

HNAT 737 技术问题说明

提示单编号	撰写	校对	批准/日期
TIP737-2020-32-013	符方洲	张桃	曾晶/2020.7.20

标题 关于前起落架轮轴锈蚀的分析

一、适用性

737NG

二、背景描述

2020年7月，有飞机在运行中反映前起落架有锈蚀，使用百洁布去除锈蚀。波音对于起落架的腐蚀情况非常的谨慎，所有的腐蚀都是一事一议来决策的。下面对起落架基材和防腐的分析，以及维护中的注意事项来展开分析。

三、解释说明

1)、起落架情况

该起落架本次装机时间为2017年10月13，TSI CY:3431; FH:6817

该起落架执行过一次翻修，上次装机为另一架飞机的出厂原装机件，2017年9月返厂大修(唯一的一次返厂大修) TSN CY: 16834;FH: 33148

2)、腐蚀情况

如下图所示，可见有明显的铁基锈蚀的情况。结合前轮材料分析，发生腐蚀的部位应该为前起轮轴的基体材料。前起轮轴的基体为4340M钢(300M钢)，又叫40CrNi2Si2MoVA，应用最广泛和声誉最好的起落架用钢。它的力学性能具有强度高、横向塑性高、断裂韧性高、疲劳性能优良及抗腐蚀性能好等优点。但如果基体材料与空气间有长期的直接接触，在此期间基体材料会与空气中的酸性污染物、金属粉尘、水等物质发生电化学反应，最终还是会引起锈蚀。



从公开材料可知，此类钢：

1，抗腐蚀性能好

成分中含1.5%的硅改善4340M钢的抗应力腐蚀性能，与同类钢相比，其应力腐蚀性好。

2，强度高

经标准热处理油淬加回火后，钢的拉伸强度可以达到1860MPa以上，是当前使用强度最高的低合金超高强度钢。强度高可以使零件减重，提高强度一直是起落架零件设计追求的主要目标

之一。部分机翼重要承力构件也已采用此类钢并使用到最高强度水平。

3, 横向塑性高

在材料标准中将横向断面收缩率作为主要力学性能指标是此类钢的特点,这是针对起落架零件使用的特点提出来的。

4, 断裂韧性高

断裂韧性高说明抗裂纹扩展性能强。在材料选用时应当同时注重锐缺口韧性和钝缺口韧性。它们代表的物理含义不同,因而不能相互代替。

5, 疲劳性能优良

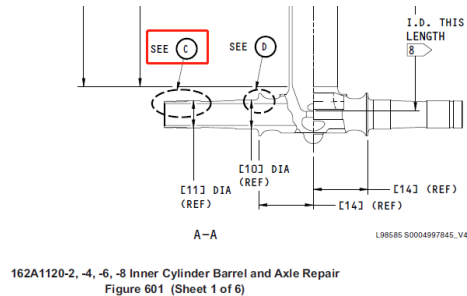
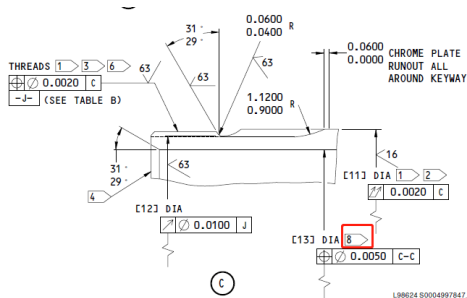
4340M 钢的抗疲劳性能明显优于 4340。这对起落架及其他飞机构件长寿命使用极为有利,也是 4340M 钢在飞机上获得广泛应用的主要原因。

3) 腐蚀分析

厂家为了防止基体与空气的直接接触,做了多重的防腐设计。如 CMM32-21-12 中 repair3-3 内 refinish 步骤所示。

- D. Procedure (REPAIR 3-3, Figure 601 or REPAIR 3-3, Figure 602)
- NOTE:** For stripping of protective finishes, refer to SOPM 20-30-02. For the decoding table for Boeing finish codes, refer to SOPM 20-41-01. For finishing materials, refer to SOPM 20-60-02.
- (1) For the 162A1120-2, -4, -6 and -8 inner cylinders (REPAIR 3-3, Figure 601):
- (a) Chrome plate the surfaces as shown by flagnotes 2 and 5.
 - (b) Cadmium-titanium plate or zinc-nickel plate as shown by flagnotes 6 and 8. Apply primer, C00175 and enamel coating, C50075 as shown by flagnotes 1, 8 and 18, unless shown differently by flagnotes 1, 6 and 9.
 - (c) Apply compound, C50001 as shown by flagnote 8.
 - (d) In the axle reliefs near the flanges, apply enamel coating, C50075 (F-19.79-707) as specified by flagnote 18.
 - (e) For all other surfaces, cadmium-titanium plate (F-15.01) or zinc-nickel plate (F-15.50), 0.0005-0.0019 thick, and apply primer, C00175 (F-19.47). See REPAIR 3-2 for the refinish of the lug faces and holes.
 - (f) Make sure axle Thread protector, SPL-1877 is installed on the threads on each end of the axle, to give protection to the threads.

