

### 论文

#### 硅烷 $\gamma$ -APS协同稀土镧钝化镀锌钢板的研究

彭天兰, 满瑞林, 徐斌, 乔亮杰

中南大学 化学化工学院, 长沙 410083

#### 摘要:

采用 $\gamma$ -氨丙基三乙氧基硅烷( $\gamma$ -APS)协同稀土镧盐钝化镀锌钢板. 通过先在试样表面组装一层 $\gamma$ -APS薄膜, 再在膜上沉积稀土镧转化膜制得硅烷稀土复合膜. 采用电化学交流阻抗(EIS)、盐雾试验(NSS)检测复合膜耐腐蚀性, 结果表明, 复合膜的耐腐蚀性能优于单一硅烷、稀土转化膜. 原子力显微镜检测结果表明复合膜相对于单一硅烷、稀土转化膜更加均匀, 致密. EDS检测表明复合膜主要由N, O, Si, Fe, Zn, La等元素组成, 其中复合膜中La元素相对摩尔百分含量是单一稀土转化膜的4倍. 分析试验数据得出硅烷预处理试样有利于稀土镧转化膜沉积, 硅烷与稀土转化膜发生了协同作用, 增强了复合膜耐腐蚀性能. 初步探讨了复合膜成膜和耐腐蚀机理.

关键词: 硅烷 稀土 钝化 交流阻抗 耐腐蚀性

### INFLUENCE OF SILANE $\gamma$ -APS PRE-FILM ON PASSIVATION OF GALVANIZED STEEL BY RARE EARTH LANTHANUM

PENG Tian-lan, MAN Rui-lin, XU Bin, QIAO Liang-jie

School of Chemistry and Chemical Engineering, Central South University, Changsha 410083

#### Abstract:

The sample of galvanized steel was firstly coated with a thin self-assembled monolayer of silane ( $\gamma$ -APS) and then immersed in a rare earth solution to get a complex coating. The corrosion resistance of which was studied by means of electrochemical impedance spectroscopy and neutral salt spray. The results showed that the pre-coating of silane improved the corrosion resistance of the sample significantly. Atomic force microscope observation showed that the complex coating was much uniform and denser. Analysis results of X-ray energy dispersive spectroscopy showed that the complex coating was composed of N, O, Si, Fe, Zn, La, and the relative mole fraction of La of the complex coating was nearly three times higher than that of the single rare earth coating. The results also shown that the silane pre-coating was beneficial to the deposition of rare earth coating, the silane had a synergistic effect with the rare earth coating, therewith improved the anticorrosion performance of the complex coating. The formation and the corrosion protection mechanism of the complex coating were discussed.

Keywords: silane rare earth passivation electrochemical impedance spectroscopy corrosion resistance

收稿日期 2007-12-17 修回日期 2008-02-26 网络版发布日期 2009-06-12

DOI:

基金项目:

通讯作者: 彭天兰 Email: r1man@mail.csu.edu.cn

作者简介: 彭天兰(1983-), 女, 硕士研究生, 研究方向为金属表面防腐蚀处理.

#### 参考文献:

- [1] Arnott D R, Ryan N E, Hinton B R W, et al. Auger and XPS studies of cerium corrosion inhibition on 7075 aluminum alloy [J]. Applications of Surface Science, 1985, 22-23 (Part 1): 236.
- [2] Hinton B R W. Corrosion inhibition with rare earth metal salts [J]. Journal of Alloys and Compounds, 1992, 180 (1-2): 15.
- [3] Hinton B R W, Procter R P. The effect of strain rate and cathodic potential on the tensile ductility of X 65 pipeline steel [J]. Corrosion Science, 1983, 23 (2): 101.
- [4] Hinton B R W, Wilson L. The corrosion inhibition of zinc with cerous chloride [J]. Corrosion Science, 1989, 29 (8): 967.
- [5] Lu J, Wu H J, Kong G, et al. Growth and corrosion behavior of rare earth film on hot-dip galvanized steel [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2006, 16 (6): 1397.
- [6] Motte C, Maury N, Olivier M G, et al. Cerium treatments for temporary protection of electroplated steel [J]. Surface and Coatings Technology, 2005, 200 (7): 2366.
- [7] 陈锦虹, 卢锦堂, 许乔瑜, 等. 镀锌层无铬钝化研究的进展 [J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003, 15 (05): 277.
- [8] 刘惊, 胡吉明, 张鉴清, 等. 金属表面硅烷化防护处理及其研究现状 [J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006, 26 (01): 59.
- [9] 张明宗, 管从胜, 王威强. 有机硅烷偶联剂在金属表面预处理中的应用 [J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001, 13 (02): 96.

