的横截面形状进行了描述^[10]，如图 5。针对低碳冷轧钢板，从表 1 中数据可以看出，测微计法和显微镜法测得结果均较理想。这是因为低碳冷轧钢板蚀坑类型为宽浅型，测微计上的针尖能够

容易插入蚀坑内触到底部。针对不锈钢板,从表2中数据可以看出,显微镜法测得结果较为理想,而测微计法结果偏小且不准确,主要是由于不锈钢的蚀坑类型为椭圆型,蚀坑底部较窄小,测微计上的针尖不能够伸入到蚀坑底部导致结果不准确且偏小,而蚀坑底部窄小对显微镜法没有影响,只要光能在蚀坑底部可以聚焦即可,因此,针对窄深的点蚀坑,显微镜法测得结果较为理想。当然,对于一些特殊的点蚀类型,如底切型等,由于该种点蚀坑的腐蚀方向在基材中发生了变化,导致显微镜法和测微计法均不适用,对于该种类型的点蚀坑,只能采用金相法进行测量。



图5 点蚀坑的微观结构取向类型

Fig.5 Microstructure orientation types of pitting pits

(3) 金相法、显微镜法和测微计法均是以除锈后的面为基准面,所以测得的点蚀深度并非样品因腐蚀而造成的最大腐蚀深度。如果需要测量最大腐蚀深度,此时应对测得的点蚀深度值进行修正,即通过失重计算样品的均匀腐蚀量,将均匀腐蚀厚度考虑进去。对均匀腐蚀较为明显的情况,测量最大腐蚀深度时,尤其需要考虑均匀腐蚀造成的厚度减少量。

4 结论

(1) 低碳冷轧钢的点蚀坑较为宽浅,金相法、显微镜法和测微计法均可适用,测得的结果能够保持一致,较为理想。

(2) 不锈钢的点蚀坑底部较为窄小,测微计法获得的结果偏小,显微镜法同金相法结果较为理想,该种类型的点蚀坑建议采用金相法或显微镜法进行测量。

(3) 金相法、显微镜法和测微计法测量腐蚀深度时,应考虑

均匀腐蚀造成的厚度减少量并对结果进行修正,尤其是在均匀腐蚀较为明显的情况下。

参考文献

- [1] 朱春东. 汽车腐蚀与防护 [J]. 腐蚀防护之友, 2014, 2(06): 44.
- [2] 刘杏, 徐文嘉, 朱焱, 等. 汽车腐蚀研究方法 [J]. 天津汽车, 2001, (01): 35-38.
- [3] 耿燕妮. 汽车中的防腐技术 [J]. 新技术及应用, 2006, (09): 44-45.
- [4] 黄建中. 汽车腐蚀与防护技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [5] 洪乃丰. 氯盐类融雪剂的腐蚀危害与实验方法的讨论 [J]. 工业建筑, 2006, (10): 61-64.
- [6] GMW 15272-2015 腐蚀性能规范 [S]. 美国: 通用汽车, 2018.
- [7] ISO 11463:1995 金属和合金的腐蚀 点蚀评定方法 [S]. 瑞士: 国际标准化组织, 1995.
- [8] GMW 14872-2013 循环腐蚀试验方法 [S]. 美国: 通用汽车, 2018.
- [9] ISO 8497:2009 金属和合金—腐蚀样品表面腐蚀产物的去除方法 [S]. 瑞士: 国际标准化组织, 2009.
- [10] GB/T 18590-2001 金属和合金的腐蚀点蚀评定方法 [S]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2001.

作者简介



宁文涛, 硕士, 工程师, 技术负责人, 研究方向为材料在不同环境下的寿命测试和评估。