

论文

多弧离子镀Cr₂O₃涂层对γ-TiAl抗氧化性能的影响

程玉贤,王文,朱圣龙,王福会

中国科学院金属研究所 金属腐蚀与防护国家重点实验室, 沈阳 110016

摘要:

用多弧离子镀技术在γ-TiAl金属间化合物表面制备了Cr₂O₃涂层,用SEM/EDX线扫描分析等手段研究了该涂层在900℃下的循环氧化行为.结果表明,γ-TiAl表面沉积Cr₂O₃涂层后,明显提高了γ-TiAl的抗循环氧化能力;在氧化过程中TiAl/Cr₂O₃界面处的低氧压促进了Al的选择性氧化,在TiAl一侧生成了一层富Al氧化物,该层富Al氧化物较好地阻止了TiAl中Ti的外扩散,从而抑制了TiO₂的生长.

关键词: Cr₂O₃ 多弧离子镀 氧化 γ-TiAl

EFFECT OF MULTI ARC ION PLATED CHROMIA COATING ON OXIDATION BEHAVIOR OF γ-TiAl

CHENG Yu-xian, WANG Wen, ZHU Sheng-long, WANG Fu-hui

State Key Laboratory for Corrosion and Protection, Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016

Abstract:

A chromia coating was deposited on γ-TiAl surface by means of multi arc ion plating. The chromia coating was strongly adherent to the γ-TiAl substrate. The coating could also enhance the oxidation resistance of the γ-TiAl substrate during oxidation test at 900°C in air. Characterization of the deposited coating before and after oxidation indicated that growth of an aluminum-rich oxide layer at the coating/ substrate interface occurred. The continuous aluminum-rich oxide layer retarded the outward diffusion of titanium and therefore suppressed the growth of TiO₂.

Keywords: chromia arc ion plating oxidation γ-TiAl

收稿日期 2008-12-05 修回日期 2009-02-17 网络版发布日期 2009-05-19

DOI:

基金项目:

通讯作者: 程玉贤 Email: yxcheng@imr.ac.cn

作者简介: 程玉贤(1981-), 男, 博士研究生, 研究方向为高温防护涂层.

参考文献:

- [1] Loria E A. Gamma titanium aluminides as prospective structural materials [J]. Intermetallics, 2000, 8:1339.
- [2] Dimiduk D M. Gamma titanium aluminide alloys an assessment within the competition of aerospace structural materials [J]. Materials Science and Engineering A, 1999, 263:281.
- [3] 王福会, 唐兆麟. TiAl金属间化合物的高温氧化与防护研究进展 [J]. 材料研究学报, 1998, 12(4):337.
- [4] Tang Z L, Wang F H, Wu W T. Effect of MCrAlY overlay coatings on oxidation resistance of TiAl intermetallics [J]. Surface and Coatings Technology, 1998, 99:248.
- [5] Tang Z L, Wang F H, Wu W T. Effect of Al₂O₃ and enamel coatings on 900°C oxidation and hot corrosion behaviors of gamma TiAl [J]. Materials Science and Engineering A, 2000, 276:70.
- [6] Mattox D M. Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing [M]. New Jersey: Noyes Publications, 1998. 411.
- [7] Becker S, Rahmel A, Schorr M et al. Mechanism of isothermal oxidation of the intermetallic TiAl alloys [J]. Oxidation of Metals, 1992, 38(5-6):425.
- [8] 冯长杰, 辛丽, 李明升, 等. 电弧离子镀梯度(Ti, Al)N薄膜的结构与抗氧化性能 [J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008, 28(1):1.
- [9] Taniguchi S, Shibata T, Murakami A, et al. Improvement in the oxidation resistance of TiAl by preoxidation in a TiO₂ powder pack [J]. Oxidation of Metals, 1994, 41(1-2): 17.
- [10] Taniguchi S, Shibata T and Murakami A. Improvement in the oxidation resistance of TiAl by preoxidation in a SiO₂ powder pack [J]. Oxidation of Metals, 1994, 41(1-2): 103.

