

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2020.07.008

钛合金多孔零件内外表面一次镀铬工艺研究

李江, 李博*, 刘小强, 王小伟

(中航飞机起落架有限责任公司, 陕西 汉中 723200)

摘要: 针对TC18钛合金筒形、多孔零件内外表面分两次镀铬存在过腐蚀的问题, 设计了对内外表面一次电镀成品铬的工艺, 通过协调镀前尺寸、使用合适规格内阳极、专用工装及优化的电镀参数, 保证了内外表面同时电镀成品铬的需求。结果表明: 协调的镀前尺寸及确定的内阳极规格合适, 设计的工装、采用的保护方法及电镀工艺可靠、稳定, 零件铬层厚度及镀后尺寸满足图样要求。

关键词: 钛合金; 多孔型面; 尺寸协调; 一次镀铬; 工装设计; 成品尺寸

中图分类号: TQ153.11

文献标识码: A

Study on Chromium Plating Process of Porous Parts of Titanium Alloy

LI Jiang, LI Bo*, LIU Xiaoqiang, WANG Xiaowei

(AVIC Landing Gear Manufacturing Corporation, Hanzhong 723200, China)

Abstract: In order to solve the problem that the inner and outer surfaces of TC18 titanium alloy cylindrical and porous parts are over corroded by electroplating twice, the finished product of primary chromium plating on the inner and outer surfaces is designed. The process ensures the simultaneous plating demand of finished chromium on the inner and outer surfaces by coordinating the pre-plating size, using the appropriate specification of the inner anode, the special tooling and the optimized plating parameters. The results show that the coordinated pre-plating size and the determined inner anode specification are suitable, and the designed tooling, the protection method and the electroplating process are stable. The thickness of chromium layer and the size after plating meet the requirements of the pattern.

Keywords: titanium alloy; multi-pass surface; size coordination; one-time chrome plating; tooling design; parts size

钛合金材料因具有密度小、比强度和比刚度高、耐腐蚀性和抗疲劳、高温性能和焊接性能优异等一系列优良特性, 在航空航天领域得到了越来越广泛的应用^[1-2]。在钛合金零件上电镀铬能提高其表面硬度、耐磨性、耐腐蚀性及装饰性, 极大的扩宽了其应用范围。我公司某型号飞机起落架TC18钛合金

筒形零件要求对内孔 $\Phi 44\text{ H9}$ 和外圆 $\Phi 52\text{ f9}$ 表面镀硬铬 $21 \sim 42\text{ }\mu\text{m}$, 筒壁上有不要求镀铬的非规则小孔达10处之多, 且零件壁较薄, 电镀过程中难以保护; 同时由于钛合金镀铬要求镀前活化处理, 所以只能外圆和内孔同时镀铬, 但内孔与外圆同时电镀存在铬层沉积速率不一致现象, 成品尺寸难以保

收稿日期: 2020-04-07

修回日期: 2020-05-10

通信作者: 李博, libo1969@163.com

证。为此,通过开展工艺试验,研究多孔型复杂型面钛合金零件内、外表面同时电镀铬的尺寸协调、工装设计、工艺流程及操作要点,保证铬层质量满足规范及图样要求。

1 工艺试验

1.1 试样和样件

试样和样件材料均为国产TC 18 M钛合金,其成分见表1。试样规格为100 mm×50 mm×(2~4) mm, R_a 小于0.8 μm ;样件为报废的筒形零件。

1.2 试样和样件电镀要求

1) 厚度。硬度、结合力试样和样件铬层厚度21~42 μm 。用DUALSCOPE FMP40型测厚仪在待测零件上至少五个不同的部位检测,然后求平均值。

2) 结合力。用GW1-7型7 mm弯折试验器对试样进行结合力检测,反复弯曲180°直到发生断裂,断裂处镀层应无裂纹或脱落。

3) 硬度。用HMV-G-FA-D型显微维氏硬度计在试样上测试,硬度值应为800~1200HV。

4) 样件电镀后尺寸。内孔为 $\Phi 44\text{H}9(^{+0.062}_0)$,外圆为 $\Phi 52\text{f}9(^{-0.03}_{-0.104})$ 。铬层质量符合工艺文件要求。

1.3 工艺流程及工序说明

参照TC6钛合金电镀铬工艺结合TC18钛合金的特性,制定电镀铬工艺流程如下:

