

7A04 铝合金的硬质阳极氧化工艺

王勇¹, 何春生², 徐竟一¹

(1. 河南工业职业技术学院, 南阳 473009; 2. 河南中光学集团公司, 南阳 473006)

[摘 要] 研究了 7A04 铝合金的硬质阳极氧化, 并给出了其工艺流程、配方、操作步骤。为满足光电瞄具结构件的功能性、装配性、防腐性、耐磨性和外观等要求, 对氧化膜层的厚度、硬度提出了较严格的限定。

[关键词] 7A04 铝合金; 光电瞄具结构件; 硬质阳极氧化; 装配性; 外观

[中图分类号] TG174.451

[文献标识码] B

[文章编号] 1001-3660(2010)06-0111-03

Hard Anodic Oxidation Technology for 7A04 Aluminum Alloy

WANG Yong¹, HE Chun-sheng², XU Jing-yi¹

(1. Henan Polytechnic Institute, Nanyang 473009, China; 2. Costar Group, Nanyang 473006, China)

[Abstract] The technical process, formula and the operating step of the hard anodic oxidation of 7A04 aluminum alloy were presented. In order to meet the functionality, assembly, corrosion resistance, wear ability and appearance of the photoelectric aiming device, the thickness and the hardness of the oxidized film were strict restricted.

[Key words] 7A04 aluminum alloy; photoelectric aiming device; hard anodic oxidation; assembly; appearance

7A04 铝合金属于 Al-Zn-Mg-Cu 系超高强度铝合金, 亦称超硬铝。由于良好的机械性能而广泛应用于军用光电瞄具的结构件上。由于军用瞄具特殊的应用环境, 要求结构件的性能必须满足功能性、装配性、防腐性、耐磨性和表面优雅美观等要求, 所以在某型号光电瞄具结构件上采用了 7A04 铝合金, 并采用了功能性和装饰性都较好的硬质阳极氧化工艺。经过科研攻关和批量生产满足了战术技术指标要求, 同时产品的性能和外观也提升了一个层次。硬质阳极氧化工艺稳定, 可操作性强。

1 硬质阳极氧化^[1-2]

硬质阳极氧化工艺流程:

脱脂(除油)→缎面制取→化学抛光→硬质阳极氧化→扩孔→染色→封闭→干燥→检验→包装。

1.1 脱脂处理

1.1.1 有机溶剂清洗

经过机械加工的结构件都用油脂或防腐液进行工序间防腐处理, 一般用 180[#] 汽油清洗结构件表面油脂或防腐液。特别要清除干净螺纹部位的油污和断屑, 晾干后进行化学除油。

1.1.2 化学除油

为了保证结构件的精度和外观质量, 不应在碱性过强的除油溶液中除油, 同时除油温度不应超过 85℃。如果除油液碱性过强或除油温度高于 85℃, 在结构件外表面易产生纵向条纹, 在氧化染色后非常明显, 影响外观质量。化学除油的配方和工艺条件如下。

配方: Na₂CO₃ 30~45 g/L, Na₃PO₄ 40~55 g/L; 温度: 65~80℃; 时间: 1.5~2.5 min。

化学除油后, 流动水清洗干净, 用质量浓度为 10~20 g/L 的硝酸出光。出光后的结构件用流动水清洗干净, 和下道工序间隔时间不应超过 2 h, 否则易产生点状腐蚀。

1.2 缎面的制取^[3]

缎面制取采用机械喷砂。机械喷砂是为了获得表面均匀细致的麻面, 提高结构件的外观装饰效果。喷砂磨料为光洁度好、硬度高、切削力强、耐用、干燥的金刚砂, 规格为 180~200[#]。干喷砂时结构件用压缩空气吹干, 同时保护螺纹和密封面。气压必须严格控制在 0.2~0.4 MPa 之间, 喷砂速度不允许时快时慢。喷砂后的结构件表面应是无光麻面或珠面, 并用压缩空气清除浮尘。和下道工序间隔不应超过 3 h。

1.3 化学抛光

化学抛光是为了获得漫反射细光缎面外观,清除喷砂时形成的一层氧化薄膜,同时使结构件内面光滑,保证滑动性和密封性。

工艺条件:配方为 75%~80% (质量分数) 的 H_3PO_4 , 10%~15% (体积分数) 的 H_2SO_4 , 5%~15% (体积分数) 的 HNO_3 ; 温度为 95~110 °C; 时间为 1~3 min。

