

轴承

有效防止白色蚀刻裂缝

风力发电设备轴承上的裂缝可能会导致高昂的损失。Schaeffler 研制出了针对这一问题行之有效的解决方案。

文 | Bernhard Köhler

随着不断扩张的风力发电设备，近海地区产生了越来越多的大型百万瓦特发电厂，他们可能面临着昂贵的维修费用。举例来说，如果一台安装在离岸涡轮上的周转齿轮的齿轮失灵了，那么需要把这台齿轮拆下来运到岸上去维修。这笔维修费用将非常可观，大多数在这个范围内可以达到一百万欧元。

正因为如此，现今安装在风力发电机上的齿轮轴承的使用寿命均在 20 ~ 25 年。无论如何要一直关注早期故障的产生，包括有些未详细说明的和在各种轴承注释中强调的。这种被描述为“白色蚀刻裂缝”的损伤形成的原因尚未有明确的定论，总归可以说是一种系统问题，在摩擦、动力和电力使用中产生。白色蚀

刻裂缝损伤是原材料的一种结构变型，形成在轴承表层的下面。在过程当中，微小的裂缝在外部压力的作用下延伸到表面，表现为典型的轴向分布的裂缝损伤或者脱皮，尤其是轴承内圈的导轨上。个别情况也发生在外圈或者滚筒上。如果损伤进一步发展，那么最终可以导致圆环破裂或者折断，从而使轴承过早地发生故障（图 1）。

白色蚀刻裂缝产生的原因尚没有明确的解释。对于它产生的原因有多种假设，所谓的氢气假设在学术界比较受认可。它描述了以下的事件链：在轴承周



围，比如润滑油，发现了氢气的分子形式。这是滚动轴承的钢材料不会产生的。当然在通电和化学过程中氢气可以分裂成原子形式。氢原子渗出后，可以侵入钢材并嵌入非金属部分，或者集中于特别的不完整的材料上。

结果原料的流动限制被削减了。在流动限制方面更多的外界压力导致了受损材料的结构变化。在原材料坚硬的地区产生纳结晶亚铁盐，这种纳结晶在结构范围内不会被硝酸钠腐蚀所侵蚀，同时表现出的是白色的腐蚀印记——因此被称为“白色蚀刻裂缝”。如果现在被改变的材料从外部受到更多的压力，那么在坚硬和不太坚硬的地方就会产生压强，从而最终产生裂缝，扩大到设备表面，导致轴承失效。

另外一个解释是电磁假设，滚动轴承上的钢由于电流受到损伤，电磁假设在当时没有进行后续跟进，也许因为电磁干扰量被视为额外附加的压力。尽管尚未找到确定的原因，Schaeffler 仍然运用革新的检验程序和材料研发了针对白色蚀刻裂缝现象的有效措施。出于这个目的，滚动轴承的生产商在广阔的范围推进白色蚀刻裂缝检验，其中可以模拟各种产生白色腐蚀裂缝的附加压力。检验情况适用于破坏的复制以及合适对策的验证。

基本上存在两种解决方式。一种是降低附加需求，例如可以通过控制最佳油量和齿轮用油的粘稠度来减少摩擦，

通过振动和扭动来减轻轴承的动力压力，或者屏蔽掉作用于轴承的用电。这需要生产风力发电设备驱动系统构件的各个合作者的通力协作。

另一个解决方式，提高轴承对白色蚀刻裂缝的需求性。由氢气假设衍生，通过镀层来避免氢原子的产生，或者避免原材料中渗出的氢气。Schaeffler 推荐并使用的从效率上和经济上减少白色蚀刻裂缝损伤的技术，是使用了 Durotect B 镀层的系统。这种 Durotect B 镀层系统是在常规的烧蓝处理镀层上发展起来的，目的在于提高效率。这个由 Schaeffler 表层技术研发中心的专家们研发出来的系统不仅仅针对白色蚀刻裂缝提供保护，而且还降低了松弛损伤带来的风险，改善了磨损特性，针对腐蚀提供了更高的保护。Schaeffler 在过去十年中，针对防止白色蚀刻裂缝所生产和供应的超过 550 000 个涂有 Durotect B 镀层的用于风力发电设备的轴承中，由于白色蚀刻裂缝而造成损伤的仅低于 0.02%。

