

脂润滑条件下激光微精处理零件的 抗擦伤性能研究*

林子光 王恩鸿

(天津纺织工学院机械系 天津 300160)

摘要 采用 SRV 试验机和 Timken 试验机,对脂润滑条件下经激光微精处理的3种铸铁与 GCr15 钢的抗擦伤性能进行了研究.结果表明:激光微精处理使其抗擦伤性能均大幅度提高,其中合金铸铁经激光微精处理后可在蜗轮摩擦副中代替青铜使用

关键词 激光微精处理 脂润滑 铸铁

分类号 TG156.99

用改变表面形貌的方法来提高机械零件的润滑效果及抗擦伤、抗磨损能力早已被国内外工程界所重视^[1].弹性流体动力润滑(ELD)研究表明:加工表面的纹向对于润滑油膜的形成有着重要的影响^[2,3].我们业已发现在推力轴承表面采用激光扫描的方法可以提高润滑及抗擦伤效果^[4].Holmberg 采用机械微刻痕的方法在试滚表面刻纹来改善抗擦伤性能^[5].采用化学腐蚀及电火花的方法在零件表面制成具有一定规律的图案也可以实现有效润滑.采用这些方法制备的图案在短时间内能发挥良好的润滑作用,但因运行“磨平”而失效.而采用激光微精处理在零件表面所制备的具有一定规律的微凸体(或微凹体)图案,能发挥良好润滑及抗磨作用^[6]并能长时间保持所生成的形貌.

经激光微精处理的 Timken 试环^[7],SRV 试件^[8],汽车发动机凸轮挺杆^[9],发动机气缸内壁及高压柱塞泵配油盘接触面^[10]的实验及应用都表明:激光微精处理是提高油润滑表面的抗擦伤、抗磨损性能的经济而有效的方法.本实验研究的目的在于将激光微精处理技术应用于脂润滑表面,以考察其适应性.

1 试验部分

1.1 试验条件

1.1.1 点接触试验

试验在 SRV 磨损试验机上进行.在室温下,通过上试件(钢球)施加载荷,振动频率为 50 Hz,振幅为 1 mm.润滑脂为 3[#] 钙基脂.所施加阶梯负荷为:初始负荷 20 N/5 m in;然后,每级 20 N/5 m in,超过 100 N 后,每级为 50 N/5 m in.将摩擦力陡增时所对应的负荷作为擦伤负荷.试验的上试件为 $\phi 0$ mm 的 GCr15 钢球,硬度为 HRC55,下试件为直径 22 mm

* 中国科学院兰州化学物理研究所固体润滑开放实验室资助项目/1997-7-01收到初稿/通讯联系人林子光

林子光 男,57岁,研究员,目前主要从事激光微精处理和摩擦学研究,发表论文50余篇,专著5部

王恩鸿 男,48岁,副教授,目前主要从事机械设计及摩擦学研究

的圆盘,厚度7.88 mm,其材质为3种不同类型的铸铁:HT 200型灰铸铁,Q T 450-10型球墨铸铁及合金铸铁 合金铸铁组分为(以质量分数计): 3 35%~ 3 85% C, 1.6%~ 1.9% Si, 0.3%~ 0.6% Cr, 0.4%~ 0.8% Mn, 0.3%~ 0.6% Mo,其余为铁

1.1.2 线接触试验

线接触摩擦磨损试验在MHK-500型T im ken 试验机上进行 上、下试件采用标准T im ken 试环,材质GCr15钢,硬度HRC55,转速 800 ± 5 r/m in, 试验时间10 m in 润滑油脂为3[#] 钙基润滑脂,在室温下将摩擦力陡增时所对应的负荷作为擦伤负荷

