

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2022.11.001

铝合金微弧氧化工件局部平面保护方法研究

张宇*, 黄传林, 王恺

(中国船舶集团有限公司第七二四研究所, 江苏 南京 211153)

摘要: 针对微弧氧化平面局部保护困难的问题, 本文介绍了现有工艺处理措施, 包括有螺钉孔的平面保护方法和无螺钉孔的平面保护方法, 对于无螺钉孔的平面保护, 提出了利用可剥胶来提供保护的方法, 并对可剥胶进行了成分性能分析和试验验证。试验效果良好, 这将为微弧氧化平面保护提供可行的参考。

关键词: 微弧氧化; 局部保护; 无螺钉孔平面; 可剥胶

中图分类号: TG178

文献标识码: A

Research on Micro-Arc Oxidation Plane Protection of Aluminum Alloys

ZHANG Yu*, HUANG Chuanlin, WANG Kai

(724th Research Institute of CSSC, Nanjing 211153, China)

Abstract: In order to solve the problems of micro-arc oxidation plane, this paper introduced the existing treatment process measures. It includes a plane protection method with screw holes and a plane protection method without screw holes. For plane protection without screw holes, the method of using peelable glue to provide protection is put forward. The composition and performance analysis of the peelable glue and test verification were carried out and good test results were received, which will provide a reference for micro-arc oxidation plane protection.

Keywords: micro-arc oxidation; local protection; flat surface without screw holes; peelable glue

微弧氧化是在普通阳极氧化技术基础上发展起来的一项表面处理新技术^[1-3]。由于在表面处理过程中会产生等离子火花放电现象, 所以又称微等离子体氧化, 这是一种在以 Al、Mg、Ti 等阀金属及其合金表面通过微等离子体放电, 原位生长氧化物陶瓷膜的新技术^[4-9]。该过程是将工件作为阳极置于特殊的电解质水溶液中, 使工件表面的金属与电解质溶液相互作用, 在工件表面形成微弧放电, 由于在高电压、大电流等因素的作用下, 金属发生热化学、等离子体化学和电化学一系列反应, 导致金属表面形成一层陶瓷膜^[10-15]。利用此项微弧氧化技术形成的表面膜层与基体的结合力强、硬度高、耐磨性、耐蚀性、抗热震性高, 膜层电绝缘性好。在高温、高湿、盐

雾的恶劣海洋环境下, 暴露在外的铝合金设备很容易出现腐蚀现象, 这使铝合金设备在海洋工程中的长期应用受到一定限制, 而微弧氧化膜层具有很强的耐腐蚀性, 能有效地解决了这个难题^[16-20]。该技术是一项很有前途的材料表面处理新技术, 正成为国际材料表面工程技术领域的研究热点。

1 工艺研究问题的提出

微弧氧化是通过电解液与相应电参数的组合, 在铝、镁、钛及其合金表面依靠弧光放电产生的瞬时高温高压作用(峰值电流可达 1200 A 左右, 工作电流 300 A 左右, 电压 550 V 左右), 生长出以基体金属氧化物为主的陶瓷膜层, 膜层与基体的结合力强, 陶

收稿日期: 2022-09-26

修回日期: 2022-10-8

作者简介: 张宇(1990—), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为雷达装备技术状态管理, email: 597874689@qq.com

瓷膜层绝缘,绝缘电阻可达 $10^7 \sim 10^9 \Omega$ 左右,耐腐蚀膜层厚度一般在 $15 \sim 30 \mu\text{m}$ 之间。

由于微弧氧化膜层是绝缘的,那么在进行微弧氧化的时候,工件上需要导电的平面就需要保护起来;另外耐腐蚀膜层的厚度一般在 $15 \sim 30 \mu\text{m}$ 之间,那么在进行微弧氧化的时候,精度要求高的定位平面也需要保护起来。

目前,对于有螺钉孔的平面保护是比较成熟的,主要是采用绝缘保护材料通过螺钉孔固定在需要保护的平面上,阻止微弧氧化进行,其中绝缘保护材料主要有密封用的丁基橡胶胶带、固定用的塑料尼龙螺钉和橡胶盖板等。