扩展功能

本文信息

Supporting info

PDF (582KB)

[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

▶ Cr₂O₃

▶ 多弧离子镀

▶ 氧化

▶ γ-TiAl

本文作者相关文章

▶ 程玉贤

▶ 王文

▶ 朱圣龙

▶ 王福会

PubMed

Article by Cheng, Y. X.

Article by Wang, W.

Article by Shu, K. L.

Article by Wang, F. H.

1. 付广艳, 刘群, 龙媛媛, 梁艳. 晶粒细化对Fe-Cr、Ni-Cr合金氧化行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(6): 384-386
2. 雷明凯. 高温氧化防护涂层寿命预测的基础理论问题[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(1): 12-14
3. 易丹青, 张霞, 李荐, 吴泊涛, 袁均平. Nb-Ti-Al高温Nb合金氧化行为的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(2): 94-97
4. 张先锋, 蒋百灵. 能量参数对镁合金微弧氧化陶瓷层耐蚀性的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(3): 141-143
5. 周月波, 彭晓, 王福会. Ni-28.0 mass%Al纳米复合镀层的氧化研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(4): 219-222
6. 张伟, 徐国辉, 郭献军. 内氧化对渗铝钢循环氧化性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(4): 227-229
7. 牛焱. 低氧压下三元合金最活泼组元单一内氧化的理论分析[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(1): 1-7
8. 黄粮, 孙晓峰, 管恒荣, 胡壮麒. 定向凝固高温合金M951低压渗铝涂层的高温氧化及相变过程[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(1): 34-38
9. 朱利敏, 彭晓. CeO₂改性的渗铝涂层及氧化性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(2): 63-68
10. 付广艳, 牛焱, 宋尽霞等. 纯Ce及Fe—Ce合金在低氧压下的氧化[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(1): 20-23
11. 胡传顺, 王福会, 吴维tao. 热障涂层研究进展[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(3): 160-163
12. 何大雄, 管恒荣, 姜晓霞等. Pd—Ni—Al涂层的循环氧化和在Na₂SO₄熔盐中的热腐蚀行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(4): 207-210
13. 田飞, 高志明, 宋诗哲. 阳极氧化法提高土壤中锌参比电极电位稳定性[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006,18(2): 155-156
14. 周松颖. 超临界水氧化技术与环境保护[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006,18(2): 115-117
15. 李广田, 吴国玺, 杜成武等. 硼化物抑制石墨电极氧化研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1999,11(2): 126-128
16. 张永君, 严川伟, 王福会. 镁阳极氧化膜微观结构和防护性能的比较[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004,16(1): 1-4
17. 朱明, 李美栓, 李亚利, 周延春. 溶胶-凝胶高温氧化防护涂层[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004,16(1): 33-37
18. 李美栓, 张亚明. 活性元素对合金高温氧化的作用机制[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(6): 333-337
19. 张亚明, 李美栓. 几种钢材渗Al涂层在海水淬冷时的循环氧化研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(5): 258-262
20. 张丽, 王俭秋, 关辉等. 超临界水氧化技术及其环境中材料的腐蚀研究现状[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(5): 270-274
21. 付广艳, 牛焱. Fe-15Ce合金的氧化-硫化腐蚀[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(6): 314-317
22. 钱余海, 李美栓, 张亚明. 力学载荷作用下合金的高温氧化行为研究状况[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(6): 342-346
23. 李淑华, 程金生, 尹玉军等. LY12Al合金微弧氧化过程中电流和电压变化规律[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(6): 362-364
24. 李美栓, 钱余海. 表面涂覆CeO₂对Fe—23Cr—5Al合金上Al₂O₃膜生长应力的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(1): 1-5
25. 牛焱, Gesmundo F. 在二元氧化剂中二元合金的双重内氧化[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(4): 187-197
26. 曲恒磊, 周廉, 魏海荣. 低压预处理对TiAl抗氧化性的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(5): 280-283