抛光后浸入 HNO_3 质量浓度为 400~500 g/L 的溶液中 5~15 s。抛光工艺必须严格控制,否则易影响结构件尺寸。经过本工序结构件表面溶解 4.0~6.0 μm 基体。

1.4 硬质阳极氧化

1.4.1 工艺条件

硬质阳极氧化是关系到结构件功能性、耐磨性、装配性、防腐蚀能力、氧化膜染色能力的一道工序。

工艺条件:配方为 200~250 g/L 的 H_2SO_4 , 添加剂 5~10 g/L; 电流密度 3.2~3.4 A/dm²;

槽端电压 45~48 V; 温度 -5~0 °C; 氧化时间 48~50 min; 搅拌为压缩空气搅拌; 阴极材料为铅板。

1.4.2 操作方法

硬质阳极氧化采用恒电流法,用直流电源氧化。开始电流密度一般为 0.5 A/cm²,在 22~24 min 内分 5 次将电流密度调整到 3.2~3.4 A/cm²,然后保持电流密度恒定,并每隔 5 min 调整一次电压至氧化结束。在氧化过程中,要经常注意电压和电流表,如有电流突然增加,电压突然下降现象,说明有结构件膜层局部已溶解。应立即断电,检查并取出已溶解的结构件,其它结构件可继续进行氧化处理,电流可以一次给足。

1.4.3 氧化膜厚度及硬度

为确保结构件的装配性,要严格控制硬质氧化工艺各参数,确保氧化膜厚度 35.0~40.0 μm ,硬度 330~360HV0.1。

根据实验经过硬质阳极氧化后会增加结构件基体厚度的尺寸,约是 17.5~20.0 μm 。经过化学抛光减小的尺寸 4.0~6.0 μm 。结构件基体厚度增加 11.5~16.0 μm 。这一尺寸变化在机械加工时,在工艺上应予以注明。

硬质阳极氧化的硬度不是越硬越好,如果和相配的组件硬度相差太大,两者运动起来易使硬度低的组件磨损,同时硬度大,脆性也越大。经过硬质阳极氧化的结构件,在氧化结束后 36 h 内硬度降低 10~15HV0.1,所以氧化膜硬度下限定为 330HV0.1 (根据 WJ 2017-91 标准规定:未经封闭的硬质氧化层显微硬度不低于 300 HV0.1。)

1.5 扩孔及染色

经过硬质阳极氧化的结构件氧化膜层致密不易染上色,需要进行扩孔才能染色。

工艺条件: HNO_3 15~30 g/L; 时间 1~2 min。

经过多次实验,染料采用亲和力、扩散力、牢固度、稳定性优良的黑色进口染料。

工艺条件:染料 10~15 g/L; pH 值 4~10; 温度 50~60 °C; 时间 15~20 min。

根据染色液 pH 值 4~10 时,染出的结构件的颜色也由深黑色向墨绿色转变。

1.6 封闭

封闭处理用来提高氧化膜的抗腐蚀、绝缘性和耐磨性等性能,以及减弱它对杂质或油污的吸附。工艺条件:封闭剂 5~10 g/L; 温度 20~30 °C; 时间 20~30 min。封闭后用压缩空气吹干。

2 检验

2.1 外观

外观按 WJ 463-95 进行检验。

外观件膜层应是光泽柔和、色调均匀、麻面细致的缎状表面。

氧化膜表面不允许有机械伤痕、附灰、斑点,基体不应出现过度腐蚀、烧蚀,应氧化的表面上没有未氧化的部位,结构件不出现变形。

允许在非主要表面上有挂具印及不可控气袋,结构件氧化表面允许有轻微条纹。

2.2 硬度及厚度

氧化膜层硬度按 GB 4340 执行。测试仪器为 HXS-1000A 数字式智能显微硬度计 (标准号:Q/YX-LYI-2000,上海昊微光电科技有限公司生产)。

氧化膜层厚度检测方法执行 GB 6463 规定。使用 HXS-1000A 数字式智能显微硬度计的显微镜测量系统。物镜倍率:40 \times ,目镜倍率 10 \times ,数显分辨率 0.03 μm 。在生产检验中使用同一台仪器,对镶嵌试样的氧化膜层进行厚度和硬度测量。

