

技术文章

在条件苛刻的应用中延长精密部件的使用寿命

欧瑞康巴尔查斯

专用的 PVD 涂层可提高精密零部件（如轴承、齿轮和滚子）的表面硬度和耐用性，从而显著延长高负载条件下的使用寿命。



(图片: shutterstock)

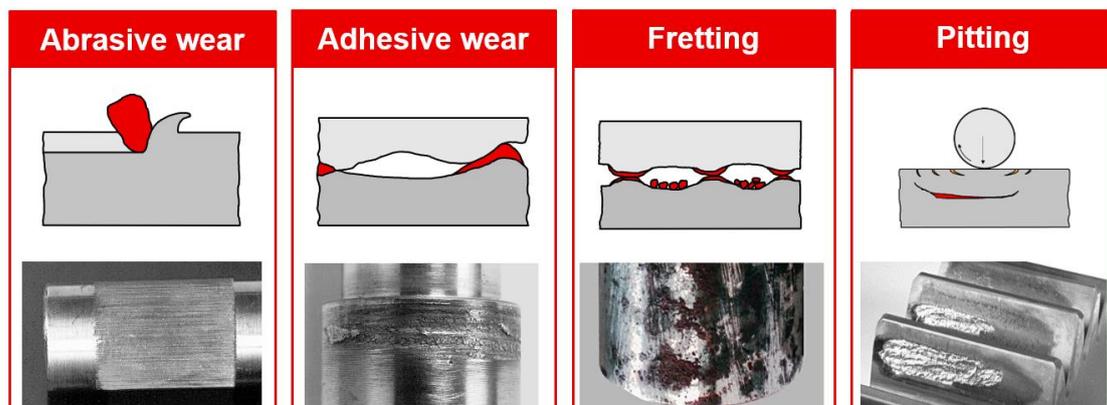


(图片: shutterstock)



(图片: shutterstock)

尽管轴承、齿轮、滚子和其他精密零部件通常由硬化钢或金属合金制成，但在高负载应用中使用，仍可能因过度磨损、表面疲劳、点蚀、磨损和腐蚀而失效。



(图片: 欧瑞康巴尔查斯)

在具有金属与金属相互作用、高速重复摩擦或几乎没有润滑的应用中，这种情况会更加严重。其他因素包括污染物的存在、主要的使用温度、施加的负载以及滑动、滚动、振荡和脉动等负载模式。

为了解决这个问题，产品工程师和组件制造商经常会选择可以涂层 0.5 到 5 微米 (µm) 厚度的专用 PVD (物理气相沉积) 涂层，以进一步硬化这些零件的表面。

通过应用针对这些恶劣环境进行优化的涂层，组件可以受益于增加的表面硬度和更低的摩擦系数 (COF)。因此，无需频繁更换这些关键部件 (如果需要的话)，从而减少维护和计划外停机时间，同时提高机械性能。

如今，这些被涂层过的部件应用于从高性能汽车和赛车到风电机组主轴轴承和行星齿轮的各种应用，还应用于加工食品的不锈钢切割刀片和柱塞泵，以及灌装和装瓶机械的滑动部件。PVD 涂层也是一种经过验证的技术，可用于升级液压马达、泵和阀门中的关键旋转部件。

硬化部件和替代涂层技术

许多组件根本没有涂层。相反，这些零件通常由热处理、氮化或表面硬化钢以及耐用的高性能材料 (如钛或镍基合金) 制成。即使是那些用于高负载、高磨损应用的设备，在润滑不良的情况下也会出现磨损和过早失效。有些行业根本不允许润滑，例如低温和真空系统、洁净室、食品和制药设备。

在这种情况下，工程师经常会想到使用各种涂层、电镀或氮化选项来修改表面，以提高耐磨性和耐腐蚀性，比如用黑色氧化物涂覆零件。黑色氧化物是由黑色金属表面的铁与氧化盐之间的化学反应产生的涂层。涂油后，表面可提供防腐蚀保护、改善润滑性并防止金属与金属相互作用期间的磨损。

