

磁盘机底座热变形理论分析与 激光全息干涉实验研究

陈文石玲

(清华大学工程力学系, 北京 100084)

随着便携式计算机的发展形势对与其配套的大容量磁盘机提出了抗寒热、潮湿等恶劣环境的要求^[1]。磁盘机的底座上布置有盘片主轴、磁头小车等重要零部件, 主轴电机, 驱动电源产生的热量以及外界温度变化均会导致底座的热变形, 从而引起磁头小车与主轴产生不一致, 出现读写错误, 因此, 底座的热变形分析及限制对于加固型磁盘机的设计具有十分重要的意义。从已发表的文献来看, 这方面的研究工作很不充分, 有待进一步开展。

底座形状为矩形, 厚度相对于其长宽很小, 因此, 可将其作为一块矩形薄板处理。计算底座热变形时, 可暂不考虑其上所布置的盘片主轴、磁头小车等零部件的影响。底座边界条件介于周边自由与周边简支之间, 且更接近于周边自由的情况。

1 理论计算公式

设底座长为 a , 宽为 b , 厚为 h 。由于环境温度的变化, 底座内外表面温度一般不相同, 但温度在同一表面上可近似认为不随 (x, y) 而变化, 而仅沿厚度变化, 又由于底座厚度很薄, 由传热学理论可知, 这种情况可近似认为温度沿厚度线性变化。由薄板热弯曲理论^[2,3]可知, 对于周边自由的底座, 其热变形挠度为

$$W = -\frac{\alpha}{2h}(T_2 - T_1)(x^2 + y^2) \quad (1)$$

式中, T_1, T_2 分别为底座内、外表面温度, α 为材料热膨胀系数。周边简支底座的热变形挠度为

$$W = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} W_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \quad (2)$$

$$W_{mn} = \frac{4(1+\mu)\alpha}{\pi^4 h} \cdot \frac{(1 - \cos m\pi)(1 - \cos n\pi)}{mn \left[\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 \right]} (T_2 - T_1) \quad (3)$$

2 实验测试

本文采用双曝光全息干涉法测量底座在不同温差作用下产生的热变形, 方法是在同一张全息记

录干版上对物体的两个不同温度状况进行记录, 从而把物体在这两次曝光之间由于温度变化引起的相对位置变化作为永久记录保存下来, 当处理完的底片再现时, 由于两次曝光间物体热变形产生的光程差导致干涉现象, 从而在空间产生干涉图案, 干涉图案中亮条纹级次 n 与变量 d 之间有如下关系式^[4]

$$d(\cos \theta_1 + \cos \theta_2) = n\lambda \quad (4)$$

式中, θ_1 为物光与位移方向的夹角, θ_2 为观察方向与位移方向的夹角, λ 为激光波长。实测底座长 $a = 101.7\text{mm}$, 宽 $b = 69.9\text{mm}$, 厚 $h = 2.14\text{mm}$, 试件表面温度由铜-康铜热电偶及电位差计检测。图 1(a)、(b)、(c) 分别为底座内外表面温差 $\Delta T = 0.17^\circ\text{C}$, 0.24°C 和 0.29°C 时对应的热变形条纹图。由图可见条纹为同心圆, 说明热变形主要为离面位移。表 1 中列出了 3 种温差下理论计算与实验结果, 图 2 中绘出了对应于 $\Delta T = 0.29^\circ\text{C}$ 时的热变形曲面图。

表 1 底座热变形挠度 (μm)

| $\Delta T(^{\circ}\text{C})$ | 周边自由 最大挠度 | 周边简支 最大挠度 | 实验值 |
|------------------------------|--------------|--------------|-------|
| 0.17 | 3.357 | 1.119 | 3.124 |
| 0.24 | 4.740 | 1.580 | 4.439 |
| 0.29 | 5.727 | 1.908 | 5.425 |

3 结论及建议

由于底座内外表面存在温差, 会产生热变形, 变形后成为一曲面, 本文分别采用理论分析和实验的方法得出了其热变形挠度, 两种方法所得结果符合良好。若底座热变形过大, 将使磁头小车与盘片主轴产生不一致而出现读写错误, 因此, 应采取相应措施减小底座热变形。在结构设计中, 可采用有热隔离的安装结构, 在磁盘机内部安装半导体制冷器或在磁盘机底座内外表面喷涂一层保温隔热涂料等方法来减小其热变形。

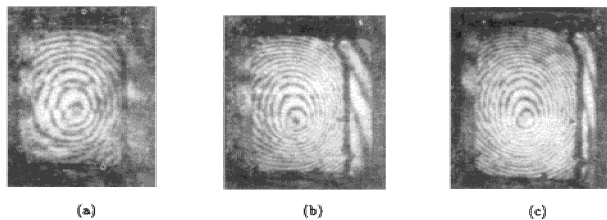


图1 底座热变形全息条纹图

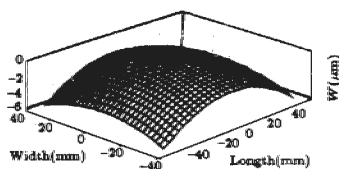


图2 周边自由底座的热扭曲变形 ($\Delta T = 0.29^\circ\text{C}$)

参 考 文 献

- 1 朱世雄, 杨荫溥. 抗恶劣环境计算机. 北京: 国防工业出版社, 1986
 - 2 陆明万, 罗学富. 弹性理论基础. 北京: 清华大学出版社, 1990
 - 3 吴连元. 板壳理论. 上海: 上海交通大学出版社, 1989
 - 4 戴福隆等. 现代光测力学. 北京: 科学出版社, 1991
- (1995年4月14日收到第1稿,
1995年7月10日收到修改稿)

(上接第34页)

$$D_y = \sum_{i=1}^m |S_i \cdot \cos \beta_i| \quad (8)$$

$$D_z = \sum_{i=1}^m |S_i \cdot \cos \gamma_i| \quad (9)$$

式中 D_x 、 D_y 、 D_z 分别为材料在 x 、 y 、 z 方向上损伤变量分量。 m 为单位体积损伤材料中的微裂纹数。 S_i 、 α_i 、 β_i 、 γ_i 分别为第 i 条微裂纹的面积和微裂纹面法线与 x 、 y 、 z 轴的夹角。

参 考 文 献

- 1 Krajcinovic D. Continuum Damage Mechanics. *Appl Mech Rev*, 1984, 37(1): 1-6
- 2 Chaboche J L. Continuum Damage Mechanics: Part 1-General Concepts. *J Appl Mech*, 1988, 55:59-64

- 3 村上澄雨. 损伤力学. 材料, 第31卷, 第340号, 1981:1-13
- 4 Lemaitre J, Chaboche J L. Aspect phenomenologique de la rupture par endommagement. *Journal de Mecanique Appliquee*, 1978, 2(3):317-365
- 5 徐永波, 刘民怡等. 几种脆性断裂过程的动态观察. *金属学报*, 1979, 15(3): 367-372
- 6 张奎. 钢冷变形时塑性损伤机理的研究和非平衡统计损伤理论的提出. 工学博士学位论文, 北京: 北京科技大学, 1993年6月
- 7 赖祖强主编. 金属的晶体缺陷与力学性质. 北京: 冶金工业出版社, 1988: 49,257
- 8 康永材. 薄板成形的损伤机理及成形极限的研究. 工学博士学位论文, 北京科技大学, 1991年5月
- 9 余永宁, 刘国权编著. 体视学. 北京: 冶金工业出版社, 1989:36,382

(1994年12月10日收到第1稿,
1995年5月25日收到修改稿)