

# pH 值对低温镀铁工艺及性能影响研究

毛毅, 刘玉甲, 杨森, 刘忆

辽宁工程技术大学材料科学与工程系, 辽宁阜新 (123000)

E-mail: [maoyi840128@126.com](mailto:maoyi840128@126.com)

**摘要:** 低温镀铁是一项经济、实用的电镀技术。它是以低碳钢(试样)为阳极, 镀件为阴极, 以氯化亚铁为主盐, 起镀时用不对称交流电进行。这种工艺能使零件与镀层具有良好的结合强度。可以修复磨损零件的使用尺寸, 主要应用于汽车、拖拉机等发动机曲轴、壳体座孔、各种轴、销以及采矿机械上的大型扎件等机械零件的修复。

本文研究在了不同 pH 值下获得的低温镀铁层的沉积速率、显微硬度和结合强度等性能, 结果表明当 pH 值为 1.0 时镀层获得最佳的综合性能, 从而确定最佳的镀液成分配比。

**关键词:** 低温镀铁, pH 值, 沉积速率, 显微硬度

## 1. 前言

虽然低温镀铁技术早在十九世纪六十年代就已出现了, 但在我国, 仅在二十世纪五十年代, 才从苏联引进了直流镀铁技术, 用于修复因磨损等造成尺寸超差的机械零件。进入八十年代后, 出现了一种无阳极刻蚀的低温镀铁工艺, 并成功地应用于机器零件如曲轴<sup>[1]</sup>、直轴及平面类零件的修复, 镀层与基体结合牢固, 采用拔销法测定镀铁层的结合强度可达 350MPa, 在各种铁基材料(包括碳素钢、铸铁、铸钢、合金钢)上施镀, 均能取得稳定可靠的镀层。由于取消了镀前的阳极刻蚀工序, 不仅极大减轻了对环境的污染, 而且降低了劳动强度。成品率达到 99% 以上, 标志着国内的低温镀铁技术已发展到稳定可靠的实用阶段<sup>[2]</sup>。

低温镀铁技术中一个主要的研究方向是进一步强化镀层, 提高热稳定性, 因此进行了铁基复合镀与铁合金电镀的研究。其中目前已应用于生产的有 Zn-Fe-P 合金电镀<sup>[3]</sup>, 正在深入研究的有 Fe-Ni<sup>[4]</sup>, Fe-P-Pt<sup>[5]</sup>合金电镀等。

低温镀铁工艺的影响参数很多, 本文探讨了镀液中不同 pH 值对低温镀铁工艺及性能的影响, 通过比较不同 pH 值下试样镀层的沉积速率、显微硬度及耐蚀性, 得出比较好的镀液成分, 进而深入研究其机理并应用到实际工业生产中。这对于修复行业的发展将具有重大现实意义和应用价值。

## 2. 实验内容

### 2.1 实验材料

本实验采用的试样和阳极板材质均为普通低碳钢, 镀件为长约 30mm, 直径约为 10mm 的圆柱试样。阳极板长 60~80mm, 宽 25mm, 厚 1mm。

本实验将温度定为 50℃、电流密度为 14A/dm<sup>2</sup>、铁含量为 400g/L 条件下考察 pH 分别为 0.5、1.0、1.5 时镀层的沉积速率、显微硬度及腐蚀速率<sup>[6]</sup>。

### 2.2 低温镀铁工艺流程

镀前检查——酸洗——水洗——碱洗——入槽——电镀——镀后处理——性能检测

其中电镀时, 首先进行对称交流活化, 设定对称交流活化时的电流密度  $D_{正}=D_{负}=5A/dm^2$  (则活化电流  $I=$  活化电流密度  $D \times$  试样实际待镀面积  $S$ ), 施镀 5 分钟; 随后进行交流起镀, 此时电流密度  $D_{正}=5A/dm^2$ ,  $D_{负}=4A/dm^2$ , 施镀 10 分钟; 接下来进行交流过渡镀, 电流

密度 $D_{\text{正}}=5\text{A}/\text{dm}^2$ ,  $D_{\text{负}}=3.5\text{A}/\text{dm}^2$ , 施镀10分钟后将电流密度调整为 $D_{\text{正}}=5\text{A}/\text{dm}^2$ ,  $D_{\text{负}}=1.5\text{A}/\text{dm}^2$ , 施镀10分钟, 再将电流密度调整为 $D_{\text{正}}=5\text{A}/\text{dm}^2$ ,  $D_{\text{负}}=0$ , 施镀5分钟。然后将正半波电流调小至原交流过渡镀正半波电流的1/2, 转为直流镀, 施镀10分钟, 进入直流过渡镀; 直流过渡镀阶段, 均匀调节正半波电流, 在20分钟内将电流升至全直流镀的电流值。最后进入全直流镀, 施镀3~4小时。

镀后处理: 试样取出后立即用清水冲洗, 然后在  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中浸泡 15~20 分钟后干燥待用。

