

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2017.06.003

# 高Cr钢热浸镀锌层微观表征及其 腐蚀速率研究

刘静<sup>1</sup>, 吕福玲<sup>2</sup>, 庞晓旭<sup>3</sup>

(1. 新乡职业技术学院 机械工程系, 河南 新乡 453002; 2. 新乡职业技术学院 材料工程系, 河南 新乡 453002; 3. 河南科技大学 材料科学与工程学院, 河南 洛阳 471000)

**摘要:** 通过扫描电镜研究了30Cr2Ni4MoV钢热浸镀锌表面的显微组织, 采用静态质量损失法在3.5% NaCl溶液中进行0~96h的腐蚀试验。结果表明, 最佳热浸镀锌温度 $\theta$ 在520~580℃之间。镀锌层中的组织从钢基开始, 依次为 $\Gamma$ 、 $\delta_1$ 、 $\zeta$ 和 $\eta$ 相。随着热浸镀锌时间的增加, 镀锌层腐蚀程度发生较大变化; 腐蚀速率随着浸镀温度的增加表现出单调减小的变化趋势。

**关键词:** 30Cr2Ni4MoV钢; 热浸镀锌; 显微组织; 耐蚀性能

中图分类号: TG174.44 文献标识码: A

## Research on Microcosmic Characterization of High Cr Steel and Its Corrosion Rate

LIU Jing<sup>1</sup>, LV Fuling<sup>2</sup>, PANG Xiaoxu<sup>3</sup>

(1. Department of Mechanical Engineering, Xinxiang Vocational and Technical College, Xinxiang 453002, China; 2. Department of Materials Engineering, Xinxiang Vocational and Technical College, Xinxiang 453002, China; 3. college of materials science and engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000, China)

**Abstract:** The microstructure of hot-dip galvanized layer of 30Cr2Ni4MoV steel was studied by scanning electron microscopy, and the weightlessness corrosion rate in 3.5% NaCl solution for 0~96h was measured by static weight-loss method. The results showed that the best high Cr steel galvanized temperature was between 520~580℃. The galvanized layer of tissue from the beginning of the steel base followed by  $\Gamma$ ,  $\delta_1$ ,  $\zeta$  and  $\eta$  phase. With the increasing of galvanized time, great changes had taken place in the corrosion speed of galvanized layer. The corrosion rate increased with the increase of immersion plating temperature and showed monotone decreasing trends.

**Keyword:** 30Cr2Ni4MoV steel; hot dip galvanized; microstructure; corrosion resistance

### 引言

许多大型的钢建筑和设备都是暴露于大自然

中, 很容易因腐蚀而报废, 因此, 设法提高钢材表面的耐蚀性会对工业发展起到至关重要的作用<sup>[1-3]</sup>。表面电镀工艺可有效提高钢材表面硬度和抗氧化

收稿日期: 2016-11-12

修回日期: 2017-03-24

能力,进而明显改善钢材的耐蚀性<sup>[4-5]</sup>。

热浸镀锌表面在腐蚀环境中可以形成致密的薄膜,能提高镀锌层的使用寿命,而且在较高的浸镀温度下能够获得较强的涂层与基体结合力<sup>[6]</sup>。

热浸镀锌的目的是在钢材上形成良好的保护层,所以锌液温度是调控的重要参数,对镀层的防腐测量是最关键的指标<sup>[7-8]</sup>。

本文以 30Cr2Ni4MoV 钢为实验基材,分析和研究镀锌工艺参数,探索在实际生产过程中浸镀锌温度对高 Cr 钢表面的耐蚀性的影响。

### 1 实验材料和方法

实验材料为 30Cr2Ni4MoV 钢,试样尺寸为  $d 50 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$  圆饼状片。其化学成分见表 1。分别在不同锌液温度下进行热浸镀,浸镀 60 s。金相腐蚀剂采用 8% 硝酸酒精溶液,通过 JSM-6610LV 扫描电镜(SEM)进行观察和分析显微组织。

采用静态质量损失法分别测试腐蚀速率,将试样放入 3.5% NaCl 溶液内,在  $\theta$  为 35 °C 下保温 48 h。腐蚀前经金相砂纸逐级打磨抛光,然后用丙酮、无水酒精清洗。腐蚀后把样品在万分之一电子天平上测量试样腐蚀前后质量,计算腐蚀速率。