对于没有螺钉孔的平面保护还不是很完善,因为没有螺钉孔,采取上述的绝缘保护材料固定在平面上就比较困难,为了解决这个难题就需要一种胶直接粘在需要保护的平面上。

微弧氧化的电解液主要有硅酸盐体系、磷酸盐体系、钨酸盐体系等,溶液多数呈碱性,但也有少数呈酸性的,因此这种胶需耐酸碱侵蚀;微弧氧化过程中,以电解槽为阴极,铝合金工件为阳极,为了阻止保护平面氧化进行,这种胶就需要绝缘;微弧氧化依靠弧光放电会产生瞬时高温高压,就需要这种胶能耐高温、耐高电压击穿;另外还需要这种胶既附着牢固又要便于微弧氧化后清理,不影响铝合金工件的使用。

2 现有平面局部保护的工艺方法

2.1 有螺钉孔的平面保护方法

如图1(a)所示,图中绿色的部位是定位平面,精度要求高,为了阻止微弧氧化在这个平面上的进行,需要采取保护措施。针对此平面上有螺钉孔,图1(b)中对定位平面,用塑料尼龙螺钉将橡胶盖板固定在平面上,然后用丁基橡胶胶带沿周边缝隙缠绕两圈,封住周边缝隙,这样就会将平面与电解液隔离,阻止了微弧氧化膜层在此定位平面上的生成。

2.2 无螺钉孔的平面保护方法

2.2.1 目前的保护措施

无螺钉孔的导电平面、定位平面等其他平面,由于没有螺钉孔的存在,用橡胶盖板、塑料尼龙螺钉固定起来就比较困难。如图2(a)和图2(b),铝合金工件某部位平面需要导电,因此需要保护起来阻止微弧氧化的进行。

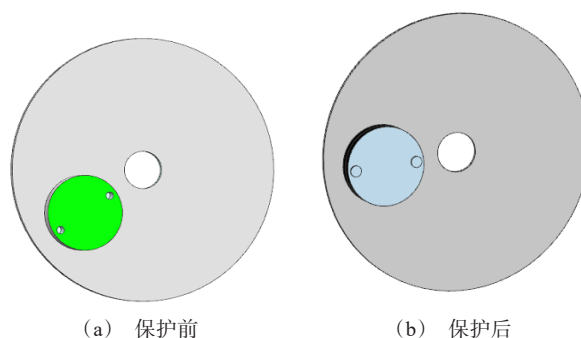


图1 带螺钉孔定位面的保护

Fig.1 Protection of positioning surface with screw hole

目前采取的保护措施如图2所示。在导电平面上贴上丁基橡胶胶带,由于胶带直接贴在平面上粘性不够,为了使丁基橡胶胶带更好地粘在导电平面上,图2(a)中用卡环固定丁基橡胶胶带,图2(b)中采用固定架压住丁基橡胶胶带。由于丁基橡胶胶带直接贴在平面上粘性不够,需要采取固定装置,这样实施操作起来比较困难,而且保护的效果不理想,有很多部位被电压击穿渗透,在需要导电的平面上生成了微弧氧化层。

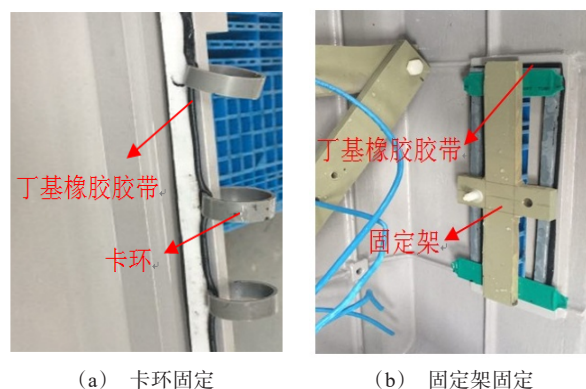


图2 导电平面的丁基橡胶胶带固定

Fig.2 Protection of conductive plane using butyl rubber tape

2.2.2 解决措施

目前对于没有螺钉孔的平面保护还不是很完善,因为没有螺钉孔,采取上述的保护措施操作起来就比较困难而且效果不好,为了解决这个难题就需要一种胶直接粘在需要保护的平面上。

