

金相显微技术在交通设施镀锌层检测中的应用

高速公路建设是一个投资庞大的工程，为了延长其使用寿命而获得更大的经济效益，必须要保证它的建设质量，而交通工程设施是高速公路的一个重要组成部分，其使用寿命在一定程度上影响着高速公路整体的使用寿命，为此需要建立一套完善的、科学的检测手段，以确保公路交通设施的质量。防腐性能是交通工程设施检测中的一项重要指标，其表面的镀锌层是基体钢材的“保护伞”，而“保护伞”是否合格关系到设施的使用寿命。传统的镀锌层检测采用三氧化铋法、测厚仪、硫酸铜法，操作复杂。本文通过介绍现代化金相显微技术，提出了一种新的交通工程设施镀锌层检测方法，并已被应用到实际的检测工作中。

1 交通工程设施镀锌工艺及镀锌层结构

1.1 镀锌工艺

钢铁材料的十分之一消耗于腐蚀。为此，人们力图通过各种手段来避免或减少钢铁的腐蚀损失。常用的镀锌层对钢铁制品有着良好的防护作用，因为锌是既可以防止钢铁的大气腐蚀，又能受自身腐蚀产物的保护，使自身腐蚀速度减缓的一种金属，因而被广泛地应用于大气中钢铁材料的防腐蚀当中。在各种镀锌方法中，有热镀锌、电镀锌、热喷镀、真空蒸发镀等，交通工程设施生产厂家所采用的主要防腐处理方法是热浸镀锌。热浸镀锌是目前应用广、性价比较适中的防腐处理方法，其工序为：酸洗→水洗→碱洗→水洗→稀盐酸处理→助镀→热浸镀→冷却。

1.2 镀锌层结构

在热镀锌工艺的温度范围内，它所产生的相层由铁开始，分别如下：

a) α 相它是锌溶入铁中所形成的固溶体，当温度在 $450^{\circ}\text{C}\sim 460^{\circ}\text{C}$ 范围时，其锌含量约为 10%，当温度下降时，则锌在该相内的溶解度降低，当冷却至室温时，锌含量为 6%，多出的锌则形成了含锌量高的 γ 相 ($\text{Fe}_3\text{Zn}_{10}$)；

b) $\alpha + \gamma$ 的共晶混合物它在 623°C 以上才能形成；

c) γ 相它是以 $\text{Fe}_3\text{Zn}_{10}$ 和 $\text{Fe}_3\text{Zn}_{27}$ 为主成分的中间金属化合物，这个相是镀层中较硬同时也是较脆的相；

d) $\gamma + \delta$ 的包晶混合物它是只有在 668°C 以上才能形成的组织；

e) δ 相它是以 FeZn_7 为主体的中间金属相，这种组织的硬度较高，但塑性较好；

f) δ 相与 ζ 相的包晶混合物它是在 530°C 时形成的混合物；

g) ζ 相它是以 FeZn_{13} 为基础的中间金属相；

h) η 相它是以锌为主，只有微量 (0.003%) 铁的铁-锌固溶体 (可以认为是纯锌相)。

然而，纯锌的熔点为 419.4°C ，在热浸镀锌时一般锌的温度都在 500°C 以下，当镀锌温度超过 470°C 时，一些对于镀锌不利的锌铁金属化合物则快速生长，这会给设备和生产带来一些不利的影 响。因此在实际的钢铁热镀锌生产过程中，热镀锌的温度都不超过 490°C ，并且浸锌时间不会过长，所以在镀锌钢材表面很难获得以上全部相层结构，只能产生一些在 $420^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ 之间可以生成的相层结构。

2 金相显微镜用于镀锌层厚度检测

2.1 金相显微镜的基本结构

本显微镜主要观察的是不透明物体，用以研究材料的金相组织。由于被观察的试样大小不一，因此，将载物台位于镜架上方，以利于试样复置并能使试样表面与仪器光轴的垂直。同时，被观察物体是不透明的材料表面，所以必须利用电源照明才能使用。

显微镜的光路比放大镜复杂，如图 2 所示，其光线由灯泡 1 发出，经聚光镜组 2 会聚，由反光镜 8 将光线均匀地半聚集在孔径光阑 9 上，经过聚光镜组 3，再将光线透过半反射镜 4 聚集在物镜组 6