腐蚀速率计算公式为:

$$v = 10000(m_0 - m) / (\rho \times A \times t) \quad (1)$$

式中  $v$  为腐蚀速率,  $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ;  $m_0$ 、 $m$  分别为腐蚀前后的试样质量,  $\text{g}$ ;  $\rho$  为钢材密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  $A$  为试样面积,  $\text{cm}^2$ ;  $t$  为腐蚀时间,  $\text{h}$ 。

表 1 30Cr2Ni4MoV 钢的化学成分

元素	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Fe
$w/\%$	0.25	0.0035	0.30	28.75	3.70	0.42	余量

### 2 实验结果及分析

#### 2.1 镀锌层厚度与浸镀锌液温度关系

图 1 为镀锌层厚度随浸镀锌液温度的变化。由图 1 可知,随着浸镀锌液温度的升高,镀锌层厚度在 400 ~ 540 °C 范围内逐渐提高,而在 540 ~ 600 °C 范围内呈现下降趋势。因为钢材热浸镀锌  $\theta$  一般在 520 ~ 580 °C,若锌液温度太低不仅镀层厚度较小,

而且镀层质量较差。若温度太高,将会引起钢材表面镀锌层的快速成长,随后钢材表面锌层又熔入锌液中造成试样镀层厚度下降。

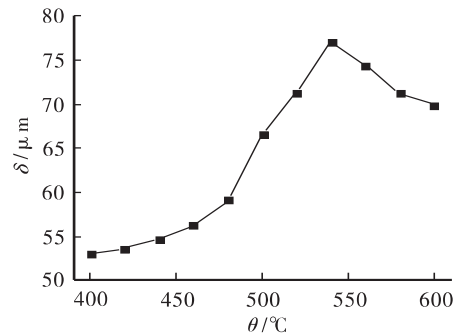


图 1 镀层厚度与温度关系图

#### 2.2 浸镀锌层的显微组织

图 2 是试样在 540 °C 浸镀锌液温度时,浸镀 30 和 60 s 后的镀锌层扫描电镜(SEM)照片。镀锌层中的组织从钢基开始,依次为  $\Gamma$ 、 $\delta_1$ 、 $\zeta$  和  $\eta$  相。铁在锌液中的溶解速率较快时,一般不出现厚而致密的相层。在被镀试样上形成的锌层  $\eta$  相,被认为是试样从锌液中提起时,沾附一层锌液所致。从基体到镀锌层表面锌含量逐渐升高,而铁含量逐渐下降。这是因为随着  $\Gamma$  和  $\delta_1$  相的形成,铁与锌液不再接触。此时,铁要溶入锌液中只能以扩散经过  $\Gamma$  和  $\delta_1$  相区的方式进行,所以从基体到镀层表面铁的含量逐渐下降,锌含量逐渐升高。

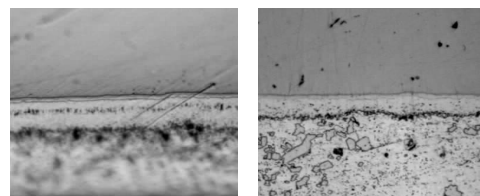


图 2 镀锌层的 SEM 照片

#### 2.3 浸镀锌层腐蚀速率分析

图 3 为钢材在 540 °C 浸镀锌液温度下形成的镀锌层,在 3.5% NaCl 溶液中腐蚀不同时间后的宏观和微观形貌。

由图 3 可以看出,镀锌试样表面发生了腐蚀,随着腐蚀时间的增加,镀锌层腐蚀程度发生较大变化,由表面出现大量块状腐蚀物,到多处深浅不一的腐蚀坑,再到较少的腐蚀物颗粒,只在某些地方

有很小的麻点。这是因为试样热浸镀锌后,镀层中的Zn在阳极极化过程中加速了Fe的溶解,产生微小的蚀孔,进而在镀层表面形成富Zn的钝化膜,对基体起到很好的防护作用,使试样的腐蚀速率明显降低。

