

镁对热浸镀铝件耐腐蚀性能的影响*

陈 军

(盐城工学院科技处,江苏 盐城 224003)

摘 要 通过向热浸镀铝液中加入微量 Mg,分析了热浸镀铝层中 Mg 含量对镀件在不同化学介质中耐腐蚀性能的影响。结果表明,适量 Mg 可以提高镀件在盐水和弱碱性水溶液中的耐腐蚀性,而对强酸和强碱水溶液,Mg 的加入不能提高镀件的耐腐蚀性能,通过分析 Mg 在镀层中的分布及对合金层第二相的影响,探讨了产生这种影响的原因。

关键词 Mg; 热浸镀铝件; 耐腐蚀性

分类号 TG172.6⁺3 **文献标识码** B **文章编号** 1008-5092(2000)01-0038-03

热浸镀铝在各种大气和海水中的耐腐蚀性均比热浸镀锌高出许多倍,是一种耐腐蚀性能优良的镀覆工艺;扩散形成的合金层还具有抗高温氧化、耐磨、硬度高、耐工业介质腐蚀等优点。热浸镀铝因其工艺简单、镀层厚、性能全面,又是最经济的涂覆铝的方法,在我国具有广阔的发展前景^[1-3]。

通过选择合适的热浸镀工艺,可以使镀件更好地满足不同条件下的使用性能要求。为了进一步提高镀件的耐腐蚀性能,本文通过向热浸镀铝液中添加微量 Mg,对热浸镀件进行不同化学介质中的耐腐蚀性能试验,得出 Mg 对镀层耐腐蚀性能的影响规律,并分析产生这种影响的原因。

1 实验方法

待镀件为 25 mm × 30 mm × 1 mm 的 Q195 钢。

2 实验结果

表 1 各镀件在不同腐蚀介质中的腐蚀失重

Table 1 Corrosion weight decrement of hot-dipped coating in different solutions mg/(h·cm²)

腐蚀介质	Mg/%					
	0	0.1	0.3	0.6	1.0	2.0
5% HCl	68.5	85.2	95.48	145.8	153.4	79.8
5% NaOH	21.9	20.2	25.3	23.5	19.8	19.1
5% H ₂ SO ₄	7.21×10^{-3}	6.54×10^{-3}	6.06×10^{-3}	4.22×10^{-3}	4.39×10^{-3}	4.77×10^{-3}
5% HNO ₃ ·H ₂ O	0.26	0.18	0.09	0.07	0.07	0.06

从表 1 知,随镀液中 Mg 含量增加,镀件在 HCl 水溶液中的腐蚀失重迅速增加,在 NaOH 水溶

液基本成分为工业纯铝(00 级),根据已有的实验结果,向热浸铝液中加入适量 Mg,使铝液中 Mg 的含量分别为 0.1%、0.3%、0.6%、1.0%、2.0%。热浸镀采用干法单件浸镀,温度为 730 ℃,时间为 2 min。

耐腐蚀实验采用全浸方法,通过计算各镀件的腐蚀失重来比较不同 Mg 含量对镀件耐腐蚀性能的影响。热浸镀件酒精清洗烘干后,用精确到 10⁻⁴的分析天平称重,分别浸入含量为 5% 的 HCl、NaOH、NH₃·H₂O 和 NaCl 的蒸馏水溶液中。在 HCl 和 NaOH 水溶液中静置 30 min,在 NaCl 和 NH₃·H₂O 水溶液中静置 72 h 后,取出用机械方法清除表面的腐蚀产物并烘干称重,用光学显微镜、俄歇和中性粒子质谱仪对含 Mg 镀层进行分析。

* 收稿日期:1999-10-09

作者简介:陈 军(1971-),男,江苏盐城市人,盐城工学院讲师,硕士,从事 CAD/CAM 研究。

液中腐蚀失重无明显变化;适量 Mg 可提高镀件在 NaCl 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 水溶液中的耐腐蚀性能。在 NaCl 水溶液中,以含量为 0.6% Mg 的镀件耐腐蚀性最好;在 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 水溶液中,随 Mg 含量的增加腐蚀失重减小,但当 Mg 含量超过 0.3% 后,效果趋于不明显。结合 Mg 对热浸镀操作的影响^[4]认为,向镀铝液中加入 0.3% Mg 较为合适。

