

梯度材料 LGMGCr15 风磨芯轴

张昕辉¹, 张弋飞¹, 杨国俊², 李恭²

(1.北京坚润表面材料研究所, 北京 100034;
2.无锡威孚吉大新材料应用开发公司, 江苏 214028)

摘要: 一种新的梯度材料 LGM 风磨芯轴, 用于柴油机喷油泵出油阀座的生产工序。该零件在 LGM 处理后, 直径增大 $1\mu\text{m}$, 圆度、锥度尺寸基本没有变化; 通过俄歇能谱 (AES) 和金相分析等方法对该零件表面成分进行分析; 采用四球试验机考查了材料耐磨性。在实际应用中, LGM 风磨芯轴使用寿命提高 10 倍以上。

关键词: 梯度材料; 风磨芯轴; 尺寸精度; 硫化物; 氧化物

前言

LGM 是润滑耐磨梯度材料 Lubrication Gradient Material 的简称。它采用离子渗硫氧的方法在金属零件表面合成金属氧化物和金属硫化物, 获得稳定的金属氧化物及金属硫化物复合梯度材料; 它具有良好的润滑和耐磨性能。^[1]已经应用到轴承、轴瓦、硬质合金轧辊等多种零件上。^{[2][3]}本文主要研究 LGM 技术处理精密零件后, 零件尺寸精度的变化, 以及对使用寿命的影响。

1 风磨芯轴

在无锡威孚集团生产的柴油机 AW 型泵出油阀座产品生产工序中, 有一道风磨工序: 即用芯轴实现出油阀座中孔定位, 磨削座面 (密封锥面)。该工序精度要求高; 磨削后, 座面对中孔的跳动允许差值为 $4\mu\text{m}$ 。因此一旦芯轴与出油阀座中孔之间的表面配合间隙增大, 就会使出油阀座产品不合格。

2 风磨芯轴的 LGM 生产工艺与装备

润滑耐磨梯度材料 LGM 风磨芯轴的制备在 LGM-160 型及 LGM-500 型工业设备中进行。在真空室中设置阳极和阴极, 并有固体硫蒸发器。被处理风磨芯轴经过表面清洗后, 放置在阴极上; 按照一定的工艺在真空室中产生硫、氧气氛, 阳极和阴极之间施加电压为 $320\text{V}\sim 1500\text{V}$ 的直流 (或脉冲) 电压, 产生辉光放电, 工作气压在 $200\text{Pa}\sim 1\text{Pa}$ 之间, 并在工艺温度 (对于 GCr15 钢为 140°C) 保温 1.5h。

3 LGM 风磨芯轴的组织与性能

3.1 材料显微组织和 AES 分析

风磨芯轴的材料为 GCr15 钢, 经过 LGM 技术处理后形成 LGM-GCr15 材料。图 1 和图 2 分别是风磨芯轴显微组织照片和 AES 分析。

GCr15 钢通过 LGM 处理得到梯度材料的显微组织及 AES 的梯度深度是吻合的。

3.2 LGMGCr15 钢四球式摩擦试验

试验钢球为 LGMGCr15 钢。运转 30 秒时, 当负荷为 40kg, LGMGCr15 球的磨痕面积较原球减少 10%; 当负荷为 80kg 时, 磨痕较原表面减少 74%, 100kg 时减少 83%; 磨痕面积对比见图 3。

