

铸钛合金组合零件的阳极氧化工艺研究

李淑华

(中航工业南方航空工业(集团)有限公司, 株洲 412002)

[摘要] 针对铸钛合金材料和焊接组合件的特点,优化铸钛合金组合零件的阳极氧化工艺。在普通钛合金阳极化工艺的基础上,采用正交试验优化了氧化时间、氧化溶液温度、氧化最终电压、氧化前处理酸腐蚀时间等工艺参数。验证试验及试生产结果表明,优化的工艺条件能够满足产品的质量要求。

[关键词] 钛合金; 阳极氧化; 焊接组合零件; 正交试验

[中图分类号] TG174.451

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-3660(2012)05-0108-03

Process Study on Anodization for Cast Titanium Alloy Weldment

LI Shu-hua

(AVIC South Aviation Industry Co., LTD, Zhuzhou 412002, China)

[Abstract] According to the characteristics of cast titanium alloy and welding assembly, the anodizing processes of cast titanium alloy weldments were optimized. On the basis of normal titanium alloy anodization, these process parameter such as anodization time, anodization solution temperature, anodization voltage and the acid corrosion time before anodization and so on for cast titanium alloy weldment were optimized. This conclusion shows that the optimized process conditions meet the demands of production quality.

[Key words] Ti-alloy; anodization; welding assembly; orthogonal test

钛及钛合金具有高的比强度、优良的耐蚀性及良好的高温性能,在现代航空航天、军事工业、民用工业中占据越来越重要的位置^[1-2]。但钛及钛合金也存在一些固有的缺陷,如自身硬度低、耐磨性能差等,限制了它的进一步应用。一些行之有效的表面处理技术应运而生,如化学处理、阳极氧化处理、化学镀及电镀、微弧氧化、激光熔覆表面处理、CVD、PVD、热扩散以及多组元和多层涂层技术等,大大促进钛及钛合金在各行各业领域的应用^[3-7]。但实际上,一些焊接钛合金零件的表面防护处理难度很大,尤其是铸钛合金材料,很

容易出现前处理溶液腐蚀过度、阳极氧化处理后的表面色泽不均等现象。文中就某装备一组由 ZT6211 铸钛合金和 TA7 钛合金两种材料焊接而成的零件进行阳极氧化处理,探讨工艺参数的影响规律,拟提高这种组合零件的表面质量。

1 试验

焊接组件 ZT6211 铸钛合金和 TA7 钛合金的具体成分见表 1。

表 1 试验用材料成分
Tab.1 Component of test materials

材料牌号	化学成分及含量/%									
	Al	Sn	V	Ti	Fe	C	N	H	O	其它
ZT6211	4.0~6.0	2.0~3.0		余量	0.5	0.10	0.05	0.015	0.20	0.5
TA7	5.5~6.8		3.5~4.5	余量	0.3	0.10	0.05	0.015	0.20	0.5

表面处理工艺流程为:阳极氧化前验收→水基清洗剂除油→装挂→化学除油→流动温水洗→流动冷水洗→酸腐蚀(按需进行)→流动冷水洗→阳极氧化→流动冷水洗→流动热水洗→干燥。前处理酸腐蚀的溶液

为 15% 硝酸 + 1% 氢氟酸(以体积分数计)的水溶液(所用硝酸密度为 1.42 g/dm³,氢氟酸中 HF 质量分数为 40%)。阳极氧化溶液的基本成分为:氢氧化钠 10~20 g/L。

[收稿日期] 2012-04-22; **[修回日期]** 2012-05-25

[作者简介] 李淑华(1963—),女,湖南株洲人,高级工程师,主要研究方向为航空产品的电镀。

对于一般的钛合金零件而言,已有阳极氧化的工艺规范(温度、电压、氧化时间等),但对这种组合零件采用常规阳极氧化工艺是否合适,需要进行正交工艺试验进行确定。按照这种铸造钛合金组合零件的工艺要求,重点考察其在前处理酸腐蚀过程中的腐蚀程度与阳极氧化后的表面色泽均匀程度,并以此作为正交试验的评价指标。

