零件表面离子注入锈蚀防护方案

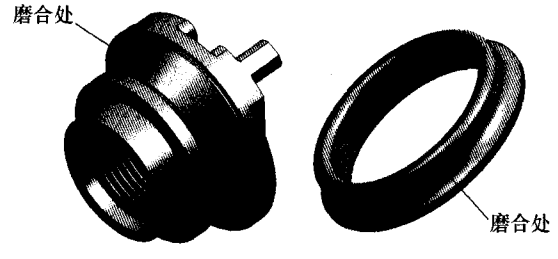
常州兰翔机械有限责任公司 （江苏 213022） 牟宗平 徐艳芹

我厂生产的某冲压涡轮是空中加油机加油吊舱的动力装置，其可变桨距的冲压涡轮直接驱动离心燃油泵，提供液压动力与压力燃油，以完成软管放出、燃油输送、软管回绕等空中加油的技术动作。

由于冲压涡轮无润滑系统，而装配时采用的润滑油脂在高速旋转产生的离心力作用下甩出，起不到长期润滑防护作用。以前经5年共500h飞行后返厂的涡轮叶片安装座、轴承等部件锈蚀严重，只能全部报废、更换，根本无法保证安全飞行10年共1000h的使用要求。因此，为确保此类冲压涡轮的使用寿命，必须提高叶片安装座（含滚珠及轴承内外环）等部件的表面防护能力。

1. 零件结构特点及防护方案

由于叶片安装座、轴承滚子、滚珠及轴承内外环本身的工作面（见附图）表面粗糙度值应低于0.2μm，尺寸精度和零件间配合尺寸的要求都很高，防护层不允许有厚度，且轴承零件分别由组织不稳定的GCr15材料及表面渗碳的18Cr2Ni4WA材料加工而成，处理温度必须<150℃。因此，我分厂有关技术人员经过充分调研和讨论，初步拟定以下3套备选方案，建议经可行性论证及试车后，择优选用。



叶片安装座和轴承内环

（1）零件表面离子注入防护、耐磨材料 离子注入技术是近年才发展起来的一项先进表面处理技术，主要提高零件的表面防护和耐磨性能。由于该技术是在常温真空条件下，对需处理零件的表面以离子态注入氮化铬（CrN）等物质，不会造成零件变形，不影响零件的尺寸精度，零件表面硬度高，耐磨性好，可以大幅提高零件的使用寿命，不存在涂镀层结合力低和氢脆问题。经离子注入的零件表面防护性能优异，可以确保叶片安装座及其轴承内外环等零件在较恶劣条件下长期使用。缺点是该技术的使用成本较高，预计处理一套轴承的成本为1000～2000元，但由于可以省去渗碳工序，成本增加不多，且技术成熟，航空系统已有多家应用。

（2）零件表面进行化学镀镍保护 该方案可选镀薄镍和厚镍，薄镍是在零件表面镀镍0.5～1.0μm以保护基体，不进行二次加工，但零件仍需要进行渗碳处理，对镀层与渗透面的结合力有一定影响，防护效果和耐磨性略差，优点是工艺尺寸可以不进行改动，相对成本增加较少。厚镍是在需防护、耐磨的零件表面镀一层数十微米以上的化学镍，在250℃以上进行热处理，然后进行精加工，轴承内外环及叶片安装座材料（18Cr2Ni4WA）可以进行250℃热处理，因存在显微应力变形问题，对要求很高的轴承内外环需要二次精加工。但轴承滚珠因材料（GCr15）组织的不稳定性，不能进行高温热处理，相对硬度低些，耐磨性略有影响，厚镍相对成本较高，加工周期长。优点是化学镀镍层致密，结合力大，防护性能优异，镀厚镍零件部需要进行渗碳处理，但要求工艺预留镀层尺寸。