性能检测: 利用称重法测定镀层沉积速率; 利用 HX-1 型显微硬度计在  $P=200\text{g}$  载荷作用下, 测定镀层显微硬度; 利用 FDY/E-03E 型盐雾试验机, 以 3.5% 的  $\text{NaCl}$  溶液对用环氧树脂镶嵌好的试样进行腐蚀 ( $20\pm 2^\circ\text{C}$ , 相对湿度大于 95%), 并根据失重法测定镀层腐蚀速率。

### 3. pH 值对比分析

将 pH 为 0.5、1.0 和 1.5 时得到的镀层进行性能检测所得数值列于表 1 中。

表 1 不同 pH 值下的性能指标  
Table 1 Performance indicators at different pH

| pH 值 | 沉积速率, $\mu\text{m}/\text{h}$ | 显微硬度   | 腐蚀速率, $\text{g}/\text{mm}^2\text{h}$ |
|------|------------------------------|--------|--------------------------------------|
| 0.5  | 317.6                        | 610.21 | 8.40                                 |
| 1.0  | 342.5                        | 606.71 | 7.87                                 |
| 1.5  | 191.2                        | 483.88 | 9.55                                 |

#### 3.1 镀层沉积速率对比

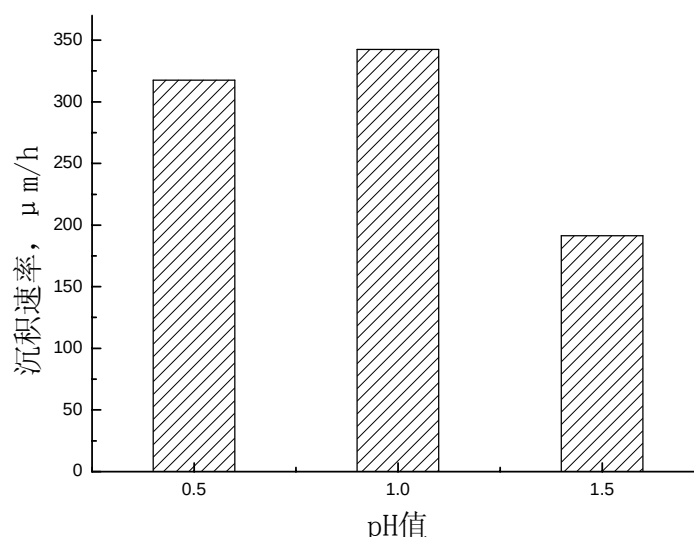


图 1 不同 pH 值下的沉积速率  
Fig. 1 Deposition rate at different pH

从结果来看, 当 pH 值为 1.0 时沉积速率最大。这是由于当 pH 值为 0.5 时, 镀液酸度增

加, 镀液中氢离子的浓度也相对增大, 氢离子在阴极上放电更多, 氢析出的就更容易, 过多的氢析出, 相对地讲, 铁的析出就会变得困难, 使低温镀铁时镀层的沉积速度降低。而在 pH 值为 1.5 时沉积速度相对较低, 可能是由于 pH 值大时, 由于氢离子的相对缺乏, 使  $\text{OH}^-$  的含量有所升高, 镀液中的  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{OH}^-$  的反应几率加大, 则会形成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀, 对电镀过程中铁的沉积产生阻碍作用, 降低了沉积速率。所以在 pH 值为 1.0 时沉积速率最快。

### 3.2 镀层显微硬度对比

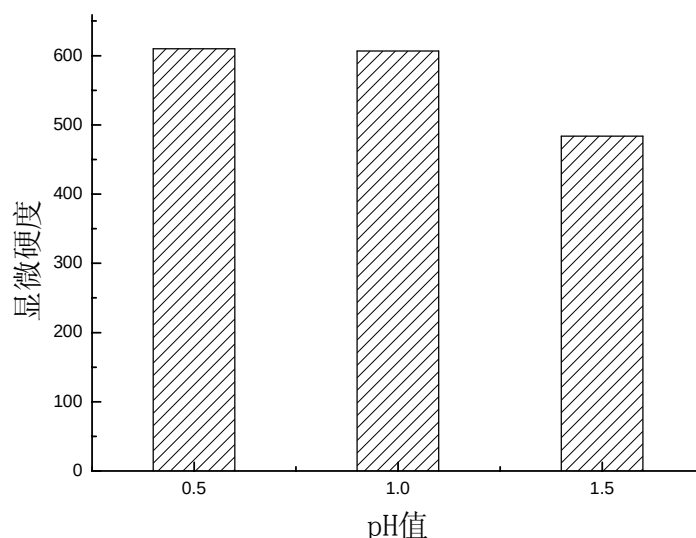


图 2 不同 pH 值下的显微硬度  
Fig. 2 Micro hardness at different pH

从结果来看, 当 pH 值为 0.5 时的显微硬度最高。由于在 pH 值相对较低时, 使镀层的渗氢量增加, 渗入镀层的氢使镀层晶格歪扭, 进一步增大了铁镀层的内应力, 使镀层硬度提高。所以 pH 值高时显微硬度低。并且在 pH 值为 1.5 时, 产生的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  增多, 而  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  是胶体物质, 具有强吸附性能, 会吸附带正电荷的氯化亚铁和氢离子, 显正电性。施镀时, 在电场力的作用下向阴极移动。随着铁和氢离子在阴极放电析出,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  被裹挟着带进镀层, 引起镀层微裂纹粗大, 导致显微硬度降低的更多些。