镀铬前验收→预除油→水洗→氧化铝吹砂→水洗→装挂和保护→除油→水洗→活化→水洗→镀乳白铬→真空热扩散退火→氧化铝水吹砂→水洗→镀硬铬→水洗→检验

1) 吹砂。镀乳白铬前采用 d 为100~150 μm 的氧化铝,在风压为0.3~0.5 MPa下对零件基体进行干吹砂;镀硬铬前对乳白铬采用 d 为50~60 μm 的氧化铝,在风压为0.3~0.5 MPa下进行水吹砂,不允许砂流停滞在一个部位^[3]。

2) 活化处理。在650 mL的硫酸($\rho=1.84\text{ g/mL}$)

与350 mL的盐酸($\rho=1.19\text{ g/mL}$)混合溶液中,室温下活化处理60~90 min。按规定的参数进行活化处理,1L溶液最多处理5 dm^2 的零件表面。

3) 镀铬。镀铬溶液的组成:200~250 g/L 铬酐,2.00~2.50 g/L 硫酸,3~8 g/L 三价铬。镀乳白铬 θ 为70~80 $^{\circ}\text{C}$, C_k 为120~150 A/dm^2 , J_k 为30~40 A/dm^2 , t 为1 h;镀硬铬 θ 为50~60 $^{\circ}\text{C}$, C_k 为100~150 A/dm^2 , J_k 为40~60 A/dm^2 ,按 J_k 为50 A/dm^2 时铬层的沉积速率 v 为25~30 $\mu\text{m/h}$ 计算对应铬层厚度所需时间。为了防止电镀起皮,要求进入镀槽的零件或试样不通电预热1~5 min后开始电镀。

4) 真空热扩散退火。研究表明,在高温下镀层和基体之间有明显的相互扩散,两种不同的金属原子之间会形成金属键,从而达到提高结合力的目的^[4]。为了提高乳白铬与钛合金基体的结合力,本研究对乳白铬在真空炉中进行了热扩散退火处理。真空炉的真空度为0.067~0.67 Pa,第1阶段 θ 为280~300 $^{\circ}\text{C}$, t 为1 h;第2阶段 θ 为750~770 $^{\circ}\text{C}$, t 为1 h,随炉冷到 θ 为200~250 $^{\circ}\text{C}$,然后空冷。

2 结果与分析

2.1 电镀难点

筒形零件(如图1)材料为TC18,要求对内孔 $\Phi 44\text{H}9$ 和外圆 $\Phi 52\text{f}9$ 表面镀硬铬。对该材料镀硬铬在我公司尚属首例,无可借鉴的经验。且钛是一种非常活泼的金属,极易和空气中的氧、氮发生化学反应,生成一层致密的钝化膜。故要在钛合金表面获得结合力良好的镀层,必须先破坏其钝化膜,而钛合金的钝化速度又非常快,会马上生成新的钝化膜^[5]。这给电镀带来了很大的困难,如何突破?可供借鉴的经验不多。钛合金电镀铬需要活化处理,内外表面若分别电镀,就要活化、电镀两次,多一次活化就存在对基体或第一次所镀铬层过腐蚀的风险,所以必须尽可能减少电镀、活化次数;镀前尺寸对保证内、外表面一次电镀为成品尺寸至关重要

表1 TC 18钛合金化学成分

Tab.1 Chemical components of TC18 titanium alloy

成分	Al	Mo	V	Cr	Fe	C	Si	Zr	O	N	H	其它 杂质 总量	Ti
含量/wt%	4.4~5.7	4.0~5.5	4.0~5.5	0.5~1.5	0.5~1.5	≤0.10	≤0.15	≤0.30	≤0.18	≤0.05	≤0.015	0.30	余量

