

激光偏转法测量固体的线膨胀系数的研究

林晓珑 张铁强 郑咏梅
(吉林工业大学物理系, 长春, 130022)

摘要: 介绍了一种利用激光偏转法, 采用 CCD 作为检测元件的自动测量固体线膨胀系数的方法。给出了结构框图和程序框图以及精度分析, 与以往传统测量方法相比, 消除了主观误差, 使测试结果更具客观性。

关键词: 固体线膨胀系数 光杠杆 CCD

Study of measuring linear expansion coefficient of solid using laser deflection method

Lin Xiaolong, Zhang Tieqiang, Zheng Yongmei

(Department of Physics, Jilin University of Technology, Changchun, 130022)

Abstract: A method to measure solid linear expansion coefficient is presented, using laser deflection method and CCD device. In this paper, the block diagram of system structure, computer program and precision analysis are given. In contrast to conventional measuring technique, the subjective error is eliminated, the objectivity of the result is better.

Key words: solid linear expansion coefficient optical lever CCD

引 言

材料的线膨胀系数在工程上是一个很重要的参数, 在工程设计、精密仪表设计、材料的焊接和加工中都必须加以考虑, 因此, 它的准确测量就显得尤为重要。以往大多采用光杠杆放大法, 水蒸气加热, 由望远镜读出固体受热前后标尺的变化量。此法由于主观误差的影响, 使测量结果因人而异。采用准直激光束照明光杠杆, 利用 CCD 测定光束偏转方位来代替望远镜读数, 同时, 固体的加热采用自动控温装置, 用 IBM PC 机来控制整机工作, 就可实现自动化测量, 从而消除了人为因素所造成的影响。

一、测量原理

在常温下, 温度变化不大时, 固体材料的长度 L 随温度变化基本上呈线性变化, 其线膨胀系数 α 为^[1]

$$\alpha = \delta L / (L_0 \Delta t) \quad (1)$$

式中, L_0 为固体线材的初始长度, δL 为温度改变 Δt 时产生的长度改变量。 δL 是非常微小的变化量, 因此, 采用光杠杆放大法进行测量, 如图 1 所示。由 He-Ne 激光器发出的光, 准直后入射到平

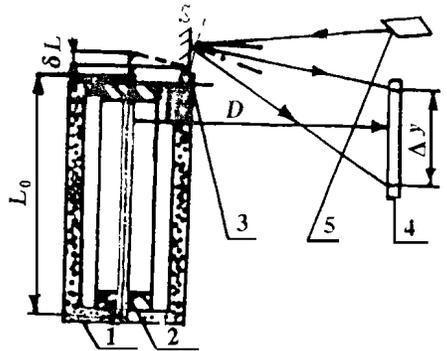


Fig. 1 Diagram of system structure

- 1—temperature control device 2—sample
- 3—optical lever 4—CCD 5—He-Ne laser

面反射镜 S 上, 反射镜架的后支点放在固体线材顶端, 当线材受热发生膨胀时, 支点随之升高, 导致反射镜面转动, 从而改变了反射激光束的方位, 若光斑在距离反射镜面为 D 处平面上的移动量为 ΔY , 则有 $\delta L = d\Delta Y / (2D)$, 代入(1)式有 $\alpha = d\Delta Y / (2DL_0\Delta t)$ (2)

采用线阵 CCD 来精确地测量光斑的位置移动量 ΔY , 即在距离反射镜面为 D 处的平面上放置一线阵 CCD, 则光斑位置的移动量为 $\Delta Y = (n_2 - n_1)S$ (3)

式中, n_1, n_2 是固体线材长度变化前后激光光斑照亮 CCD 的光敏元序数, S 是相邻光敏元的间隔, 联立(2), (3)两式, 可确定出固体材料的线膨胀系数 α 。

$$\alpha = d(n_2 - n_1)S / (2DL_0\Delta t) \quad (4)$$

二、测量系统结构

测量系统的结构如图 2 所示, 它由激光准直系统、光杠杆放大装置、CCD 光电转换系统、自动加热控温系统和计算机处理系统组成。

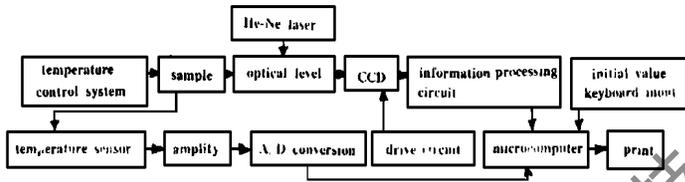


Fig. 2 Frame picture of system structure

由 2mW 的 He-Ne 激光器发出的激光束, 经准直后, 通过狭缝投射到光杠杆的反射镜上, 装在加热控温装置中的固体线状物体, 受热膨胀, 使反射镜转动, 被反射的激光投射