然而，黑色氧化物不是很耐用，在重复性高负载应用中会很快磨损。

PTFE (聚四氟乙烯) 是另一种流行的涂层替代品，以其低摩擦系数而闻名，但也不建议用于会磨损的高负载应用。

硬铬和化学镀镍也经常被用于提供抗磨损和腐蚀保护。尽管硬铬适用于经历过磨料磨损的部件，但该工艺固有的微裂纹限制了其抗腐蚀的使用。虽然这可以通过增加表面硬度的薄涂层来解决，但这些解决方案只能提供有限的耐磨性。化学镍可应用于一系列硬度，但是最大值仅为 600 HV (维氏硬度)。对污染化合物、排放物或残留物的担忧也与这些电镀技术有关。

专用 PVD 涂层

物理气相沉积 (PVD) 描述了多种可用于生产薄涂层的真空沉积方法。PVD 涂层通常用于在 200-500 °C 的相对较低的涂层温度下对组件进行涂层。这些温度是理想的，因为它们低于钢的回火温度，以避免改变基本的材料特性。

幸运的是，有几种碳基涂层可提供极端表面硬度、低摩擦系数和防腐蚀特性的独特组合，正如全球领先的涂层供应商欧瑞康巴尔查斯提供的那样。

"技术文章 - 在条件苛刻的应用中延长精密部件的使用寿命", 2022 年 3 月

据欧瑞康巴尔查斯通用工程部件市场部经理 Florian Rovere 博士介绍，该公司的 BALINIT® C 涂层是一种 WC/C 韧性碳化物涂层，特别具有高度的抗粘着磨损（擦伤）性能。即使在润滑不足或干接触的情况下，它 also 具有很高的承载能力。由于其较低摩擦系数，它可以减少点蚀和微动腐蚀。

另一个例子是 BALINIT® DLC 涂层，这是一种更耐用的无金属碳基涂层。该涂层通过等离子辅助化学气相沉积 (PACVD) 应用，专为更严重的磨损条件和较高的相对滑动速度而设计，以防止磨损、划伤和冷焊。

BALINIT® 系列中针对特定要求定制的这些涂层和其他涂层可应用于各种表面硬化或回火钢、奥氏体不锈钢以及镍、钛、铜、镁和铝合金。

“这些材料提供了与 PTFE 一样的低摩擦系数和陶瓷硬度的完美结合，”Rovere 解释道。

该涂层还具有薄的优点，通常为 0.5-5 µm。这个特征与紧密公差相结合，意味着组件在涂层后可以保持其形状、配合和尺寸，无需重新加工。

潜在应用

轴承

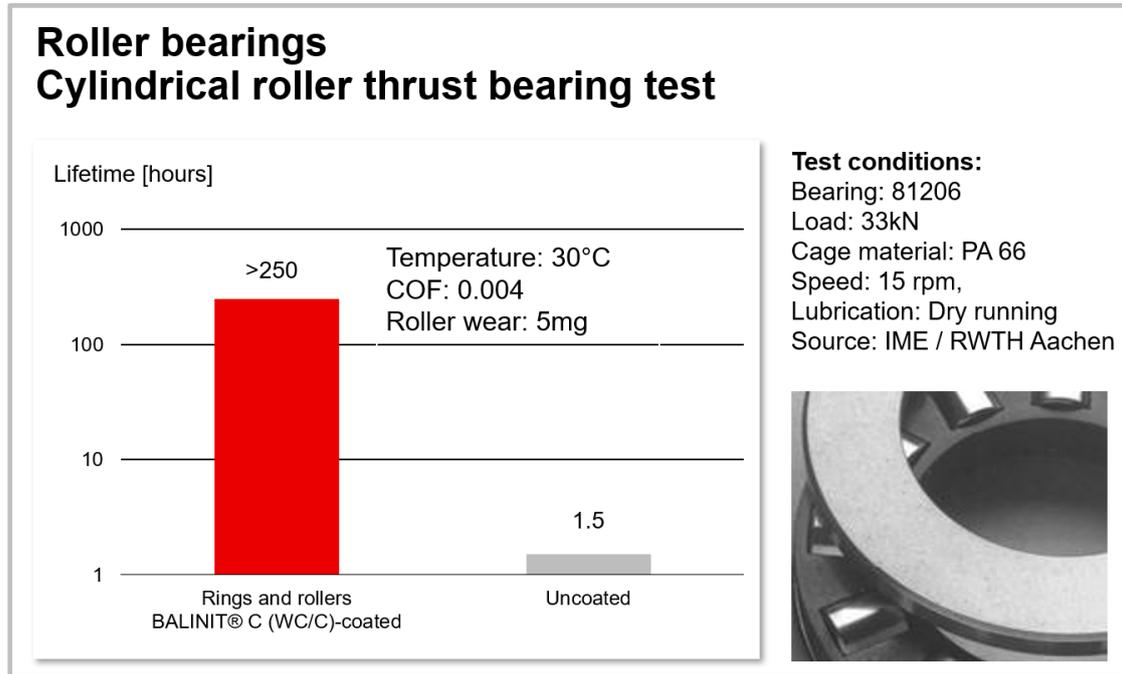
轴承经常遭受严重且分布不均的磨粒磨损。BALINIT C 等涂层特别适用于表面硬化钢以及滚珠和滚柱轴承钢，因为它可以在 200 °C 以下的温度下施工。