3 分析

3.1 形貌观察与分析

从试样被腐蚀状态来看,镀件在酸性、中性盐、弱碱、强碱水溶液中的表面腐蚀状态是不同的。

(1)在强酸水溶液中,所有试样表面呈溃疡状全面腐蚀,放出大量气体,腐蚀后呈灰色。从试件断面看,已腐蚀到镀件的合金层。由于在强酸水溶液中的腐蚀速率是由氢的去极化过程控制。阴极析氢过程优先在电极电位高的第二相上进行,而微量 Mg 使镀层中的第二相显著细化^[4],这减小了作为阴极的第二相和夹杂物上的阴极电流密度,减小了阴极极化程度,即加速了阴极过程的进行,所以使镀件的耐蚀性降低。在 Mg 含量达 2% 时,Mg 在镀层表面富集形成 Al-Mg 合金,使镀件耐 HCl 腐蚀性提高,但此时镀铝液吸汽和氧化明显加快,热浸镀操作困难,所以实际生产中没有参

考价值。

(2)在强碱水溶液中,所有试样表面有少量气泡生成,但比强酸水溶液中的反应缓慢。由于在强碱性水溶液中,腐蚀以氧的去极化为主要影响因素,而它主要受溶液中氧的扩散速度影响,所以,微量 Mg 对镀件的腐蚀性能没有明显影响。

(3)在中性盐水溶液中,纯铝镀件试样表面是小孔腐蚀,局部有腐蚀坑,在试样的表面和附近区域由于 Al^{+3} 的水化而产生白色 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。加入 Mg 后小孔腐蚀现象大为减轻,并逐渐向均匀腐蚀过渡,这表明镀层中的 Mg 阻止了小孔生核和促使小孔再钝化,增强了镀层对小孔腐蚀的稳定性,因而提高了镀件的耐腐蚀性。

(4)在弱碱性水溶液中,纯铝镀件表面腐蚀而产生少量气泡,这和镀件在中性盐溶液中腐蚀时的现象一样。而含 Mg 在 0.3% 以上的镀件表面光亮,无明显变化,这表明 Mg 能显著提高镀件在弱碱性水溶液中的耐腐蚀性。

可见,Mg 提高了镀层在 NaCl、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 水溶液中钝化膜的稳定性,水解产物可稳定地覆盖在镀层表面,抑制了小孔腐蚀;Mg 加速了镀件在 HCl 水溶液中的腐蚀,对镀件在 NaOH 水溶液中的耐腐蚀性能无明显影响。

3.2 镀层中 Mg 的分布

3.2.1 俄歇分析

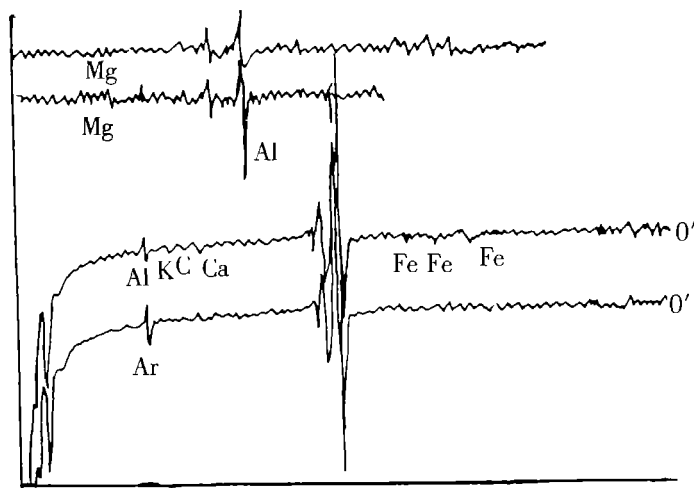


图 1 热浸镀 Al+0.6% Mg 镀件表面俄歇谱

Fig. 1 Elements distribution analysis in hot-dipped Al+0.6% Mg coating steel surface

从图 1 可以看出,镀件表面富集有 K、Ca、C 和 Fe 等杂质,K、Ca、C 的混入主要有 3 个途径:①待镀件在盐酸中清洗时附着在镀件表面;②较长时间放置在石墨坩埚中的铝液不可避免会有部分