要^[6-7]。镀前尺寸具体协调为多少,尚需工艺验证;多孔型面保护工装、导电工装、内阳极规格及电镀参数的确定需要反复试验、调整。

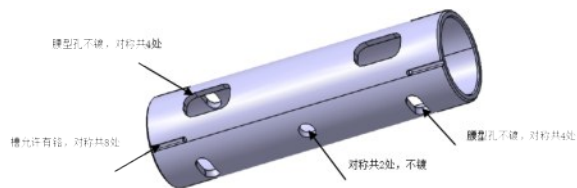


图1 TC18钛合金镀铬零件

Fig.1 Chromium plated parts of TC18 titanium alloy

2.2 解决方案及思路

基于提高钛合金镀铬结合力常用方法:一是加强前处理控制,即想办法将钛合金表面的钝化膜除掉,并且抑制新的钝化膜生成,确保在活化的表面上电镀铬;另外一种方法是进行后处理,一般是通过高温处理,使镀层通过高温下的扩散作用和基体结合成牢固的金属键^[5]。拟对零件电镀前处理采用“活化”处理,镀乳白铬后进行真空热扩散处理。

通过对试样或样件的电镀掌握TC18电镀铬的基础知识,确定零件电镀铬工艺流程、操作要点及工艺参数;通过样件镀前尺寸协调、工装夹具设计及内阳极规格筛选、优化,为零件的电镀成品铬提供依据。

2.3 工装夹具设计

2.3.1 保护工装设计

因镀铬槽液分散能力差,电镀表面若被工装遮挡就会产生局部无铬现象,故设计的保护工装型面应与零件小孔型面相同或相似,采用过盈配合的方式安装于保护小孔部位,如图2。

2.3.2 导电工装设计

1) 盖板及挡块:材料为45#钢,数量为2

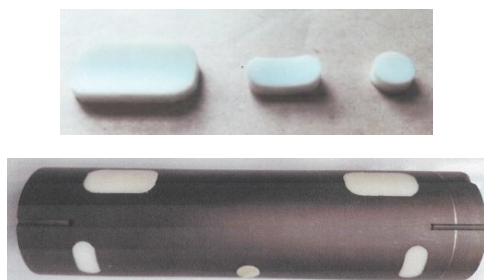


图2 保护工装及安装效果

Fig.2 Protection tooling and installation effect

个,粗糙度 $Ra \leq 1.6$,形状及尺寸图3(a)。

挡块:材料为聚四氟乙烯,数量为2个, $Ra \leq 1.6$,形状及尺寸图3(b)。

2) 拉杆材料为45#钢,数量为2个, $Ra \leq 1.6$,形状及尺寸图3(c)。

3) 内阳极材料为45#钢,数量为1个, $Ra \leq 1.6$,加工完成后阳极部位镀铅 $0.03 \text{ mm} \sim 0.05 \text{ mm}$,内阳极焊接铜线,以保证导电性良好,形状及尺寸见图3(d)。

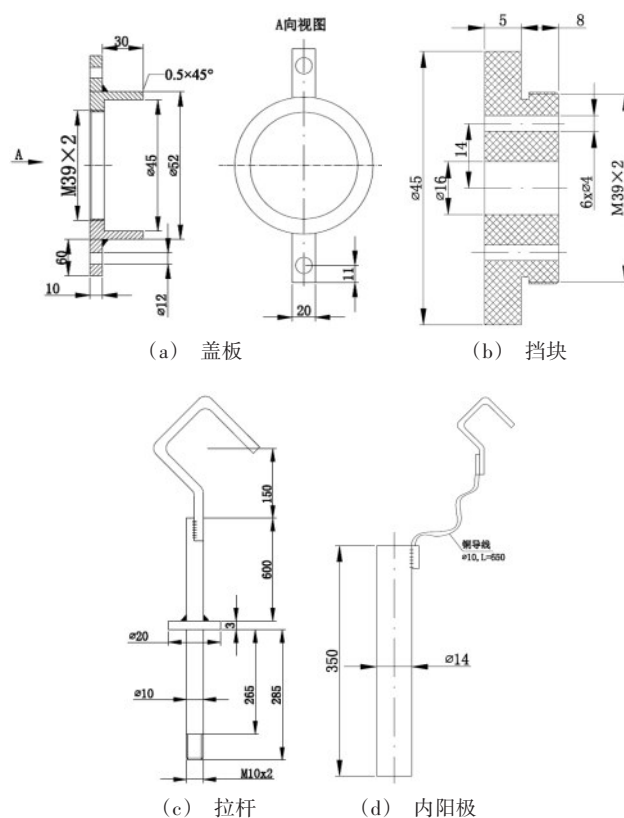


图3 导电工装形状及尺寸图

Fig.3 Conductive tooling shape and size drawings

2.3.3 装挂

零件保护与装挂过程中应带手套,避免徒手接触零件;导电工装与零件各个接触部位应紧密配合,确保导电良好,防止打电现象产生。装挂方式如图4。

3.3.4 尺寸协调

$\Phi 52f9(-0.03/-0.104)$ 镀前尺寸协调为 $\Phi 52(-0.12/-0.14)$, $Ra 0.2$;
 $\Phi 44H9(+0.062/0)$ 镀前尺寸协调为 $\Phi 44(+0.10/+0.08)$, $Ra 0.2$ 。



