



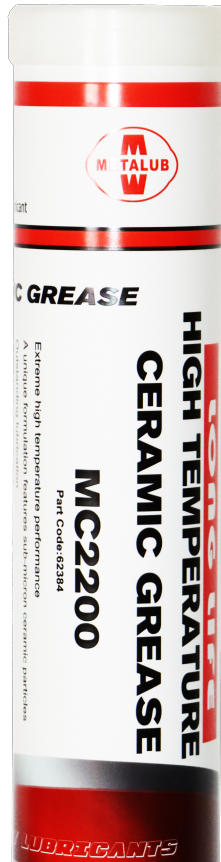
航空发动机高温螺纹连接防卡死技术手册

版本 V1.0 (2026) | 发布机构: METALUB 美特润技术部

第一章：引言与目标

航空发动机的可靠性在很大程度上取决于其数以千计的螺纹连接件。在极端运行环境下，这些部件必须在高温、高压、高震动及强腐蚀环境中保持稳固，同时在计划大修 (MRO) 时必须能够被顺利拆卸。本手册旨在提供一套完整的技术规范，利用陶瓷润滑技术解决 1200°C 以上的螺纹咬死问题。

核心目标：确保航空发动机热端部件螺纹在 1200°C 极端工况下不发生咬死，且大修时可顺利拆卸。



第二章：高温螺纹失效模式分析

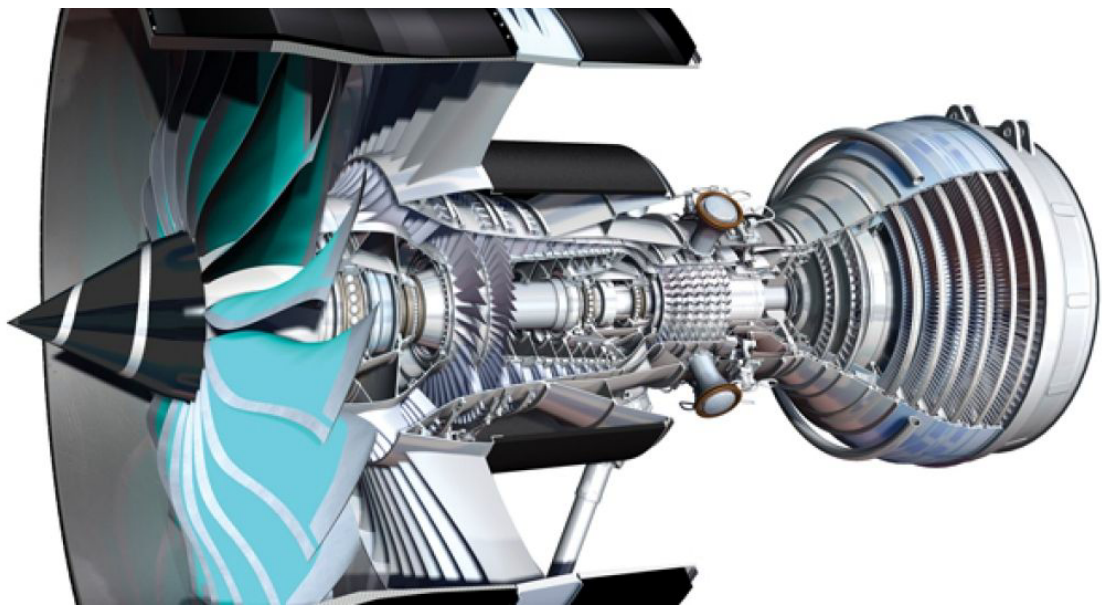
在航空发动机热端部件（如涡轮外壳、燃烧室螺栓），传统润滑脂常因以下原因失效：

- 1. 热氧化与碳化：超过 300°C 后，有机基础油分解形成焦炭，锁死螺纹。
- 2. 电位腐蚀 (Galvanic Corrosion)：含镍或含铜的油脂在异种金属间形成原电池效应，永久性损伤母材。
- 3. 扩散焊接 (Diffusion Bonding)：超高温下金属原子直接结合，导致螺纹咬死。

三种失效模式对比

失效模式	触发温度	机理	后果
热氧化与碳化	300°C 以上	有机基础油分解形成焦炭	螺纹锁死，无法拆卸
电位腐蚀	常温至全温域	异种金属间原电池效应	母材永久性损伤
扩散焊接	超高温	金属原子直接结合	螺纹咬死，结构性破坏

