

# cf53 钢的淬透性与接触疲劳特性

向定汉  
(建筑工程系)

TG115.57  
TG142.12

**摘要** 研究了cf53钢的淬透性,以及接触疲劳性能,测定了P-N和P-S-N曲线,扫描电镜分析表明,cf53钢接触疲劳损伤是由于表面裂纹的萌生与扩展,直至剥落,摩擦力与 $\tau_{45}$ 的合力是表面裂纹萌生的驱动力.

**关键词** 淬透性;接触疲劳;临界摩擦系数

**中图法分类号** TG 115.57

## 0 引言

上海新中动力机厂从德国曼恩公司引进了L+V20/27系列柴油机的专有技术,该机凸轮轮廓与从动件之间产生接触应力、摩擦和周期性的冲击,要求凸轮轴有足够的表面接触强度、硬度和耐磨性,心部应具有较好的韧性,德国用cf53钢制造,国产材料难以代用.

由钢研总院、贵阳钢厂和新中动力机厂共同研制的cf53钢,各项指标达到国外先进水平,填补了我国柴油机凸轮轴用钢的一项空白,为国家节约了大量外汇.

## 1 cf53 钢的化学成分与常规机械性能

cf53钢的化学成分如表1所示,常规机械性能如表2所示.

表1 cf53钢的化学成分(重量%)

化学成分	C	Si	Mn	P	S	Cr, Ni, Cu
德国标准*	0.5~0.57	0.15~0.30	0.4~0.70	<0.025	<0.035	<0.2
实验用钢	0.52	0.28	0.56	0.023	0.014	0.1~0.15

\* Cr+Ni+Cu<0.5%

表2 cf53钢的常规机械性能

性能指标	$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_s$ /MPa	$\delta$ (%)	$\psi$ (%)	$a_k$ /J
德国调质*	640~880	400~510	12~15	25~40	21
国产正火	787.5	445	21	47.5	37.5
国产调质	955	850	18.6	57.7	80.8

\* 德国标准

## 2 cf53 钢的淬透性末端淬火实验

试样的预备热处理,退火+正火.退火工艺,750℃保温2.5小时,炉冷.正火工艺,850℃保温40分钟,空冷,实验按GB-225-88进行.本实验共做两只试样,四组硬度取平均值,绘

向定汉,男,助教,武汉水利电力大学建筑工程系(430072)

制淬透性曲线如图 1 所示。

根据淬透性曲线,淬硬层厚度为 3.5 mm,过渡区宽度为 3.75 mm,半马氏体点距淬火端距离 5.25 mm,距淬火端 6.75 mm 内硬度变化大,HRc 由 61.4 下降到 36,说明了该钢的淬透性较低。

cf53 钢所含合金元素少,硅主要是缩小  $\gamma$  相区;形成  $\gamma$  相圈,对钢的综合机械性能有利。锰扩大  $\gamma$  相区,形成无限固溶体,对铁素体和奥氏体有较强的固溶强化作用,与 S 形成高溶点的 MnS,防止 FeS 导致热脆,细化组织,以改善机械性能。

该钢限制含量的成分。铬缩小  $\gamma$  相区,形成  $\gamma$  相圈,增加钢的淬透性。镍是不形成碳化物的合金元素,降低马氏体点。

由铬镍的相互作用,使钢的淬透性大大提高,远远超过单一元素的作用。因此,为了降低淬透性,该钢冶炼时,严格控制铬镍含量,其含量分别小于 0.2%, $Cr+Ni+Cu \leq 0.5\%$ 。

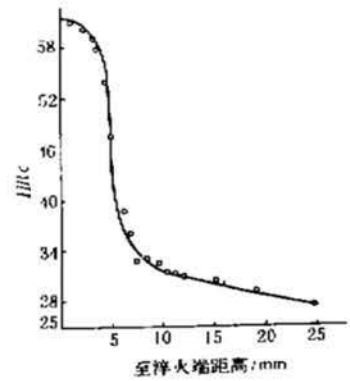


图 1 cf53 钢淬透性曲线

### 3 接触疲劳实验

试样、陪试样尺寸如 GB10622—89 图 3 与图 5 所示。

试样的预备热处理同端淬实验,目的是为高频感应淬火准备组织。加工工序:车加工—精车—高频感应淬火+回火—精磨。

高频感应淬火工艺为,温度 930℃ 时间 12 秒,回火温度 180℃ 时间 2 小时。从上述试样中任意取一只,用金相切割机切割,进行金相分析,并测量淬硬层深度。时间为 12 秒的试样,淬硬层深为 2.85 mm。

陪试样用 GCr15 轴承钢制造。加工工序:锻造—退火—机加工—盐浴淬火—回火—精磨。

退火工艺:800℃ 保温 3.5 小时,炉冷至 710℃,保温 4 小时,炉冷。盐浴淬火工艺:840℃ 保温 15 分钟,油冷。160℃ 回火 3 小时,按 GB10622—89 要求,抽查试样、陪试样硬度均为 HRc60—61。

接触疲劳实验在西安交通大学 JMP—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。主轴安装的试样、陪试样的径向跳动量小于 0.01 mm,端面跳动量也小于 0.01 mm。润滑油和冷却油均为 20 号机油,滑差 10%。实验机主轴转速为 1 500 r/min,油膜参数为 2.2,接触应力为 2 600,2 450,2 200,2 000 MPa 四组。接触疲劳试验结果如图 3 所示。