图4 零件装挂

Fig.4 Part fixation

3.3.5 镀后结果

1) 试样镀层厚度为 $28\ \mu\text{m}$ 、 $31\ \mu\text{m}$ 、 $29\ \mu\text{m}$ 、 $34\ \mu\text{m}$ 、 $36\ \mu\text{m}$ ；硬度为 950 HV、970 HV、1050 HV、1070 HV、1020HV；镀层结合力合格。

2) 零件内表面镀层厚度为 $31\sim 36\ \mu\text{m}$ ，镀后尺寸为 $\Phi 44.02\sim \Phi 44.06\ \text{mm}$ ；外圆表面镀层厚度为 $33\sim 38\ \mu\text{m}$ ，镀后尺寸为 $\Phi 51.92\sim \Phi 51.96\ \text{mm}$ 。内外表面镀层厚度及镀后尺寸全部合格。电镀后零件见图5。

3) 采用设计的专用工装，按确定的工艺流程，采用优化后的电镀参数，截至目前共电镀4批次12件零件，均成功保证了内外表面一次电镀为成品尺寸。



图5 镀后零件外观

Fig.5 The appearance of parts after being plated

3 总结

(1) 镀前尺寸协调、内阳极规格及电镀工艺参数对保证内外表面一次电镀为成品铬起决定作用。

(2) 设计导电、保护工装夹具的思路及确定的筒形多孔零件一次电镀成品铬的方法具有一定的通用性。

(3) 使用四氟乙烯材料制作的保护工装，较好

地克服了工装遮蔽导致的局部无铬现象，实践证明对多孔筒形零件非镀铬面的保护效果可靠，值得推广。

参考文献

- [1] 王金友,葛志明,周彦邦. 航空用钛合金 [M]. 上海: 上海科技出版社, 1985.
Wang J Y, Ge Z M, Zhou Y B. Titanium alloy for aviation [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1985 (in Chinese).
- [2] 孙志华,刘佑厚,张晓云,等. 钛及钛合金的电镀工艺评述[J]. 腐蚀与防护, 2005, 11:493-496.
Sun Z H, Liu Y H, Zhang X Y, et al. Review on electroplating process of titanium and titanium alloy [J]. Corrosion and Protection, 2005, 11:493-496 (in Chinese).
- [3] 李博. 提高TC6钛合金零件镀铬层结合力的方法[J]. 电镀与精饰, 2014, 36(3):26-28.
Li B. The method of improving the bonding force of chromium layer of TC6 titanium alloy parts [J]. Electroplating and Finishing, 2014, 36(3):26-28 (in Chinese).
- [4] 孙钢,王凤. 钛合金上电镀工艺简介[J]. 时代报告, 2012, 7:55-56.
Sun G, Wang F. Brief introduction of electroplating process on titanium alloy [J]. Times Report, 2012, 7:55-56 (in Chinese).
- [5] 冯秋元,郭佳林,李蒙,等. 钛合金电镀铬研究现状及应用[J]. 材料保护, 2018, 51(10):109-113.
Feng Q Y, Guo J L, Li M, et al. Research status and application of chromium plating on titanium alloy [J]. Material Protection, 2018, 51(10):109-113 (in Chinese).
- [6] 王力强,郑林斌,梁义东. 复杂零件内孔精确镀铬技术研究[J]. 涂装与电镀, 2006, 6:24-28.
Wang L Q, Zheng L B, Liang Y D. Study on accurate chromium plating technology for inner hole of complex parts [J]. Painting and Electroplating, 2006, 6: 24-28 (in Chinese).
- [7] 童明勇. 多孔复杂件镀铬经验之谈[J]. 电镀与环保, 2009, 29(1):43.
Tong M Y. Experience of chromium plating on porous complex parts [J]. Electroplating and Environmental Protection, 2009, 29(1):43 (in Chinese).