

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2022.04.004

一种超高强度钢镀硬铬新工艺研究

赵金航*, 李 博

(中航飞机起落架有限责任公司, 陕西 汉中 723200)

摘要: 现代飞机起落架高寿命、高可靠的要求促使了300M超高强度钢在起落架上的广泛应用,这类钢具有强度高、耐疲劳性能优良、抗应力腐蚀性能好等特点。镀硬铬作为超高强度钢常规工艺应用时间较长,本文讨论一种300M钢镀硬铬新工艺,制备的铬镀层表面质量和性能情况良好,对表面处理企业有借鉴作用。

关键词: 300M钢;镀硬铬;分析

中图分类号: TQ153.1 **文献标识码:** A

Study on a New Process of Hard Chromium Plating on Ultra-High Strength Steel

ZHAO Jinhang*, LI Bo

(AVIC Landing Gear Advanced Manufacturing Co. Ltd., Hanzhong 723200, China)

Abstract: The requirements of long life and high reliability of modern aircraft landing gear have prompted the wide application of 300M ultra-high strength steel in the landing gear. This type of steel has the characteristics of high strength, excellent fatigue resistance, and good stress corrosion resistance. Hard chromium plating has been used as a conventional process for ultra-high-strength steel for a long time. In this paper, a new hard chromium plating process for 300M steel was discussed, and chromium coating prepared by the process had a good surface quality and performance. The process could be used as a reference for surface treatment companies.

Keywords: 300M steel; hard-chrome plating; analysis

铬是一种微带蓝色的银白色金属,金属铬在空气中极易钝化,表面形成一层极薄的钝化膜,从而显示出贵金属的性质。镀铬层具有很高的硬度,根据镀液成分和工艺条件不同,其硬度可在400~1200 HV内变化。另外铬镀层有较好的耐热性,在500℃时才开始氧化变色。镀铬层的摩擦系数也较小^[1],特别是干摩擦系数在所有金属中最低,所以铬镀层具有较好的耐磨性。同时,镀铬层具有良好的化学稳定性,与酸、碱、盐及大多数有机物均不发生反应。由于镀铬层具有优良的机械性能和防护性能,已在飞机起落架上广泛应用^[2]。为满足某型号

飞机起落架镀铬层质量要求,开展了镀硬铬新工艺研究,制备的镀层满足质量要求,具有一定的借鉴推广价值^[3]。

1 实验部分

1.1 实验材料及表征

硬度、结合力试件材料为300M钢,尺寸为100 mm×25 mm×1 mm,镀层厚度为80~100 μm;氢脆试件材料为AISI 4340,选用ASTM F 519 1a1型试棒,镀层厚度为50±5 μm。

采用DUALSCOPE FMP40型涂层测厚仪对各

收稿日期: 2019-09-23

修回日期: 2019-12-24

*通信作者: 赵金航, email: 363393461@qq.com

试件的镀层厚度进行测量;采用 GW1-7 型 7 mm 弯折实验器对试件进行结合力检测;用 HMV-G-FA-D 显微维氏硬度计对镀层硬度进行检测;采用 QD-100 氢脆实验专用实验机进行试棒氢脆性检测。

1.2 实验流程

基体表面状态检查→蒸汽除油→吹氧化铝→水洗→装挂和保护→冷水洗(30 s, 水膜连续性检查)→预热→阳极腐蚀→电镀硬铬→水洗→碱清洗→流动冷水洗→拆卸夹具→压缩空气吹干→除氢→检验。

各工序工艺配方与操作参数如下。

(1) 蒸汽除油: 介质三氯乙烯、温度 86 °C ~ 92 °C、时间 3~5 min。

(2) 吹氧化铝: 150 目白刚玉, 风压 0.2 MPa、距离 250 mm。

(3) 电镀硬铬: 镀液成分 CrO_3 270~310 g/L、 Cr_2O_3 1~15 g/L、 $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{CrO}_3$ 0.4% ~ 0.8%、 $\text{Fe} < 15$ g/L、 F^- 3~4 g/L。