到 CCD 上, 将 CCD 转换的位置信号送入计算机中数据处理, 确定出光束偏转的移动量 ΔY , 同时, 通过温度传感器, 将样品的温度实时采集下来, 一并送入计算机中。为减小误差, 温度每升高 20°C , 恒温后, CCD 采集一次, 计算机计算出各个温度段的 α_1 , 整个过程 CCD 共采集 4 次, 取其平均值, 确定出样品的线膨胀系数。系统的程序框图如图 3 所示。

系统采用 TCD142D 型 CCD, 其光敏元数是 2048 个, 相邻光敏元间隔是 $14\mu\text{m}$, D 为 1300mm , L_0 为 500mm , d 为 70mm 。驱动电路数据输出频率设计为 2MHz ^[2]。

三、测量数据比较

利用所设计的系统, 对两种固体材料的线膨胀系数进行了测量, 测量结果如附表所示。从表中数据看到, α 随温度升高而

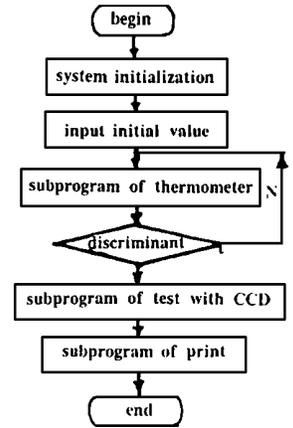


Fig. 3 Block diagram of program

Table Comparison between the test value and the theoretical value

| material | $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ test value $\Delta Y_i(\text{mm})$ | | | | | $\alpha(\text{ }^\circ\text{C}^{-1})$ | |
|---|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------|
| | ΔY_1 | ΔY_2 | ΔY_3 | ΔY_4 | average value | theoretical value | relative error |
| Cu | 6.296 | 6.344 | 6.426 | 6.533 | 6.400 | 17.1×10^{-6} | 0.8% |
| $\alpha_i(\text{ }^\circ\text{C}^{-1})$ | 16.95×10^{-6} | 17.08×10^{-6} | 17.30×10^{-6} | 17.59×10^{-6} | 17.23×10^{-6} | | |
| Fe | 4.451 | 4.513 | 4.606 | 4.717 | 4.573 | 12.2×10^{-6} | 0.9% |
| $\alpha_i(\text{ }^\circ\text{C}^{-1})$ | 12.00×10^{-6} | 12.15×10^{-6} | 12.40×10^{-6} | 12.70×10^{-6} | 12.31×10^{-6} | | |

三维激光切割的发展现状*

黄开金 谢长生

(华中理工大学材料科学与工程学院, 武汉, 430074)

摘要: 三维激光切割在汽车工业和航天航空工业等领域已得到广泛的应用。综述了国内外三维激光切割机的发展历史、三维激光切割的应用现状及存在的问题。

关键词: 三维激光切割 汽车工业 航天航空工业

Development of three-dimensional (3D) laser cutting

Huang Kaijin, Xie Changsheng

(Department of Materials Science & Engineering, HUST, Wuhan, 430074)

Abstract: The 3D laser cutting has widely been applied in automotive industry and aerospace industry. This paper summarizes the development of 3D laser cutting machine, illustrates the applications and problems of 3D laser cutting.

Key words: 3D laser cutting automotive industry aerospace industry

引 言

采用激光加工机, 通过多轴运动来完成三维工件加工的概念, 是 70 年代初提出并加以实践的。但要完成非旋转对称的复杂自由曲面三维工件的加工, 需要 5 个轴, 即 3 个互相垂直的直线运动轴(x 轴、 y 轴、 z 轴)和两个旋转轴^[1~3], 以保证入射激光的光轴始终垂直于被加工表面。从世界上第一台五轴激光切割机于 1979 年在 Prima 工业公司投入使用至今, 三维激光切割已在汽车制造、航天航空等领域日益得到了广泛的应用, 这主要得益于三维激光切割具有

* 国家自然科学基金资助。

变大, 但在 0~100℃ 范围内, 其平均值接近理论值, 相对误差不大于 1%, 相对于直接用望远镜观测而言, 有较好的准确度, 同时, 实现了测量过程的自动化。

四、结 束 语

用该系统对多种已知膨胀系数的材料进行了测试, 与理论值十分接近, 因而, 可用其对未知材料的 α 进行测量。

参 考 文 献

- 1 张存恕, 樊光汉, 黄文凯 *et al.* 编著. 大学物理实验. 成都: 四川科学技术出版社, 1986: 106~107
- 2 王庆有, 孙学珠 *et al.* 编著. CCD 应用技术. 天津: 天津大学出版社, 1993: 233~260

作者简介: 林晓珑, 女, 1960 年 7 月出生。工程师。从事光学仪器的研制、光电检测、激光技术等研究工作。