#### 扩展功能

#### 本文信息

Supporting info

[PDF \(660KB\)](#)

[\[HTML全文\]](#)

[参考文献](#)

#### 服务与反馈

[把本文推荐给朋友](#)

[加入我的书架](#)

[加入引用管理器](#)

[引用本文](#)

[Email Alert](#)

[文章反馈](#)

[浏览反馈信息](#)

#### 本文关键词相关文章

- [硅烷](#)
- [稀土](#)
- [钝化](#)
- [交流阻抗](#)
- [耐腐蚀性](#)

#### 本文作者相关文章

- [彭天兰](#)
- [满瑞林](#)
- [徐斌](#)
- [乔亮杰](#)

#### PubMed

- [Article by Bang, T. L.](#)
- [Article by Man, R. L.](#)
- [Article by Xu, B.](#)
- [Article by Jiao, L. J.](#)

1. 谢德明, 冯海, 马晓春. 硅烷偶联剂处理对富锌涂层行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005, 17(4): 237-239
2. 刘长久, 尚伟, 刘志强. 钢铁工件复合稀土成膜及其耐蚀性能[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005, 17(4): 268-270
3. 肖鑫, 龙有前, 钟萍, 祁燕飞. 锌镀层钼酸盐—氟化锆体系钝化工艺研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005, 17(3): 184-186
4. 巢国辉, 黎文献, 余琨, 丁荣辉. 镁基牺牲阳极腐蚀行为研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(2): 98-100
5. 李党国, 周根树, 姚靓, 郑茂盛. 稀土铅钙合金及其阳极膜性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(2): 95-97
6. 邝钊焜. 稀土促进的钢铁表面磷酸盐转化膜形成[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(2): 126-128
7. 张云莲, 史美伦, 陈志源. 混凝土中钢筋钝化膜的Mott-Schottky研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005, 17(增刊): 453-456
8. 王成, 江峰, 王福会. 添加Al粉对有机硅树脂涂层性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004, 16(1): 21-23
9. 张万友, 王冰, 廖强强. BTA系列Cu缓蚀剂的电化学行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001, 13(5): 263-266
10. 李美栓, 钱余海. 表面涂覆CeO<sub>2</sub>对Fe—23Cr—5Al合金上Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜生长应力的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000, 12(1): 1-5
11. 汪轩义, 吴荫顺, 张琳, 等. 316L不锈钢钝化膜在Cl<sup>-</sup>介质中的耐蚀机制[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000, 12(6): 311-314
12. 张巍, 李久青, 许江涛等. LC4铝合金稀土转化膜耐蚀性及影响因素[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1999, 11(6): 341-345
13. 夏原, 李铁藩, 姚治铭. 超声热浸稀土铝镀层耐蚀性的优选准则[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1999, 11(6): 346-350
14. 钱余海, 戴毅刚, 陈红星, 胡凡, 李自刚. 镀锌(合金)钢板无/低铬钝化技术研究状况[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004, 16(4): 222-225
15. 文九巴, 胡鹏飞, 李晓源, 李全安, 张荣渊. 热浸渗稀土(La)铝钢在含H<sub>2</sub>S介质下的耐蚀性研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004, 16(5): 322-324
16. 许淳淳, 于淼, 王菊琳, 何宗虎. 北京化工大学材料科学与工程学院. 铜表面透明防蚀封护剂的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004, 16(4): 226-228
17. 刘玉秀, 刘贵昌, 战广深等. 硫酸盐还原菌对A3钢电化学腐蚀行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003, 15(3): 141-143
18. 徐建忠, 魏宝明. XPS法研究高温弱酸性介质中化学镀Ni—Cu—P非晶态合金的腐蚀行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000, 12(2): 72-76
19. 屈定荣, 武显亮, 王光耀. XPS研究Ti32Mo在浓盐酸溶液中钝化膜结构[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003, 15(3): 130-133
20. 胡钢, 许淳淳, 池琳, 王紫色. X70管线钢在HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/CO<sub>2</sub>-3体系中表面膜性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005, 17(5): 331-334
21. 陈锦虹, 卢锦堂, 许乔瑜. 镀锌层无铬钝化研究的进展[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003, 15(5): 277-281
22. 王成, 江峰, 王福会. 304不锈钢在硝酸盐及硫酸溶液中的钝化[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003, 15(6): 334-336
23. 崔昌军, 彭乔, 张明嘉. 交流阻抗法研究工业纯钛的性能[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003, 15(6): 327-330
