

尼龙 1010/石墨梯度材料涂覆汽车花键轴的研制^{*}

李四年 李厚祥 肖岸纯

(湖北工业大学机械工程学院, 武汉 430068)

摘要 制备了尼龙 1010/石墨梯度材料涂覆汽车花键轴。考察了其涂装工艺和涂层性能, 进行了涂覆花键轴的台架试验和道路行驶试验, 并与尼龙 11 涂覆花键轴进行对比。结果表明, 采用双枪静电喷涂技术可以在花键轴表面由内到外涂覆尼龙 1010 到尼龙 1010/石墨的梯度材料, 环氧树脂粘合剂的涂覆改善了涂层与花键轴之间的粘合力, 其复合涂层具有优良的综合性能; 尼龙 1010 与石墨组成的梯度材料能明显提高花键轴的使用寿命, 性能与尼龙 11 涂覆的花键轴相当。

关键词 尼龙 1010 石墨 花键轴 梯度材料

花键轴是汽车、各类工程机械的转动系、转向系、操纵系等的关键零件之一。传统的花键轴加工要求高(要求热处理、精磨等工序), 在工作时钢件与钢件处于直接接触状态, 其配合间隙大、摩擦力大、易磨损, 尤其是在汽车高速行驶或路况恶劣时易产生异响, 抖动剧烈, 不仅影响其使用寿命, 还严重影响运行时的平稳性和舒适性。美国、法国、日本等发达国家目前已普遍运用表面涂覆的方法来处理花键轴金属表面以提高其使用寿命^[1~3]。我国近年来也开始了金属材料表面处理的试验研究, 取得了一些阶段性成果^[4,5], 但均存在工艺复杂、成本高、耐磨性差、涂覆材料与金属基体结合力差等缺陷。

笔者结合尼龙的柔韧性与石墨等材料的导热、耐磨及减摩性, 采用双枪静电喷涂技术在汽车花键轴表面由内到外涂覆尼龙 1010 向尼龙 1010/石墨过渡的梯度材料^[6], 以期得到综合性能优良的梯度材料涂覆汽车花键轴。

1 实验部分

1.1 主要原材料

尼龙 1010: 上海赛璐珞厂;

尼龙 11: 法国 Atofina 公司;

石墨: 上海胶体化工厂;

花键轴: 丹江汽车传动轴有限公司;

环氧树脂粘合剂: 自制。

1.2 主要仪器与设备

静电喷涂设备: FG-1 型, 北京静电设备厂;

盘销式摩擦磨损试验机: MPX 型, 宣化试验机械厂。

1.3 工艺流程

图 1 为制备尼龙 1010/石墨梯度材料涂覆汽车

花键轴的工艺流程。

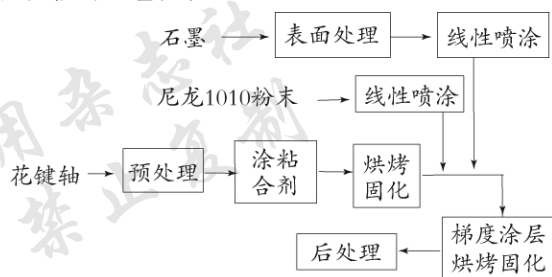


图 1 尼龙 1010/石墨梯度材料涂覆汽车花键轴的工艺流程

1.4 性能测试

摩擦性能按 GB 5763-1998 测试。

2 结果与讨论

2.1 花键轴涂层结构设计

花键轴涂层由内向外分为粘合层和梯度层, 如图 2 所示。

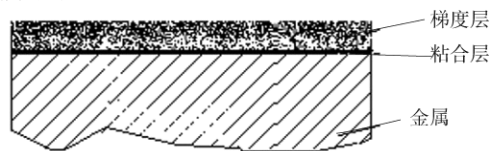


图 2 花键轴涂覆结构示意图

内层粘合层为耐高温环氧树脂粘合剂, 其作用是防止加工过程中金属基体在高温下氧化, 并提高梯度材料与金属基体之间的结合力。尼龙 1010 分子中的大量酰胺基是一种极性极强的基团, 通常情况下对金属基体附着较好, 但吸水后附着力显著降低, 须选用合适的粘合层。尼龙 1010 熔点高, 工件需要经较高温度和较长时间的预热, 环氧树脂粘合剂可以较好地解决这个问题。这是因为环氧树脂分

^{*} 湖北省教育厅重点资助项目(2003J001)

收稿日期: 2004-06-10

子中有大量极性的羟基和醚键, 与金属基体及尼龙 1010 的附着力都很好, 故是一种良好的粘合剂。

与粘合层紧相邻的梯度层是由纯尼龙 1010 向尼龙 1010/石墨过渡的梯度材料。采用双枪静电喷涂时应 对双枪出粉量进行线性控制, 尼龙粉的喷枪出粉量为线性递减, 而石墨的喷枪出粉量为线性递增, 这样才能保证涂层的梯度设计。该结构充分将石墨导热性好, 摩擦系数小(小于 0.1), 化学稳定性好, 能耐酸、碱、有机溶剂腐蚀的优点及尼龙的柔韧性与粘合层的良好相容性相结合。梯度层中石墨的平均含量为 10% ~20%, 若太高, 材料性脆, 磨耗试验时容易掉片, 太低则改性效果不明显。

