

## 热镀锌工艺对汽车用镀锌钢板表面缺陷的影响

宋新莉 袁泽喜 王迪

(武汉科技大学材料与冶金学院, 武汉 430081)

**摘要** 用扫描电镜和能谱分析研究了热镀锌板(% :0.001 5C、0.004P、0.005S、0.02Al、0.04Ti)表面平行的条状凸起缺陷,得出镀锌层表面有黑斑、微裂纹、贝壳状花纹、划伤痕迹及氧化皮等缺陷。分析表明,锌液中Sb含量偏高,增加锌层脆性;锌液中Al含量偏高,锌液温度低,以及镀锌前钢板划伤和氧化铁清洗不完全导致产生表面缺陷。

**关键词** 热镀锌工艺 钢板表面缺陷 分析

## Effect of Hot Galvanizing Process on Surface Defect of Galvanized Steel Plate for Automobile

Song Xinli, Yuan Zexi and Wang Di

(Institute of Material Science and Metallurgy Technology, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081)

**Abstract** Parallel convex strip defect at surface of hot galvanized steel plate (% : 0.001 5C, 0.004P, 0.005S, 0.02Al, 0.04Ti) has been studied by SEM and EDS, and it was obtained that the defect included black spot, micro-crack, conchiform pattern, scratch trace and scale. Analyzed results showed that higher Sb content in galvanizing solution to increase brittleness of galvanized layer, higher Al content in galvanizing solution and lower temperature of solution, and retaining scratch defect and un-removed scale led to formation of surface defect of galvanized plate.

**Material Index** Hot Galvanizing Process, Plate Surface Defect, Analysis

### 1 实验材料及方法

汽车用热镀锌板坯的化学成分为(%):0.001 5 C、0.08Si、0.3Mn、0.004P、0.005S、0.02Al、0.04Ti。生产工艺路线为冶炼-连铸-热轧-除磷-冷轧-酸洗-热镀锌退火。含有缺陷的钢板试样用扫描电镜和能谱仪研究表面缺陷形貌和成分。

### 2 实验结果与分析

#### 2.1 表面缺陷形貌

镀锌钢板表面有许多平行的很直的条状突起(图1a)。图1(b)显示出表面有弯曲和交叉的裂

纹,其周围的镀层不均匀,有黑色的点状和白色区域。图1(c)表示是划痕的痕迹,在划痕的周围和内部也有裂纹,划痕的内部有球形颗粒,在裂纹和划痕的周围有黑色颗粒镶嵌在表面锌层中,划痕的边缘有折叠,图1(d)所示缺陷呈贝壳状。

#### 2.2 表面缺陷成分分析

试样的表面黑色块状大多有Zn的氧化物和硫化物、Fe的氧化物和硫化物。没有划伤区域有黑色颗粒镶嵌在锌层中(图2a)。此外,表面缺陷中还含有Sb(图2b),说明锌液中Sb含量过多,过多的Sb会使纯锌层变脆,也使合金层增厚,在镀锌板运行弯

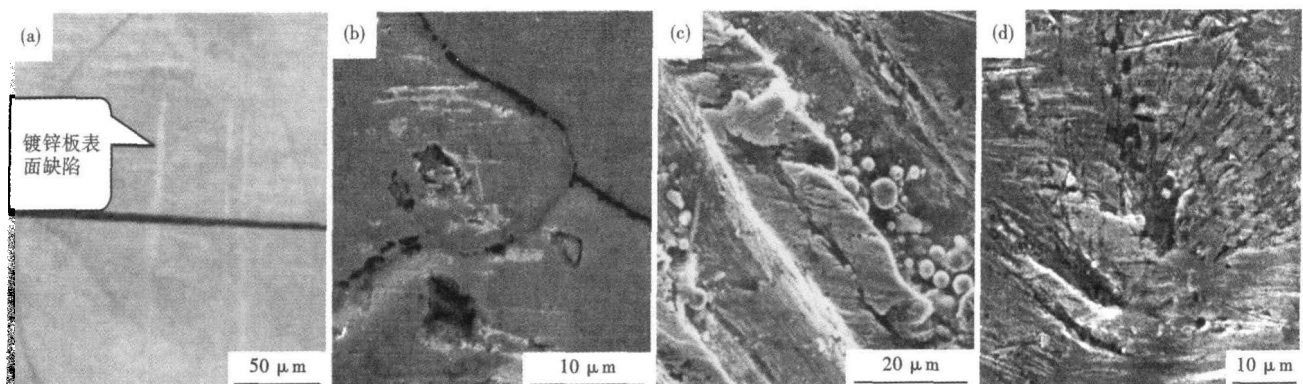


图1 热镀锌板表面缺陷形貌,SEM:(a)宏观形貌;(b)微观裂纹;(c)划痕;(d)贝壳状缺陷

Fig. 1 Morphology of surface defect of hot galvanized plate, SEM: (a) macro-morphology; (b) micro-cracks; (c) scratch trace; (d) conchiform pattern