1.2 激光微精处理

1.2.1 SRV 试件的激光微精处理

SRV 试件的激光微精处理是指对下试件(圆盘)的激光微精处理,其扫描装置及微精处理参数如图1所示 经油润滑条件下多次筛选试验发现,选用网纹型图案可获得最佳抗擦伤

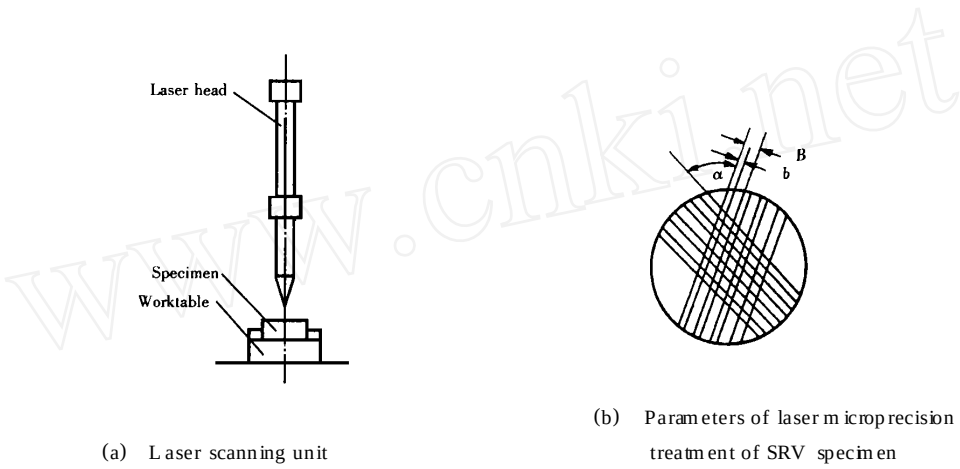


Fig 1 Laser microprecision treatment of SRV specimen

图1 SRV 试件的激光微精处理

表1 SRV 试件经激光微精处理后表面粗糙度及硬度变化的测定结果

Team s	Grey iron		Nodular cast iron		A lloy cast iron	
	Before treating	A fter treating	Before treating	A fter treating	Before treating	A fter treating
$R_a/\mu\text{m}$	2 514 2	3 764 2	1 767 4	5 124 6	0 859 3	1 368 5
$R_q/\mu\text{m}$	3 483 4	4 952 3	2 678 5	6 174 5	0 955 4	1 579 6
$R_{sk}/\mu\text{m}$	- 1.302 5	- 0.936 2	- 1.325 6	- 0.281 4	- 0.267 6	- 0.079 6
HV	171	846	182	921	854	1 176

Note: R_a is arithmetical mean deviation of the profile; R_q is root-mean-square deviation of the profile; R_{sk} is skewness of the profile

注: R_a 表示轮廓算术平均偏差; R_q 表示轮廓均方根偏差; R_{sk} 表示轮廓偏斜度

和抗磨损性能,因此本研究亦采用了网纹图案,旨在考核在脂润滑下的适应性 其激光处理的功率密度为 $0.8\times10^4\sim1.0\times10^5\text{W}/\text{cm}^2$,扫描速度为 $0.033\text{m}/\text{s}$,激光扫描参数: $\alpha=70^\circ$, $b=0.3\sim0.32\text{mm}$, $B=1.1\text{mm}$. 经激光微精处理后的表面粗糙度和硬度的变化见表1

1.2.2 T im ken 试件激光微精处理

Tinken 试环的激光微精处理采用经筛选的断续横向条纹作为最佳处理图案, 见图2 激光处理功率密度为 $1.2 \times 10^5 \sim 1.6 \times 10^5 \text{ W/cm}^2$, 激光扫描速度为 $0.042 \sim 0.050 \text{ m/s}$ 扫描