24. 仇银燕, 汪的华, 甘复兴. 石英晶体微天平在金属腐蚀研究中的应用[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002, 14(1): 38-41
25. 刘斌, 李瑛, 林海潮等. 新型多功能油罐涂料防腐性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002, 14(2): 86-88
26. 文若颖, 刘宏伟, 陈声强. 油品对Mg腐蚀程度的EIS检验方法的建立[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002, 14(3): 185-187
27. 屈钧娥, 齐公台, 张磊. 稀土元素和固溶处理对Al阳极电化学性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002, 14(3): 169-171
28. 张俊喜, 乔亦男, 曹楚南等. 交变电场下不锈钢的电化学行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002, 14(4): 191-196
29. 张洪生, 杨晓蕾, 陈熹. 植酸在金属防护中的应用[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002, 14(4): 238-238
30. 朱立群, 吴俊, 刘亚君等. 表面处理膜层憎水处理后的耐腐蚀性能[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002, 14(5): 302-304
31. 汪俊, 韩薇, 李洪锡等. 大气腐蚀电化学研究方法现状[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002, 14(6): 333-336
32. 王成, 江峰, 林海潮等. LY12 Al合金铈转化膜的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001, 13(2): 74-76
33. 卢锦堂, 孔纲, 陈锦虹等. 热镀锌层钼酸盐钝化工艺[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001, 13(1): 46-48
34. 张明宗, 管从胜, 王威强. 有机硅烷偶联剂在金属表面预处理中的应用[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001, 13(2): 96-100
35. 张巍, 李久青, 顾聪. 在工业纯Al上电解沉积Ce转化膜[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001, 13(3): 128-131
36. 龚润洁, 李宇春, 彭珂如等. 钼酸盐缓蚀剂在自来水中的缓蚀机理研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001, 13(4): 208-210
37. 张燕, 宋玉苏, 王源升, 周立清, 银继伟. 混合稀土对碱性介质中铝阳极性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(1): 5-8
38. 邝钊焜. 添加稀土引起的磷化膜变化与促进机制[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(3): 190-191
39. 张俊喜, 颜立成, 魏增福, 张鉴清. 交变电场下不锈钢钝化膜的钼酸盐修饰研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(3): 173-175
40. 李金波, 郑茂盛. N80油套管钢转化膜的电化学性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(4): 249-251
41. 王杰敏, 文九巴, 张伟, 龙永强, 李全安. La对热浸镀锌铝层抗冲刷腐蚀磨损性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(4): 262-264
42. 王秀华, 孙益民, 刘守华, 孙红霞, 沈业青. 有机-无机杂化涂层制备及耐腐蚀性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(4): 292-294
43. 张胜涛, 薛若月, 王艳波, 侯保荣. 苯并三氮唑缓蚀剂在铜表面覆盖行为的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(5): 313-316
44. 白会平, 王福会. 纳米化对M38高温合金电化学腐蚀行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008, 20(6): 400-404
45. 李清, 郑红霞, 曹晓明, 温鸣. Si对钴基金金微观组织及锌液中耐蚀性的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007, 19(5): 313-315
46. 张娟, 周根树, 李党国. 稀土铅钙合金阳极膜的电化学性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007, 19(6): 419-422
47. 郑海忠, 鲁世强, 王克鲁, 苏倩, 聂小武. Laves相NbCr<sub>2</sub>高温抗氧化性研究的进展[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007, 19(6): 427-431
48. 郑立群, 杨永宽, 吴勇华, 董俊华, 许文虎. 一种交流阻抗和弱极化相结合的腐蚀速度测量方法[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(6): 457-460
49. 于萍, 王亚权. 稀土改性及渗铝处理对K38高温合金热腐蚀行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008, 20(1): 5-7
50. 王双红, 刘常升, 单凤君. 镀锌板的有机硅烷钝化技术及其研究进展[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008, 20(1): 35-37
51. 徐斌, 满瑞林, 彭天兰, 曹晓燕. 镀锌钢板的硅烷复合膜表面改性[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008, 20(2): 135-139
52. 赵力成, 孙成, 张付宝, 蔡锋昌. SRB对X70管线钢在污染土壤中腐蚀行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007, 19(1): 27-30