针对上述工艺研究问题的提出中微弧氧化的特

性和对胶膜性质的要求,本文利用热熔胶、电镀保护胶带、硅橡胶基可剥胶、环氧基可剥胶和蓝胶等开展

工艺试验,以摸索、验证不同胶料对微弧氧化中平面保护的效果和工艺性。可剥胶或胶带对比见表 1。

表 1 可剥胶或胶带对比

Tab.1 Comparison of peelable glue and tape

| 胶或胶带 | 成分和性能 | 施工方法 |
|---------|--|--|
| 热熔胶 | 主要是由基本树脂、增粘剂等组成,耐高温,绝缘性能强,粘结性一般 | 利用热熔枪加热,将热熔胶熔化后涂在试件表面,5 min 左右后热熔胶固化,操作起来比较方便 |
| 电镀胶带 | 绝缘性强,粘结性强,阻燃性一般 | 将胶带撕下直接贴在试件表面,操作很方便 |
| 硅橡胶基可剥胶 | 主要成分是硅橡胶和氯化橡胶合成,绝缘性强,耐酸碱溶液侵蚀,耐高温,粘结性强,成分中氯化橡胶耐电蚀性强 | 将氯化橡胶和硅橡胶按一定比例混合均匀,用刷子将硅橡胶基可剥胶刷涂在试件表面,常温下 12 h 左右,可剥胶就会固化,操作起来比较复杂 |
| 环氧基可剥胶 | 主要成分是环氧胶和氯化橡胶合成,绝缘性强,耐酸碱溶液侵蚀,耐高温,粘结性强,成分中氯化橡胶耐电蚀性强 | 将氯化橡胶和环氧胶按一定比例混合均匀,用刷子将环氧基可剥胶刷涂在试件表面,常温下 12 h 左右,可剥胶就会固化,操作起来比较复杂 |
| 蓝胶 | 主要成分是氯醋树脂和环氧树脂,绝缘性强,耐高温,耐酸碱溶液侵蚀,粘性强 | 用刷子将蓝胶涂在试件表面,在烘箱里 150 °C 下,保温 20 min 后蓝胶固化,随炉冷却 1 h 左右,操作最复杂 |

2.2.3 试验过程与结果

如图 3(a)所示,利用热熔枪将热熔胶涂在零件表面,5 min 后热熔胶固化,将零件放到微弧氧化槽液中,但热熔胶在槽液中很快就脱落了下来,没有起

到保护的作用。图 3(b)是将电镀胶带粘在零件表面,然后将零件放到微弧氧化槽液中,随着微弧氧化的进行,胶带脱落并伴随烧熔的状态,也没有起到保护的作用。



(a) 热熔胶试验



(b) 电镀胶带试验

图 3 热熔胶和电镀胶带试验

Fig.3 Hot melt adhesive and electroplated tape tests

如图 4(a)~4(c)所示,将蓝胶涂在试验件表面,4(a)厚度薄一些,4(b)的厚度相对厚一些,4(c)窄一些,涂完之后去电热鼓风干燥箱固化,固化温度 150 °C,时间 20 min。然后进行微弧氧化,微弧氧化过程中蓝胶在试验件表面粘贴良好。试验结束后测量膜层厚度在 25 ~ 30 μm 之间。从图 4(d)、4(e)中可以看出,由于边缘比较薄,微弧氧化对试验件的边

缘有入侵的痕迹,但整体保护效果良好,而且试验结束后蓝胶很容易剥离试验件表面;从图 4(f)试验结果可以看出,窄条蓝胶的保护效果不好,由于胶带太窄,微弧氧化过程中,电压更容易从两侧击穿,从而在需保护的区域生长出了膜层。