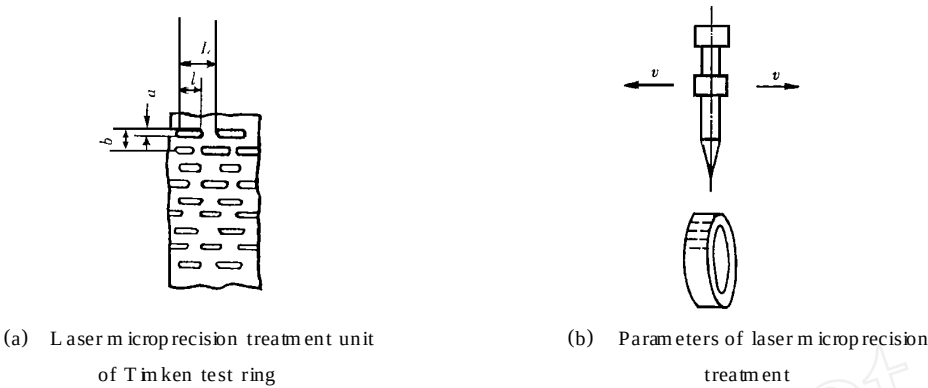


Fig 2 Laser microprecision treatment of Tinken test ring
图2 Tinken 试环的激光微精处理

案图的断续条纹参数: $a = 0.3 \sim 0.35 \text{ mm}$, $b = 0.5 \sim 0.55 \text{ mm}$, $l/L = 3.0 \sim 4.2$, $\Delta = l/b$ 对于试样1, $\Delta = 5.3$; 试样2, $\Delta = 6.4$; 试样3, $\Delta = 8.4$ 表2为经激光微精处理的 Tinken 试环表面粗糙度和表面硬度的变化

表2 Tinken 试件经激光微精处理后表面粗糙度及硬度的变化

Table 2 The roughness and hardness change of tinken rings after laser microprecision treatment

Team s	No 1 test ring		No 2 test ring		No 3 test ring	
	Before treating	After treating	Before treating	After treating	Before treating	After treating
$R_a/\mu\text{m}$	0.261 5	0.637 8	0.301 4	0.781 6	0.328 2	0.850 5
$R_q/\mu\text{m}$	0.365 8	0.871 2	0.439 7	1.172 5	0.522 8	1.483 9
$R_{sk}/\mu\text{m}$	- 0.273 4	- 0.185 6	- 0.357 8	- 0.198 0	- 0.394 2	- 0.657 3
HV	590	682	602	690	602	685

2 结果与讨论

SRV 抗擦伤负荷试验结果如图3所示, 其数据均为3次试验的平均值 可见, 激光微精处理后的试件在脂润滑点接触条件下的抗擦伤负荷均有明显增加, 增加幅度为1~ 5倍 其中, 虽然合金铸铁本身抗擦伤负荷较高, 但仍可经激光微精处理而提高1倍 Tinken 抗擦伤负荷试验结果如图4所示, 其结果均为3次试验的平均数据 可见, 激光微精处理的试件在线接触脂润滑条件下的抗擦伤负荷均有较大提高, 当 $\Delta = l/b$ 值为6左右时, 其抗擦伤负荷可提高1~ 2倍 这是由于激光微精处理后其表面形貌发生变化, 产生有利于润滑的图案; 而所生成的图案使表面具有较高的硬度, 因而提高了抗擦伤能力和抗磨性能

