

活塞杆镀层气密性改善研究

Research on Airtight Function Improvement of Piston Rod Coating

中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司 田 禾 宁保国 潘 新

[摘要] 起落架活塞杆镀铬表面的渗漏现象是飞机常见的一种故障现象,严重影响飞行安全。通过对渗漏现象产生机理的分析,来寻求一种切实可行的解决方法。试验验证了“金刚石碾压+超精”这种工艺方法可有效改善活塞杆镀层的气密性,消除渗漏。由于该工艺方法简单,性能稳定,在航空武器装备零部件加工和维修方面具有良好的应用和推广价值。

关键词: 活塞杆 金刚石碾压 超精 气密性

[ABSTRACT] The leakage on the plating coating surface of undercarriage piston rod is a kind of frequent malfunctions, which seriously affects the flight safety. Through the analysis on mechanism of leakage, a feasible method has been found. The craftwork technique of diamond rolling and ultra-precision machining could effectively improve airtight function of piston rod coating and eliminate the leakage. Due to the simple measure and stable performance, the craftwork has a favorable application and spreading value for the parts machining and servicing of aviation weapon.

Keywords: Piston rod Diamond rolling Ultra-precision Airtight function

活塞杆是控制飞机起落架收放的一个关键零件,由杆身和活塞头组成,材料多为 40CrNi2Si2MoVA 等高强度结构钢,工作表面通常为硬铬镀层。按设计要求需要对飞机起落架活塞杆进行例行气密检查,在检查时经常会发现活塞杆镀铬表面出现渗漏现象(俗称镀铬冒汗)。这表明活塞杆已经发生了漏气故障,如果不及时排除这种故障,将极大影响起落架的使用性能,对飞机飞行安全构成威胁^[1-3]。通过对这种渗漏现象的持续研究与探索,发现铬镀层本身结构中存在的网状结构是引起铬层渗漏的主要原因。因电镀铬层工艺本身固有的特点,铬层在沉积后形成网状裂纹,镀铬表面经过磨削加工,会使铬镀层的网状裂纹加深加宽。在进行气密性试验中,气体分子沿着网状裂纹渗出,由此产生铬层渗漏现象^[4-5]。

国内外的一些大型航空企业已针对如何消除铬层

渗漏现象进行了大量专门的研究,也采取了相应的解决措施。目前最常用的方法是通过树脂封闭裂纹来提高铬层的气密性,但这种方法只能在一定程度上减少气泡渗漏,不能完全消除漏气,有一定的局限性,因此,必须摸索出一种更加切实可行的工艺方法。通过大量的试验,发现“金刚石碾压+超精”的工艺方法可以消除起落架活塞杆铬层渗漏的故障,满足气密要求。本文对“金刚石碾压+超精”工艺方法的原理、试验过程、试验结果及验证效果进行阐述。

1 试验过程

1.1 工艺原理

金刚石碾压工艺是一种非切削加工方法,在国外普遍采用,但在国内还属于一种崭新的工艺方法。其原理就是通过专用碾压工具,在压力的作用下,使零件表面产生塑性变形,达到零件表面强化或使铬层均匀致密的目的。虽然这种方法看似简单,但却能达到很好的效果,其操作原理如图 1 所示。

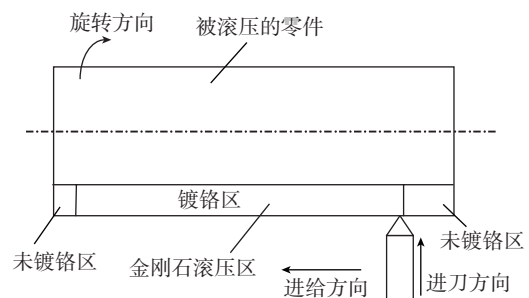


图1 金刚石滚压原理

Fig.1 Principle of diamond rolling

1.2 试验过程

选用活塞杆作为试验件,试验工具为带金刚石压头可显示碾压力值的弹簧心轴。

(1) 试验件的制造: 在相同条件下,制造 1 组共 6 个试验件,试验件材料、热处理状态及结构尺寸与起落架活塞杆状态相同,按活塞杆的工艺方法进行加工、电镀铬、磨削,最后保证铬层厚度在 24~48μm 范围内。

(2) 碾压前准备: 准备碾压工具,调试心轴,在受力

弹簧上涂润滑油,检查套件和活塞杆,使其在外壳内自由转动且没有明显间隙;安装夹紧试验件,检查碾压外圆的跳动误差,保证不大于0.02mm;在车床刀架上安装心轴,在心轴上安装金刚石压头并轻轻转动,不能存在明显的间隙。