表 3 接触疲劳试验结果

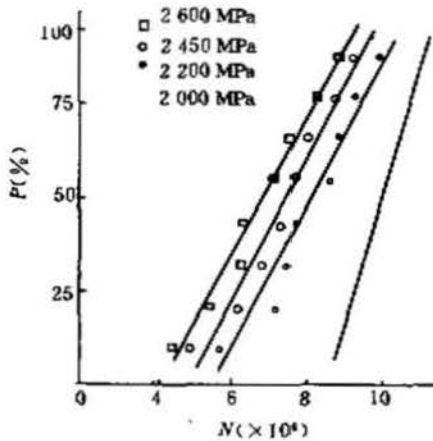
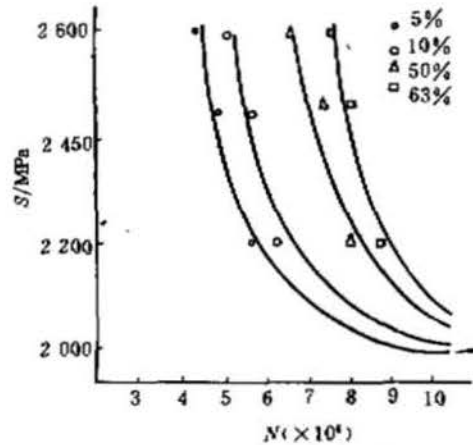
应力/MPa	破坏次数/10 <sup>6</sup> 次								
2 000	>10	>10	>10						
2 200	8.64	7.48	5.40	7.25	7.68	8.96	9.36	>10	
2 450	8.03	9.39	7.36	6.84	8.92	7.80	6.30	4.86	
2 600	7.65	6.29	6.31	8.92	8.37	7.12	5.40	4.34	

按国标 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。疲劳寿命  $V$ 、 $L_{10}$ 、 $L_{50}$ ,计算结果如表 4 所示。

表4 计算结果

$S/\text{MPa}$	$b$	$V_s/10^6$ 次	$L_{10}/10^6$ 次	$L_{50}/10^6$ 次
2 200	7.045 627	8.72	6.33	8.27
2 450	6.323 456	8.07	5.65	7.61
2 600	5.343 312	7.45	4.89	6.96

根据实验结果,作  $P-N$  和  $S-P-N$  曲线如图 2、3 所示。

图2 cf53钢的  $P-N$  曲线图3 cf53钢的  $P-S-N$  曲线

#### 4 cf53钢接触疲劳破坏的微观处理

为了观察 cf53 钢高频感应淬火后的试样的破坏过程,采用尽量提高实验机拾波器灵敏度的方法,只要振动稍加剧,即可自动停机.卸下试样,用金相显微镜观察其磨损表面.再稍降低灵敏度,待停机后观察,直至剥落.

实验结果发现,试样的破坏过程为,试样和陪试样表面粗糙化→微麻点→表面萌生微裂纹→向表面及次表面扩散→剥落.

文献[3]用扫描电镜详细观察了表面裂纹的萌生与扩展过程,同时又用金相显微镜观察了试样侧面裂纹,进一步研究了次表面裂纹的萌生与扩展情况.结果表明,表面萌生裂纹的同时,次表面也萌生裂纹,但次表面裂纹尚未扩展至表面时,由表面萌生的裂纹已导致了试样的失效.因此,对 cf53 钢高频感应淬火的试样,表面萌生裂纹占主导作用,是试样失效的主要原因.

表面粗糙和变形,使摩擦系数增加.由于滑差的存在,此时由滚动和滑动引起的摩擦力与  $\tau_{45}$  的合力是表面裂纹萌生的驱动力,由此建立有关力学模型推导出,临界摩擦系数  $f_c = 0.68$  时,摩擦力与  $\tau_{45}$  的合力等于  $2\tau_0$ . 从而当  $f \geq f_c$  时,使表面裂纹优先扩展至剥落.

$f_c$  与所加应力无关.当应力较小时,摩擦系数很难达到  $f_c$ ,那么表面萌生裂纹将不占主导地位;只有当应力很大,变形较大,接触表面容易粗糙化,才可能有  $f \geq f_c$  的存在,此时由表面萌生的裂纹将占主导地位,而引起构件失效.

$f_c$  的工程意义在于,当发动机凸轮轴或轨道等接触零件,经检测已发现其表面摩擦系数接近  $f_c$ ,那么表面裂纹将导致灾难性后果.因此,可用  $f_c$  来预防由于接触疲劳破坏而引起的事

## 参考文献

- 1 向定汉等. cf53钢淬透性的研究. 机械工程材料. 1993, 17(1): 22~24
- 2 周惠久, 黄明志. 金属材料强度学. 北京: 科学出版社. 1989.
- 3 向定汉. cf53钢的开发与应用: [学位论文]. 西安: 西安交通大学. 1992.
- 4 Bold P E, Brown M W. Shear mode crack growth and rolling contact fatigue. *Wear*, 1991(144): 307~317.
- 5 Muro H, Tsushima T. Initiation and propagation of surface cracks in rolling fatigue of high hardness steel. *Wear*, 1975(35): 261~282.

## Hardenability and Contact Fatigue Property of cf53

Xiang Dinghan

(Department of Civil Engineering)

**Abstract** The hardenability and contact fatigue property of cf53 is studied. The  $P-N$  and  $P-S-N$  curves are measured with the method of materials-rolling contact fatigue test. The contact fatigue failure of cf53 is by reason of initiation and propagation of surface cracks. The Resultant of friction and  $\tau_{45}$  is the driving force of surface cracks.

**Key words** hardenability; contact fatigue; coefficient of critical friction



↑  
访问我们的官方网站了解更多内容

← 扫描二维码关注