综上所述, 激光微精处理对提高脂润滑条件下试件的抗擦伤能力有明显效果, 这充分显示出激光微精处理有着广阔的摩擦学应用前景

3 结论

经激光微精处理的高承载(点、线接触)零件在脂润滑条件下抗擦伤性能明显改善 铸铁

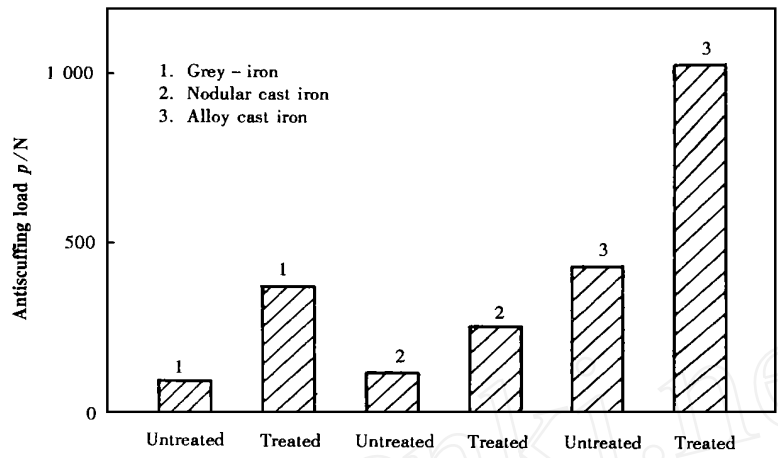


Fig 3 Anti-scutting load of SRV specimen in point contact
图3 SRV 点接触抗擦伤试验

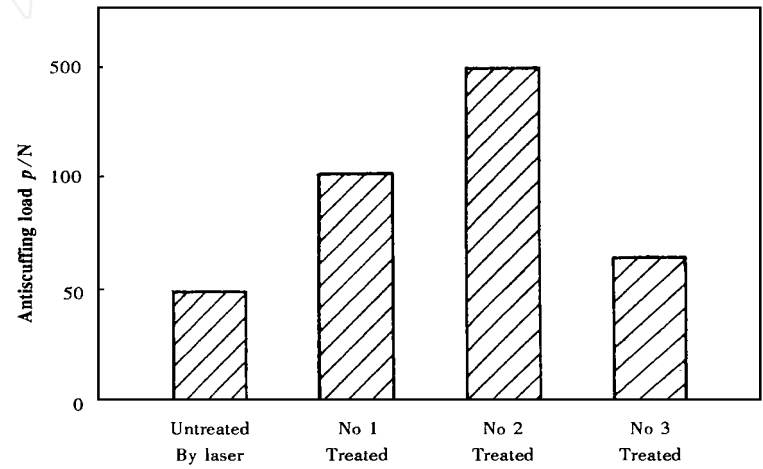


Fig 4 Anti-scutting load of T in ken specimen in line contact
图4 T in ken 线接触抗擦伤试验

(尤其是合金铸铁)经激光微精处理后在脂润滑条件下具有优良的抗擦伤及抗磨性能,可在蜗轮副中代替青铜使用

参 考 文 献

1 林子光 弹流与微精处理 齿轮, 1990, (2): 28~ 30

- 2 Patir N, Cheng H S. Effect of surface roughness orientation on the central film thickness, EHD and related topics. Proc of the 5th Leeds-Lyon Sym on Tribology, 1978. 15~21
- 3 林子光, 黄文治, 孙希桐等. 八十年代摩擦学. 北京: 航空工业出版社, 1988. 304~320
- 4 林子光. 弹流理论及其应用. 天津: 天津科技出版社, 1994. 108~109
- 5 Holmberg K. The mechanism of lubrication in low speed rolling contacts. STLE/ASME Conf on Tribol, 1989. 22~26
- 6 Lin Z G, Xie H. Precision treatment on the surface of lubricated mechanical parts. Inter Sym on M ST, Beijing, 1994. 17~21
- 7 Lin Z G, Guo Z B. Laser microprecision treatment to raise EHL effects. Lubrication Science, 1992, 5(1): 33~41
- 8 林子光, 谢辉. 改善机械零件表面形貌的试验研究. 机械设计, 1995, (5): 25~28
- 9 Lin Z G, Zhang J T, Yang Y Q *et al*. The experimental study of laser microprecision treatment of IC engine tappet. Tribology Transactions, 1994, 37(2): 430~432
- 10 林子光. 润滑油零件表面失效及对策. 全国机械失效分析及对策战略研讨会论文集. 北京, 1992. 234~239
- 11 林子光. 铸铁表面激光微精处理的摩擦特性. 表面工程, 1996, 31(2): 12~15

The Anti-scuffing Behavior of Mechanical Parts Treated Microprecisely by Laser under Grease Lubrication

Lin Ziguang Wang Enhong

Department of Mechanical Engineering

Tianjin College of Textile Science and Technology Tianjin 300160 China

Abstract The laser microprecision treatment is a laser scanning technology on the surfaces of mechanical parts to produce a man-made asperity texture that is favourable to lubrication of the part surfaces in relative motion. The asperity texture as a result of laser treatment with metal surface has high hardness and can retain the resultant surface topography. The results of point contact tests (SRV tests) and line contact tests (Timken tests) showed that the surfaces treated microprecisely by laser had higher anti-scuffing capacity. This indicates that laser microprecision treatment has promising applications in tribology.

Key words laser microprecision treatment grease lubrication cast iron

Classifying number TG156.99