(3)进行碾压试验:首先设定碾压参数,轴向进给量要求不大于0.08 mm/r,因为进给量越小,碾压后的表面质量越好。金刚石压头应与接触面的法向方向一致,且与接触面紧密贴合。碾压力在98~147N之间,如压力小于98N,碾压效果不好,如压力大于147N,铬层将会出现明显的划痕。然后在碾压表面涂润滑油,用金刚石头碾压表面,碾压1次。

(4)超精加工:碾压后,被碾压表面的粗糙度(R_a)一般在0.6 μm 左右,不能达到活塞杆外圆的粗糙度要求低于0.2 μm 的要求。为此,增加超精加工工序,保证粗糙度达到要求。

(5)试验效果的验证:根据HB 5041—92《硬铬、乳白铬镀层质量检验》、GB/T 12137—2002《气瓶气密性试验方法》和GB/T 4340.1—2009《金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法》等标准进行一系列相应的试验,来验证“金刚石碾压+超精”工艺方法是否可行,是否能消除铬层渗漏现象。

2 试验结果分析

2.1 试验前后表面粗糙度的对比分析

不同状态下镀铬表面形貌有很大区别,电镀后镀层表面的原始形貌表明镀铬层光亮,表面颗粒平整、细密,表面无起皮、脱落或开裂等现象。在电镀过程中,金属原子按一定形式有规则地排列,并以一种连续的结晶晶格形式相互接触生长,形成金属结晶的晶粒。也就是说,金属镀层呈结晶状态,它是在电结晶过程中形成的。因此,铬层沿着特定的方向生长,形状趋于规则,但在镀层表面有可见的明显微裂纹。在金刚石碾压前经磨削后镀铬表面的形貌中,镀铬表面的微裂纹有扩大的趋势。而碾压后镀层表面粗糙度得到改善,镀铬表面可见的微裂纹尺寸减小,晶粒发生细化,经检测,碾压后的表面粗糙度不能满足设计规定低于0.2 μm 的要求。最后经过超精磨后的镀铬表面变得更加光滑,表面质量明显得到改善,经检测,超精磨后表面粗糙度低于0.2 μm ,可以满足设计要求。表1为各状态下镀层表面表面粗糙度数值。

2.2 “金刚石碾压+超精”后镀层硬度检查

镀铬的目的主要是利用铬的高硬度、高耐磨性。根据HB 5041—92的规定,硬铬镀层的显微硬度不应低于HV700,金刚石碾压前后的铬镀层硬度见表2。

从表2数据可以看出,试件经“金刚石碾压+超精”

表1 金刚石碾压前后试件镀层表面粗糙度(R_a) μm

试件序号	碾压前	碾压后	“金刚石碾压+超精”
1#	0.379	0.664	0.0655
2#	0.392	0.564	0.0578
3#	0.321	0.626	0.0678
4#	0.312	0.544	0.0782
5#	0.335	0.642	0.0865
6#	0.379	0.567	0.0675

表2 金刚石碾压前后试件镀层显微硬度(HV)

试件序号	碾压前	碾压后
1#	785	928
2#	759	962
3#	739	959
4#	754	988
5#	728	947
6#	750	955

后前后硬度值都符合航标规定要求,但“金刚石碾压+超精”后的表面硬度值更高。主要是因为镀层经过金刚石碾压后,表面晶粒发生细化,细小的晶粒提供了更多的“晶核”,即形核中心,有效实现了细化晶粒的强化。另外,在碾压过程中,镀层中产生高密度的位错,根据位错理论,强化是由基质金属中滑动位错与微粒间的切割或绕过作用引起的,只要当镀层中存在一定数量的位错时,位错强化就会起到作用。同时,细小颗粒与周围的高密度位错发生弹性交互作用,加剧了强化效果,又进一步提高了镀层的耐磨性能,从而提高了镀层的硬度及耐磨性。

2.3 “金刚石碾压+超精”后镀层与基体结合力检查

镀层的结合力是指镀层与基体之间的结合强度,即单位面积的镀层从基体上剥离下来所需要的力,它表示镀层与工件之间的连接强弱,是镀层工作的基础^[6]。对于碾压处理后的镀层来说,检测镀层的结合力也是评定镀层使用性能的一个重要指标。为检查“金刚石碾压+超精”后镀层的结合力,按标准选用了2种检查方法:一是微观观察法,二是试验验证法。(1)微观检查法:选取碾压后镀层的截面,通过显微镜来观察镀层与金属基体结合处的状况。本试验经“金刚石碾压+超精”处理后,镀层表面的裂纹有被弥合的现象,镀铬层与基体结合良好,未见分离开裂现象,说明经金刚石碾压不影响镀层与基体的结合。同时,通过对试件经金刚