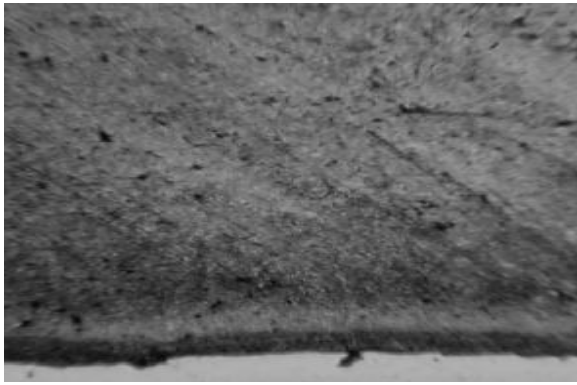


图 1. 风磨芯轴梯度层金相组织

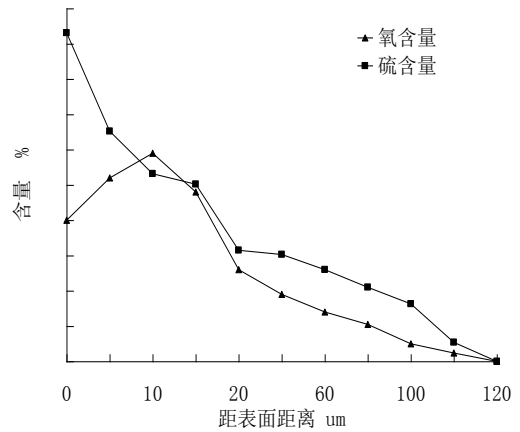


图 2. LGM-GCr15 钢 AES 分析

4 风磨芯轴的尺寸变化与使用情况

4.1 芯轴在处理前后的尺寸变化

成品由无锡威孚集团仪征油泵油嘴厂提供，并测量了 LGM 处理前后的尺寸变化（见表 1）。

数据表明，风磨芯轴在 LGM 处理之后，直径增大 0.001mm；而且增大量比较均匀，零件的圆度、锥度除一只变差外，其余没有变化

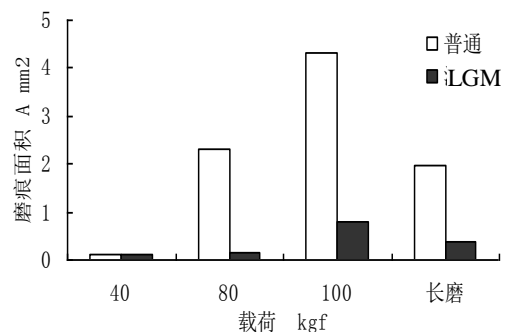


图 3. 磨痕面积对比

表 1. 风磨芯轴 LGM 处理前后的尺寸数据

序号	风磨芯轴					
	直径 Φ (mm)			锥度 (mm)		
	处理前	处理后	差值	处理前	处理后	差值
1	5.010	5.011	+0.001	0.0015	0.0015	0
2	5.013	5.014	+0.001	0.0010	0.0010	0
3	5.015	5.016	+0.001	0.0014	0.0014	0
4	5.012	5.0125	+0.0015	0.0013	0.0013	0
5	4.990	4.991	+0.001	0.0015	0.0015	0
6	4.985	4.986	+0.001	0.0010	0.0010	0
7	4.987	4.988	+0.001	0.0010	0.0010	0
8	4.984	4.985	+0.001	0.0015	-0.0015	0.003
9	4.987	4.988	+0.001	0.0010	0.0010	0
10	4.990	4.991	+0.001	0.0015	0.0015	0

4.2 风磨芯轴在 LGM 处理后的使用情况：

工作表面未处理的风磨芯轴，一般仅能磨削 100 只出油阀座。表 2 中，LGM 风磨芯轴（ $\Phi 5$ ）可磨削 1000 只左右，使用寿命达到原寿命的 10 倍以上。

表 2. 风磨芯轴 LGM 处理的加工件数

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
加工件数 (只)	1206	1130	1124	1000	1150	1200	1150	1100
加工效果	按一等品质量要求检验，合格							

5 影响 LGM 风磨芯轴尺寸变化因素

(1) 设备中各个零件温度要相同

设备中各个零件的均匀性取决于零件的摆放位置, 阴阳极间放电功率, 工作气氛通断工艺, 设备内是否有辅助热源或均温措施等。

(2) 每个零件各部位温度要均匀

针对每个零件各部位的温度均匀性, 主要与该零件的表面积/体积比和该零件空间温度场分布有关。

为达到上述两点, 需用整套专用设备, 且工作人员按指定工艺操作, 保证各个风磨芯轴零件尺寸稳定。

(3) 零件的回火工艺

工业化生产中 LGM 工艺温度均低于被处理零件的回火温度, 理论上不改变零件尺寸。实际上, 尺寸产生变化的主要因素是零件材料热处理。在前期试验中, 由于部分风磨芯轴回火不充分, 导致 LGM 处理后零件直径尺寸和全长尺寸参数变差均很大(数据略)。在后面的试验中, 零件回火温度选取上限并延长了回火保温时间, 使 LGM 处理后零件变差在许可范围内。

6 结论

- (1) 在 LGM 专用工业设备中采用指定工艺, 制造了梯度材料 LGM 风磨芯轴零件。
- (2) 风磨芯轴在 LGM 处理之后, 直径增大 1 μm , 增加量均匀; 零件圆度、锥度尺寸基本没有变化。
- (3) LGM 风磨芯轴 ($\Phi 5$) 使用寿命达到原寿命的 10 倍以上。

致谢: 本文中风磨芯轴使用寿命对比的工作由无锡威孚集团仪征油泵油嘴厂刘善忠、毕苏秦等同志完成, 在此表示感谢。

参考文献

- [1] 张昕辉, 张弋飞. 具有良好润滑耐磨的金属基复合梯度材料, 其制备方法和用途[P]. US Patent: 6,468,679, CN1271394A
- [2] 张弋飞, 张昕辉. 从离子渗硫到润滑耐磨梯度材料[J]. 机械工程材料. 2001, vol125(10):33-35
- [3] 张兴利, 卢斌等. 梯度材料 LGM 硬质合金轧辊[J]. 轧钢. 2001, vol 18,(4):67-68

Lubrication Gradient Material Bearing Steel Mandrel

Zhang Xin-hui¹, Zhang Yi-fei¹, Yang Guo-jun², Li Gong²

(1. Beijing Tough & Lubrication Surface Material Inst, Beijing 100034, China; 2. Weifu-Jida Advanced Material R&D Co., Ltd, Wuxi, Jiangsu 214028, China)

Abstract: A new type of Lubrication Gradient Material (abbreviate LGM) bearing steel mandrel were introduced. It was usually used in the grinding process of Valve seat of oil injection pump in diesel. Growing to 1 μm diameter and dimensional stability of circular degree and coning of mandrels after LGM treatment. The surface composition of the mandrel was analyzed by means of AES and micrography, its wear-resistance be tested by four-balls friction testing machine. The result shows that it's lifetime increase 1000% than that of the general mandrel through industrial application.

Key words: gradient-material; mandrel; dimension; sulfide; oxide