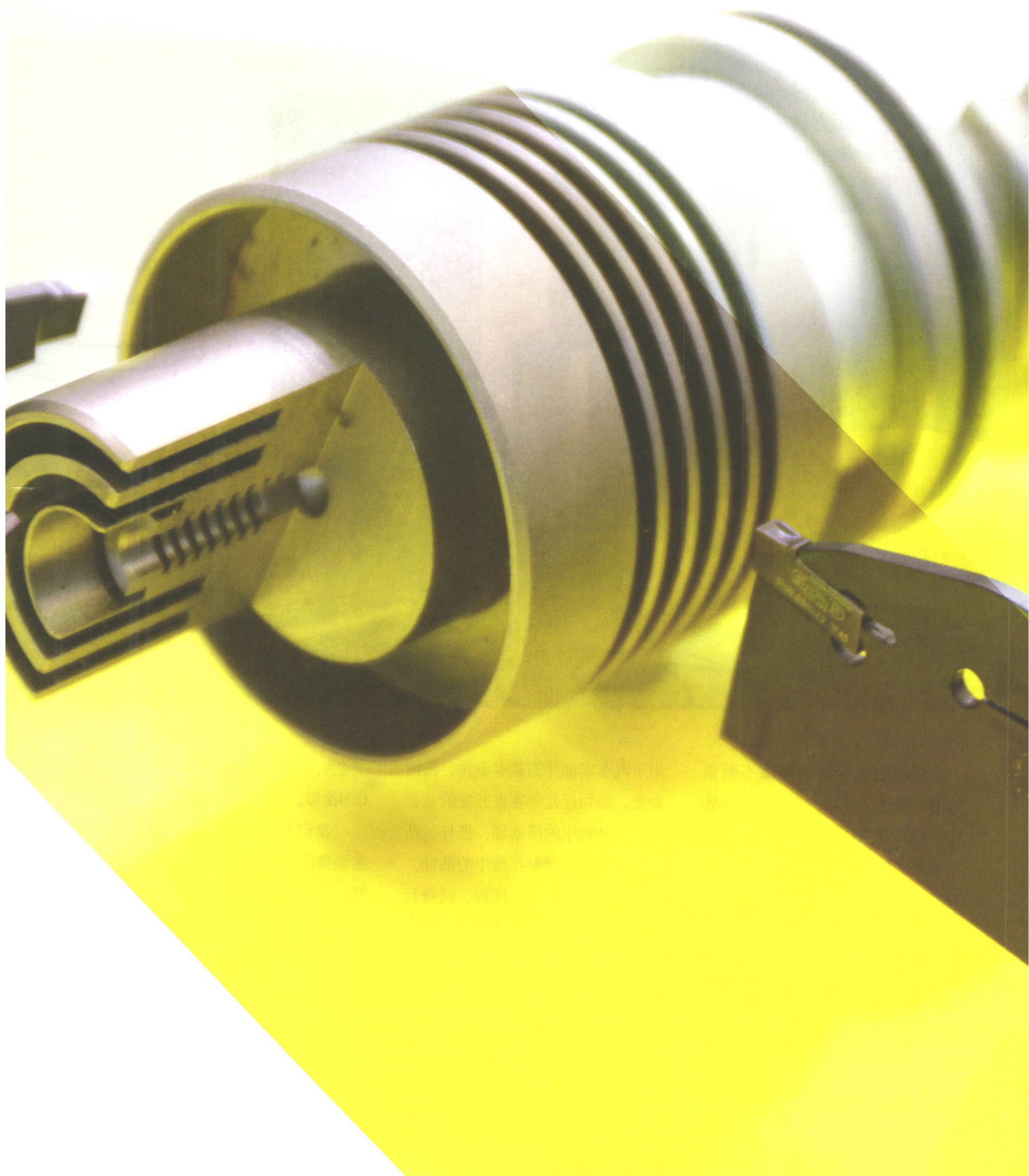


涂层刀具

在内燃机发动机领域不断倡导的“绿色、环保、小型化、高效化”的背景下，发动机零部件的使用寿命和性能一直谋求表现更为优异的表面处理技术。涂层刀具已成为现代切削刀具的标志，在刀具中的使用比例已超过50%。涂层材料须具有硬度高、耐磨性好、化学性能稳定、不与工件材料发生化学反应、耐热抗氧化、摩擦因数低，以及与基体附着牢固等要求。

策划人：王 琰



DLC涂层在活塞环上的应用现状和未来

□ 星弧涂层新材料科技（苏州）股份有限公司 / 柏洋 钱涛

科技的发展日新月异，随着化石燃料的不断枯竭，大气污染的日益严重，新能源绿色科技必将逐步取代传统技术。追求低能耗高效率始终是技术探索的主题。



在内燃机发动机领域不断倡导的“绿色、环保、小型化、高效化”的背景下，发动机零部件的使用寿命和性能一直谋求表现更为优异的表面处理技术。PVD（物理气相沉积）涂层作为表面处理技术的一种，由于其工艺温度低、涂层硬度高、摩擦系数低、结合力强并且化学稳定性好等特点，使其具备应