53. 李爱菊, 王雪明, 王威强, 刘松明. 金属表面硅烷化预处理制备聚乙烯涂层的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(2): 126-130
54. 黄金营, 陈振宇, 付朝阳, 郑家葵. MDHTD对SRB生物膜的剥离作用及对碳钢的吸附作用研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(1): 20-23
55. 贾梦秋, 毛永吉, 高双之, 国海鹏. 交流阻抗法评价玻璃鳞片乙烯基树脂涂层的耐蚀性[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(2): 106-109
56. 张清, 李全安, 文九巴, 张兴渊. 稀土在镁合金腐蚀防护中的应用[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(2): 119-212
57. 于萍, 王亚权. 添加0.1mass%Y的K38G高温合金1000℃恒温氧化行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(3): 189-191
58. 李胜昔, 董俊华, 韩恩厚, 柯伟. 双电极碳钢体系在薄液膜初期干燥过程中的阻抗谱演化规律[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(3): 167-170
59. 付安庆, 邢少华, 张胜涛, 李焰. 交流阻抗技术监测碳钢在海洋大气中的腐蚀[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(4): 243-246
60. 满瑞林, 徐斌, 李兵, 胡豫, 颜莎. 制冷设备中热交换用铝管在线钝化及其耐蚀性能[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(1): 54-57
61. 徐斌, 满瑞林, 曹晓燕, 彭天兰, 史燕. 镀锌钢板的硅烷表面改性[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(2): 130-134
62. 李辛庚, 王学刚. CeO<sub>2</sub>薄膜对Fe-Cr合金的高温水蒸气氧化行为影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(3): 157-161
63. 刘斌, 丛园, 张涛, 邵亚薇, 孟国哲, 王福会. 深海环境下静水压力对纯镍腐蚀行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(1): 5-10
64. 翁永基, 唐强, 许可望. 析氢对钢表面涂层缺陷破坏过程的交流阻抗谱特征[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(1): 33-35
65. 杨丽颖, 董小平, 柳伟, 路民旭. 低合金钢焊丝焊C4合金/X60钢熔合区组织与耐蚀性[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(1): 40-43
66. 王杨, 杨慧. 交流阻抗谱方法研究钛钢在海水中的腐蚀行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(1): 69-71
67. 陈世刚, 赵文元, 孙常志, 苗润霞. 电化学合成聚吡咯及其腐蚀防护性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(3): 269-272
68. 刘文娟, 曹发和, 张昭, 张鉴清. 稀土元素Ce和La合金化对AM60镁合金腐蚀行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(2): 82-84
69. 周学华, 张娅, 卫中领, 徐乃欣, 陈秋荣. 添加稀土元素对AZ91D镁合金腐蚀性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(2): 85-87
70. 钟丽应, 刘文娟, 曹发和, 张昭, 张鉴清. 稀土铈、镧合金化对AZ91腐蚀行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(2): 91-93
71. 付雅君, 曹中秋, 张辉, 王艳, 杨在兴. (Zr<sub>55</sub>Al<sub>10</sub>Ni<sub>5</sub>Cu<sub>30</sub>)<sub>0.97</sub>Ce<sub>0.03</sub>非晶合金在含Cl<sup>-</sup>介质中的腐蚀电化学行为研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(2): 146-148
72. 王艳, 曹中秋, 付雅君, 杨在兴. 不同晶粒尺寸Cu-50Cr合金在酸性介质中的腐蚀电化学行为研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(2): 164-166
73. 刘晓兰, 徐雅欣, 张涛, 邵亚薇, 孟国哲, 王福会. 载波处理对纯镁耐蚀性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(2): 188-190
74. 杨在兴, 霍宏伟, 王艳, 付雅君, 曹中秋. AZ91D合金表面铈转化膜成膜工艺及其耐腐蚀性的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(2): 200-201
75. 张哲, 陈慎豪, 李艳慧, 阮乐. (E)-3-(咪唑基-1-甲基)肉桂酸自组装膜对铁的缓蚀作用的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(2): 209-211
76. 史洪微, 刘福春, 韩恩厚. 高含量纳米SiO<sub>2</sub>对环氧漆耐蚀性影响研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(2): 215-217
77. 梁永煌, 满瑞林, 彭天兰, 吴文彪, 赖露露. 镀锌钢板表面稀土铜盐、硅烷协同钝化研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(3): 312-315
78. 王洪涛, 贾鹏, 林晓婷, 张建军, 李贝, 陈森. 镁合金表面电弧喷涂金属耐蚀涂层性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(3): 323-326
79. 王双红, 刘常升, 单凤君, 齐国超. AA6061铝合金表面钛锆膜的结构及性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(6): 420-423

#### 文章评论

反馈人	<input style="width: 95%;" type="text"/>	邮箱地址	<input style="width: 95%;" type="text"/>
反馈标题	<input style="width: 95%;" type="text"/>	验证码	<input style="width: 40%;" type="text" value="1115"/>
<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>			