电镀过程包括阳极腐蚀、冲击电镀、正常电镀三步, 各步的工艺参数如表 1 所示。

(4) 碱清洗: 碱洗液成分 Oakite 90 型 45~90 g/L, 碱洗温度 82~93 °C, 时间 3~5 min。

(5) 除氢: 温度 190±5 °C, 时间 > 23 h, 需在电镀后 3 h 内开始除氢处理。

表 1 电镀过程工艺参数表

Tab.1 Process parameter of electroplating process

工序名称	温度/°C	电流密度/(A·dm ⁻²)	时间/s
阳极腐蚀	55±5	40 ~ 60	30 ~ 300
冲击电镀	55±5	40 ~ 90	60 ~ 300
正常电镀	55±5	25 ~ 45	按要求

1.3 铬镀层性能测试要求

(1) 厚度: 硬度、结合力试片铬层厚度 80~100 μm, 氢脆试棒铬层厚度 45~55 μm。

(2) 结合力: 待测试件反复弯曲 180°直到发生断裂, 断裂处镀层应无裂纹或脱落。

(3) 硬度: 在结合力试件上进行硬度测试, 镀层硬度值 800 ~ 1200 HV。

(4) 氢脆性: 按照 ASTM-F-519 要求进行试棒加载, 在 75 % 荷载拉伸力下至少 200 h 不发生断裂。

2 槽液的配制及维护

2.1 溶液的配制

将镀槽清洗干净, 使用配制溶液的水作为最后一遍的清洗水。计算铬酐、硫酸和氟硅酸的用量, 向镀槽注入约三分之二体积的水, 打开抽风, 再将计量的铬酐加入镀槽, 搅拌至铬酐完全溶解, 然后加水至规定的体积, 搅拌均匀。取样分析, 按分析结果边搅拌边加入计量的硫酸, 搅拌均匀。待溶液冷却后向槽内加入计量的氟硅酸。重新取样分析, 根据分析结果, 通电处理以获得要求的三价铬浓度, 并作好配制记录。

2.2 溶液的维护

(1) 按要求对溶液进行分析, 并按照分析结果调整各组分到控制范围内。

(2) 通电处理: 将溶液加热至工作温度, 通电至溶液含 Cr^{3+} (按 Cr_2O_3 计) 3~8 g/L, 通电工艺参数如下: 温度 40~60 °C、阴极电流密度 1~2 A/dm²、阴极面积/阳极面积 ≥ 10。

(3) 每次工作前, 将溶液调整到工作液面并搅拌均匀。

(4) 电镀溶液中硫酸根含量过高时, 可用碳酸钡或氢氧化钡除去多余的硫酸, 每多 1 g 硫酸, 需添加碳酸钡 2.5 g 或氢氧化钡 2 g。处理时, 从镀铬槽中取出计量的溶液于沉淀槽中, 并在搅拌条件下缓慢加入计量的碳酸钡或氢氧化钡溶液, 经过 4~5 h 反应后, 停止搅拌并使镀铬溶液静置沉降, 然后过滤除去硫酸钡沉淀, 再将上清液倒回镀铬槽, 并搅拌均匀。

(5) 电镀溶液中氯离子超标时, 按下述参数通电处理, 以达到控制要求: 温度 60~70 °C、阴极电流密度 80~100 A/dm²。

(6) 当电镀溶液中的硫酸、 Cr^{3+} 超标时, 允许采用稀释方法调整: 从镀铬槽中取出计量的溶液存放于储备槽中, 加水稀释镀铬槽液并依据分析结果加入计量的铬酐, 搅拌至完全溶解, 重新分析、调整, 合格后即可使用^[4]。

3 结果与分析

3.1 厚度

采用涂层测厚仪对硬度、结合力试件和氢脆试棒的镀层厚度进行测量,结果见表2。测试结果表明各试件的镀层厚度均符合要求,但存在试件边缘及棱边部位镀层较其他部位偏厚的现象。^[5]

表2 不同试件的镀层厚度

Tab.2 Coating thickness of different test pieces

试件		测点镀层厚度/ μm					
		A	B	C	D	E	F
硬度试件		96	94	92	91	90	89
结合力试件		95	92	86	87	91	93
氢脆试棒	1#	48	47	49	51	/	/
	2#	50	48	49	52	/	/
	3#	49	51	50	53	/	/
	4#	51	50	49	52	/	/

3.2 外观

电镀硬铬试件照片如图1所示,可以看出镀层表面光滑、无毛刺、结合力良好,而且无气泡、麻点、结瘤、空隙及尖角部位过厚和烧焦的现象,外观检测合格。在溶液中添加氟硅酸,它兼有活化镀层表面的作用,且可在电流中断或二次镀铬时仍得到光亮的镀层。