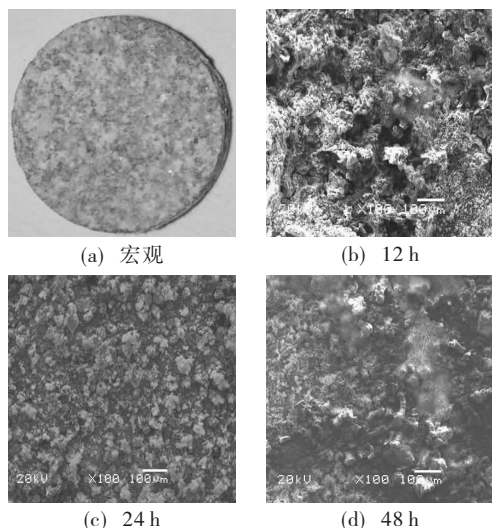


图3 镀锌层腐蚀后表面形貌照片

图4为采用质量损失法计算镀锌后的钢材试样在3.5% NaCl溶液中的腐蚀速率与浸镀锌液温度关系。

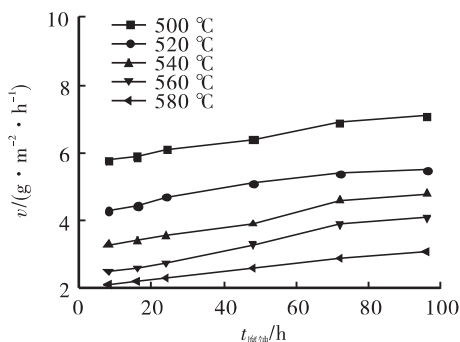


图4 不同镀锌时间镀层的腐蚀速率

由图4可以看出,随着腐蚀时间的延长,腐蚀速率表现出单调增加的变化趋势,这符合实际的腐蚀情况。在同样的腐蚀时间下,随着浸镀锌液温度的增加,腐蚀速率表现出明显的减小趋势,这说明较高的浸镀温度有助于钢材试样表面形成更为致密的镀层,阻止腐蚀的进一步发生。由此可知,热镀锌可以明显提高钢材的耐腐蚀性能。

研究表明,钢材的腐蚀行为与其显微组织关系

密切,钢材腐蚀类型主要是微电偶腐蚀。当钢材在3.5% NaCl溶液中腐蚀时,由于 $Fe^{3+}$ 与 $Cl^-$ 的结合力大于 $Zn^{2+}$ 与 $Cl^-$ 的结合力,容易形成可溶性的 $FeCl_3$ ,使钢材表面出现许多腐蚀坑。随着腐蚀的不断进行,蚀坑处电位低成为阴极,而外部电位高成为阳极,构成了微电池。钢材在进行热镀锌层处理的时候,钢材中Fe基已经被锌层完全包裹。由于 $ZnCl_2$ 具有较高的键能,在一定程度上降低微电池产生的机会,这对保持钢材的耐腐蚀性具有重要的实践意义。

### 3 结论

1) 30Cr2Ni4MoV钢热浸镀锌最佳温度 $\theta$ 在520~580°C之间。镀锌层中的组织从钢基开始,依次为 $\Gamma$ 、 $\delta_1$ 、 $\zeta$ 和 $\eta$ 相。

2) 随着热浸腐蚀时间的增加,镀锌层腐蚀程度发生较大变化;随着腐蚀时间的延长或浸镀温度的减小,腐蚀速率表现出单调增加的变化趋势。

### 参考文献

- [1] 刘栓,孙虎元,范汇吉,等.镀锌钢腐蚀行为的研究进展[J].材料保护,2012,(12):42-45+1.
- [2] 郝建军.添加剂对镀锌层钝化膜耐蚀性的影响[J].电镀与精饰,2009,(06):12-14.
- [3] 马莹,郭阳,张忠明,等.合金化热镀锌钢板组织及腐蚀性能的影响[J].材料热处理学报,2015,36(1):62-69.
- [4] 刘子利,朱晓春,周桂斌,等.钢铁件热镀锌性能及质量要求[J].中国腐蚀与防护学报,2012,6(32):478-482.
- [5] 邵乘胜.建筑用镀锌钢板的表面处理及耐蚀性能研究[J].铸造技术,2016,(04):686-688.
- [6] 刘洪锋,何明奕,王胜民,等.热镀锌层钛盐钝化膜耐蚀性能的研究[J].热加工工艺,2011,(18):138-140.
- [7] 邓建青,彭拓,周同理,等.镀锌层精磨后腐蚀问题研究[J].电镀与涂饰,2015,(16):925-927.
- [8] 李亚东,江社明,袁训华,等.热镀锌钢板镀层表面麻点缺陷的产生原因及预防措施[J].腐蚀与防护,2009,(12):917-920.