

Al-Ti 合金电镀镀层的耐蚀性⁽²⁾¹⁶⁷⁻¹⁷⁰过家驹¹ 魏振强¹ 郭乃名²

(1. 北京科技大学, 北京 100083; 2. 中国科学院化工冶金研究所, 北京 100080)

摘要: 研究了不同含钛量的 Al-Ti 合金电镀镀层在 0.5 mol/L H₂SO₄、0.1% NaCl、3.5% NaCl 水溶液中的耐蚀性能, 800℃ 抗高温氧化性能以及 300℃、5% SO₂ 气氛下的抗硫化性能, 并测定了镀层的硬度。Al-Ti 合金镀层在稀 H₂SO₄ 及含 Cl⁻ 的溶液中具有优良的耐蚀性能以及具有良好的抗高温氧化性能及耐硫化性能。增加镀层中的含钛量, 则可进一步提高 Al-Ti 合金镀层的耐蚀性。

关键词: Al-Ti 合金 腐蚀 电镀 镀层 耐蚀性
文献标识码: A **文章编号:** 0258-7076(2000)03-0167-04

TQ153-2
TG146-21

随着工业的发展, 目前大量使用的锌、铬、镍等金属镀层, 已不能满足某些恶劣环境的要求。金属铝和钛具有抗高温氧化、耐腐蚀及很强的自钝化性能, 可作为优良的镀层。由于铝和钛的电负性低, 难以从水溶液中电镀。而热浸镀铝的方法, 因目前仍存在操作温度偏高 (> 700℃)、镀层加工性差、被镀工件易于变形等问题^[1], 使其应用受到很大限制。采用低温熔盐 (≤ 200℃), 使铝和钛共沉积形成 Al-Ti 合金镀层是一种新方法^[2,3], 由于钛有细化铝晶粒的作用, 从而得到了致密镀层。该法避免了高温熔盐存在的缺点, 同时又具有电效率高、电沉积速度快、镀层质量优异等优点, 是一种很有应用前景的新型表面处理方法。Al-Ti 合金镀层作为一种新型的镀层材料, 具有优异的耐蚀性能。

本文对所获得的 Al-Ti 合金镀层在 0.5 mol/L H₂SO₄、0.1% NaCl 及 3.5% NaCl 水溶液中的耐蚀性及抗高温氧化、抗硫化等性能进行了测定, 并对镀层组成及其性能的关系进行了探讨。

1 实验方法

采用含有铝及钛离子的低温熔盐, 于 180℃ 下

进行电沉积, 以纯度为 99% 的铝板做为阳极, Φ20 mm × 40 mm 柱状碳钢试样为阴极, 使铝、钛在阴极共沉积, 形成不同含钛量的合金镀层。应用 M351 型腐蚀测量仪测定了镀层试样在不同溶液中的阴、阳极极化曲线。又通过浸泡失重实验及 800℃ 高温氧化和 300℃ 高温硫化试验, 测定了镀层的耐蚀性、抗高温氧化性及抗硫化性能。用 IIIMT-3 型显微硬度计测定了镀层的硬度。在以上的性能测试中, 与镀锌钢、工业纯铝、1Cr13, 1Cr18Ni9Ti 不锈钢等其它材料进行了比较。

2 结果及讨论

2.1 Al-Ti 合金镀层的耐蚀性

2.1.1 Al-Ti 合金镀层在 0.5 mol/L H₂SO₄ 水溶液中的耐蚀性

测定了含钛量为 1.6% ~ 10% (质量分数) 的 Al-Ti 合金镀层样品及 1Cr13 不锈钢、工业纯铝在 0.5 mol/L H₂SO₄ 中的极化阻力 (R_p) 和腐蚀电流 (I_{corr}), 列于表 1。由表 1 可见, 在 0.5 mol/L H₂SO₄ 溶液中 Al-Ti 合金镀层具有优良的耐蚀性, 其腐蚀

* 金属腐蚀与防护国家重点实验室及冶金部腐蚀、磨蚀与表面技术开放实验室资助项目; 收稿日期: 1999-01-04; 过家驹, 男, 1940 年生, 教授; 联系地址: 北京市学院路 30 号腐蚀系。

表1 不同试样在 0.5 mol/L H₂SO₄ 溶液中的腐蚀电流 (I_{corr}) 及极化阻力 (R_p) (室温)

材料	Al-Ti 合金镀层	1Cr13 不锈钢	工业纯 Al
$R_p/\Omega \cdot \text{cm}^{-2}$	$3 \times 10^3 \sim 7 \times 10^3$	9	3.77×10^2
$I_{\text{corr}}/\mu\text{A}$	1.2~3.5	2.2×10^2	5.6×10

阻力比工业纯铝提高了一个数量级,比 1Cr13 不锈钢提高了 3 个数量级。

图 1 是 Al-Ti 合金中含钛量和极化阻力之间的关系。由图 1 可见,随着钛量的增加,镀层的耐蚀性能提高,这可认为是钛有强烈的细化晶粒作用及钛比铝有更稳定的自钝化性能所致。