杂质混入铝液中;③热浸镀件是低碳钢板,渗碳体会熔入铝液中。Fe 主要是热浸镀过程中待镀件中的 Fe 原子向铝液中扩散和合金层部分重熔而混入的。镀层中 Fe 向镀件表面富集使镀件的析

氢腐蚀速度迅速提高,从而加速铝在非氧化性酸(如 HCl)中的腐蚀。由于 Mg 的加入量很少,在低能峰谱图上无法区别出 Mg 的峰线,高能峰俄歇谱图显示了镀件表层存在 Mg。

3.2.2 中性粒子质谱分析

为了能进一步定量分析 Mg 在镀层中的分布情况,使用中性粒子质谱仪对热浸镀 Al + 0.1% Mg 镀层进行了刻蚀检测。

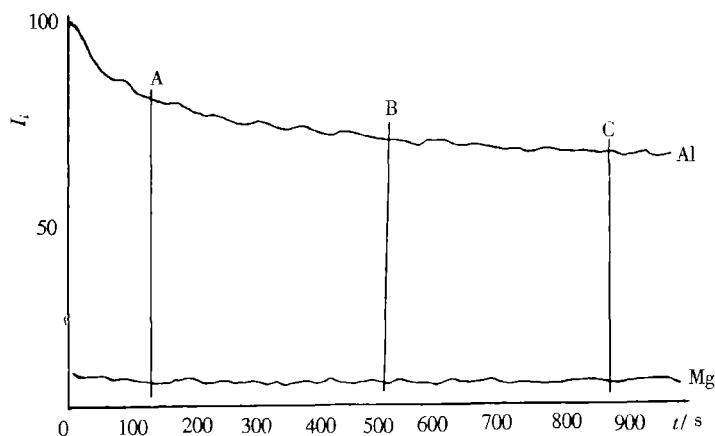


图 2 镀层中各粒子相对强度与剥蚀时间的关系 (Mg:G=100 Al:G=1)

Fig.2 Relationship between element strength and erosion depth
in hot-dipped aluminium coating layer

根据图 2,经过计算知 Mg 在镀层中的原子百分含量基本恒定,大约为 0.08%,重量百分比为 0.07%,这个值比实际加入镀液中的量少。造成 Mg 量在镀件表层比实际加入量少的原因有 2 点:(1)Mg 富集在铝液表面氧化膜中因扒渣而去除^[4];(2)热浸镀过程中,Mg 在钢基表面产生表面效应,使得靠近钢基部分的液态铝中的含量降低,冷却后镀层内的含量减少。

上述分析表明,由于 Mg 在镀层中仅万分之

几,对它们的分析有一定难度。

4 结论

适量 Mg 可以提高热浸镀铝件在弱碱和盐水溶液中的耐腐蚀性,加速镀件在非氧化性强酸水溶液中的腐蚀,对镀件在强碱水溶液中的耐腐蚀性影响不大。由于 Mg 在镀件铝层中沿层深方向上均匀分布,所以 Mg 可以使镀件在弱碱和盐水溶液中长期保持较强的耐腐蚀能力。

参 考 文 献

- 1 李国喜.钢材热浸镀工艺的研究与应用[J].材料保护,1993(9):11~13.
- 2 刘邦津.热浸镀[M].北京:化学工业出版社,1987.
- 3 张翠兰.我国熔剂法热浸镀铝工艺发展概况[J].金属热处理,1995(1):3~6.
- 4 陈军.工艺变化对热浸镀铝影响的研究[J].热加工工艺,1999(2):38~40.

Influents of Mg on Corrosion-resistance of Hot-dipped Aluminum Coating

Chen Jun

(Department of Scientific Research of

Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC)

Abstract Influents of Mg on corrosion-resistance of hot-dipped aluminum coating were investigated by adding tiny Mg to liquid aluminum. The suitable addition of Mg improved the corrosion-resistance of hot-dipped aluminum coating in NaCl and $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ water solutions but had no such effects in HCl and NaOH water solutions. The distribution of Mg in the coated aluminum layer was also analyzed.

Keywords Mg; Hot-dipped Al coating; Corrosion-resistance