对轮轴内孔,防腐措施要参照旗标 8,先在轮轴内表面涂上一层镉钛或锌镍合金层,然后涂上两层漆和一层防腐剂。



162A1120-2, -4, -6, -8 Inner Cylinder Barrel and Axle Repair Figure 601 (Sheet 1 of 6)

8 CADMIUM-TITANIUM PLATE (F-15.01)
OR ZINC-NICKEL PLATE (F-15.50),
0.0005-0.0019 THICK. PLATING
THROW-IN IS NECESSARY IN THE
HOLE FOR THE LUBE FITTING. APPLY
BMS 10-79, TYPE 3 PRIMER
(F-19.66) AND MIL-C-11796,
CLASS 1 CORROSION PREVENTIVE
COMPOUND (F-19.03) OR BMS 3-26,
TYPE 2 CORROSION INHIBITING
COMPOUND (F-19.731) (PREFERRED)

从腐蚀机理来看，镀层用于隔绝基体材料与空气的接触，防止其产生电化学反应而发生锈蚀。镀层根据波音的描述，用尖锐工具（如砂纸，百洁布）稍加强压即可能破坏，另外镀层长时间暴露在环境中，随着时间推移也会被消耗掉。为了避免镀层破坏，镀层外部又涂上了两层底漆和防腐剂 BMS3-26。BMS3-26 干后形成不易磨损与擦掉的一层牢固的透明蜡质薄膜。底漆与防腐剂一起组成漆层，隔绝镀层与外界环境的接触，防止意外磕碰损伤镀层。镀层和漆层一起配合，加上基体本身的防腐能力，保证了前起轮轴的抗蚀性能。

3) 可能性分析

结合实际运行和厂家沟通，分析有三种可能造成此类腐蚀。

可能性一：

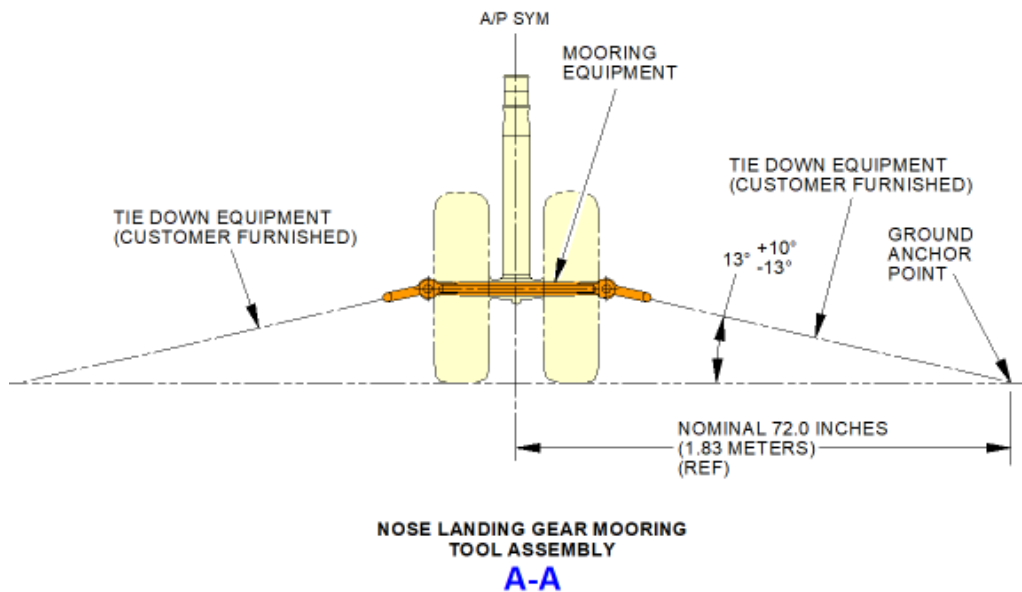
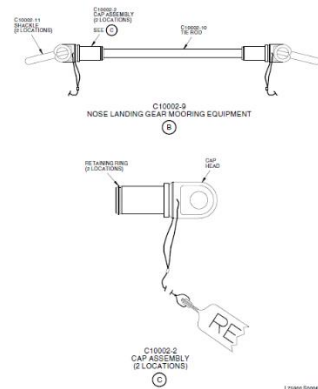
该起落架轮轴返厂维修时，在完成防腐工序时存在问题。可能造成漆层和镀层质量不过关，在各种外界因素的影响下（热，外物触碰等），不达标的漆层会比设计时间更早地脱落，使镀层暴露在空气中。镀层本就薄，易受外物破坏。如果镀层不达标，失去漆层的保护，暴露在空气中也会更早地被外界环境所破坏。若漆层和镀层都被破坏，裸露的基体在与空气接触一段时间后，在电化学反应的作用下自然会形成锈蚀。

