

# 提高铝药筒阴极电泳涂漆良品率

段国发

(重庆嘉陵特种装备有限公司, 重庆 400032)

**摘要:** 目的 通过优化铝药筒预处理及阴极电泳涂漆工艺参数,设计专用挂具等,提高涂漆制品良品率。方法 分析铝药筒不良品漆膜疵病,依据阴极电泳涂漆的基本原理,明确电泳漆相关工艺参数对铝药筒电泳涂漆及漆膜性能的影响,调整施工槽液温度为 29 ~ 31 ℃,施工电压为 170 ~ 175 V,槽液固体份为 13% ~ 15%,槽液电导率为 900 ~ 1300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,阳极液电导率为 500 ~ 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,漆膜烘干温度为 175 ℃,烘干时间为 29 ~ 30 min。对铝药筒的预处理工艺进行分析,明确铝药筒预处理基体发黑、漆膜结合性不良的影响因素。结果 经过试验,降低除油液中碱的含量 10 ~ 15 g/L,降低热水洗的温度 10 ℃左右,可以确保油污去除彻底且基体金属不过腐蚀、不发黑。同时,根据铝药筒的材质及结构特点,对其设计专用挂具,确保涂漆导电一致性。调整电泳漆相关工艺参数后,漆膜厚度一致性得到控制,解决了药筒色差明显、漆膜结合性差等问题,产品外观质量明显提高,装配漆膜无脱落现象。结论 通过优化预处理及电泳涂漆工艺参数,加强过程监控,采用改进后的挂具等手段,大幅度提高了铝药筒阴极电泳涂漆的良品率。

**关键词:** 铝药筒; 阴极电泳涂漆; 良品率; 预处理; 专用挂具; 漆膜疵病

中图分类号: TQ151.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-3660(2015)08-0126-04

DOI: 10.16490/j.cnki.issn.1001-3660.2015.08.023

## Improving the Yield Rate of Aluminum Cartridge Cathodic Electrophoretic Coating

DUAN Guo-fa

(Chongqing Jialing Special Equipment Co., Ltd, Chongqing 400032, China)

**ABSTRACT:** **Objective** Through the optimization of parameters for aluminum cartridge pretreatment and cathodic electrophoretic coating process, designing special racks etc., the yield rate of painting products was improved. **Methods** Defect analysis was conducted for aluminum cartridge defective film. According to the basic principle of cathodic electrophoretic coating, the effects of relevant process parameters of electrophoretic paint on the properties of aluminum cartridge electrophoretic paint and coating were clarified. The construction bath temperature was adjusted to 29 ~ 31 ℃, the work voltage was 170 ~ 175 V, the bath solid content was 13% ~ 15%, the conductivity of the bath was 900 to 1300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , the conductivity of the anode solution was 500 to 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , the film drying temperature was 175 ℃, and the drying time was 29 ~ 30 min. The aluminum cartridge pretreatment process was analyzed, and the influencing factors for matrix blackening and film binding problems during aluminum cartridge pretreatment were clarified. **Results** The test showed that by reducing the alkali content by 10 ~ 15 g/L and the temperature of the hot washing water by about 10 ℃, the complete removal of oily dirt could be ensured and the substrate metal was not corroded and became black. At the same time, according to the material and structure characteristics of aluminum cartridge, special hanging tools were designed to

收稿日期: 2015-03-26; 修订日期: 2015-04-24

Received: 2015-03-26; Revised: 2015-04-24

作者简介: 段国发(1963—),男,四川人,高级工程师,主要研究方向为军工、民用产品的表面处理。

**Biography:** DUAN Guo-fa(1963—), Male, from Sichuan, Senior engineer, Research focus: surface treatment of military and civilian products.

ensure the consistency of the conductivity of the paint. After adjusting the technical parameters of the elctrophoretic paint, the film thickness uniformity was under control, the problems such as obvious color difference on the cartridge and poor binding of the film were solved, the appearance quality of the product was significantly improved, and the assembly film showed no shedding phenomenon. **Conclusion** Through the parameter optimization of pretreatment and electrophoresis coating process, strengthening the process monitoring, using the improved hanger, the yield rate of the aluminum cartridge cathodic electrophoretic coating was greatly improved.

