

## 微量元素对热浸镀锌波形梁钢护栏防腐层质量的影响

王成虎

(交通部公路科学研究院,北京 100088)

**[摘要]** 热浸镀锌工艺目前广泛应用于高速公路波形梁钢护栏防腐处理。在生产过程中护栏及锌液中不可避免地存在或人为添加一些微量元素,这些微量元素对热浸镀锌层的质量起关键性作用,不适当的使用可能造成各种缺陷。对护栏材质中微量元素(C、Si、P、S)以及锌液中的微量元素(Fe、Al)对热浸镀锌影响成因进行了分析,并简单介绍了由此造成缺陷的解决方法。

**[关键词]** 热浸镀锌;护栏;防腐层;微量元素

**[中图分类号]** TQ153.4

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1001-3660(2007)04-0091-02

## Effect of Trace Element on Anticorrosion for Zinc Coat W-beams Barriers

WANG Cheng-hu

(Highway Research Institute of Ministry of Communication, Beijing 100088, China)

**[Abstract]** Hot dip galvanization is the present widespread application used in anticorrosion for zinc coating W-beams barriers. There are some trace elements in barriers and zinc solution inevitably. The trace elements affect quality of zinc coating. The effect of trace elements in barriers and zincing were analyzed, and resolvent were recommend simply.

**[Key words]** Hot dip galvanization; Barrier; Anticorrosion layer; Trace elements

### 0 引言

随着公路的飞速发展,沿线设施越来越完善,各种各样的安全设施产品不断涌现并对其质量要求越来越高。波形梁钢护栏是路侧安全设施中对乘员和财产起到重要防护作用的产品,属于半刚性护栏。而其防腐层形式也分为很多种,包括热浸镀锌、纯聚酯静电喷涂、热浸PE粉末涂层等等。

热浸镀锌是公路波形梁钢护栏一种主要的防腐形式,在国内各省的高速公路及等级公路中应用十分广泛。然而热镀锌质量参差不齐,在对公路护栏测试的过程中时常碰到各种热镀锌缺陷。在热镀锌生产中,由于一些微量元素和生产工艺因素的影响,会使铁锌反应过于剧烈,难以抑制,从而产生一系列的缺陷:镀层过厚、色差严重、附着力差、锌瘤毛刺多、表面粗糙、有流痕等,这些都会大大影响护栏热镀锌层质量。经过长时间的生产实践和研究测试证明,造成这些缺陷的主要因素包括2个方面:护栏材质中的微量元素以及锌液中的微量元素。本文简单分析了以上2个方面微量元素的影响,同时简单介绍了相应的解决方法。

### 1 护栏材质中微量元素对热镀锌层的影响

在护栏生产过程中,所选钢铁材质基体的状态对镀锌层质量也是有很大影响的,往往是基体的状态不良,即使镀锌工艺合理、稳定,也同样会造成镀锌层过厚、有色差、表面灰暗、粗糙、有

锌渣和龟裂纹等表面缺陷。引起这些现象的主要是钢基体中的化学成分(如碳、硅、磷等元素),在镀锌过程中影响稳定的铁锌合金层和锌层的形成,从而在镀层表面表现出灰暗镀层、色差、裂纹、锌渣等明显缺陷。

公路波形梁钢护栏结构件限用结构钢Q235制造。Q235材料中常存在元素碳、硅、锰、磷、硫,表1列出了其化学成分。

表1 Q235钢的化学成分

Figure 1 Chemical element of Q235 steel

牌号	等级	化学成分/%				
		C	Mn	Si	S	P
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65	≤0.30	≤0.050	≤0.045
	B	0.12~0.20	0.30~0.70	≤0.30	≤0.045	≤0.045
	C	≤0.18	0.35~0.80	≤0.30	≤0.040	≤0.040
	D	≤0.17	0.35~0.80	≤0.30	≤0.035	≤0.035

#### 1.1 碳

碳是钢铁中不可或缺的元素,含碳量不同,钢材的性能也不同。而在热浸镀锌过程中,钢铁基体中碳含量越高,Fe-Zn反应越剧烈,Fe-Zn合金层的生长速率也越大,获得的镀层也越厚。因此,含碳量过高会导致Fe-Zn合金层厚度增大,造成镀锌层附着性能下降,严重者还会诱发脆性裂纹。

