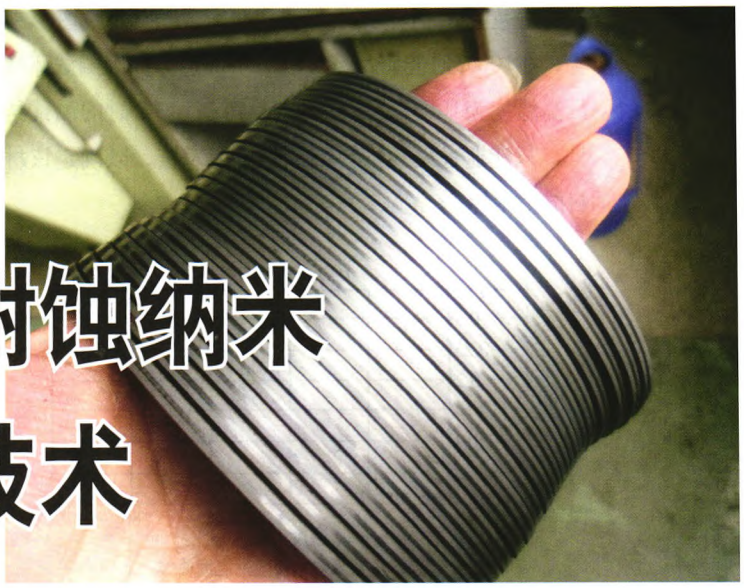
■ 江苏仪征金派内燃机配件有限公司/陆世平 魏青松



活塞环高耐磨耐蚀纳米复合表面处理技术

随着汽车节能、低污染和发动机高转速化、高功率化的趋势，对活塞环的耐磨性和耐腐蚀性提出了更高、更苛刻的要求。目前国内活塞环大多采用铸铁或钢材料，表面处理采用镀铬技术，小部分企业采用氮化、喷钼、喷陶瓷和复合镀技术，活塞环的耐磨性和耐腐蚀性有了很大提高，但仍与国际先进水平存在较大差距，尤其是高端活塞环主要依赖进口。

活塞环电镀硬质铬是目前活塞环的主要表面处理方法。但是6价铬是一种高毒性的重金属离子，特别是进入21世纪以来，表面处理受到两方面的巨大挑战，一是环境保护新法规的出台，尤其是欧洲议会通过的最新法规，要求2006年7月1日起实施商品禁止含有镉、6价铬、汞和铅，因此停止使用6价铬、开发代铬镀层是刻不容缓的任务。但代铬镀层的研究在国内外已进行了十多年，目前还找不到可全面取代它的单一金属镀层。国外已经在高档活塞环上使用如热喷涂、离子注入、物理气相沉积、化学气相沉积和复合镀层等技术，而这些技术都有相应的缺陷。

活塞环表面处理新技术

要克服目前活塞环表面处理技术的缺陷，一是选择具有高耐磨、耐腐蚀，且以具有良好韧性和自润滑性的纳米增强相取代微米级的传统固体颗粒，如碳化硅颗粒、氮化硅颗粒等，对活塞环表面进行改性；二是利用电脉冲技术实现活塞环表面Ni-P晶粒纳米化，同时纳米相材料均匀嵌镶其中的纳米涂层，进一步提高表面的韧性和耐磨性。改性后的表面层将在耐磨性、减磨性和耐蚀性方面具有突出的综合性能，并进一步改善活塞环与摩擦副的咬合性，延长寿命。

针对活塞环的工况条件，我公司开展纳米复合镀层的成分和结构设计，优化复合颗粒粒度和百分比含量，掌握镀液配比与镀层组织结构间的工艺关系；对纳米复合镀层的摩擦磨损性能进行系统实验评估对比，纳米复合活塞环在干摩擦条件下摩擦系数减小20%～60%；针对活塞环的结构特点和技术要求研究开发批量生产的工艺技术；建立本技术新产品的生产工艺规范与企业标准。

