

Cf53 钢的接触疲劳寿命及接触面临界摩擦系数的研究

✓向定汉 张良运 (西安交通大学, 西安 710049)
余正模 李平 陆志荣 张盛霖 (贵阳钢厂, 贵阳 550005)

TG142.12

摘要 测定了 Cf53 钢高频感应淬火后的 $P-N$ 和 $P-S-N$ 曲线, 得出了 2200、2450、2600MPa 时的疲劳寿命。失效分析表明, 摩擦力与 τ_{15} 的合力是接触表面裂纹萌生的驱动力, 导出其表面裂纹优先扩展的临界摩擦系数 $\mu_c=0.68$ 。

关键词 ✓疲劳寿命 表面裂纹 临界摩擦系数 Cf53 钢

Study of the Contact Fatigue Lives and Critical Friction Coefficient of Steel Cf53

Xiang Dinghan Zhang Liangyun (Xian Jiaotong University, Xian 710049, PRC)
Yu Zhengmo Li Ping Lu Zhirong Zhang Shengling
(Guiyang Steel Works, Guiyang 550005, PRC)

Abstract In this paper, the curves of the $P-N$ and $P-S-N$ of steel Cf53 of its high frequency induction hardening were measured with the method of metallic materials-rolling contact fatigue test. The contact fatigue lives are obtained. The reason of contact fatigue failure is the initiation and propagation of surface crack. The critical friction coefficient is developed.

1 实验用钢的化学成分

(wt%): 0.52C, 0.56Mn, 0.28Si, 0.023P, 0.014S, 0.10Cr, 0.1Ni, 0.15Cu.

2 接触疲劳实验

试样和陪试样的尺寸按照 GB10622-89 的图 3 和图 5, 本文从略。

试样的预备热处理为退火+正火。加工工序: 车加工—>高频感应淬火+回火—>精磨。

高频感应淬火工艺: 930℃ 时间 12s, 回火温度 180℃, 时间 2h, 淬火层深 2.85mm。

陪试样用 GCr15 制造。加工工序: 锻造—>退火—>机加工—>盐浴淬火+回火—>精磨。

退火工艺: 880℃ 保温 3.5h, 炉冷至 710℃, 保温 4h, 炉冷。盐浴淬火工艺: 840℃ 保温 15min, 油冷, 160℃ 回火 3h。按 GB10622-89 要求, 抽查试样、陪试样硬度均为 HRC60~61。

接触疲劳试验在 JPM-1 型接触疲劳磨损试验机

上进行。具体实验方法按 GB10622-89 金属材料滚动接触疲劳试验方法进行。主轴安装的陪试样的径向跳动量小于 0.01mm, 端面跳动量也小于 0.01mm。润滑油和冷却油均为 20 号机油, 滑差 10%。转速为 1500r/min, 油膜参数为 2.2。接触应力为 2000、2450、2200、2000MPa 四组。实验结果见表 1。

按 GB10622-89 采用两参数威布尔分布函数, 其参数估计采用最佳线性不变估计方法

两参数威布尔函数

$$P(N)_s = 1 - \exp[-(N/V_s)^b]$$

计算累积失效概率 $P(N)_s$

$$P(N)_s = \frac{i}{n+1} \quad (i \leq 100\%)$$

b 和 V_s 采用最佳线性不变估计

$$b = 1 / \sum C_i(n, r, i) \ln N$$

$$\ln V_s = \sum D_i(n, r, i) \ln N$$

式中: C_i 和 D_i 为最佳线性不变系数, 可从 GB10622-89 的附录 D 中查得。

额定疲劳寿命和中值疲劳寿命由下式计算:

$$L_{10} = V_s (0.10536)^{1/b}$$

$$L_{50} = V_s (0.69315)^{1/b}$$

1992-12-28 收到初稿, 1993-04-09 收到修改稿

表 1 接触疲劳试验结果

应力, MPa		破坏次数, $\times 10^4$ 次						
2000	>10	>10	>10	7.25	7.68	8.96	9.36	>10
2200	8.64	7.48	5.40	6.84	8.42	7.80	6.30	4.86
2450	8.03	9.39	7.36	8.92	8.37	7.12	5.40	4.34
2600	7.65	6.29	6.31					