**KEY WORDS:** aluminum cartridge; cathodic electrophoretic coating; yield rate; pretreatment; special hanger; film defect

某弹的药筒材料为某超硬铝合金材料<sup>[1-3]</sup>,系统设计规定其表面处理为军绿色阴极电泳涂漆<sup>[4-5]</sup>,以满足射击过程的抽壳性能及长期存储性能的需要。受壁厚、质量轻、传火孔小、排气性差等诸多因素的影响,药筒在液体中产生的浮力较大,易漂浮,产品与挂具接触的导电性差,阴极电泳涂漆非常困难,初期一次涂装良品率不足 50%,且色差大,白坯产品损耗及报废量大,订货任务难以完成。因此,提高铝药筒的阴极电泳涂装良品率已为当务之急。

1 主要疵病

铝药筒涂漆成品外观颜色的一致性有严格要求,且铝药筒装配时口部变形量较大,还要满足装配后口部不掉漆的要求。因此,对铝药筒的预处理状态一致性、漆膜的厚度一致性、漆膜结合性、漆膜柔韧性等性能指标的要求也十分苛刻。经过统计分析<sup>[6-7]</sup>,前期铝药筒阴极电泳涂漆不合格的主要疵病包括:产品接触导电能力不一致,导致漆膜过厚或过薄<sup>[8]</sup>,在视觉上就表现为颜色深浅不一致,色差超标,占 45% 以

上;漆膜过厚,导致底火室直径小,不能满足装配要求,占 25% 以上;装配过程中口部漆膜起层、脱落,成品不能交验,占 30%。

2 工艺优化

2.1 优化设计专用挂具

根据铝药筒的结构特点,优化设计了三接触式弹性挂具,确保其在电泳涂漆过程中的导电性及一致性符合要求。

2.2 优化和完善预处理工艺<sup>[9]</sup>

铝合金材料为两性金属,预处理的工艺方法虽然有很多,且基本都能满足一般产品的漆膜附着力及防腐的要求,但铝药筒对漆膜的外观颜色一致性、结合性、柔韧性等要求非常苛刻,因此,铝药筒预处理的工艺及质量对漆膜质量的影响非常关键<sup>[10-12]</sup>。

针对铝药筒目前较为经济的三种前处理工艺进行了对比实验,结果见表 1。

表 1 不同预处理的对比效果  
Tab.1 Contrast effect of different pretreatments

预处理方式	处理时间		漆膜外观及附着力检测结果
45 ~ 55 ℃ 碱液浸泡→ 55 ~ 60 ℃ 热水浸泡→ 冷水洗→纯水洗(浸泡)	碱液浸泡 1 min,热水浸泡 2 min		外观合格,结合性合格,漆膜无脱落
	碱液浸泡 2 min,热水浸泡 2 min		外观合格,结合性合格,漆膜无脱落
	碱液浸泡 3 min,热水浸泡 2 min		外观合格,结合性不合格,漆膜轻微脱落
	碱液浸泡 6 min,热水浸泡 2 min		外观合格,结合性不合格,漆膜严重脱落
工业酒精洗	酒精浸泡 5 min,热水浸泡 2 min		外观合格,结合性合格,漆膜无脱落
30% 工业酒精+ 70% 水(体积比)清洗	酒精浸泡 5 min	热水浸泡 5 min, 冷水洗 2 min	外观合格,结合性合格,漆膜无脱落

根据对比试验的结果,原工艺碱液溶质的质量浓度为 45 ~ 55 g/L,温度为 55 ~ 65 ℃,时间为 2 ~ 5 min,在实施过程中存在清洗效果差和基底金属容易发生二次腐蚀等问题,直接影响漆膜与基底金属之