如图 5(a)所示,将硅橡胶基可剥胶、环氧基可剥胶分别刷涂在试验件上,常温下 12 h 后,两种可剥

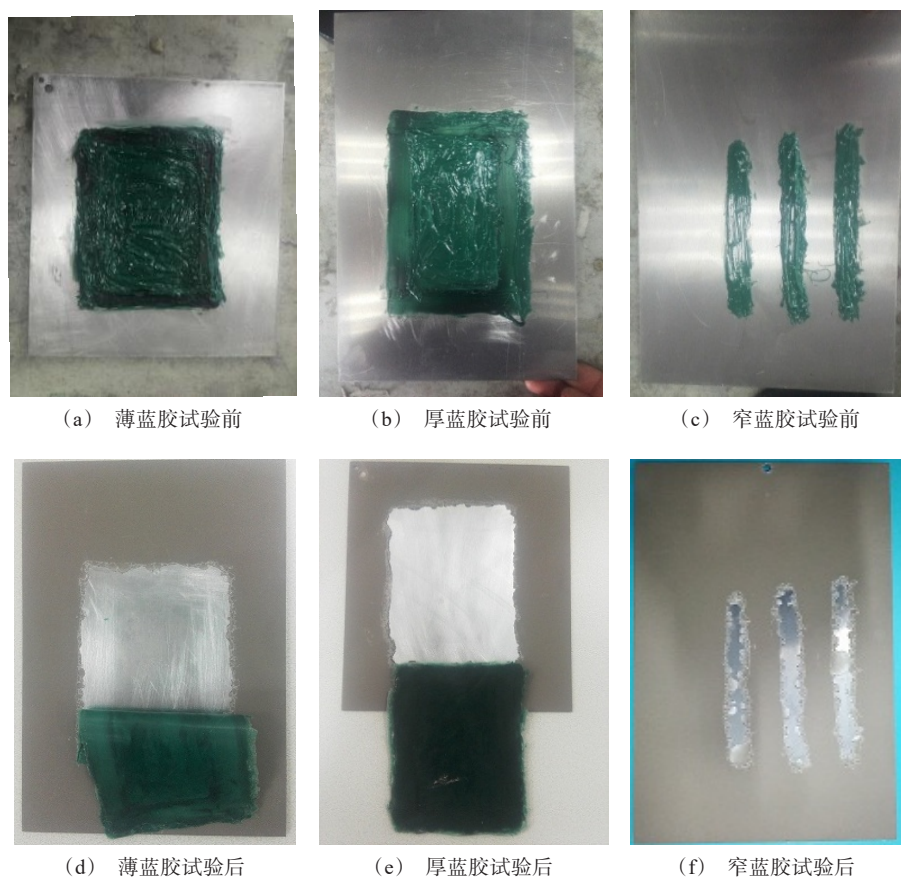


图4 蓝胶试验结果

Fig.4 Results of blue-glue test

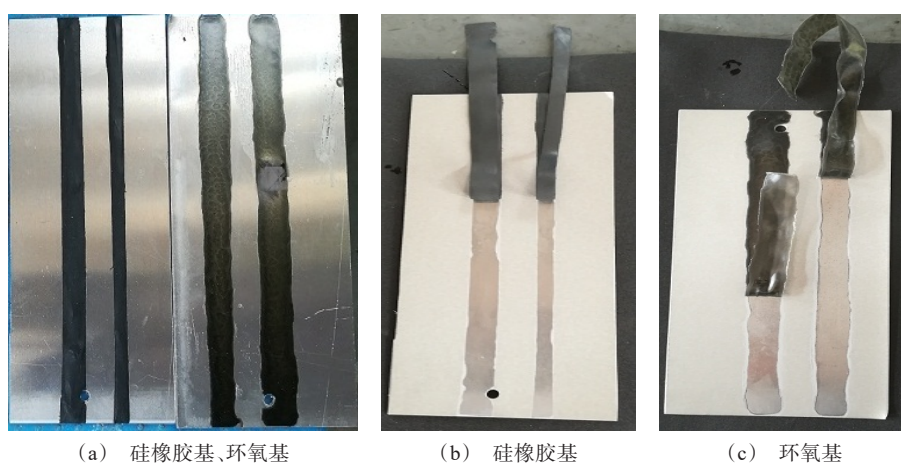


图5 可剥胶试验结果

Fig.5 Results of peelable glue test

胶均固化在试验件表面。然后将试验件放入槽液中进行微弧氧化,微弧氧化过程中硅橡胶基可剥胶和环氧基可剥胶在试验件表面粘贴良好。试验结束后

测量膜层厚度在 $25 \sim 30 \mu\text{m}$ 之间。从图 5(b) 和 5(c) 可以看出,虽然两种可剥胶刷涂的都很窄,但对平面的保护效果都比较良好,其主要原因是两种可

剥胶中含有一定量的氯化橡胶,氯化橡胶耐电蚀性好,能有效防止电压击穿。试验结束后两种可剥胶都能剥离试验件表面,但环氧基可剥胶粘结力更强,主要是环氧胶与金属的粘合力比硅橡胶更强。对于没有螺纹孔的平面,在微弧氧化时可以考虑采用这两种可剥胶来进行局部保护。