27. 韩恩厚. 超临界水环境中材料的腐蚀研究现状[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1999,11(1): 53-56
28. 颜军, 彭晓, 王福会. 纳米CeO₂改性渗Cr涂层在5%O₂-0.1%SO₂-N₂气氛中的高温氧化[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(1): 43-46
29. 熊蓉春, 魏刚, 陈智生等. 亚硫酸盐氧化失效机理研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1999,11(2): 89-93
30. 齐慧滨, D.G.Lees, 何业东. 表面施加含稀土氧化物薄膜对Fe25Cr高温氧化的“活性元素效应”[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1999,11(4): 193-201
31. 曾潮流, 王文, 吴维Tao. Fe—Y合金在600—800℃空气中的氧化行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1999,11(5): 257-263
32. 李美栓, 钱余海, 辛丽. 合金上氧化物的体积比的分析[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1999,11(5): 284-289
33. 李美栓, 辛丽, 钱余海等. 氧化膜应力研究进展[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1999,11(5): 300-305
34. 李远士, 牛焱, 王富岗等. Fe-Y合金在600~800℃纯氧气氛中的氧化行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1999,11(6): 335-340
35. 徐金霞, 黄新民, 梁岩峰, 刘大智. 腐蚀开孔和二电极装置体系在电沉积镍—氧化铝纳米阵列中的应用[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004,16(4): 243-244
36. 崔彤, 王介强, 王晓轩, 王卫华, 王志兴, 杨洪才. GH4169合金高温氧化特征[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004,16(4): 192-195
37. 黄思玉. 在CrO₃溶液中纯铜表面透明氧化膜的形成与结构分析[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004,16(3): 137-140
38. 李国敏, 李爱魁, 郭兴蓬, 郑家. 松香胺类RA缓蚀剂对碳钢在高压CO₂体系中缓蚀机理研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004,16(3): 125-128
39. 姚维义, 唐谟堂, 彭可, 陈永明, 张恩明. 铅锭腐蚀机理的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004,16(4): 0-206
40. 马海涛, 郭贵芬, 赵杰, 王来. 纯Fe在含KCl蒸汽的O₂气氛中的高温腐蚀行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(1): 20-23
41. 张丽, 韩恩厚, 柯伟. S₂O₂-3对Ni基合金671在NaCl水溶液中的点蚀行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004,16(4): 229-232
42. 沈嘉年, 李凌峰, 张玉娟, 李谋成, 刘冬. 不锈钢表面渗铝并热氧化处理对氢渗透的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(1): 15-19
43. 朱雪梅, 王新建, 刘明, 张彦生. Fe-30Mn-9Al奥氏体钢高温循环氧化特征[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(1): 31-33
44. 李建中, 邵忠财, 田彦文, 康凤娣, 翟玉春. 微弧氧化技术在Al、Mg、Ti及其合金中的应用[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004,16(4): 218-221
45. 郭明虎, 王启民, 柯培玲, 宫骏, 孙超, 闻立时. 爆炸喷涂富Al的NiAl涂层对Ti22Al26Nb合金循环氧化性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(1): 24-26
46. 周浪. 金属高温氧化的计算模拟研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(1): 54-58
47. 郭殿品, 张尊礼, 张凡云, 冯瑞亮, 张桂芝. 耐热扩散涂层在燃气轮机上的应用现状及趋势[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(1): 59-62
48. 钱建刚, 李荻, 郭宝兰. 10X11H23T3MP-BD不锈钢材料的耐蚀性能[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004,16(6): 363-366
49. 王亚龙, 陈莉云, 张海涛, 王军, 王旭辉, 张昌云. 玻璃纤维/铜皮芯复合导电纤维老化性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004,16(5): 291-294
50. 吴军, 敬和民, 张立武. TiAl金属间化合物表面技术进展[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003,15(1): 24-28
51. 宋复斌, 张琦. 盐雾腐蚀对Al-Si涂层循环氧化行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003,15(2): 75-78
52. 钱余海, 李美栓, 张亚明. 氧化膜开裂和剥落行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003,15(2): 90-93
53. 赵鹏辉, 左禹, 赵景茂. 几种Al合金阳极氧化膜的孔蚀行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003,15(2): 82-85