PVD 涂层不仅可以应用于内外圈和气缸，还可以应用于滚珠轴承中的滚珠，涂层厚度为 0.5-1µm。

粗糙度的轻微增加被涂层良好的抛光质量所抵消，使内圈和外圈的滚道平滑，提供额外的保护，

“技术文章 - 在条件苛刻的应用中延长精密部件的使用寿命”，2022 年 3 月

防止擦伤和点蚀。



- 使用 BALINIT® C (WC/C) 涂层的环和滚筒可显著延长使用寿命、降低摩擦并且在此干运转轴承测试中几乎没有磨损。(图表：欧瑞康巴尔查斯)

造纸机的软压延辊中的轴承经常出现拖尾现象。PVD 涂层不仅减少了涂抹的可能性，而且通过涂层使轴承更硬，已经证明这些部件的寿命可以增加三到四倍。因此，造纸厂能够推迟轴承更换，直到压延辊需要重新研磨，从而显著减少代价高昂的生产停机时间。

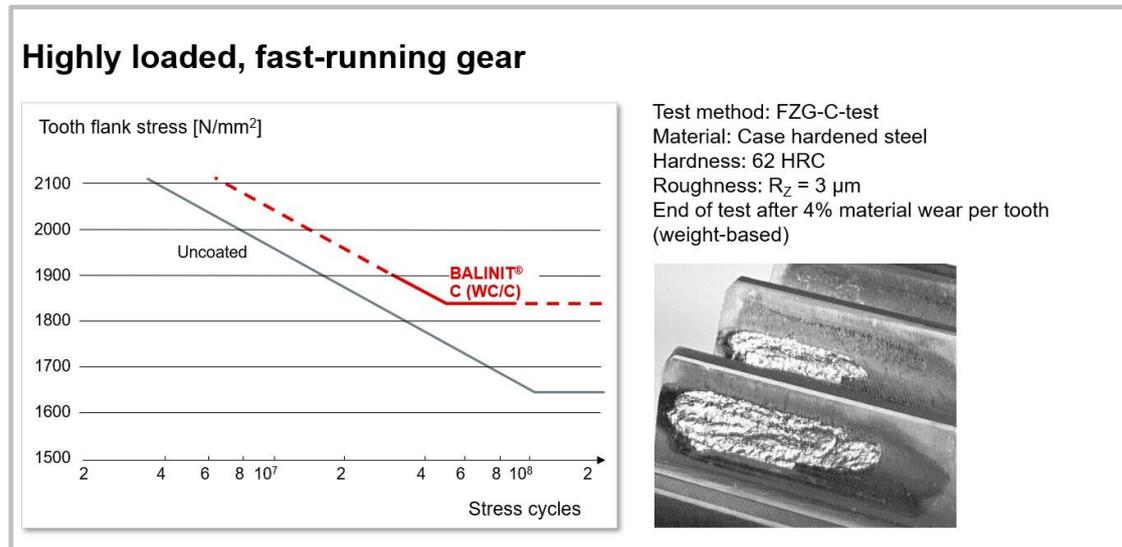
同样，压缩机中的圆柱滚筒轴承经常承受低负载和振动，从而导致潜在的拖尾。在轴承上应用 PVD 涂层可消除此类可能性。

