

材料热膨胀系数的光测法

邱宇 刘伯伟

(天津大学力学系, 天津 300072)

摘要 本文用云纹干涉原理与图像处理技术相结合, 通过测条纹间距获得热膨胀系数。

关键词 热膨胀系数, 光测力学, 热变形

热膨胀系数是计算热应力的关键常数, 而新材料不断涌现, 手册记载又有限, 有必要研究简便、快捷和经济的测量材料热膨胀系数的方法。

1 原理

设模型原长为 l_0 , 从某一温度 T_0 上升到 T_1 和 T_2 时, 其轴向伸长分别为 l_1 和 l_2 。根据物理定律可知

$$l_1 = (T_1 - T_0) l_0, \quad l_2 = (T_2 - T_0) l_0 \quad (1)$$

如在模型上复制有光栅, 利用云纹干涉法产生条纹^[1], 则可知

$$l_1 = \frac{N_1}{f_r}, \quad l_2 = \frac{N_2}{f_r} \quad (2)$$

式中, N_1, N_2 分别为在 T_1, T_2 时的条纹数, f_r 为虚参考栅频率。因温度场均匀, 故条纹间距也均匀, 设两

种温度下条纹间距分别为 d_1 和 d_2 , 则

$$d_1 = \frac{l_0}{N_1}, \quad d_2 = \frac{l_0}{N_2} \quad (3)$$

设 $T = T_2 - T_1$, 解 (1) ~ (3) 式可得

$$= \frac{1}{T \cdot f_r} \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right) \quad 98 \quad (4)$$

测取 T, d_1 及 d_2 , 代入上式即可获得值。

2 实验

装置如图 1 所示, 为一双光束云纹干涉装置。试件放在液体中加热, 用控温器控制温度在 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 以内。云纹干涉条纹通过 CCD 输入微机, 用像素表示 d_1, d_2 值, 并对像素与实际尺寸的关系进行标定, 在 (4) 式中乘标定系数 K_F 。以铝试件为例, 图 2 为两个温度下的条纹图。当 $T_1 = 19^\circ\text{C}$ 时 $d_1 = 101$, $T_2 = 39.8^\circ\text{C}$ 时 $d_2 = 66$ 。代入 (4) 式得 $\alpha_{\text{铝}} = 23.6 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$, 从工程材料手册查出铝 (LY12) 的热膨胀系数 $\alpha_{\text{铝}} = 23.8 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$, 相对误差为 0.8%。

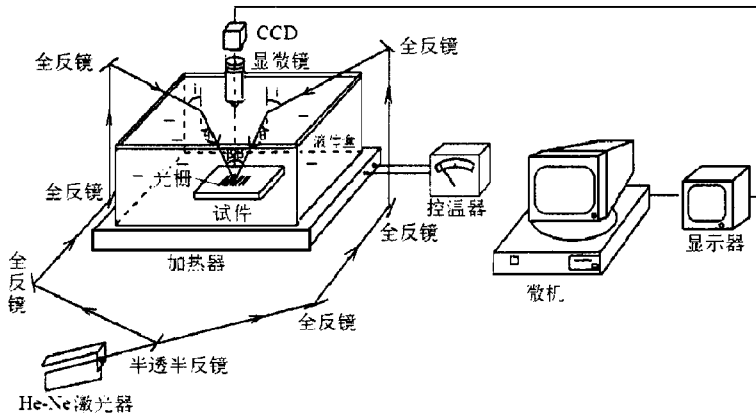


图 1

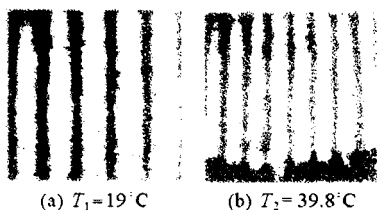


图 2 铝试件云纹图

3 结束语

本方法利用光力学实验室的一般设备, 不用测试件的绝对伸长, 因此不需要长试件也能达到同样的灵敏度, 并且试件不要固定端, 只需平放即可。测量中温差小, 而且与室温接近, 恒温非常容易实现。使用