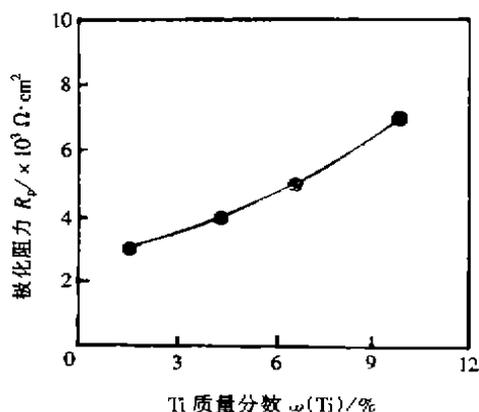


图1 0.5 mol/L H₂SO₄ 溶液中 Al-Ti 合金镀层的含钛量与极化阻力的关系 (室温)

2.1.2 Al-Ti 合金镀层在 NaCl 水溶液中的耐蚀性

测定不同含钛量 Al-Ti 合金镀层、工业铝在 0.1% NaCl 水溶液中的极化阻力,列于表 2。由表可见,Al-Ti 合金镀层在此溶液中的极化阻力比工业

铝提高 1 个数量级。又如图 2 所示,当 Al-Ti 合金中的含钛量由 6% 增至 26% 时,其耐蚀性也随之明显增加。因此增加合金中的含钛量,可进一步提高 Al-Ti 合金的耐蚀能力。

表 2 不同试样在 0.1% NaCl 溶液中的极化阻力 (室温)

材料	Al-Ti 合金镀层	工业铝
$R_p/\Omega \cdot \text{cm}^{-2}$	$3.8 \times 10^4 \sim 2.36 \times 10^5$	9×10^3

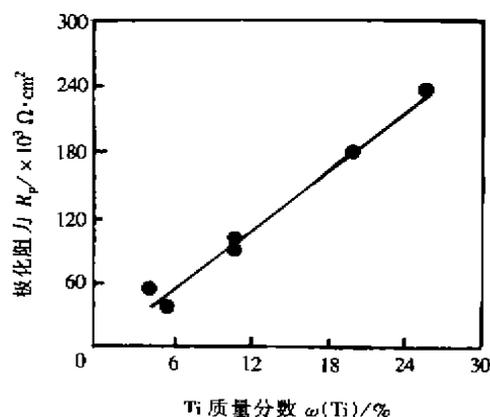


图2 0.1% NaCl 溶液中 Al-Ti 合金镀层的含钛量与极化阻力的关系 (室温)

通过浸泡失重试验测定了 1Cr13 不锈钢、镀锌钢、Al-Ti 合金镀层 (其中钛质量分数分别为 3%、6.5%) 在 3.5% NaCl 水溶液中的腐蚀速度 (见表 3)。由表中数据可见,Al-Ti 合金镀层在 3.5% NaCl 水溶液中具有很强的耐蚀性,比 1Cr13 不锈钢和镀锌钢提高 1 个数量级以上,这说明 Al-Ti 合金的钝化膜具有很强的抗点蚀能力。

表 3 不同试样在 3.5% NaCl 溶液中的腐蚀速度 (V_{corr}) (室温)

材料	Al-3Ti 镀层	Al-6.5Ti 镀层	1Cr13 不锈钢	镀锌钢
$V_{\text{corr}}/\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$	<0.001	<0.001	0.039	0.043

2.2 Al-Ti 合金镀层的抗高温氧化性能

测定含钛量为 18.8% 的 Al-Ti 合金镀层部件及 1Cr18Ni9Ti 不锈钢,1Cr13 不锈钢和碳钢在 800℃ 时的氧化增重,其腐蚀速度 (V_{corr}) 列于表 4。从表 4

表 4 高温氧化实验结果 (800℃ × 24 h)

材料	Al-Ti 合金镀层	1Cr18Ni9Ti 不锈钢	碳钢
$V_{\text{corr}}/\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$	$< 1.48 \times 10^{-5}$	1.84×10^{-4}	3.69×10^{-2}

可见, Al-Ti 合金镀层抗高温氧化性能优异, 比碳钢要高出几个数量级。

2.3 Al-Ti 合金镀层抗高温硫化性能

实验测得含量为 15.9% 和 18.1% 的 Al-Ti 合金镀层及 1Cr18Ni9Ti 不锈钢、1Cr13 不锈钢和碳钢在 300℃ 下, 5% SO₂ + 95% Ar 的气氛中 24 h 的硫化增重, 其腐蚀速度 (V_{corr}) 如表 5 所示。由表中数据可

知, 在 300℃ SO₂ 气氛中 Al-Ti 合金镀层的耐蚀性同 1Cr18Ni9Ti 不锈钢相近, 而比碳钢和 1Cr13 不锈钢的耐蚀性提高一个数量级。实验后观察样品表面, 发现 Al-Ti 合金镀层表面色泽没有变化, 1Cr18Ni9Ti 不锈钢表面有明显失泽, 而 1Cr13 不锈钢和碳钢表面则有较厚腐蚀产物层覆盖。

