

·激光技术·

焊枪定位激光检测系统研究

Research of Welding Torch Location System under Laser Detection

TG 431
TG 441.7

郑咏梅* 张铁强

(吉林工业大学应用物理系, 长春 130025)

摘要 设计了一种实时记录和描绘焊接操作过程中焊枪位置的激光检测系统, 它由激光准直系统, CCD 投影成像系统和焊枪定位系统组成, 在铅直方向上, 采用线阵 CCD 确定焊枪距焊口的高度; 在水平方向上, 利用桥式电路确定焊枪在焊接过程中的水平位移, 采用了计算机处理技术, 实时描绘了焊枪端点移动的轨迹曲线。

关键词 激光, CCD, 焊接, 桥式电路。

Abstract The position of welding torch can be recorded and described in real time by the laser detection system. The system consists of the laser collimation system, the CCD imaging system and welding torch system. The height between welding torch and welding mouth was detected by the linear CCD in vertical direction; The horizontal displacement in the operation process was detected by the bridge circuit in horizontal direction. In addition, the technique of computer processing can be used, the locus curve of end of welding torch was described in realtime.

Keywords laser, CCD, welding, bridge circuit.

1 引言

欲实现高质量的焊接, 焊枪的定位是十分必要的, 焊枪到焊口的距离过高或过低都不能实现高质量的焊接, 所以, 焊接操作者在焊接过程中保持焊枪移动平稳, 是很重要的。文中设计了一种用 CCD 和桥式电路检测焊枪定位的激光系统, 并通过计算机实时显示焊枪定位的情况, 从而断定焊接质量。该检测系统使焊枪距焊口的高度定位精度达到微米量级, 提高了检测的精度, 是一种实时性强,

自动化程度高的激光检测系统, 在实际应用中有一定的参考和适用价值。

2 定位原理

欲实时检测焊枪的定位情况, 描绘焊枪端点移动的轨迹, 就要实时检测焊枪端点的铅直位置和水平位置, 焊枪铅直位置的定位精度应不低于 0.1mm, 而水平位置的定位精度要求不是很高, 为此, 本系统采用 CCD 光学检测系统来检测焊枪的铅直位置, 采用桥式电路来检测焊枪的水平位置。再者激光的准直也是重要的。

2.1 激光扩束准直

由激光器发出的光往往存在一定的发散角, 这将为焊枪铅直定位带来误差, 将激光光束扩束准直是准确测量必不可少的, 激光扩束准直原理是通过倒置望远镜系统实现的, 如图1所示, 系统中各量关系按如下确定:



图1 激光扩束准直原理图

* 郑咏梅 女, 33岁, 讲师, 1987年毕业于吉林大学物理系, 现工作于吉林工业大学应用物理系, 曾发表论文10余篇。

本刊1997年9月收到。

$$\begin{cases} \omega_0 = \sqrt{\lambda L / 2\pi} \\ \omega_s = \omega_0 \sqrt{1 + (\lambda z / \pi \omega_0^2)^2} \\ \omega'_0 = \lambda f_1 / \pi \omega \\ \omega''_0 = \lambda f_2 / \pi \omega'_0 \\ M = f_2 / f_1 \end{cases} \quad (1)$$

式中: ω_0 为激光器谐振腔内高斯光束的光腰半径, ω_s 为激光器谐振腔发出的光束的任意位置的光束半径, ω'_0 为倒置望远镜中的光腰半径, ω''_0 为扩束准直的光腰半径, M 为倒置望远镜的放大倍数, f_1 为目镜焦距, $f_1 = 5\text{mm}$, f_2 为物镜焦距, $f_2 = 122\text{mm}$ 。

2.2 铅直定位

如图2所示,是焊枪铅直定位系统原理图

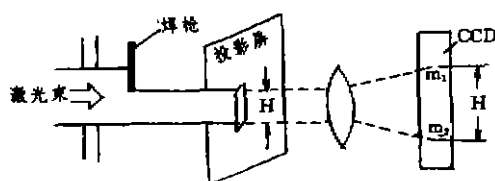


图2 焊枪铅直定位系统原理图

将一束激光束经扩束准直后,通过两个狭缝变成矩形平行光束,由于焊接时的焊枪的遮挡,在一个透明屏上得到焊枪端点的投影像。

设这个投影像的高度为 H ,此投影又经过成像透镜 L ,成像到线阵 CCD 上,则在 CCD 上被照亮的高度 H' 是:

$$H' = (m_2 - m_1)a \quad (2)$$

式中: m_2 、 m_1 分别是 CCD 被照亮的下、上边缘光敏元序号, a 是相邻光敏元的间隔。

设成像透镜 L 的放大率为 β ,则焊枪到焊口的实际高度,即透射出光束的高度为:

$$H = H' / \beta = (m_2 - m_1)a / \beta \quad (3)$$

2.3 水平位移确定

水平位移采用如图3所示的桥式电路确定,其 AB 段为电阻率均匀的电阻丝。

当桥路平衡时,微安表中没有电流通过。当触点 G 远离平衡点移动时,设移动 X 距离

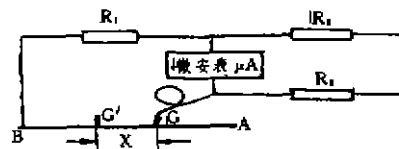


图3 焊枪水平定位原理图

时则微安表中有电流通过,电流 I 与位移 X 存在一定的函数关系,即:

$$X = X(I) \quad (4)$$

该函数关系通过曲线拟合方法确定。

对于测定的一组数据 (I_i, X_i) , $(i=0, 1, 2, \dots, M)$ 可以采用 N 阶回归分析法确定一个拟合函数 $X(I)$,将 $X(I)$ 展开为 I 的 N 阶常数系数多项式,即:

$$\begin{aligned} X(I) &= a_0 + a_1 I + a_2 I^2 + \dots + a_N I^N \\ &= \sum_{j=0}^N a_j I^j \quad (N \leq M) \end{aligned} \quad (5)$$