碳对Fe-Zn反应的影响不仅取决于钢中碳的浓度,还取决于钢中碳的存在形式以及分布的均匀程度。

工业纯铁在渗碳后Fe-Zn反应变得缓慢,这表明渗碳体较铁素体更稳定,更难与锌反应。因此,当有大的碳化物颗粒位于钢基表面时,会因为碳化物颗粒与锌不发生反应而出现漏镀。

当碳以石墨或回火马氏体的形式存在时,对Fe-Zn反应没有什么影响。当碳存在于球状或层片状珠光体中时,会增加Fe-Zn反应的速率。渗碳体本身难与锌反应,而当它作为组成

**[收稿日期]** 2007-05-28

**[作者简介]** 王成虎(1979-),男,辽宁丹东人,工程师,本科,主要研究方向:交通工程安全设施产品研究及测试。

珠光体的一部分时,珠光体钢却可以使 Fe、Zn 反应加剧。

## 1.2 硅

钢铁表面的硅通常以  $\text{SiO}_2$  网状膜形式存在,它的存在阻止了铁分子的扩散。钢铁中硅含量越高,阻止铁分子扩散的作用就越强。由于硅的阻止作用,很难形成稳定的铁锌合金层,钢铁表面和锌液之间就不能有效地隔离开,因此,Fe、Zn 反应仍得不到抑制,不断形成不稳定的铁锌合金层。同时,不稳定的铁锌合金层会脱落至锌液中,使锌液中含铁量过高,引起锌液流动性变差、表面张力增加,黏度增大,最后导致护栏表面上产生锌瘤、毛刺等缺陷,也增加了锌耗,提高了生产成本。由此可见,钢铁表面硅的存在是对镀锌有害的。在正常镀锌温度  $450^\circ\text{C}$  下,当钢中 Si 含量低于 0.03% 时,随着 Si 含量的增大,Fe、Zn 反应活性虽然增加,但仍可获得正常组织;当 Si 含量增加至 0.06% ~ 0.1% 范围以及大于 0.3% 时,Fe、Zn 反应活性急剧增大,出现活性峰值,这种现象称为 Sandelin 效应<sup>[1]</sup>。含硅 0.1% ~ 0.3% 时,危害较小;大于 0.3% 时,危害加剧,含硅量越高,危害越大。公路波形梁钢护栏使用的 Q235 钢含硅通常在 0.17% ~ 0.37%。使用含硅量高的钢材进行热镀锌生产,会造成热镀锌层厚、附着性差、色差严重的缺陷。所以在热镀锌生产中,最好采用含硅量较低的 Q235 钢。如果硅含量难以控制,则可以在锌液中加入合金以减少硅对热镀锌的影响,提高铁的扩散速度。这种方法的好处是成本低,没有污染而且对锌液成分影响不大,同时还可以提高镀锌表面光洁度<sup>[2]</sup>。部分生产厂是采用加入镍多元合金的方法。

## 1.3 磷和硫

磷对 Fe、Zn 反应的影响与 Si 类似。现代研究表明,硅和磷对热浸镀锌层的影响常用 Si + P 的总量评价。当钢中 Si 含量小于 0.05%,尚未处于 Sandelin 峰的范围时,若此时钢中 P 含量大于 0.03%,也会产生超厚镀层。Si + P 总量高时,会使热浸镀锌层厚度增大、脆性增高,而且外观由银灰色变成浅灰色。钢中 S 含量达 0.091% 对 Fe、Zn 反应及镀层连续性仍无明显影响。