齿轮

齿轮也有经历类似的磨损情况，PVD 涂层也显著减少了齿轮的磨损和点蚀。事实上，BALINIT C 已被证明可以将高速齿轮的使用寿命延长四倍。

FZG C 标准测试表明，与表面硬化但未涂层的齿轮相比，疲劳强度提高了 10-15%。在测试中，
 “技术文章 - 在条件苛刻的应用中延长精密部件的使用寿命”，2022 年 3 月

齿轮使用寿命的失效标准被定义为由于点蚀造成的单齿磨损 4%。



BALINIT® C (WC/C) 将表面硬化齿轮的承载能力（疲劳耐力极限）提高 10-15%。原因是由于涂层的摩擦和磨合降低导致赫兹应力降低。（图表：欧瑞康巴尔查斯）

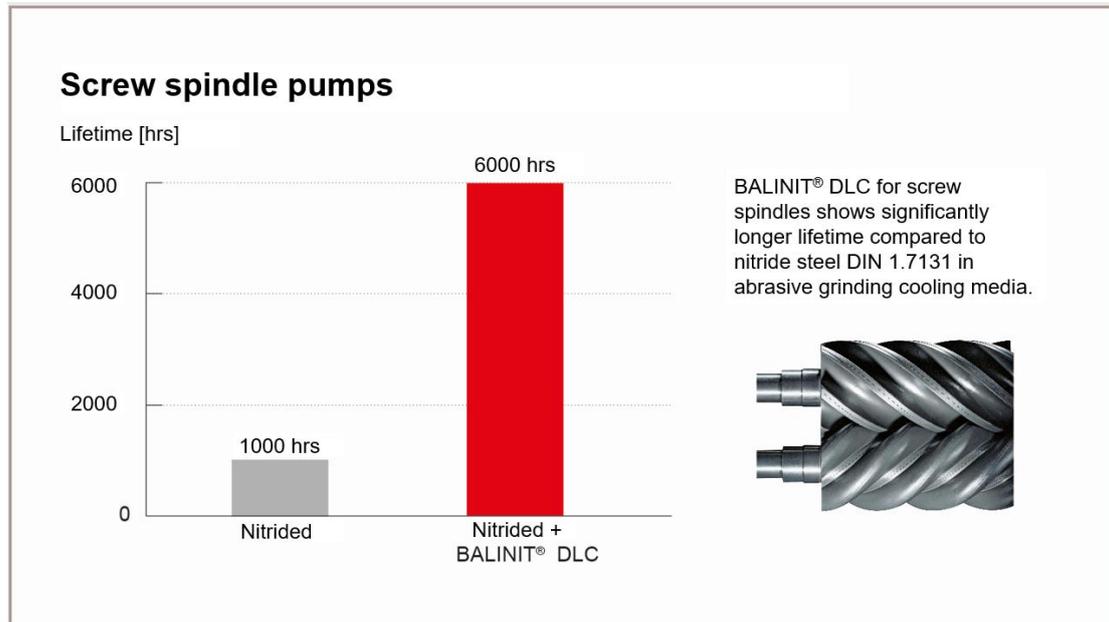
改进这些数据的主要因素是较低的局部表面压力（赫兹压力），这是由于滚动接触中摩擦的减少，以及 BALINIT C 出色磨合性能。

涂层还可以使涡轮受益。涡轮其中的润滑并不总是能足以保护斜齿轮传动免受摩擦和磨损。涡轮和齿轮面之间的滑动运动和力使润滑油难以成膜。出于这个原因，涡轮通常由青铜制成，以避免磨损。

然而，在使用中，青铜齿轮的齿磨损很快，必须重新调整或更换涡轮。用碳基涂层涂覆钢涡轮可以通过减少涡轮和青铜齿轮的磨损来提高其可靠性和性能。

泵、压缩机

螺杆泵、叶片泵、齿轮泵、凸轮泵和离心泵通常在具有磨蚀性和润滑性差的介质中工作。这可能是磨床中的冷却介质，例如螺杆泵和内齿轮泵。使用 BALINIT 系列涂层的螺钉提供了较高的硬度和低摩擦力的理想组合，可防止在这种润滑不良的条件下发生磨损。