(下转第 46 页)



关于“弹性杆热膨胀屈曲特性分析” 一文的讨论

吴敬东

(沈阳化工学院化机系, 沈阳 110021)

摘要 本文对“弹性杆热膨胀屈曲特性分析”提出异议。

关键词 弹性杆, 数值计算, 讨论

文献 [1] 建立并求解了弹性杆非线性屈曲的基本方程, 并给出了算例, 笔者认为文 [1] 的数值计算结果不合理, T/T_{cr} 的值偏差太大. 下面根据文 [1] 中的公式和算例的数据, 证明文中 T/T_{cr} 的不合理性.

文 [1] 中公式 (3) 给出

$$N = T EA - \frac{EA}{2l} \int_0^l \frac{dy}{dx} T dx$$

则可推得

$$\frac{N}{N_{cr}} = \frac{T}{T_{cr}} - \frac{AL}{2l^2 I} \int_0^l \frac{dy}{dx} r^2 dx$$

式中 T_{cr} 为欧拉临界变温, $T_{cr} = 2l^2 / AL^2$; N_{cr} 为欧拉临界力, $N_{cr} = 2EI/l^2$. 由上式得

$$\frac{T}{T_{cr}} = \frac{N}{N_{cr}} + \frac{AL}{2l^2 I} \int_0^l \frac{dy}{dx} r^2 dx$$

设杆端转角为 θ , 则

$$\frac{T}{T_{cr}} \leq \frac{N}{N_{cr}} + \frac{AL}{2l^2 I} \int_0^l \theta^2 dx = \frac{N}{N_{cr}} + \frac{AL^2}{2l^2 I} \theta^2$$

文 [1] 对 $l = 30d$ 的圆截面杆进行了数值计算, 从文 [1] 中图 3 的曲线得 $\frac{N}{N_{cr}} \leq 1.0$, 将此算例的数据代入上式得

(上接第 45 页)

2mW 小功率氦氖激光器即可获得 θ 值. 本方法简便, 快捷而且精度较高.

参 考 文 献

1 Bowles D E, Post D. Moire interferometry for thermal exper-

$$\frac{T}{T_{cr}} \leq 1.0 + \frac{7200}{2} \theta^2$$

对于不同的 θ 值, 对 T/T_{cr} 的限制值是不同的, 现将其列表如下.

表 1

	0°	1°	2°	3°	4°	5°
$\frac{T}{T_{cr}} \leq$	1	1.22	1.88	3.00	4.57	6.58
	6°	7°	8°	9°	10°	
$\frac{T}{T_{cr}} \leq$	9.06	12.00	15.41	19.30	23.68	

而文 [1] 的计算数值在下表给出.

表 2

	0°	1°	2°	3°	4°	5°
$\frac{T}{T_{cr}}$	1	1.23	2.00	3.50	5.88	9.28
	6°	7°	8°	9°	10°	
$\frac{T}{T_{cr}}$	13.84	19.66	26.90	35.68	46.14	

从表 1 和表 2 的计算数据相比较可以看出, 文 [1] 的计算结果只是在 $\theta < 3^\circ$ 时是合理的, 在 $\theta \geq 3^\circ$ 时的结果是无意义的, 由此, 对文 [1] 的理论公式及其解法表示怀疑.

参 考 文 献

1 陈建康, 王汝鹏. 弹性杆热膨胀屈曲特性分析. 力学与实践, 1994 (3)

(本文于 1996 年 4 月 26 日收到)

tion of composites. *Exp Mech*, 1981 (12): 441~447

2 邱宇. 多功能云纹干涉测试系统. 天津大学硕士论文, 1995. 41~42

(1997 年 3 月 6 日收到第 1 稿,

1997 年 7 月 14 日收到修改稿)