（3）镀锌阳极进行电化学保护 在零件非工作面进行镀锌处理，对零件进行阳极保护，会有一定的效果，但难以保证涡轮10年翻修寿命，由于此方

案成本低廉，可操作性强，对改善现状具有一定的意义。

2. 离子注入技术

目前，世界上直升机制造技术比较先进的主要有美国、意大利、俄罗斯、法国、英国、日本及德国等发达国家。其中在直升机传动系统的轴承领域中，代表当今制造技术水平的典型机种有RAH－66(科曼奇)及V－22(鱼鹰)、卡－50、米－28、“虎”、A129及NH90等。这些国家为了提高航空轴承的耐蚀性、抗磨损性能和无油润滑运转能力，在传动系统的轴承上均采用特殊工艺做了表面处理。以美国海军实验室为例，早在1979年就开始研究用铬离子注入技术对轴承进行表面改性，以此来提高轴承的耐蚀性和抗磨性能。英国也早在20世纪70年代就开始利用离子注入技术来提高轴承的使用寿命。

1995年，英国NSK－RHP欧洲轴承研究中心发表了其研究成果。在模拟飞机起飞时燃气轮发动机主轴轴承的工作条件下，采用铬离子注入技术，使发动机主轴轴承（M50钢）的耐蚀性大为改善。

国内不少高等学校、研究院所和有关企业，也都曾用离子注入技术对轴承钢材料进行了有关改善摩擦磨损和耐蚀等性能方面的研究，在轴承使用寿命方面也取得了很好的效果。

3. 技术要求

为了满足零件的安全使用需求，保证零件原有的工作性能，提高零件的耐蚀性，离子注入必须满足以下技术指标：①离子注入层能承受的工作温度为-45～150℃。②不改变零件的状态和几何尺寸。③离子注入层与基体的结合力大，工作时不剥落。④离子注入层的均匀性≥85%，不改变表面粗糙度。⑤离子注入层的表面显微硬度>1000HK。⑥经离子注入试样的耐蚀性较未进行离子注入（现状）的提高15倍以上；轴承经台架磨合试验后，耐蚀性较未进行离子注入的轴承提高5倍以上（按GB5938－1986或GB/T10125进行盐雾腐蚀试验）。

4. 技术措施及方法

在用离子注入技术改善叶片安装座、轴承的耐蚀性方面，我公司与高校、院所合作，对相关材料的试片分别注入Ta、TaN、Cr和CrN等，并应用盐雾试验对离子注入试片进行防护性能检测。根据试片防护性能检测情况，选择在零件表面分别注入Ta、TaN、Cr和CrN等元素进行磨合，并对注入零件进行盐雾试验防护性能检测，择优选用。

（1）盐雾试验条件　温度35℃，（5%±1%）NaCl溶液，盐溶液pH值为6.5～7.2，盐雾沉降率为1.0～2.0mL/80cm^2·h。

（2）试验周期　以连续喷雾8h、静置16h作为一周期。

（3）评级标准　根据GB/T6461－2002《金属基体上金属和其他无机覆盖层经腐蚀试验后的试样和试件评级》进行评级。

（4）试验结果　检测结果：①相关材料的试片经以离子态注入Ta，通过盐雾试验检测，防护性能提高近15倍。②相关材料的试片经以离子态注入Ta和TaN，通过盐雾试验检测，防护性能分别提高近15倍和10倍。③相关材料的试片经以离子态注入CrN，通过盐雾试验检测，防护性能提高近20倍。

零件防护性能检测结果表明：注入Ta、TaN、Cr和CrN都能使叶片安装座及轴承的耐蚀性提高10倍以上。其中CrN除了能大幅提高耐蚀性外，其表面显微硬度和抗磨性能也得到明显提高。这对于既需要耐蚀，又要求耐磨的叶片安装座、航空轴承来说很重要。

5. 结语

（1）涡轮件相关材料的试片经离子注入CrN，防护性能提高近20倍，明显优于注入其他元素。

（2）涡轮相关零件经离子注入CrN，防护性能提高近12倍，明显优于注入其他元素。

（3）同种材料，经相同的处理，试片的防护性能优于零件的防护性能，原因是零件结构复杂，表面易沉积溶液，致使零件表面孔蚀加剧，腐蚀加快。同时，由于零件的结构复杂，为使零件注入面均匀，需不停地旋转零件，这导致在相同的注入时间内零件注入面厚度要比试片薄，使零件的防护性能相对较低。

（4）冲压涡轮叶片安装座、轴承等零件离子注入CrN后，大幅提高了耐蚀性，同时其表面显微硬度和抗磨性能也得到明显提高，能够满足飞行10年共1000h的使用寿命要求。MW　（20120824）