2.3 封闭质量

封闭质量检验执行标准为 WJ 463-95。先用脱脂棉蘸酒精,将氧化膜实验面擦试干净,干燥后在 20~30 °C 下滴一滴 40% (体积分数) 硝酸溶液于待试表面,2 min 后用流动水清洗干净,干燥后,再往原处滴一滴 1% (质量分数) 茜素红水溶液试液,5 min 后用流动水清洗干净,干燥后,用流动水彻底清洗,擦拭、观察,试验表面颜色没有明显 (非隐约可见) 的改变为合格。

2.4 耐醇性及氧化膜性能检测

耐醇性检验执行标准 WJ 463-95。将染色结构件浸泡在 95%(体积分数)的乙醇中,经 2 h 取出,氧化膜应不变色,为合格。

氧化膜性能检测的结果见表 1。

表 1 物镜筒硬质阳极氧化膜层性能
Tab.1 The objective material properties
of hard anodic oxidation film

项目	测试结果	测试方法
外观	光泽柔和,色调均匀	WJ 463-95
硬度	358HV0.1	GB 4340
厚度	38.7 μm	GB 6463
封闭质量	颜色无明显改变	WJ 463-95
耐醇性	颜色无变化	WJ 463-95

3 结语

通过对 7A04 铝合金结构件的硬质阳极氧化配合兵器工业第 59 研究所研制的协合涂层,使某型号光电瞄具完全达到了战术技术指标,产品的性能和外观质

量得到了较大提升。通过对硬质阳极氧化工艺参数的选定,工艺中所用材料的选择,工艺流程的确定,使结构件的装配性、防腐性、耐磨性、外观上有实质性提高。为型号光电瞄具的生产和科研工作奠定了坚实的基础。

[参 考 文 献]

[1] 沈宁一. 表面处理工艺手册[K]. 上海. 上海科学技术出版社,1991.
[2] 朱祖芳. 铝合金阳极氧化与表面技术[M]. 北京. 化学工业出版社,2004.
[3] 薛守昌. 缎面阳极氧化工艺[J]. 电镀与涂饰 2006, 25(7). 44—45.

(上接第 107 页)

弹效应,采用“一发两收”的探头布置形式,利用应力常数的标定,通过准确测定超声波在构件表面或次表面传播速度的变化得出应力分布情况,达到了较好的效果。该测试方法原理简单,设备轻便,计算速度快,可实现现场或在役检测,且能够保证较高的精度。随着计算机和信息处理技术的不断发展,超声波检测的可靠性也在不断提高,必将在工业生产及其它领域具有较广阔的应用前景。

[参 考 文 献]

[1] 虞付进,赵燕伟,张克华. 超声检测表面残余应力的研究与发展[J]. 表面技术,2007,36(4):72—75.
[2] Leon-Salamanca T, Bray D E. Residual Stress Measure-

ment in Steel Plates and Welds Using Critically Refracted Longitudinal (LCR) Waves[J]. Research in Nondestructive Evaluation, 1996, 7(4):169—184.
[3] Langenberg K J, Fellingner P, Marklein R. On the Nature of the So-called Subsurface Longitudinal Wave and/or the Surface Longitudinal "Creeping" Wave[J]. Research in Nondestructive Evaluation, 1990, 2(2):59—81.
[4] 陈振宇. 钢轨应力超声波检测的前期研究[D]. 上海:同济大学,2003.
[5] Duquennoy M, Ouafit M, Ourak M. Ultrasonic Evaluation of Stresses in Orthotropic Materials Using Rayleigh Waves[J]. NDT & E International, 1999, 32:189—199.
[6] 虞付进,赵燕伟,虞先晓. 超声应力检测中应力常数的标定试验研究[J]. 机械设计与研究,2007,23(4):98—101.
[7] 詹春晓,李昊,刘一华,等. 轿车横梁的冲压残余应力分析[J]. 合肥工业大学学报,2004,27(2):153—156.
[8] 孙兰英. 焊接板材毛坯冲压成形中残余应力的测试与分析[J]. 河北科技大学学报,2001,21(1):69—72.