表 1：航空发动机高温螺纹三大失效模式对比





第三章：纳米陶瓷防卡技术 (METALUB MC2200)

MC2200 采用先进的纳米陶瓷添加剂，其润滑机理分为两个阶段：

流体阶段 (<200°C)

全合成基础油确保装配时的初始摩擦系数稳定。

固体干膜阶段 (200°C - 1200°C)

基础油挥发后，微细陶瓷颗粒在螺纹表面形成坚韧的「物理隔离层」。该干膜不导电、无腐蚀性，且在 1200°C 下不会熔融，确保了极佳的防卡性能。

关键技术特性：不导电、无腐蚀性、1200°C 不熔融——彻底消除电位腐蚀和扩散焊接风险。

MC2200 产品技术参数

参数	数值	说明
产品型号	MC2200	Part Code: 62384
基础类型	全合成油 + 纳米陶瓷	亚微米级陶瓷颗粒
工作温度	-40°C 至 1200°C	宽温域防护
导电性	不导电	杜绝电位腐蚀
金属/石墨含量	零	不含镍、铬、铜及石墨
挥发等级	极低	满足航空级洁净度要求

表 2: MC2200 关键技术参数



MC2200 产品外观



METALUB MC2200 高温陶瓷润滑脂产品外观





第四章：标准操作规范 (SOP)

为确保最佳的防卡效果，必须严格执行以下流程：

1. 表面预处理

使用航空级脱脂剂清除螺纹上的所有旧油脂、积碳和金属屑。

2. 正确涂抹

- 使用清洁的毛刷。
- 涂层应薄而均匀，重点覆盖螺纹的受压侧。
- 避免涂抹过量导致多余油脂在高温下形成污染。

3. 安装力矩校准

参考 OEM 湿式扭矩标准。MC2200 具有稳定的摩擦系数，有助于实现精确的夹紧力。

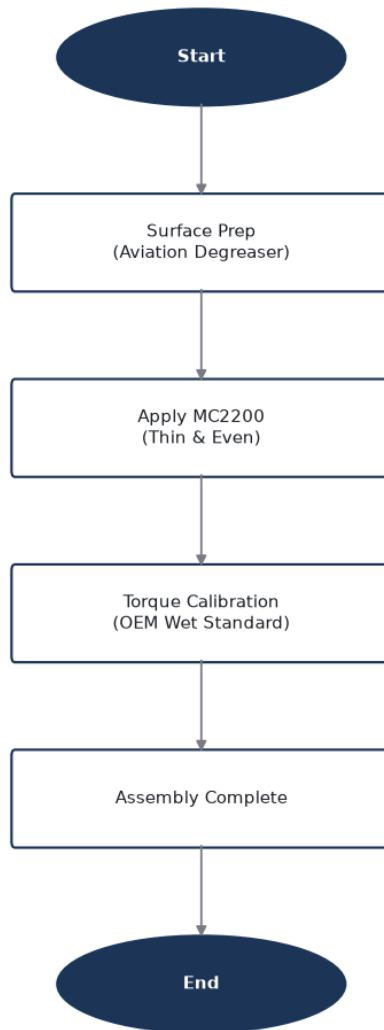


Figure 1: 图 1: MC2200 防卡死标准操作流程 (SOP)



第五章：Rolls-Royce Trent 发动机维护建议

针对 RR Trent 700/800/1000 系列发动机，MC2200 在以下关键部位提供卓越防护：

- 点火电极：使用 MC2200 防止高温烧结。
- 排气系统螺栓：确保在长航时运行后仍可轻松拆卸，避免破坏贵重的合金壳体。
- 传感器接头：利用 MC2200 的不导电特性，保护敏感的电气连接。

应用要点：MC2200 的不导电特性使其在保护电气敏感连接方面具有独特优势，这是含金属粉末的传统防卡剂无法实现的。



第六章：合规性与环境声明

MC2200 完全满足航空工业对材料安全 and 环境友好的严苛要求：

合规项目	状态	说明
金属/石墨游离	100% 不含	不含镍、铬、铜及石墨，杜绝材料脆化风险
航空级别	通过	满足无重金属残留和极低挥发性要求
环境友好	通过	不含有害成分，可用于极洁净度装配线

表 3: MC2200 合规性声明

技术支持

美特润 (METALUB) 中国区技术中心

- 电话: 0512-6766 5768
- 官网: www.metalubchina.com
- Part Code: 62384 | MC2200