与氮化钢 DIN 1.7131 相比，用于丝杠主轴的 BALINIT® DLC 在磨削冷却介质中的使用寿命显著延长。（图表：欧瑞康巴尔查斯）

同样，当在无油运行、干燥气体、制冷剂、高温或低温限制润滑剂的使用的条件下，往复式活塞、螺杆或阀板等工业压缩机部件可能会遭受广泛磨损。

定制的涂层解决方案

除了设计和制造 PVD 涂层设备外，欧瑞康巴尔查斯还在全球 110 多个涂层中心提供服务。

根据 Florian Rovere 的说，欧瑞康巴尔查斯拥有研发能力来定制涂层解决方案以满足独特的要求。除了涂层厚度和硬度外，还可以精确控制其结构、耐化学性和耐温性以及附着力等性能。

在大多数情况下，不需要改变涂层的配方，因为它已经针对高负载、高摩擦环境进行了优化。

“我发现工程师在了解这些专用 PVD 涂层时最惊讶的是两个因素，” Rovere 说，“首先，涂层的厚度可以低至 0.5 或 1 微米。另一个因素是，尽管操作条件很困难，但这些涂层可以维持机器或系统的使用寿命。”

有关欧瑞康巴尔查斯组件涂层解决方案的更多信息，请发送电子邮件至：

balzers.components@oerlikon.com 或访问 www.oerlikon.com/balzers/cn

如需了解更多信息，请联系：

Petra Ammann
Head of Communications Oerlikon Balzers
T +423 388 7500
petra.ammann@oerlikon.com
www.oerlikon.com/balzers

关于欧瑞康巴尔查斯

欧瑞康巴尔查斯是世界领先的表面技术供应商之一，其先进的表面处理技术，可以显著提升金属和塑料加工行业中所用到的精密零部件和工具的性能和耐用性。以 BALINIT 与 BALIQ 为品牌的超薄特硬涂层可减少摩擦与磨损。BALDIA 金刚石涂层产品组合在加工非常具有挑战性的材料时也能展现顶级性能。以 BALITHERM 品牌为开端，为客户提供了更加广泛的热处理服务范围。而拥有全套典雅色彩的 BALTONE 涂层，则能够满足客户的装饰性需求。BALORA 可在超高温度的环境中为零部件提供有效的保护，使其免受氧化和腐蚀的侵害。BALIMED 薄膜涂层具有耐磨、生物兼容、抗菌、化学惰性的特点，专门针对医疗领域而开发。借助技术品牌 BALIFOR，公司引进了专为汽车市场定制解决方案而使用的科技。BALSHINE 涂层具有诱人的色泽，不但可赋予塑料以环保的金属化外观，还可以启用智能功能。

全世界范围内，超过 1,300 部涂层设备在欧瑞康巴尔查斯及其客户的工厂中运行。巴尔查斯的设备工程与装配总部设在列支敦士登公国、朗根塔尔（瑞士）以及贝尔吉施-格拉德巴赫市（德国）。欧瑞康巴尔查斯蓬勃发展的运营网由 110 多个涂层中心组成，覆盖欧洲、美洲和亚洲的

36 个国家。欧瑞康巴尔查斯——连同欧瑞康美科以及欧瑞康增材制造——共同组成总部位于瑞士的欧瑞康集团（在瑞士证券交易所的上市名称：OERL）表面处理事业部。

关于欧瑞康

欧瑞康（在瑞士证券交易所的上市名称：OERL）是表面处理工程、聚合物加工和增材制造领域的全球创新佼佼者。集团的解决方案和全方位的服务，结合其先进的材料，可以为客户最大化改善他们在关键行业的产品及制造工艺的性能、功能、设计和可持续性。几十年如一日，欧瑞康在每一项工作都投入了敬业热情，始终致力于开创先河技术的研发，助力客户实现目标，协同构造一个可持续发展的世界。集团的总部设在瑞士的普费菲孔市，其业务分别在两个事业部中运作：表面处理事业部和化学纤维事业部。欧瑞康在全球 37 个国家的 179 多个区位拥有超过 10,600 名员工，并在 2020 年创下 23 亿瑞士法郎的销售额。