## 2 锌液中微量元素对热镀锌层的影响

锌液中夹杂过多其它金属成分或有害元素,可能造成锌渣颗粒粘附在锌层表面和一些非正常的花纹、龟裂纹等缺陷。

### 2.1 铁

锌液中铁元素的来源主要有 4 个方面:锌锅与锌液之间的扩散、钢铁基体的溶解、助镀剂中的铁离子及基体表面的铁盐。锌液在使用一段时间后,护栏表面有时候会出现锌渣颗粒或堆积,这些小颗粒严重影响了镀锌层表面的光滑度,使表面粗糙,不美观。这种微小颗粒的主要成分就是 Fe-Zn 合金。在锌液中,温度为  $450^\circ\text{C}$  时,铁的饱和溶解度为 0.02%,当锌液中的铁含量超过 0.02% 时,就会析出铁锌合金颗粒,就是我们常说的锌渣。由于这种合金颗粒中铁含量较低,因此与锌的密度差异不大,就悬浮在锌液中,当对护栏等产品进行热浸镀锌处理时,合金颗粒就会连同锌液一起被护栏带出,附着在镀层表面,从而影响镀锌层的表面质量。同时铁元素的存在还会增加锌液的黏度和表面张力,降低锌液的流动性,使锌层厚度增加,锌瘤、毛刺

增多,既增加了锌耗,提高了生产成本,也降低了产品的质量。因此必须采用有效措施减少锌液中的铁含量,例如:严格控制酸洗、水洗过程中水中的含酸量,以减少代入溶剂中的铁盐;控制工艺条件,往锌液中添加阻止铁溶解的合金元素,如加入 DF 多元合金,该合金中的几种元素能与铁反应,分别生成底渣与面渣,还能使铁的溶解度降低,使锌液有良好的流动性,有效减薄锌层,减少锌瘤和毛刺。

### 2.2 铝

铝是热镀锌中最常用的添加元素。一般认为热镀锌时,在锌液中加入铝 (<1%) 可以起到提高镀层光亮性、减少锌液面的氧化、抑制脆性 Fe-Zn 相的形成而获得粘附性好的镀层的作用。而在实际生产中,锌液中含有 0.005% ~ 0.20% Al 就可以达到镀层光亮的目的,并可减少锌液表面的氧化和锌灰的产生<sup>[3]</sup>。但是,有时由于铝的添加,也会导致锌液中形成大量的铝、铁化合物,这种密度接近于锌液的颗粒也会悬浮于锌液中,使锌液变得十分黏稠,并容易附着在护栏表面上,严重损害了镀层质量。此时应立即停止添加合金,并采取锌液净化措施,降低铝含量,例如可向锌液表面撒氯化铵,它能与铝生成  $\text{AlCl}_3$  气体挥发掉。

### 2.3 其它元素的影响

近年来国内一些生产厂为了使镀锌温度下降、获得白亮镀层或抑制因护栏基体中含硅出现的 Sandelin 现象,在锌液中可能还会添加其它的一些元素,这些添加元素对于镀层性能有不同程度的影响,应适当控制元素的含量,不要一味追求某元素的作用,从而忽视了各元素彼此间的影响。例如:锌液中含有锡元素,可以获得美丽的锌花,但是过量的锡元素会使镀层的附着力下降<sup>[4]</sup>,并且锡元素含量的不同不仅会直接影响 Fe-Zn 合金层的厚度,而且还会降低有效铝元素的作用,甚至使镀锌层在冷却过程中极易形成粗大结晶和出现龟裂纹现象,影响镀锌层的表面光滑度和耐腐蚀性能。

## 3 结 语

交通行业标准 JT/T281-95《高速公路波形梁钢护栏》以及国家标准 GB/T18226-2000《高速公路交通工程钢构件防腐技术条件》中,对波形梁钢护栏热浸镀锌防腐层质量进行了明确的要求。护栏材质中以及锌液中的微量元素对波形梁钢护栏热浸镀锌防腐层质量起着重要作用,所以应严格控制微量元素的含量,生产出低成本、高质量的合格产品。

### [参 考 文 献]

- [1] 孔纲,卢锦堂,陈锦红,等. 钢中元素对钢构件热镀锌的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术,2004,16(3):162-165
- [2] 苗万群. 浅析高速公路波形梁钢热镀锌缺陷的成因及解决方法[J]. 交通科技与经济,2005,(1):41-42
- [3] 苗立贤,冯玲,史宪海,等. 钢铁制件热镀锌表面缺陷分析及控制[J]. 材料保护,2003,36(12):54-56
- [4] 周志伟,徐春华,李晓蕾. 钢构件热镀锌防腐层附着性能及测定[J]. 公路交通科技,2003,(6):156-158