间的结合性。工业酒精洗在日常生产过程中存在火灾的安全隐患,因此无法通过安全评审,不能实施批量生产。进一步优化和完善后的前处理工艺与优化前的工艺对比见表 2。

表2 优化前后的前处理工艺对比

Tab. 2 Comparison of the pretreatment process before and after optimization

工步	组成及条件	原工艺参数	优化后的工艺参数
装货	药筒处理数量	300 ~ 500 件	270 ~ 300 件
除油	弱碱 1	20 ~ 25 g/L	17 ~ 21 g/L
	弱碱 2	15 ~ 20 g/L	13 ~ 15 g/L
	除油剂 B	1 ~ 3 g/L	0.8 ~ 1.0 g/L
	槽液温度	(60±5) °C	(50±5) °C
	处理时间	2 ~ 5 min	1 ~ 2 min(含晾干)
流动	槽液温度	(65±5) °C	(55±5) °C
热水洗	清洗时间	0.5 ~ 1 min	3 ~ 5 min
流动	槽液温度	环境温度	环境温度
冷水洗	清洗时间	2 ~ 3 min	5 ~ 8 min
纯水洗 (浸泡)	纯水	导电率≤25 μs/cm 环境温度 ≥15 min	
	槽液温度		
	清洗时间		

### 2.3 阴极电泳涂装工艺的改进研究

阴极电泳涂漆的工艺控制参数较多,漆液如何调整,电泳参数如何控制,烘干参数的设定等是否适当,对电泳漆膜良品率的影响很大<sup>[13-14]</sup>。

铝药筒的阴极电泳涂漆是将经过预处理的铝药筒作为阴极,采用合理的挂具及装挂方式,将整挂产品完全浸入阴极电泳漆槽液面约 100 mm 以下,接通直流电,槽液中的成膜物质在电场的作用下沉积在铝药筒的内外表面,经清洗后烘烤固化成膜。在整个电泳过程中,主要有电解、电泳、电沉积、电渗四个过程:水性化的电泳漆阳离子树脂携带颜填料,在电场的作用下,电泳到作为阴极的铝药筒内外表面;同时,铝药筒表面发生电解反应,产生大量的 OH<sup>-</sup>;电泳漆阳离子树脂与 OH<sup>-</sup> 反应,重新变为疏水性树脂而沉积在铝药筒的内外表面;在电场的作用下,沉积在铝药筒表面的电泳漆树脂继续发生电渗作用,使得沉积物发生脱水,最终形成水含量在 70% ~ 90% (质量分数) 的较致密湿膜<sup>[15]</sup>。

笔者在对电泳涂装原理进行分析的过程中发现,对槽液固体份、电导率、温度、pH 值及电泳电压、阳极液电导等相关参数进行调节,就是对电泳漆的上漆性能进行调节。在电泳初期,铝药筒外表面的电流密度比内腔的大得多,漆膜先沉积增厚,同时电阻逐渐增大,电流密度逐渐减小,电泳漆成膜过程发生在最低电流密度和最高电流密度之间。当铝药筒表面成膜达到一定厚度,电阻足够大时,此处的电流密度变得

过小,电泳漆不再继续沉积;同时,铝药筒内腔的电流密度逐渐增大,电泳漆开始在铝药筒内腔沉积。在持续稳定的电场强度下,经过工艺规定的电泳时间,铝药筒内外表面将形成状态、厚度均一电泳漆膜。由于铝药筒材质的导电性和化学活性与钢材存在差异,其表面电泳时所能耐受的最高电流密度与钢材必然也有所不同,相对应的断裂电压也必然不同。为防止铝药筒表面电流密度过高导致漆膜温度急速升高,进而导致药筒表面电阻下降,又引起更高的电流密度,使得电泳漆膜外观极差这样的恶性循环,必须适当降低电泳电压。在实际生产中,铝药筒电泳涂漆的施工电压较碳钢材质的药筒低 15 ~ 25 V。