的后焦面，这样就使物体得到库勒照明。由物体表面反射回来的光线复经过物镜组 6 和辅助透镜 5 到半反射镜 4 而折转向辅助透镜 11，以及棱镜 12 与棱镜 13 等一系列光学系统造成倒立放大的实像，由目镜再度放大，这就是观察者从目镜视场里所看到的物体表面经放大的像。

2.2 检测过程

2.2.1 金相试样的制备

2.2.1.1 试样的截取

选取送检样品表面完好的部分，用电动切割机切取合适的形状和尺寸试样，在切割时应尽量减小变形和发热，以保证所取试样组织与原金相组织一致。

2.2.1.2 试样的镶嵌

若试样尺寸过于细薄，则磨光抛光不易持拿，为此需要镶嵌或夹持试样。镶嵌指把试样镶入镶嵌材料中；夹持指把试样夹入预先制备好的夹具内。

2.2.1.3 试样的磨制

经截取和镶嵌的试样表面粗糙、形变层厚，在显微镜检查之前，必须经过磨光和抛光。磨光是为了消除取样时产生的变形层，为此一般先用砂轮磨平，再用砂纸磨光，并尽量不要用机械磨光，以防用力过大而破坏断面的金相组织结构。金相试样经磨光后，仍有细微磨痕及表面金属形变扰动层，这将影响正确的显示组织，因而必须通过抛光加以消除。

2.2.2 金属显微组织的显示

要从抛光好的金相试样中得到有关的显微组织信息，必须经过组织的显现，即浸蚀或腐蚀。未经浸蚀的金相试样，只有显微组织组成的反光能力差别大于 10% 时才能明显区分开来。多数情况下，抛光的金相试样若不经浸蚀，不能显示其显微组织。根据对抛光表面改变的情况，组织显示方法一般分为光学法、化学法和物理法。本文主要采用化学法，即用 4% 硝酸酒精擦拭并浸蚀一定时间后立即用流水冲洗，再用酒精漂洗，热风吹干后，用显微镜观察。

2.2.3 镀锌层均匀性以及镀锌工艺的判断

通过金相检测可直接观察到镀层的组织结构、镀层与基体的结合情况以及镀层中的微观缺陷(如孔洞、裂纹、夹杂物等)，从而可以鉴定镀层的质量及均匀性。通过金相观测可以判断其镀锌工艺：热浸镀锌的锌与钢铁基体有反应层，另外纯锌层在凝固时有明显的凝固组织，而电镀是通过电沉积镀锌，没有以上特征。

2.2.4 镀锌层厚度的测量

测量镀层厚度可以采用显微镜测量法：将试样的横断面通过镶嵌、磨光、抛光、浸蚀的程序，制备成具有镜面光洁度可供显微镜放大观察、测量的试样，此时在显微镜下可以清晰地看到基体与镀层的界面，此时即可准确地测量镀层的厚度，在放大的显微图象上采用显微测微尺直接测量镀层的厚度，然后用测量的厚度值除以显微镜放大倍数即得实际镀层厚度。

3 实例——金相显微镜用于交通工程设施镀锌层的检测

西安公路交通大学公路工程检测中心(原交通部西安公路工程检测中心)是 1998 年经交通部批准成立的具有甲级资质的检测机构，设于长安大学公路学院。西安公路交通大学公路工程检测中心交通工程检测室对子洲至靖边高速公路某标段护栏立柱进行了检测，检测项目包括镀锌工艺、镀锌层厚度，具体利用金相显微镜仪器检测试件镀锌层的均匀性以及镀锌工艺。

4 结论

传统的镀锌层厚度测试采用三氧化铋法或镀层测厚仪测试。相比而言，三氧化铋法操作复杂，精确度不高；镀层测厚仪方法比较简便快捷，便于现场测试，但由于金属层的反应灵敏度有差异，其测试结果误差较大。传统镀锌层的均匀性试验一般也采用硫酸铜法，测试过程比较复杂。金相显微技术

用于镀锌层检测，操作比较简单，检测全过程是在没有破坏镀锌层结构的前提下进行的，测试结果精确度较高，而且可以很直观地从金相照片上判断出镀锌层的均匀性和镀锌工艺。