开发纳米复合电沉积的关键工艺技术是解决颗粒电泳性及在电场下的附着机理，获得批量生产最佳的工艺参数,并研究制造专用的工艺装置。

新技术工艺步骤：

1）活塞环镀前在超声波清洗槽用清洗剂去油，清洗。

2）在电镀装夹机上用心轴、盖板、专用哈呋装夹活塞环成桶至正圆状态。

3）使用赛璐璐对闭口间隙填补封口。

4）刷洗封口处，清洁外圆面，保证导电效果。

5）镀前预处理，对活塞环进行喷砂，喷后成均匀瓦灰色。

6）喷砂后立即进行水洗，去除砂粒。

7）反向刻蚀。把活塞环放进槽液：硫酸1.2～1.7g/L，电压3～5V，时间35～65s，55～65℃下进行

刻蚀，以提高后面电镀复合颗粒的结合强度。

8）活塞环放进复合液镀槽进行电镀：硫酸镍180～260g/L，氯化镍30～60g/L，硼酸15～40g/L，亚磷酸10～40g/L，纳米碳 0.05～2.0g/L，无机分散剂0.01～0.8g/L， PH值1.2～1.8，温度60～70℃，脉宽2ms，平均电流密度：1.5～5.0 A cm^{-2}；占空比1:2～1:8，电流根据活塞环直径调整范围800～1 800A。控制镀好后活塞环外圆面形成成品纳米涂层厚度0.06～0.12mm。

新技术的优势

国内普通镀铬的活塞环只能用于低档的发动机，排放、功率和使用寿命都较差。而现在车用柴油发动机向高压缩比、高输出功率、低排放、长寿命方向发展，增压中冷、电控高压喷射等技术的使用越来越广泛，普通镀铬活塞环已不能满足欧Ⅲ以上发动机的使用要求。所以，我们必须研制能适应现代高速发展的高档发动机需要的纳米复合镀活塞环，对传统活塞环进行技术创新，使之能达到国外活塞环的各项技术要求（见附表）。

新技术与原技术的使用性能比较

	国　内	国　外	本产品
硬度HV0.2	≥800	≥900	≥900
磨损量/mm	1	0.5	0.6
排放	≤欧Ⅱ	≥欧Ⅲ	≥欧Ⅲ
使用寿命/万km	20	100	100
输出功率	低	高	高
压缩比	低	高	高
材料	纯铬	铬及各种陶瓷颗粒	Ni-P基纳米增强材料

新技术的意义

1.填补国内空白

目前除GOETZE公司外，国内外其他活塞环专业生产厂家尚未掌握纳米复合镀层活塞环生产技术。我公司与国内某大学合作开发出的高耐磨耐蚀纳米复合表面处理活塞环工艺，填补国内在这一领域的空白，确保我国活塞环行业技术水平紧跟国际先进水平。

2. 提高发动机性能

本项目的实施，对推动我国汽车发动机行业向长寿命、低排放、高性能方向发展，与国际接轨具有重要意义。该技术能满足发动机长寿命、低排放、高性的要求，缩小发动机行业与国际水平的差距。

活塞环可以使用100万km以上，帮助汽车实现了百万公里无大修的梦想，而我们国内制造的活塞环最好成绩也只有几十万公里，只达到进口活塞环的一半左右寿命，后期的机油耗与燃油耗都剧增，迫使车主更换。众所周知，更换活塞环就需要更换与之配套的四组件，使用与维修成本较高。所以，提高活塞环的耐磨减摩成为当务之急，国外已经开发并成功用于实际的纳米镀层技术已经日趋成熟，我公司设计开发的高耐磨耐蚀纳米复合表面处理活塞环，利用电脉冲技术实现活塞环表面Ni-P晶粒纳米化，同时纳米相材料均匀嵌镶其中的纳米涂层，进一步提高表面的韧性和耐磨性。改性后的表面层将在耐磨性、减磨性和耐蚀性方面具有突出的综合性能，并进一步改善活塞环与摩擦副的咬合性，延长寿命。

因此，高耐磨耐蚀纳米复合表面处理活塞环产品市场前景广阔。

3. 替代普通镀铬环

我国资源贫乏，各种金属合金稀少且价格高涨，迫切需要研制一种使低等级合金铸铁材料实现高性能表层改性，替代普通镀铬等材质活塞环产品。本项目产品具有国际先进的技术水平，其技术进步将会带来更多的增值效益。为国家节约大量资源，符合国家科学发展观、建设“资源节约型社会”的产业发展方向。将会拥有相应的市场。

4. 可替代进口，节约外汇

目前，我国军用车辆发动机和许多特种发动机活塞环及高级轿车发动机活塞环均进口，价格昂贵。本项目在增加少许生产成本的情况下，开发出的高性能活塞环，各项技术性能指标均达到或超过进口产品，解决了低成本，高性能问题，可改变我国高档活塞环依赖进口的局面，并可为国家节约大量外汇。

5. 成本低

NI和P都是普通工业用品，价格低廉，复合镀铬的综合成本比国外低很多，具有很大的成本优势。本项目将实现大规模工业化生产，进一步降低生产成本，使企业经济效益最大化。

关键词：活塞环 纳米 成本
（收稿日期20140711）