2 试验结果与讨论

为了优选铸钛合金在酸溶液中的腐蚀时间和阳极氧化的电压、溶液温度和氧化时间,以其作为四个因素,按 $L_9(3)^4$ 进行正交试验。试验中,酸腐蚀液和阳极氧化液成分不变,采用综合评分法进行评价。因素水平表见表 2,各因素和水平根据常规阳极氧化工艺规范进行了细化。

表 2 正交试验因素水平表

Tab. 2 Factor and level list of orthogonal test

水平	因素			
	阳极氧化温度(A)	阳极氧化时间(B)	阳极氧化最终电压	前处理酸腐蚀时间
	/℃	/min	(C)/V	(D)/s
1	80	10	14	2
2	82	15	15	3
3	84	20	16	4

表 3 是正交试验结果。从试验结果及所考察的氧化膜表面质量等考虑,阳极氧化液温度(A 因素)的 R 值最大,为主要影响因素;阳极氧化电压(C 因素)的 R 值最小,为次要影响因素。综合考虑,影响因素的较好水平分别是 $A_2B_2C_1D_2$,即最佳工艺如下:阳极氧化液温度 82 ℃,阳极氧化时间 15 min,前处理酸腐蚀的时间为 3 s,阳极氧化最终电压为 14 V。

表 3 正交试验结果

Tab. 3 Results of orthogonal test

试验编号	因素				试验指标		综合评分
	A	B	C	D	膜层外观	试验过程中的反应	
1	1	1	1	1	较好(膜层发暗)		85
2	1	2	2	2	较好(膜层呈蓝灰色)	前处理腐蚀时反应较大	98
3	1	3	3	3	不好(膜层发暗,表面显晶)	前处理腐蚀时反应大	80
4	2	1	2	3	较好(膜层呈蓝灰色)	前处理腐蚀时反应大	95
5	2	2	3	1	好(膜层呈蓝灰色)		95
6	2	3	1	2	最好(膜层呈蓝色)	前处理腐蚀时反应较大	100
7	3	1	3	2	好(膜层呈蓝灰色)	前处理腐蚀时反应较大	85
8	3	2	1	3	较好(膜层蓝灰色,表面显晶)	前处理腐蚀时反应较大	90
9	3	3	2	1	较好(膜层蓝灰色)		80
I	263	265	275	260			
II	290	283	273	283			
III	255	260	260	265			
I'	87.67	88.33	91.67	86.67			
II'	96.67	94.33	91.00	94.33			
III'	85.00	86.67	86.67	88.33			
R	11.67	7.66	5.00	7.66			

得出的最好水平组合 $A_2B_2C_1D_2$ 不在 9 个试验方案中。比较可知,9 个方案中,效果最好的是第 6 个试验方案 $A_2B_3C_1D_2$ 。按 $A_2B_2C_1D_2$ 组合进行试验,结果与 6 号试验相当,可见优化的工艺参数合适,能够满足质量要求。

图 1 是正交试验中各因素对试验效果的影响趋势图,发现阳极氧化溶液温度、阳极氧化时间、前处理酸腐蚀时间和阳极氧化最终电压,都对铸钛合金组合零件的表面氧化质量有一定的影响。从实际生产情况综合分析,可确定这种铸钛合金组合零件的阳极氧化工艺范围如下:氧化溶液温度 82~84 ℃,氧化时间 10~

20 min,阳极氧化电压 14~16 V,前处理酸腐蚀时间 2~4 s。

按照上述正交试验优化的结果,对铸造钛合金组合零件进行了试生产,发现所获得的氧化膜层完全可以满足产品的质量要求。另外,笔者在试生产过程中,发现酸腐蚀时间的控制是非常重要的,因为 ZT6211 钛合金材料在酸腐蚀过程中反应强烈,并且随着酸腐蚀时间的延长,表面显出较多的粗晶。如果在阳极氧化前不进行酸腐蚀,则获得的阳极氧化膜不均匀且发花。因此为保证这种组合零件表面阳极氧化膜的均匀性,并适当控制表面粗晶,对阳极氧化处理前酸腐蚀时