为了 能既减少汽车启动时的刚性冲击又延长涂层的耐久性, 涂层厚度应控制在 0.25 ~0.35 mm。若涂层太薄, 涂层的耐久性不好, 太厚则容易挤瘪而造成缺陷。

2.2 涂装工艺选用

目前可用于粉末涂覆金属的方法主要有流化床、静电喷涂、火焰喷涂等。表 1 为涂装方法对比。

表 1 涂装方法对比

涂装方法	涂覆表面状况	费用	涂覆层结构	可操作性
流化床	齿底积料	低	不可梯度涂覆	简单
静电喷涂	涂覆均匀	低	可涂覆梯度层	简单
火焰喷涂	涂覆均匀	高	可涂覆梯度层	复杂

从表 1 可知, 流化床涂覆虽然较为简单, 但在花键齿齿底易积料, 使齿顶与齿底涂层厚度相差较大, 无法形成均匀涂层。静电喷涂利用粉末荷电的特点使粉末均匀地涂在花键轴的齿顶与齿底, 同时可以形成梯度涂层。而火焰喷涂从费用及安全性上考虑不合适。

2.3 附着力研究

表 2 为不同涂装体系与金属基体的附着力对比。

表 2 不同涂装体系与金属基体的附着力对比

涂装体系	分级 ¹⁾	划格脱落情况
尼龙 1010	1	在切口交叉处涂层有少许薄片分离, 但划格区受影响明显不大于 5%
粘合剂/尼龙 11	0	切割边缘平滑, 无一格脱落
粘合剂/尼龙 1010	0	切割边缘平滑, 无一格脱落
粘合剂/尼龙 1010 - 石墨混合物	2	涂层沿切割边缘有碎片脱落, 划格区受影响为 5% ~15%
粘合剂/(尼龙 1010/石墨) 梯度材料	0	切割边缘平滑, 无一格脱落

从表 2 可知, 尼龙 1010 与金属基体有较好的相容性, 这主要是尼龙 1010 分子中有大量酰胺基团所致。加入环氧类粘合剂后因其分子中存在着未反应完全的环氧基和羟基, 经高温烘烤能与尼龙 1010、尼龙 11 的酰胺基团发生交联反应, 可提高界面的粘合性, 而高的反应能力也能提高与金属基体的相容性, 因而表现出良好的粘合性能^[7,8]。尼龙 1010 - 石墨混合涂层的粘合力相对较差, 这是因为润滑性好的石墨降低了尼龙 1010 与金属基体的相容性。而梯度涂层由内到外为尼龙 1010 到尼龙 1010/石墨的过渡层, 即内层不含石墨, 故粘合性能好。

2.4 摩擦性能研究

表 3 示出不同涂装体系的摩擦试验结果。

表 3 不同涂装体系的摩擦试验结果

涂装体系	磨耗量/mg	摩擦系数
粘合剂/尼龙 11	6	0.062
粘合剂/尼龙 1010	9	0.056
粘合剂/尼龙 1010 - 石墨混合物	3.3	0.020
粘合剂/(尼龙 1010/石墨) 梯度材料	3.2	0.021

从表 3 可看出, 尼龙 11 比尼龙 1010 更耐磨, 但尼龙 11 为进口产品, 价格比国产尼龙 1010 高得多。且在尼龙 1010 中加入石墨后, 尼龙 1010/石墨梯度涂层的耐磨性已大大超过尼龙 11, 这说明利用国产尼龙 1010 作花键轴涂层可行。

2.5 台架试验

将喷涂不同涂层的花键轴焊在传动轴上做台架对比试验, 传动轴额定扭矩为 1600 N · m, 试验扭矩为 256 N · m, 试验循环频率为 50 次/min, 结果列于表 4。

表 4 台架试验结果

涂装体系	寿命/万次	单键宽磨损量 ΔC/mm				标准要求
粘合剂/尼龙 11	50	0.16	0.24	0.28	0.18	寿命 ≥15 万次, ΔC ≤ 0.5 mm
粘合剂/尼龙 1010	15	0.18	0.25	0.32	0.23	
粘合剂/(尼龙 1010/石墨) 梯度材料	50	0.16	0.23	0.15	0.18	

由表 4 可看出, 尼龙 1010/石墨梯度材料涂覆花键轴的寿命较尼龙 1010 涂覆花键轴有较大提高, 性能与尼龙 11 涂覆的相当。这可能是由于石墨是热的良导体, 摩擦系数小, 能很快地将摩擦热传走, 形成熔层润滑膜较慢。随着时间延长, 摩擦热逐步增加, 形成了润滑膜, 并在石墨传热作用下, 很快达到摩擦生热与散热的平衡状态, 而显示出更好的润