### 3.3 镀层耐蚀性对比

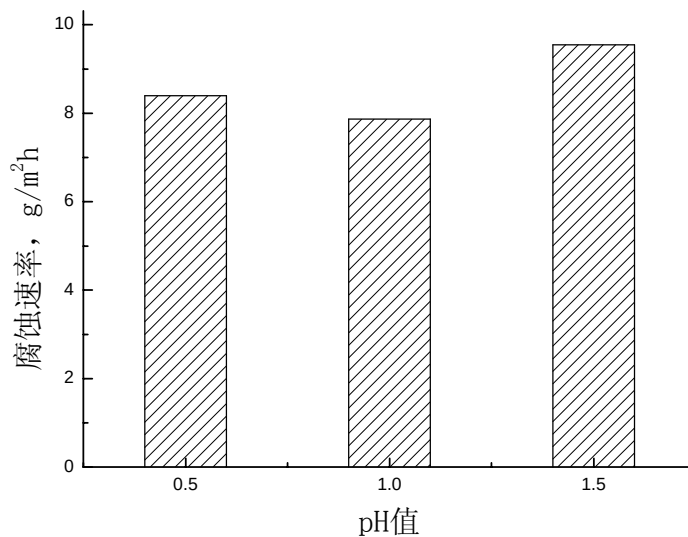


图 3 不同 pH 下的耐蚀性

Fig. 3 Corrosion resisting property at different pH

从结果来看, 在 pH 为 1.0 时的耐蚀性均比其它两个参数要好。这是由于在 pH 值低时, 镀层中的含氢量较高, 则会有大量的氢气泡滞留在镀层表面上, 氢气泡长期滞留的部位会出现气洞或缝隙, 这样易产生氢致腐蚀, 使镀层的耐蚀性下降。而 pH 值较高时易形成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀由于生成的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀被带入镀层中, 造成了镀层组织疏松, 应力增大, 脆性也变大, 这样不利于镀层的耐蚀性能。所以相对讲, 在 pH 值为 1.0 时耐蚀性好。

## 4. 结论

通过以上分析可以得出, 在 pH 值为 1.0 时, 其沉积速率和耐蚀性均为最好, 硬度虽然不及 pH 为 0.5 时的, 但是相差不大。pH 值为 1.5 时所得镀层的沉积速率、显微硬度和耐蚀性均比另两组的差。最后综合结果可知, 应选择 pH 值 1.0 为对比试验后的最佳结果。

## 参考文献

- [1] 刘丽芬.曲轴镀铁的合理性分析[J].机车车辆工艺,2002,(2):25~26
- [2] 扈心坦.镀铁技术在国内的进展[J].电镀与环保,1995,15(3):9~12
- [3] 张昭,张鉴清,曹楚南.Zn-Fe-P合金镀层中磷、铁含量影响因素的研究[J].电镀与环保,2000,20(3):17~21
- [4] 黄桂芳,赵立华.化学镀铁-镍-磷-硼工艺探讨[J].电镀与涂饰,2000,(12):14~16
- [5] Bai Allen,Hu Chi-Chang.Composition control of ternary Fe-Co-Ni deposits using cyclic voltammetry Electrochemical Acta[J].2003,48(50):425~2434
- [6] 机械工艺专业化标准编组编.电镀热处理标准汇编[M].第 1 版.北京:中国标准出版,1990.

## Study on influence of pH on technology and performance of low temperature iron plating

Mao Yi, Liu Yujia, Yang Sen, Liu Yi

Liaoning technical university, Department of materials science and engineering, Fuxin, Liaoning  
( 123000 )

### Abstract

The low temperature iron plating is an economy, practical galvanization technology. It is based on low carbon sheet(sample) to the anode and samples to cathode, take the  $\text{FeCl}_2$  as the main salt. When plating carried on with asymmetrical alternating current. This technology can have high joint strength with matrix, usually it may be about  $20\text{kg/mm}^2$ ; Hardness of coating is generally HV600. It may repair the wearing parts to right size, mainly applied in engine cranks、 shell place hole、 kinds of axle and pin of the automobile、 tractor and as well as on the large-scale grips of mining machinery.

Deposition rate, micro hardness and Bond Strength of iron plating layer at different conditions of pH is researched. The results showed that the best performance could be achieved at pH 1.0, and the composition of iron plating bath was identified.

**Keywords:** low temperature iron plating, pH, deposition rate, micro hardness