54. 李猛进, 孙晓峰, 管恒荣等. Pd-Ni-Al涂层的高温短期氧化行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003,15(2): 67-71
55. 楼翰一, 陈国锋. Ni-Cr-Al纳米晶合金在1000℃的高温氧化行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003,15(3): 147-150
56. 牛焱, 刘刚, 吴维tao. 铂改性铝化物涂层的高温氧化[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(2): 63-67
57. 金泽. 活塞用锻铝合金LD7硬质阳极氧化工艺[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(2): 121-122
58. 潘牧, 南策文. 碳化硅(SiC)基材料的高温氧化和腐蚀[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(2): 109-113
59. 宋辰霞, 曾潮流, 付广艳等. 双相Cu—Co合金在600—800℃空气中的氧化[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(2): 77-81
60. 李远士, 牛焱, 吴维tao. 纯Y和Co—Y合金在800℃不同硫压下的硫化—氧化[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(2): 93-97
61. 李美栓, 周延春. Al₂O₃形成合金过渡态氧化行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(6): 409-412
62. 张召恩, 张丽, 关辉等. 超临界水氧化技术研究方法及应用[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003,15(4): 212-215
63. 张军平, 张秋禹, 颜红侠. 高效气-液双相CO₂缓蚀剂的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003,15(4): 241-243
64. 温建萍, 冯庆伟, 温涛. 热采注汽管线的腐蚀与安全分析[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2003,15(5): 304-306
65. 严川伟, 史志明, 林海潮等. Zn在SO₂环境下大气腐蚀初期表面特性研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2000,12(3): 151-153
66. 李海滨, 梁开明, 梅乐夫等. 溶胶—凝胶法制备的ZrO₂涂层对低碳钢腐蚀的保护[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002,14(2): 92-94
67. 杨松岚, 王福会. NiAl金属间化合物高温氧化的研究进展[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002,14(2): 109-112
68. 李美恒, 孙晓峰, 张重远等. 溅射NiCrAlY涂层氧化过程 Al₂O₃膜结构与形貌的转变[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002,14(3): 142-146
69. 卢建树, 李肖华, 张九渊等. 316不锈钢和825镍基合金在超临界水氧化毒死蛭介质中的腐蚀[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002,14(4): 187-190
70. 王贻谦, 崔凤梅, 吴世国. 热障涂层技术在氧化炉上的应用[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002,14(4): 239-241
71. 赵鹏辉, 左禹, 白志君. 工艺参数对Al合金阳极氧化膜腐蚀行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002,14(5): 288-291
72. 王淑荷, 杜秀魁, 郭建亭等. 舰用GH984合金在不同环境中的腐蚀性能[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2002,14(5): 284-287
73. 牛焱. 在模拟煤燃烧环境中12Cr钢的循环硫化-氧化[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(1): 5-8
74. 徐桂英, 李建保, 黄勇. NbC_x-C三维网状纤维的氧化特性[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(1): 16-20
75. 曹中秋, 牛焱, 吴维tao. 晶粒尺寸对Cu-60Ni合金高温氧化行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(2): 63-65
76. 张成全, 吴建生, 郑文龙等. 耐候钢表面稳定锈层形成机理的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(3): 143-146
77. 申玉田, 崔春翔, 徐艳姬等. Cu-Al合金内氧化产物及其体积分数的测定[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(4): 192-194
78. 赵泽良, 牛焱. Cu-15Ni-15Ag合金在600~700℃空气中的氧化[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(4): 187-191
79. 张永君, 严川伟, 楼翰一等. Mg及其合金的阳极氧化技术进展[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001,13(4): 214-217
80. 邱望标, 杨绿. 钛及钛合金着色工艺及色膜性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2005,17(5): 369-370