注: 1) 按 GB/T 9286 - 1988 分级。

滑性能和使用性能。

2.6 道路行驶试验

将喷涂不同涂层的花键轴与传动轴焊接, 经平衡调整后, 装在东风汽车上进行道路行驶试验。分别于行驶 1 000、5 000、10 000、15 000 km 后拆检, 观察涂层的磨损情况, 结果列于表 5。

表 5 道路行驶试验后花键轴涂层的拆检结果

涂装体系	行程 /km			
	1 000	5 000	10 000	15 000
粘合剂 / 尼龙 1010	良好	良好	掉皮	良好
粘合剂 / 尼龙 1010 - 石墨混合物	良好	掉皮, 涂层松动		
粘合剂 / (尼龙 1010 / 石墨) 梯度材料	良好	良好	良好	

注: 随机载荷。

尼龙 1010 涂覆花键轴行驶 10 000 km 后, 表面掉皮, 尼龙 1010 - 石墨混合物涂覆花键轴行驶 5 000 km 后, 表面就脱皮且涂层可轻微活动, 而尼龙 1010/石墨梯度材料涂覆花键轴行驶 15 000 km 后, 涂层仍然较好, 可以继续使用。

3 结论

(1) 采用双枪静电喷涂技术在汽车花键轴表面由内到外涂覆尼龙 1010 向尼龙 1010/石墨过渡的

梯度材料方案可行。

(2) 采用环氧树脂粘合剂, 尼龙 1010/石墨梯度材料涂覆优于尼龙 1010 或尼龙 1010 - 石墨混合物涂覆汽车花键轴的性能, 且比尼龙 11 涂覆的花键轴具有明显的价格优势。

参 考 文 献

1 Hidouci A, Pelletier J M, Ducoin F, et al. Microstructural and mechanical characteristics of laser coatings. Surface & Coating Technol, 2000, 123(1) : 17

2 Lallemand G, Loredo A, Martin B, et al. Influence of laser cladding on the surface hardness of small-diameter metallic wire substrates. Mater Sci Eng A, 2000, 227(1 - 2) : 192

3 Cantor B. Nanocrystalline materials manufactured by advanced solidification processing methods. Materials Science Forum, 1999, 307: 143

4 杜心康, 王建江, 尹玉军, 等. 自蔓延高温合成表面涂层技术发展. 材料开发与应用, 2002(4) : 34

5 徐滨士, 欧忠文, 马世宁. 纳米表面工程基本问题及其进展. 中国表面工程, 2001(3) : 6

6 贡长生, 张克立. 新型功能材料. 北京: 化学工业出版社, 2001.

7 邓日智. 汽车花键轴轮毂抗挤压耐磨层的红外光谱分析. 材料保护, 1998(3) : 25

8 扬筱秋. 汽车花键轴耐高温底漆的研究. 武汉化工, 1997(1) : 3

DEVELOPMENT OF AUTOMOBILE SPLINE SHAFT COATED WITH NYLON 1010/GRAPHITE GRADED COMPOSITES

Li Sinian, Li Houxiang, Xiao Anchun

(College of Mechanical engineering, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

ABSTRACT The automobile spline shaft coated with nylon 1010/graphite graded composites was developed. The coating process and coat properties were discussed. The bench test and riding test on the coated spline shaft were carried out. And the properties of nylon 1010/graphite coated spline shaft were compared with those of nylon 11 coated spline shaft. The results showed that the spline shaft could be coated with graded composites by double gun electrostatic spraying processing. The adhesion between nylon 1010 and spline shaft was enhanced by the addition of adhesive, and the compound coat had good combined properties. The service life of spline shaft was improved evidently by coating nylon 1010/graphite graded composites, and the properties were the same as those of nylon 11 coating spline shaft.

KEYWORDS nylon 1010, graphite, spline shaft, graded composite

仿真塑料电壁炉流行欧美

我国自行研制开发的仿真塑料电壁炉, 在欧美市场上十分畅销。

仿真塑料电壁炉是一种新的电取暖装置, 除了加热装置、电器元件和紧固件外, 仿真燃料、透光桶、电壁炉外壳等全部采用 PP、ABS 等塑料加工而成。这种电壁炉结构简单, 成本合理, 它是利用透光筒将光源射出的光经过二次成像投射到幕墙玻璃上, 产生的红光跳动闪烁、栩栩如生, 由 PP 制成的仿真燃料也达到了以假乱真的效果。

近年来, 由于污染和环保意识的增强, 欧美一些国家以木材为燃料的传统壁炉正在为环保、节能、清洁的新型电壁炉所取代。这种仿真塑料电壁炉兼具了取暖、美化居室环境和观赏等功效, 并且可以根据用户的要求, 进行个性化的设计。

据该产品技术发明人介绍, 这一产品在欧美市场一面世就受到消费者的广泛欢迎。在我国南方一些城镇, 冬季取暖也越来越多地采用了电暖气, 随着人们生活水平的提高, 这种仿真塑料电壁炉将更多地走入寻常百姓家。(李闻芝)