受更高的承载量需求，Schaeffler 将 Mancrodur 制作的碳氮滚动轴承进行 Durotect B 处理。在碳氮共渗期间，轴承经受特殊的加热方法使轴承表面富含碳和氮物质，从而提高轴承的表面硬度和耐磨性。

通过使用 Cronidur 30 这种含铬量较高的特殊钢可以在现今的知识水平下有效阻止白色蚀刻裂纹的产生。因此

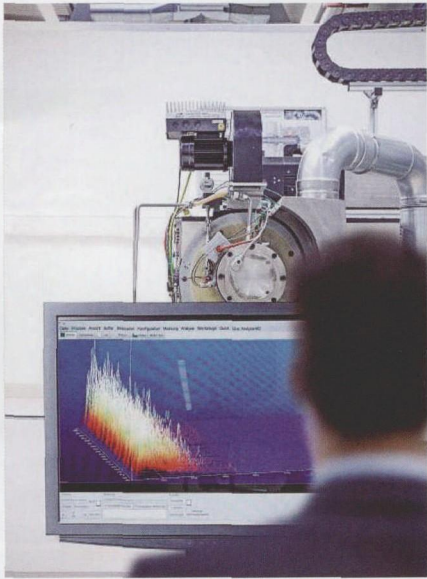


图 2 在检验台上的白色蚀刻裂缝：作为首席轴承生产商，Schaeffler 在 FE8 试验台上模拟复制令人担心的白色蚀刻裂缝损伤

Cronidur 30 材质轴承这项应用投入市场四年以来，由于至今未有白色蚀刻裂缝的情况产生而闻名。通过使用这种材料，可以将承载力提高 70%，同时延长了使用寿命，增强了抗腐蚀能力。

白色蚀刻裂缝可以在滚动轴承的滚动表面上看到缝隙，它也可以表现为滚动面的腐蚀麻点和脱皮。表面上的裂缝是由钢材内部结构受损所导致的。

产生白色蚀刻裂缝的原因尚未有定论。比较可信的假设是，在轴承周围通过电和化学过程发现了氢分子裂变为原子，渗透到钢材里，从而从内部对其进行侵蚀，这种腐蚀在结构方面表现为白色。

白色蚀刻裂缝虽然罕有出现，但是经过一两年的运转时间就可以造成肉眼可见的问题，或者由于圈开裂而导致过早失效。更换离岸设备轴承的费用超过一百万欧元。

措施在于，以电场、混合摩擦和驱动压力的形式来降低轴承的附加需求，另一个措施是使用镀了涂层的滚动轴承。Schaeffler 为此研制出含铬量高的特种钢，使用它之后尚未产生过白色蚀刻裂缝（图 2）。MM

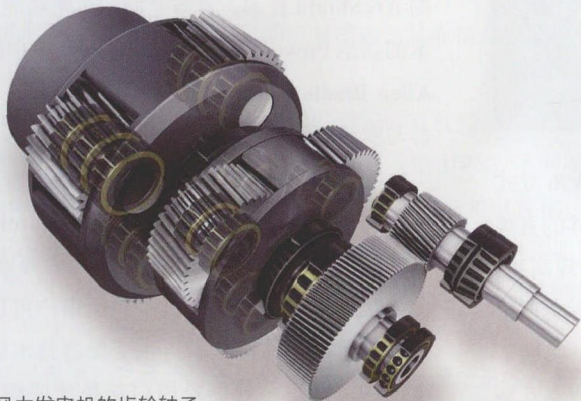


图 1 周转齿轮：目前在风力发电机的齿轮轴承上经常出现白色蚀刻裂缝