用于汽车零部件的基本条件。正因如此，公司近几年重点开发的业务有：发动机中的活塞环、挺杆、凸轮轴等，燃油喷射系统中的油针、柱塞、阀座、阀芯、阀板、阀座套等精密零件。面对上述零件不同的复杂工况，公司新开发出了不同涂层分别应用于上述零件。涉及的涂层种类有我司最新开发的DLC（即

类金刚石，主要含碳）系列和新型CrN涂层。

我们知道，活塞环安装在活塞侧壁的凹槽内，环外圆面紧贴在气缸内壁。随着活塞在气缸内上下往复运动，环面不断地刮擦气缸内壁，应该说工况比较恶劣。活塞环在发动机中一般起到导向、节油、导热、密封等作用，因此，围绕其

开展的表面处理技术直接影响到发动机整机的能耗降低和发动机使用寿命。因此,科研机构、工业领域对活塞环加工工艺和表面处理的探索一直没有停止。活塞环业界主要的表面处理技术有渗氮处理、渗碳处理,磷化处理等。有时还根据需要在此基础上增加PVD涂层来强化功能。过去出现较多的PVD涂层是CrN涂层,即:人们通常认为的PVD涂层。近年来开始更多地出现含氢DLC涂层(以下简称DLC)和无氢DLC涂层(以下简称TAC)。其中,前两者比TAC更为人们所熟知。

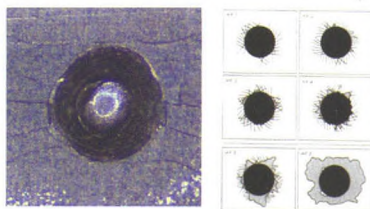
DLC摩擦系数低,一般0.2以下,其独特的微观结构(兼具石墨和金刚石两种碳结构)还使其具有自润滑性好,硬度高(2000HV左右)等独特物理特性,与CrN相比,可以有效减少摩擦,进一步降低油耗,最重要的一点是更加不易拉缸。另外,DLC可耐受350℃高温,耐腐蚀性好、化学稳定性高。可以说,DLC在降低发动机功耗以及对发动机内部材料表现良好等方面表现得比CrN更优异。DLC应用于活塞环已经逐渐成为一种趋势。但其厚度通常不到5 μm ,很容易被刮擦掉,远远达不到发动机的实际使用寿命,因此厚度及其表现出的耐磨性一直是一个应用上的瓶颈。而TAC作为一种无氢DLC,有报道称能做到20 μm ,但其生产成本以及设备的维护保养等方面恐怕很难实现真正的量产。这时候就急需出现真正适合活塞环的DLC工艺。

星弧涂层是经过多年与世界顶级活塞环制造企业的紧密配合开发的一款DLC-T涂层,无论是在材料结构上还是经济性上都达到了目

前工业生产的需求。DLC-T涂层采用多层纳米结构,通过掺杂金属有效改善原材料的脆性,其性能除了保持着上述常规DLC的一般涂层特性,总厚度最高达10 μm ,与传统PVD涂层材料相比耐磨性有了大幅的提高,而且其结合力也远好于普通DLC。其中,根据洛式硬度计在涂层正上方垂直向下加载150kg的力后产生的压痕的周围膜层状况可判定为等级1级(图2a)(等级分为1~6级,1~4级合格;图2b),此为定性测试;而定量的划痕测试得到的结合力通常达到50N以上(见图3);台架满负荷持续不间断3000h的测试验证,已经能够满足实际的需要甚至更好。目前,已经应用到的活塞环类别有汽油机中的气环,油环和柴油机环;环直径从最小的52.4mm到最大的112mm不等;涉及到的车型包括轿车、商务车、摩托车、农用车和载货汽车等。



图1 DLC涂层后的活塞环实物图



(a) 环外圆面洛式压痕 (b) 涂层附着性级别判断标准

图 2



图3 划痕

除了上述性能方面的提升,活塞环镀膜前的处理还有一些细节上的问题需要注意。比如:清洗好的活塞环在装夹后,外圆面上会沾染一些灰尘,需要进一步过程管控,否则会对部分区域的涂层结合力有影响。我们的措施是固化员工的操作手法和检验方法来避免此类问题的发生。

现在街上已经出现了不少电动轿车的身影,电力驱动甚至大有取代传统内燃机的趋势。但据报道,至少在未来的10~15年内,内燃机仍然会占到市场份额的90%,所以我们相信涂层在发动机内的应用有着更广阔的前景。 **AUTO1950**



钱涛

星弧涂层新材料科技(苏州)股份有限公司总经理、董事长



柏洋

星弧涂层新材料科技(苏州)股份有限公司研发工程师