通过分析发现,电泳漆液的固体份、电导率、pH 值、漆液温度、电泳电压、电泳时间、阳极液电导率等参数直接影响电泳漆膜的厚度及外观质量。电泳漆生产厂家建议阴极电泳槽液固体份为 12% ~ 16%,温度为 (30±2) °C,电导率为 800 ~ 1500 μs/cm, pH 值为 5.8 ~ 6.2,施工电压范围为 120 ~ 250 V,阳极液电导率为 300 ~ 900 μs/cm,漆膜烘干温度为 170 ~ 230 °C,烘干时间为 25 ~ 35 min。

根据我厂自身的设备条件,在预处理工艺改进的基础上,经过反复试验,结合工件前处理状态及漆膜质量要求,将施工参数调整为:槽液固体份 13% ~ 15%,温度 29 ~ 31 °C,电导率 900 ~ 1300 μs/cm,施工电压 170 ~ 175 V,阳极液电导率 500 ~ 800 μs/cm,漆膜烘干温度 175 ~ 185 °C,烘干时间 27 ~ 29 min。在采用新的预处理工艺及新挂具的基础上,按上述工艺参数进行阴极电泳涂漆,铝药筒的漆膜厚度得到有效控制,外观颜色一致性良好,杜绝了色差问题,漆膜厚度、结合性、柔韧性等性能指标完全达到资料规定的要求,装配后漆膜无起层、脱落现象。

### 2.4 工艺改进效果

实际批量生产情况统计的结果表明,经过对挂具、预处理、电泳涂漆等诸多方面进行的综合工艺改进,铝药筒的电泳涂漆一次外观良品率达到 97% 以上,后续装配中未出现口部漆膜起层和掉漆的现象,得到用户的充分肯定。

## 3 结语

军绿色新型环保阴极电泳漆主要推广应用于军品钢制药筒,其技术虽然先进,但目前在铝合金上的

成功应用却很少。笔者通过设计三点接触式弹性挂具,解决了药筒易漂浮、与挂具接触导电性差的问题;通过改进预处理工艺,解决了上漆不均及结合性的问题;通过降低施工电压、阳极液电导率、漆液固体份,提高漆液电导率,适当控制施工温度等措施,有效控制了漆膜厚度,解决了色差的问题。通过以上措施,使得铝药筒的电泳涂漆一次良品率大幅提高,同时也为铝合金的电泳涂漆积累了经验。