可能性二：

外来物物损伤了前起轮轴内径表面

该区域可能造成漆层和镀层损伤的外物，日常维护中涉及到的为系留绳。据调查，航线使用的都是尼龙绳，鉴于尼龙绳的特性，应该不太可能对漆层和镀层造成严重损伤。

另外就是强风天气执行前起系留作业时会用到工具 C10002-9。为一根穿过轮轴内孔的棍状工具，然后两端系上带子来进行系留。从设计的数据上来看，该工具与前轮轴内孔表面之间有 0.005 - 0.030 英寸的间隙，间隙较小，可能会产生磕碰。如果漆层质量不过关，加上这个工具在安装时不注意，磕碰了轮轴内表面，就可能会造成漆层与镀层一起破坏，最终造成锈蚀。



经查该机在停机坪期间未执行系留工作，通过 AMICOS 查询，也未查到该机在 2017 年后运行中系留的工作记录。结合机队普查的情况和多年的实际运行经验，分析认为轻微的磕碰不太可能造成前起轮轴的锈蚀。这种可能性主要还是基于翻修质量差的前提下。

第三种可能：

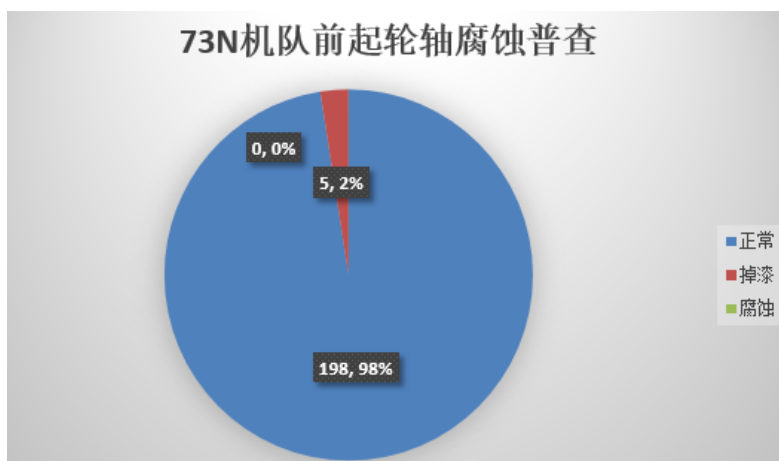
经 SR 询问波音，波音给出了另一种可能的解释：前起机轮轴承可能发生了过热的故障。这些热量传导到了前起轮轴的内部，造成漆层变色（类似上图中的橘色，黄色），温度足够时，漆层会从轮轴上脱落，镀层也可能熔化。一旦镀层熔化并扩散到合金钢里，会造成此前起轮轴的强度和疲劳容限下降。因此，波音建议对此前起轮轴返厂进行翻修。因为漆层的脱落和镀层的熔化，前起轮轴的防腐能力大幅下降，也会发生锈蚀的情况。

（本机故障历史无相关的前起过热等相关故障，这个原因可能性也不大。对漆层颜色异常，修理厂的反馈为，CMM 手册要求使用 BMS 10-79,TYPE3 的底漆，根据 BMS 10-79 QPL，有两个产品符合标准。其中 AMB 010422(产品名称 10P20-44) 为阿克苏诺贝尔 (AkzoNobel) 生产，此产品喷涂后呈现的颜色为黄色。)

4) 普查和机队风险

1) 对 737NG 机队前轮轴进行了普查，共完成普查 203 架，其中 5 架发现掉漆，已完成补漆或办

理保留；除了本例中的飞机，没有发现其他发生锈蚀的飞机。



从普查结果来看，大部分飞机的前轮轴漆层正常。机队整体风险可控。

当前执行的措施如下

73N-32-085-00 详细检查前起落架轮轴 间隔 1095CA

73N-32-090-00 拆下前起落架组件作大修 间隔 3650CA 或 18000CY

四、小结

从腐蚀表象看，很明确的是该轮轴已经伤及了基体材料，在外部环境的影响下产生了腐蚀，钢部件锈蚀处的截面面积会变化，局部区域会形成锈坑，引起应力集中，最终造成部件强度和疲劳损伤容限下降。当前去除了表层腐蚀和补漆，并不能解决根本的问题。在和波音的沟通中，厂家也明确的建议，尽快将该起落架返厂检测和处置。该起落架已安排拆下，并返厂进行调查。

从普查情况看，认为该起落架在装机 3 年不到的时间出现镀层和漆层损伤，进而导致腐蚀，怀疑修理质量存在相关性。机队整体状态在当前工程措施下是可控的。从预防性出发，在航后区域检查中，加强对掉漆的检查关注点，同时对使用系留工具可能产生的漆层磨损，加以提示。