81. 于萍, 王亚权, 王文. 稀土元素Y对K38G高温合金800℃恒温氧化行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006,18(3): 183-186
82. 沈承金, 欧雪梅, 赵宇龙. RuO₂、IrO₂和Ta₂O₅多元氧化物涂层阳极的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006,18(4): 252-254
83. 郑海忠, 鲁世强, 王克鲁, 苏倩, 聂小武. Laves相NbCr₂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
84. 赵越, 杨功显, 袁超, 郭建亭, 刘常升. 铸造镍基高温合金K447的高温氧化行为[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(1): 1-4
85. 刘平, 辛丽, 赵晖, 朱圣龙, 王福会. (Ti, Al)N涂层对不锈钢基材疲劳性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(1): 1-4
86. 杨世伟, 陈海英, 朱晓光, 王艳华. K4104高温合金AlSi涂层1000℃氧化性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(1): 5-8
87. 于存贞, 魏德洲, 朱圣龙. 采用无机盐和表面活性剂的新型溶胶-凝胶法制备氧化铝薄膜研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(2): 92-94
88. 王卫锋, 蒋百灵, 时惠英. 镁合金微弧氧化深色陶瓷膜制备及耐蚀性研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(1): 51-53
89. 胡小芳, 吴成宝, 汪海军. 焦化加热炉炉管腐蚀失效分析[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(1): 71-73
90. 戴文君, 朱圣龙, 谢冬柏, 王文, 王福会. 后处理对多弧离子镀NiCoCrAlY涂层高温氧化性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(2): 79-83
91. 高岩, 郑志军. 镍-铜高温合金主蒸汽滤网开裂失效分析[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(1): 69-71
92. 高欣, 吴欣强, 关辉, 韩恩厚. 高温高压水环境中腐蚀产物膜的研究现状[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(2): 110-113
93. 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
94. 丁德武, 赵杉林, 张振华, 李萍, 李君华. Fe(OH)₃的高温硫腐蚀产物氧化自燃性影响因素研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2007,19(3): 186-188
95. 张忠礼, 何越, 鄂世国, 孙磊. 纯铜表面热喷涂扩散制备铝化物层工艺与组织结构[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(1): 29-31
96. 张健, 魏德君, 郭策安. PCrNi3MoVA钢表面电火花沉积Cr的强化层性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(2): 110-113
97. 朱圣龙, 曹硕, 李淑梅, 张春刚, 谢冬柏, 王文, 辛丽, 王福会. 斜入射溅射Ni-7Cr-8Al涂层及其表面热生长氧化膜组织结构表征[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(2): 86-90
98. 王印旭, 胡凡, 王佳. 冷轧钢板锈蚀行为及表面氧化物影响的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(2): 96-99
99. 付宇, 侯明, 明平文, 衣宝廉, 梁成浩. 铝合金表面处理新工艺[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(1): 65-67
100. 李辛庚, 王学刚. CeO₂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
101. 傅敏, 王学刚, 李辛庚. 喷丸对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): 166-169
102. 鲁玉龙, 薛守洪, 徐葆, 卫志刚, 张利文. 火电厂1025T/h锅炉高温过热器爆管分析[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(3): 193-196
103. 王志武, 邓芳, 王玉山, 雷燕, 冯亿生. 20g钢高温高压水蒸汽氧化行为研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(3): 170-172
104. 王天旭, 李子全. 恒压阳极氧化对镁合金氧化膜的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(1): 11-14
105. 文强, 曹发和, 张昭, 张鉴清. 脉冲方波对镁合金AZ91D阳极氧化的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(2): 182-184
106. 张霞, 王伟, 王佳. 利用丝束电极技术研究微生物模拟膜/金属界面的电化学不均匀性[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009,21(3): 242-244
107. 姜涛, 程陆凡, 李洪锡, 孙超. Ag-Sn合金氧化行为的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008,20(6): 405-408

反馈人	<input type="text"/>	邮箱地址	<input type="text"/>
反馈标题	<input type="text"/>	验证码	<input type="text" value="6437"/>
	<input type="text"/>		