表 5 不同试样在 300℃ 5% SO₂ 气氛下的耐蚀性 (24 h)

材料	Al-16Ti 镀层	Al-18Ti 镀层	1Cr18Ni9Ti	1Cr13	碳钢
$V_{\text{corr}}/\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$<3.04 \times 10^{-5}$	$<3.02 \times 10^{-5}$	$<2.46 \times 10^{-5}$	2.48×10^{-4}	3.87×10^{-4}

2.4 Al-Ti 合金镀层的硬度

测定 Al-Ti 合金镀层的硬度, 并与工业纯铝、镀锌钢板进行比较 (见表 6), 从表中可见 Al-Ti 合金镀层的硬度高于工业纯铝及镀锌钢板。

表 6 不同材料的硬度值

材料	Al-6.5Ti 镀层	工业纯 Al	镀锌钢板
显微硬度 HV/MPa	1264	225	558

上述对于 Al-Ti 合金镀层的耐蚀性、耐热性, 抗高温硫化性能及硬度的测定结果表明, 采用低温熔盐共电沉积方法所制取的 Al-Ti 合金镀层具有多项优良性能。在钢铁等基材表面上不仅得到了均匀致密的电镀铝保护层, 而且由于高耐蚀性的合金元素钛的加入, 进一步提高了镀层性能。关于电沉积 Al-Ti 合金镀层结构的研究结果表明^[4]当合金元素钛的含量高达 20% 时, Al-Ti 镀层仍可形成稳定的固溶体结构, 镀层具有高耐蚀性及良好的表面性能。

3 结 论

1. Al-Ti 合金镀层在稀 H₂SO₄ 及含 Cl⁻ 的溶液中均表现出优良的耐蚀性, 其耐蚀性优于镀锌钢、工业纯铝及 1Cr13 不锈钢。

2. 增加合金镀层中的含钛量, 镀层的耐蚀性也随之升高。

3. Al-Ti 合金镀层具有优良的抗高温氧化性能和抗硫化性能, 其性能不低于 1Cr18Ni9Ti 不锈钢。

4. Al-Ti 合金镀层的硬度优于工业纯铝及镀锌层。

参考文献

- 1 顾国成, 刘邦津. 热浸镀. 北京: 化学工业出版社, 1998. 77
- 2 郭乃名, 熊申海, 过家驹. '96 中国材料研讨会论文集. 北京: 化学工业出版社, 1997, 3: 417
- 3 郭乃名, 过家驹. 金属学报, 1996, 32(3): 274
- 4 郭乃名, 魏振强, 过家驹. 第九届全国电化学会议论文集, 泰安, 1997, 354

Corrosion Resistance of Electrodeposited Coating of Al-Ti Alloy

Guo Jiaju¹, Wei Zhenqiang¹ and Guo Naiming²

(1. University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. Institute of Chemical Metallurgy, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: The corrosion resistance in 0.5 mol/L H₂SO₄, 0.1% NaCl, 3.5% NaCl solution, the high temperature oxidation resistance at 800 °C and the sulfuration resistance in 5% SO₂ at 300 °C of the electrodeposited coating of Al-Ti alloy with various Ti content, were studied. The hardness of Al-Ti alloy plating was determined. The results indicate that electrodeposited coating of Al-Ti alloy has excellent corrosion resistance, high temperature oxidation resistance and sulfuration resistance. The corrosion resistance of Al-Ti alloy plating increases with the increase of Ti content in Al-Ti alloy plating.

Key Words: Al-Ti alloy, Corrosion resistance, Electroplating

第五届全国化学镀会议

主办单位:

中国腐蚀与防护学会
合金耐蚀理论专业委员会

承办单位:

上海交通大学
浙江依恩表面技术公司

协办单位:

上海盈河新技术股份有限公司
张家港市恒昌化工有限公司(原张家港市化工厂)
南山上村旭光有限公司
上海石化新炼实业有限公司机修设备安装分公司
金科公司
NiDI 加拿大镍发展协会

第五届全国化学镀会议(The 5th China Electroless Plating Conference, 简称 CEPC-5)定于 2000 年 9 月初在上海召开。本届会议由中国腐蚀与防护学会主办,上海交通大学和浙江依恩表面技术公司承办。同期中国腐蚀与防护学会还专门在“2000 中国国际表面工程与防腐蚀技术产品及设备展览会”上(上海世贸商城 2000 年 9 月 6 日-9 日)设立有关化学镀技术及产品专项展区,欢迎企业单位或科研单位参展。

现将本届会议的论文征集工作通知如下:

1. 会议主题

全国化学镀会议已经成功地举办了四届,为交流国内化学镀研究成果、推动化学镀学科和产业发展,加强化学镀界的团结作出了重要贡献。本届会议正值世纪之交,因此本届会议的主题定为“21 世纪的中国化学镀技术创新和产业化发展”。

(下转 202 页)