(下转第94页)

将读取的复合材料数据保存为 txt 格式,自动启动 PATRAN 软件并加载指定的 CATIA 复合材料模型,建立与复合材料模型相对应的材料库,如图 8 所示。建立与复合材料模型中一致的铺层数据,如图 9 所示。本程序以 Sysware 平台中间件为基础框架,在中航工业某研究所得应用。

6 结束语

本文对 CATIA 和 PATRAN 进行相应的二次开发。通过对 CATIA 复合材料模型进行数据读取,并对几何图形进行操作,为 PATRAN 提供相关的输入数据和几何图形。以输入数据为基础快速完成了复合材料分析的前处理工作。使得 CATIA 复合材料数据无缝转换到有限元软件中,将铺层的力学性能、铺层方向、铺层形式直接体现在分析仿真中,使得设计分析工作的自动化水

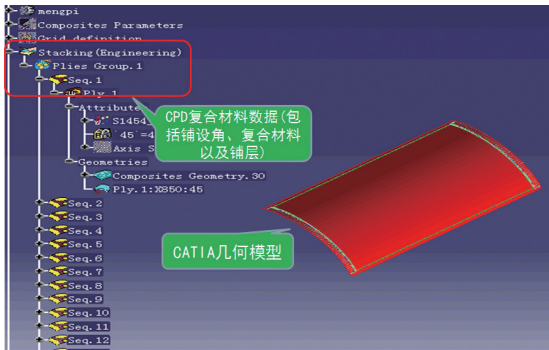


图7 CATIA复材模型

Fig.7 CATIA model of composite material



图8 建立的材料库

Fig.8 Establishment of material base



图9 建立的铺层数据

Fig.9 Establishment of ply data

平有了显著提高,有效提高了工程设计效率。

参考文献

- [1] 霍金星,齐乐华,周计明. ABAQUS 二次开发在 C_u/Mg 复合材料微观几何建模中的应用. 特种铸造及有色合金, 2011,31(4): 322-324.
- [2] 徐荣欣,张庆茂,杨军. 复合材料构件数字化建模技术研究. 航空制造技术, 2010(09):64-67.

(责编 深蓝)

(上接第 77 页)

石碾压后的截面观察,硬铬层上的气孔数 ≤ 5 个 /dm² (1dm²=100cm²),符合 HB 5041—92《硬铬、乳白铬镀层质量检验》规定,为此判定达到航标规定的要求。(2) 试验验证法:用锉刀沿与镀层成 45° 的方向由基体向镀层的方向单向运动,用粗齿锉刀对断面进行锉锯。结果表明覆盖层附着良好,镀层无起皮、剥离、脱落现象发生。

2.4 金刚石碾压后镀层气密性检查

对“金刚石碾压+超精”后的 6 件试样在规定的压力下进行了气密度试验,发现气密全部合格。选取了 3 个存在渗漏现象的活塞杆,进行了“金刚石碾压+超精”加工,再次进行气密性检查,发现渗漏现象全部消除,气密合格。后期,把“金刚石碾压+超精”这种工艺方法用在活塞杆的实际生产中,产品交付后,用户再也没有反馈过活塞杆渗漏故障,证明“金刚石碾压+超精”这种工艺方法能彻底消除活塞杆镀层气密不合格故障。

3 结论

“金刚石碾压+超精”的工艺方法可以细化镀铬层晶粒,提高镀铬层与基体之间的结合力,增加镀铬层表面的硬度,有效改善镀铬层性能,彻底解决活塞杆镀铬层的渗漏故障。该工艺方法简单、性能稳定,因此,在航空武器装备零部件加工和维修方面具有良好的应用和推广价值。

参考文献

- [1] 冯春晓,李青峰,扬萍,等. 飞机起落架作动筒活塞杆的电刷镀修复. 材料保护, 2003, 10(36): 50-51.
- [2] 闰磊,高国庆,杨川,等. 20CrNi3 活塞杆镀铬层表面网状分析. 材料热处理技术, 2011, 40(18): 131-137.
- [3] 田永良. 活塞杆镀硬铬. 电镀与环保, 2010, 30(5): 47-48.
- [4] 束德林. 工程材料力学性能. 北京:机械工业出版社, 2006.
- [5] 张允诚,胡如南,向荣. 电镀手册(上册). 北京:国防工业出版社, 1997.
- [6] 黎向锋,左敦稳,王珉. 通过过渡层改善金刚石膜和基体间的结合性能. 材料开发与应用, 2000, 1(15): 35-39.

(责编 亿霖)