## 参考文献

- [1] 马骏,赵占西,苏冬云. 铸铝合金硬质阳极氧化工艺分析及改进[J]. 表面技术,2006,35(6):30—31.  
MA Jun,ZHAO Zhan-xi,SU Dong-yun. Technological Analysis and Improvement of Foundry Aluminum Alloy Hard Anode Oxidation [J]. Surface Technology, 2006, 35 (6): 30—31.
- [2] 李淑华. 铸钛合金组合件的阳极氧化工艺研究[J]. 表面技术,2012,41(5):108—110.  
LI Shu-hua. Process Study on Anodization for Cast Titanium Alloy Weldment [J]. Surface Technology, 2012, 41 (5): 108—110.
- [3] 高丽,黎学明,李武林,等. LY12 铝合金低温硬质阳极氧化工艺研究[J]. 表面技术,2010,39(6):90—92.  
GAO Li, LI Xue-ming, LI Wu-lin, et al. Process of Hard Anodic Oxidation Films on LY12 Aluminum Alloy at Low Temperature [J]. Surface Technology, 2010, 39 (6): 90—92.
- [4] 汪小华. 环保型阴极电泳漆的应用[J]. 表面技术,2006,35(6):75—77.  
WANG Xiao-hua. The Application of Cathode Electrophoretic Paint of Environment Protection [J]. Surface Technology, 2006, 35 (6): 75—77.
- [5] 刘长春. 浅析涂装防腐[J]. 现代涂料与涂装,2013(10):47—48.  
LIU Chang-chun. Brief Discussion on Painting Anticorrosion [J]. Modern Paint & Finishing, 2013 (10): 47—48.
- [6] 卢海玲. 电泳漆膜异常附着案例浅析[J]. 上海涂料,2013,51(3):47—48.  
LU Hai-ling. Analysis of the Cases of Abnormal Electrophoretic Paint Film Adhesion [J]. Shanghai Coatings, 2013, 51 (3): 47—48.
- [7] 赵保刚,马春庆,谭红梅,等. 电泳漆涂装效果主要影响因素研究[J]. 现代涂料与涂装,2012(7):52—54.  
ZHAO Bao-gang, MA Chun-qing, TAN Hong-mei, et al. The Research of the Main Influential Factors on Electrophoretic Paint Coating [J]. Modern Paint & Finishing, 2012 (7): 52—54.
- [8] 周晶,华云,王云飞. 电泳漆梯度膜厚对涂层耐蚀性的影响[J]. 上海涂料,2011,49(5):14—15.  
ZHOU Jing, HUA Yun, WANG Yun-fei. Effects of Electrophoretic Paint Film Thickness of Gradient Coating Corrosion Resistance [J]. Shanghai Coatings, 2011, 49 (5): 14—15.
- [9] 王晓敦,赵光煜. 铸铝合金组合件阴极电泳涂装漆膜缩孔产生原因与解决方法[J]. 表面技术,2014,43(4):164—167.  
WANG Xiao-dun, ZHAO Guang-yu. Causes and Solutions of Shrinkages of Cathodic Electrophoretic Coating Film on Cast Aluminum Alloy Assembly [J]. Surface Technology, 2014, 43 (4): 164—167.
- [10] 刘引烽. 涂料界面原理及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2007.  
LIU Yin-feng. The Coating Interface Principle and Application [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.
- [11] GAMA, MIT. Anticrater Agent for Electrocoat Composition: US, 20120175261 [P]. 2012-07-12.
- [12] 喻冬秀. 常温高效铝翅片清洗剂的研制[J]. 精细化工, 2003(2):126—128.  
YU Dong-xiu. Preparation of Room Temperature, Aluminum Fin Cleaning Agent [J]. Fine Chemicals, 2003 (2): 126—128.
- [13] 王宝田,陈良印,马坚,等. 浅谈电泳涂装工艺原理及管理[J]. 现代涂料与涂装,2011(1):63—65.  
WANG Bao-tian, CHEN Liang-yin, MA Jian, et al. The Process Principle and Management of Electrophoretic Coating [J]. Modern Paint & Finishing, 2011 (1): 63—65.
- [14] 刘雯丽. 阴极电泳涂装槽液管理的参数控制[J]. 表面技术,2013,42(1):116—119.  
LIU Wen-li. The Parameters Control of Management of CED [J]. Surface Technology, 2013, 42 (1): 116—119.
- [15] 宋华. 电泳涂装技术[M]. 北京:化学工业出版社,2009.  
SONG Hua. Electrophoresis Coating Technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009.

(上接第91页)

- [15] 李牧铮. 环境因子与大气腐蚀关系数学模型和大气腐蚀预测[J]. 中国腐蚀与防护报,1993,12(1):10—13.  
LI Mu-zheng. Mathematical Models for Dependence of Atmospheric Corrosion on Environment Factors and Prediction of Atmospheric Corrosion [J]. Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection, 1993, 12 (1): 10—13.
- [16] GEORGE R P. Influence of Surface Characteristics and Microstructure on Adhesion of Bacterial Cells onto a Type 304 Stainless Steel [J]. Biofouling, 2003, 19 (1): 1—8.