3 结语

本文针对微弧氧化过程中需要局部保护的平面,介绍了现有螺钉孔的平面保护方法和无螺钉孔的平面保护方法,并提出了利用可剥胶对无螺钉孔的平面进行保护,通过试验验证热熔胶和电镀胶带没有起到平面局部保护的效果,蓝胶对于窄的平面局部保护效果不好,而硅橡胶基可剥胶和环氧基可剥胶对于平面的局部保护效果良好。

参考文献

- [1] 刘建平, 旷亚非. 微弧氧化技术及其发展[J]. 材料导报, 1998(5): 27-32.
- [2] 邓忠威, 薛文斌. 铝合金表面微弧氧化技术[J]. 材料保护, 1996, 29(2): 15-16.
- [3] 蒋永锋. 铝合金微弧氧化陶瓷层的制备工艺及陶瓷层生长过程的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2001.
- [4] 辛铁柱. 铝合金表面微弧氧化陶瓷膜生成及机理的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
- [5] 李月超, 李婷, 刘立波. 极间距对车用 AZ31B 镁合金 MAO 涂层微观组织及耐蚀性的影响[J]. 材料保护, 2021, 54(9): 101-105, 174.
- [6] 李廷取, 刘祥玲, 刘文昇. 不同占空比对 6061 铝合金微弧氧化着色及性能的影响研究[J]. 电镀与精饰, 2022, 44(9): 20-24.
- [7] 宋娜, 强巍, 陈震, 等. 微弧氧化对 6061 铝合金衬套尺寸精度及性能的影响[J]. 材料保护, 2021, 54(6): 107-111, 1161.
- [8] 方云鹏, 杜克勤, 等. 负向电压对 LA91 镁锂合金微弧氧化膜耐蚀性的影响[J]. 电镀与精饰, 2021, 43(3): 21-26.
- [9] 葛晗, 姜波, 王超, 等. 恒流恒压交互作用对 6063 铝合金微弧氧化陶瓷膜层组织与性能的影响[J]. 材料保护, 2022, 55(8): 102-108.
- [10] 赵英鹏, 张晓燕, 葛飞, 等. 不同体系下铸造铝合金微弧氧化膜层的耐磨性能研究[J]. 轻金属, 2012(2): 60-62.
- [11] 王艳秋, 王岳, 陈派明, 等. 7075 铝合金微弧氧化涂层的组织结构与耐蚀耐磨性能[J]. 金属学报, 2011, 47(4): 455-461.
- [12] 李玉海, 赵艳, 李宝毅, 等. 不同电解液对 2A12 铝合金微弧氧化膜耐磨性能的影响[J]. 功能材料, 2011, 42(S2): 354-357.
- [13] 李斌, 董丽虹, 王海斗, 等. 航空航天铝合金腐蚀疲劳研究进展[J]. 表面技术, 2021(7): 106-118.
- [14] Zhang D H, Kong D J. Microstructure and immersion corrosion behavior of laser thermal sprayed amorphous Al-Ni coatings in 3.5% NaCl solution[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2018, 735(4): 1-12.
- [15] 赵坚, 宋仁国, 李红霞, 等. Na_2SiO_3 浓度对 6063 铝合金微弧氧化层组织与性能的影响[J]. 材料热处理学报, 2010(1): 146-149.
- [16] 王红美, 尹艳丽, 杜军, 等. 磷酸盐浓度对 5083 铝合金微弧氧化膜组织与耐腐蚀性能的影响[J]. 中国表面工程, 2016(5): 109-115.
- [17] 陈晶, 成阳, 陈东琛, 等. 铝及铝合金阳极氧化的发展现状[J]. 江西化工, 2019(4): 44-46.
- [18] 陈岩, 薛宏伟, 邸建国. 铝合金微弧氧化工艺的研究[J]. 电镀与环保, 2018, 38(5): 44-45.
- [19] 赵华星, 宋巍, 孙晓峰, 等. 铝合金表面微弧氧化制备陶瓷层的最佳工艺优化及耐腐蚀性能研究[J]. 材料保护, 2022, 55(2): 88-94.
- [20] 邵书豪, 程东, 谢延楠, 等. 电解液中 MoS_2 和 SiC 浓度与配比对铝合金微弧氧化膜层摩擦学性能的影响[J]. 材料热处理学报, 2018, 39(11): 87-93.