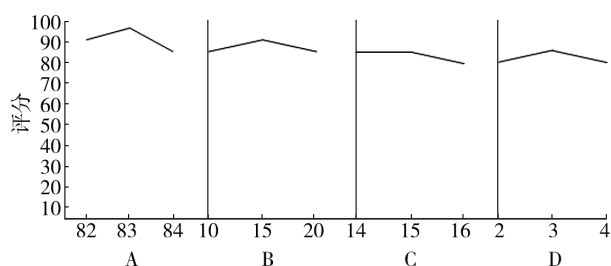


图1 正交试验中各因素对氧化效果的影响趋势

Fig. 1 Influence trend of various factor on oxidation effect in orthogonal test

间的控制就显得尤为重要。多次试验证明,酸腐蚀的最佳时间为 2 s。

在试生产过程中还发现,阳极氧化溶液的温度低至 80 ℃ 时,获得的阳极氧化膜层呈浅蓝色,而在 84 ℃ 时,获得的膜层为均匀的蓝色。铸钛合金材料阳极氧化后表面的颜色与普通钛合金材料阳极氧化后的外观色泽总有一定的差异(蓝色至深蓝色),这是组合零件不同的特性所决定的,都能够满足产品的质量要求。

3 结语

通过正交试验和实际试生产,发现在氢氧化钠 10 ~ 20 g/L 的溶液中对铸钛合金组合零件进行阳极氧

化处理,若合理控制氧化时间、氧化溶液温度、氧化电压、氧化前处理酸腐蚀时间等工艺参数,组合零件表面的阳极氧化膜层外观为蓝色至深蓝色,满足产品外观的质量要求。

[参 考 文 献]

- [1] 屠振密. 钛及钛合金表面处理技术的应用及发展[J]. 表面技术, 2009, 38(6): 76-79.
- [2] 吴小梅, 李伟光. 钛合金 ZrN 耐磨抗冲蚀防护涂层[J]. 装备环境工程, 2005, 2(6): 41-44.
- [3] 赵阳. 钛合金微等离子体氧化技术研究动态[J]. 表面技术, 2005, 34(3): 9-12.
- [4] CHEN C C, CHEN J H, CHAO C G. Electrochemical Characteristics of Surface of Titanium Formed by Electrolytic Polishing and Anodizing[J]. Journal of Materials Science, 2005, 40: 4053-4059.
- [5] 李国英. 表面工程手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [6] 孙慧艳. 钛合金蓝色阳极氧化及缺陷检测研究[J]. 涂装与电镀, 2009(6): 3-5.
- [7] 王博. 钛合金阳极化处理技术[J]. 航空制造技术, 2009(10): 137-139.

欢迎订阅 2013 年《现代涂料与涂装》

《现代涂料与涂装》期刊是由北方涂料工业研究设计院主办的全国性科技期刊,国内外公开发行人,国际连续出版物号:ISSN 1007-9548;国内统一连续出版物号:CN 62-1135/TQ;本刊是中国学术期刊综合评价数据库来源期刊;《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》、《万方数字化期刊群》全文收录期刊;美国《化学文摘》(CA)收录期刊。连续两届荣获全国石油和化工行业优秀期刊二等奖,是国内涂装行业惟一的正式期刊。主要报道涂料、颜料及辅助材料的研究、开发、产业化及应用的创新情况,侧重报道的涂装行业的国内外最新进展,赋予本刊鲜明的应用特色,搭建涂料与涂装工程师交流的技术平台。

本刊为月刊,每月 20 日出版,大 16 开本,彩版印刷,每期定价 15.00 元,全年 12 期合计定价 180.00 元。如需挂号邮寄,每期需另加挂号费 3.00 元。

请根据您的方便,选择以下方式订阅:

1. 通过当地邮局订阅,国内邮发代号:54-65

2. 直接向本刊编辑部订阅:

①通过邮局汇款至兰州市东岗东路 1477 号《现代涂料与涂装》编辑部,邮编:730020,收款人:刘芳;

②银行信汇 户名:中昊北方涂料工业研究设计院有限公司;开户行:中国建设银行股份有限公司兰州拱星墩支行;账号:6200 1360 0190 5150 0638

3. 2013 年本刊特推出“每期仅加 8 元 5 角,期刊快递到您手”活动。快递送刊,上门签收,让您享受足不出户的便利。

征订热线:0931-8496343、8493208,传真:0931-8662104