$X(I)$ 能否与实验值 X_i 有良好的拟合,要求在节点 I_i 处回归值 $X(I_i)$ 与实验值 X_i 的偏差

$$\Delta X_i = X(I_i) - X_i \quad (6)$$

的平方和取极小值。 ΔX_i 的平方和为

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^N \Delta X_i^2 &= \sum_{i=0}^N [X(I_i) - X_i]^2 \\ &= \sum_{i=0}^N \left[\left(\sum_{j=0}^N a_j I_i^j \right) - X_i \right]^2 \\ A &= (a_0, a_1, a_2, \dots, a_N) \end{aligned}$$

选择 a_k ($k=0, 1, 2, \dots, N$),使偏差平方和取极小值。 a_k 应满足下列 N 个方程。

$$\begin{aligned} \frac{\partial A}{\partial a_k} &= 2 \sum_{i=0}^N \left[\left(\sum_{j=0}^N a_j I_i^j \right) - X_i \right] I_i^k = 0 \quad \text{或写成} \\ \sum_{i=0}^N a_j \left(\sum_{k=0}^N I_i^{j+k} \right) &= \sum_{i=0}^N X_i I_i^k \quad (7) \\ k &= 0, 1, 2, \dots, N \end{aligned}$$

引入符号:

$$\begin{cases} S_k = \sum_{i=0}^M I_i^k \\ T_k = \sum_{i=0}^M X_i I_i^k \end{cases} \quad (8)$$

则(7)式化为:

$$\sum_{j=0}^N a_j S_{j+k} = T_k \quad (9) \quad k=0, 1, 2, \dots, N$$

3 检测系统

如图3所示,检测系统由激光光学成像系统,CCD 测量焊枪铅直定位系统,桥式电路测量焊枪水平定位系统,和微机处理系统组成。

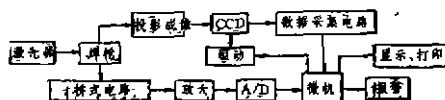


图4 检测系统框图

由腔长为450mm的2mW He-Ne 激光器发出光束($\lambda=6328\text{Å}$)经扩束准直和光阑限制后,成为20mm×5mm的矩形平行光束。操作时,焊枪沿光束移动,由于焊枪的遮光作用,出射的光束高度,即为焊枪到焊口的高度。在投影屏上得到焊枪端点的投影像,又经过2倍成像物镜,成像到CCD上。

本系统采用线阵CCD,光敏元数为2048个,光敏元间隔为14 μm ,由于投影像被2倍放大,所以,影像的高度定位精度达到7 μm ,即焊枪铅直定位精度达到7 μm 。

将焊枪与桥式电路上触点G相连,焊枪与触点,连接要保证焊枪三维运动的不受约束。由于触点沿电阻丝移动,将导致桥路中微安表中的电流 $I(k)$ 变化,经放大和A/D转换后,送入微机中进行数据处理,以确定出相应于电流的水平位移 $X(I)$,并贮存在计算机中。

微机通过数据采集电路,定时采集CCD存贮的铅直高度信息,得一组H与X的数

据,并在计算机屏幕上实时描绘出H~X曲线,此曲线即为焊接操作过程中,焊枪端点移动的轨迹曲线。操作过程中由微机控制报警器,当操作者的焊枪高度超过规定容限或偏离激光束时,及时报警提示。

4 实际应用

将所设计的系统应用于现场焊接员模拟培训,实现了通过计算机屏幕上曲线的显示,来评定焊接员操作水平的高低,实现了对焊接员的非标准操作的实时监督。

实用表明:该系统能够实时显示操作者的工作状态,即显示H~X曲线,如图5所示,将该系统用于培训焊接员操作,能实时了解操作中存在的问题,从而大大缩短培训时间。

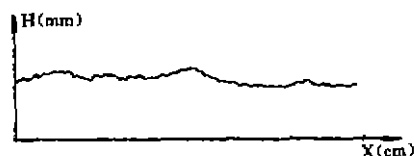


图5 模拟焊接操作时焊枪端点轨迹曲线

参 考 文 献

- [1] 孙学珠等. 高精度CCD尺寸自动检测系统的光学系统设计 光学技术 No. 5 1995 pp 4~6

激光化学探测器进行飞行试验 TNZ - P

美国空 KC-135E Argus 电光测试台已安装,1996年秋季对两种激光化学战剂探测装置进行飞行试验,探测距离约达100km。

第一个能源部支持的激光测距计划,旨在无发散光束的机载光雷达实验,利用现有设备和技术从飞机探测机载化学剂。在这种

光雷达设备中,陆军提供捷频激光器,Los Alamos 国家实验室建造接收机和数据采集/记录系统。Phillips 公司承担在 Argus 飞机上安装设备的任务,并完成飞行试验。

(戎瑞提供)