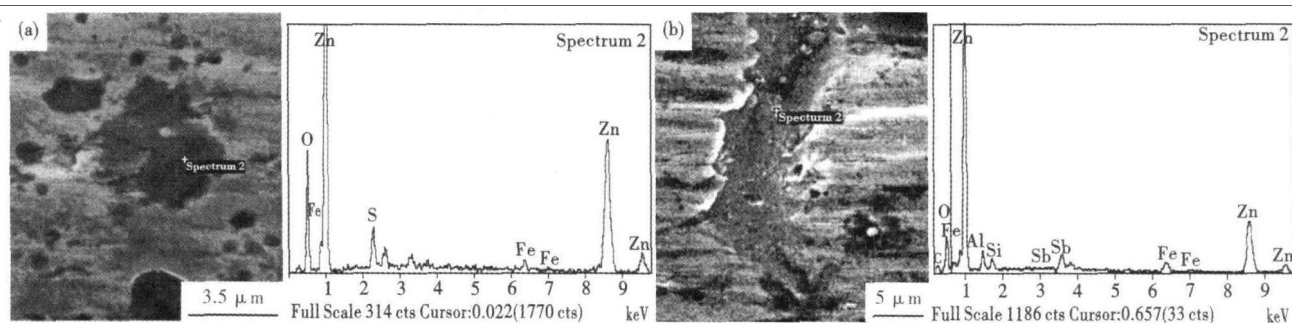


图2 热镀锌板表面缺陷形貌和能谱分析:(a)黑斑;(b)不规则缺陷

Fig.2 Morphology of surface defects of hot galvanized plate and energy dispersive X-ray spectrum (EDS): (a) black spot; (b) non-regular defect

折过程中使镀锌层开裂脱落。表面的贝壳状花纹缺陷表明锌液中含有过多的Al, 锌液温度低, 锌液太稠。

### 2.3 截面形貌及成分分析

在锌层的中间夹有铁皮, 这是划伤处边缘折叠的铁皮, 镀锌时锌液渗入, 折叠铁皮就夹在锌层中间(图3)。同时, 在锌层和基体的交界处有少量的氧化铁皮, 这些氧化铁皮的组成是 $Fe_2O_3$ , 可能是酸洗时少量未清洗干净的氧化铁皮, 有些地方氧化铁皮酸洗掉以后, 锌液渗入到铁基内部。铁皮在锌层的中间, 说明此处有划伤, 划伤时的翻卷铁皮下面有锌液渗入。

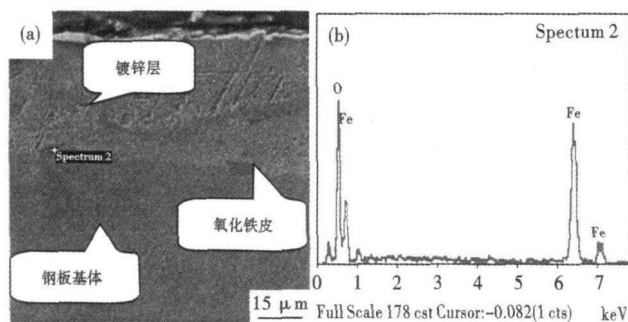


图3 镀锌板截面形貌(a)及黑色区域能谱分析(b)

Fig.3 Morphology of cross section of galvanized plate (a) and EDS analysis of black area (b)

### 2.4 结果分析与讨论

钢板热镀锌时, 加入Sb代替Pb以利于形成较大的锌花, 但是Sb的加入会引起纯锌层的脆性, 降低其挠度。锌液中含有0.01%~0.02%的Sb时不会造成不良影响, 但是当其含量达到0.05%时即产生不利影响。由图1(b,c,d)缺陷的微观形貌及图2的缺陷处成分分析可知, 锌层含有大量裂纹主要与锌液中Sb含量过高, 锌层脆性增大有关。研究发现当锌液中Al含量过高, 锌液温度低, 出现贝壳状花样<sup>[1]</sup>。由图1(d)可见, 试验钢表面贝壳状花样缺

陷与镀锌液中Al含量偏高、温度低等因素有关。

划伤是影响热镀锌钢板产品质量的主要缺陷之一, 主要包括原料划伤和镀锌过程引起的划伤<sup>[2]</sup>。由图1(c)镀锌板表面形貌可见, 本试验钢板镀锌层存在划伤缺陷。

原材料表面的清洁度及除鳞不彻底, 也会造成热镀锌层表面缺陷。图2(a,b)所示, 这些黑色区域可能是轧制油和铁的氧化物混合在一起成泥状, 热轧时一方面被压结, 另一方面轧制油受热燃烧挥发开裂, 最后留下碳和硫化物, 高压水除鳞和酸洗不能完全去除, 有可能在冷轧时再次被压裂, 致使遗留在镀锌工序产生镀锌板表面缺陷。

冷轧板氧化铁皮缺陷主要是热轧酸洗没有消除干净或者轧制过程先压入再脱落而引起凹坑<sup>[3]</sup>。由图3可见, 试验钢基体和锌层之间不仅含有氧化铁, 而且基体中存在凹坑, 也是引起镀锌层缺陷的原因之一。

### 3 结论

热镀锌板表面缺陷产生的原因主要有表面划伤, 钢板镀锌前有未除尽的氧化铁鳞, 锌液中Sb、Al量过高, 锌液温度偏低等。避免原料板表面氧化铁皮缺陷带入镀锌工艺, 控制锌液中化学元素Sb、Al等含量以及排除引起划伤等缺陷因素, 可提高镀锌板表面质量。

#### 参考文献

- 1 朱立. 钢材热镀锌. 北京: 化学工业出版社, 2006
- 2 刘文栋, 欧阳承祝, 许强. 邯钢冷轧镀锌板生产中缺陷产生及解决方法. 上海金属, 2007, 29(5): 118
- 3 马玉平, 朱涛, 陈友根. 马钢CSP热轧、冷轧和镀锌板卷表面氧化铁皮压入和夹杂缺陷分类、原因和区别. 安徽冶金, 2005(4): 37

宋新莉(1973-), 女, 博士生, 讲师, 2004年华中科技大学毕业, 钢铁材料强韧性研究。

收稿日期: 2008-11-12