3.3 结合力

采用弯曲法进行结合力检验,将试件用弯折器夹紧,反复弯曲 180° ,直至基体金属折断,目视或在五倍放大镜条件下检查断口,结果如图2所示。可以看出,镀层与基体无脱落或剥离的现象,镀层结合力检测合格。

3.4 硬度

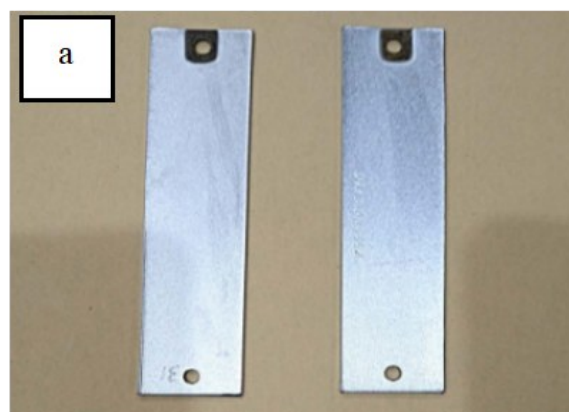
采用显微维氏硬度计进行铬镀层硬度检测,测点1检测结果为硬度 $841\text{ HV}_{0.2}$,测点2为 $859\text{ HV}_{0.2}$ 。基本可以推断,试样铬镀层硬度满足 $800\sim 1200\text{ HV}$ 要求,铬层硬度检测合格。

随着铬酐和硫酸含量的增加,槽液浓度升高,电镀铬后铬层更加致密,且在电镀槽液中用氟离子作为催化剂(氟硅酸)后,铬层硬度较大。

3.5 氢脆性

采用QD-100型号拉伸试验机按ASTM F519要求对试棒氢脆性进行检测,氢脆试棒在75%荷载拉伸力下200 h未发生断裂,氢脆测试合格。槽液中游

离的 F^- 可与电镀过程中产生的 H^+ 结合,生成弱酸性的 HF ,进而减少氢离子与电子结合成原子氢的机会,使渗透到金属中的氢原子减少,从而改善了镀层的氢脆性^[6]。



(a) 结合力、硬度试片



(b) 氢脆性试棒

图1 电镀硬铬试件的照片

Fig.1 Photograph of the electroplated hard chromium specimen

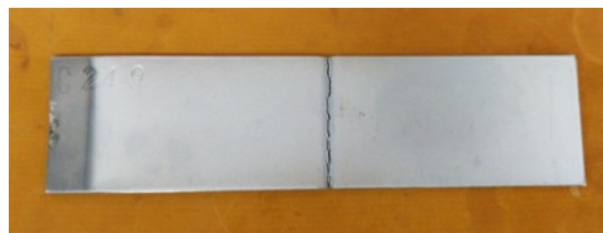


图2 试片结合力检测结果

Fig.2 Test result of test piece binding force

4 结 论

(1)新配方的镀铬溶液稳定,分散能力和覆盖能力与原溶液相当,维护方便。

(2)新镀铬工艺制备的镀层外观、硬度、铬层致密性优于原镀铬溶液,氢脆性能与原镀铬工艺相当,产品性能不亚于原镀铬工艺。

(3)新镀铬工艺与原镀铬工艺均适用于抗拉强度 $\sigma_b \geq 1300$ MPa 的钢铁零件的电镀铬。

参考文献

[1] 柳岩. 锻钢镀硬铬工艺研究[J]. 电镀与环保, 2012, 32

(6): 21-23.

- [2] 刘鹏, 蔡建平, 王旭东, 等. 飞机起落架材料防护技术现状及研究进展[J]. 装备环境工程, 2011, 8(2): 67-71.
- [3] 王秋红, 潘湛昌, 胡光辉, 等. 三价铬电镀铬镀层性能的研究[J]. 材料研究与应用, 2010, 4(4): 467-469.
- [4] 谭宗剑. 衬套内孔尺寸镀铬工艺[J]. 材料保护, 2004, 37(6): 54-56.
- [5] 詹瑞秋, 吴益文, 汪宏斌, 等. 不同厚度电镀铬层的组织及性能[J]. 机械工程材料, 2018, 48(3): 43-47.
- [6] 李博. 控制超高强度钢零件电镀渗氢, 预防氢脆发生的方法[J]. 新技术新工艺, 2015, (9): 100-102.