计算结果见表 2。

表 2 接触疲劳寿命

S, MPa	f/b	$V_N, \times 10^6 L_{10}$	$10^6 L_{50}, \times 10^4$	
2200	7.045627	8.72	6.34	8.27
2450	6.323456	8.07	5.55	7.61
2600	5.343312	7.45	4.59	6.96

根据实验结果作 Cf 钢的 P-N 和 P-S-N 曲线(图 1, 2)。

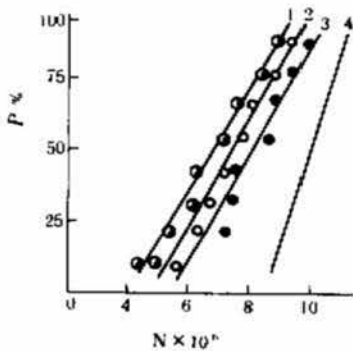


图 1 Cf53 钢 P-N 曲线

1. 2600MPa 2. 2450MPa 3. 2200MPa 4. 2000MPa

3 Cf53 钢接触表面的临界摩擦系数 μ_c

作者用金相显微镜和透射电镜以及扫描电镜详细研究了失效过程。实验结果发现, 试样的破坏过程为: 试样、陪试样表面粗糙化→微麻点→表面萌生微裂纹(图 3)→向表面及次表面扩展(图 4)→剥落。

由照片可见, 表面萌生裂纹的同时, 次表面也萌生裂纹。但表面裂纹的萌生与扩展, 是 Cf53 钢接触疲劳失效的主要原因。

表面裂纹优先扩展的条件为: 摩擦力与 τ_{45} 的合力大于等于 $2\tau_0$ 。

摩擦应力 $\sigma_f = \mu\sigma_{max}$ $\tau_{45} \approx 0.3\sigma_{max}$ $\tau_0 \approx 0.256\sigma_{max}$
即 $\mu_c = 0.68$

作者在文献[1]中详细推导了 $\mu_c = 0.68$, 这里从略。当 $\mu \geq \mu_c$ 时, 摩擦力与 τ_{45} 的合力, 是表面裂纹萌生与扩展的驱动力。

作者提出导致接触疲劳失效的临界参数的工程意

义在于经过检测已发现接触类零件的表面摩擦系数接近 μ_c , 那么由表面萌生的裂纹将扩展, 并会引起灾难性后果。 μ_c 可用来防患于未然。

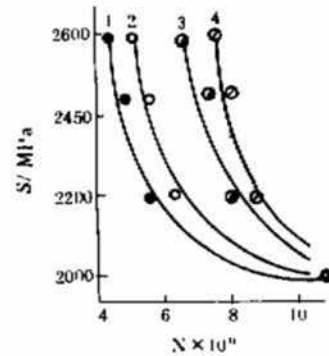


图 2 Cf53 钢 P-S-N 曲线

1. 5% 2. 10% 3. 50% 4. 63%



图 3 微麻点、微裂纹扫描电镜 1500X



图 4 表面次表面裂纹 100x

参 考 文 献

- 1 向定汉, Cf53 钢的开发与应用, 西安交通大学硕士学位论文, 1992. 12
- 2 周惠久, 黄明志, 金属材料强度学, 科学出版社, 1989. 3
- 3 Muro H, Tsushizna T. Initiation and propagation of Surface Cracks in Rolling Contact fatigue of High Hardness Steel. Wear, 1975(35):261~282
- 4 Bold P E, Brown M W. Shear Mode Crack Growth and Rolling Contact Fatigue. Wear 1991(144):307~317



访问我们的官方网站了解更多内容

扫描二维码关注