

微机控制窄间隙熔化极脉冲 氩弧焊焊缝自动跟踪系统

陆依成讲师 陈建江硕士
王震激教授 钱聚瑛副教授 朱余荣工程师

(西安 西北工业大学)

摘 要

从小直径厚壁钢管窄间隙熔化极脉冲氩弧焊的生产实际出发,设计了一种以窄间隙坡口棱边为轨迹的新型跟踪传感器——光电数字传感器。该传感器利用坡口棱边效应,将间隙中光源发出的连续光信号离散成数字形式的光信号,从而能定量给出偏移量的大小,具有跟踪精度高、占用焊缝周围空间小、电路简单、抗干扰能力强等特点。采用这种新型的光电数字传感器,配以单板计算机为主体组成实时跟踪控制系统,并使跟踪与焊枪摆动一体化,有效地实现了对小直径厚壁钢管窄间隙焊的高精度焊缝跟踪和保证良好的侧壁熔合。

wei han gen
主题词 微机 焊接 跟踪

0 序 言

在厚板、超厚板焊接领域中采用窄间隙焊,由于具有许多突出的优点,近十几年来已引起国内外焊接界的高度重视。但窄间隙焊采用的坡口间隙窄而深,给焊接质量控制带来了一定的困难,其主要问题之一是:如果侧壁熔合不良,将会影响到焊接接头的机械性能,特别是疲劳和冷冲击性能。为此,人们做了大量的试验研究工作,如采用摆动焊丝、焊枪或电弧,优化焊接规范参数选择等,虽然都有利于改善侧壁熔合,但是大量的资料介绍表明,焊接过程出现焊丝不对中是导致产生侧壁熔合不良的主要原因。因此,在窄间隙焊时如何实现可靠的焊缝跟踪,是保证获得高质量焊缝的一个十分重要的问题。

目前,焊缝自动跟踪系统中用得较多的是机械跟踪、电磁跟踪、光电跟踪等方法。各种方法都有各自的优点和相应的适用对象,除了各自本身存在的局限性不利于对小直径厚壁钢管的窄间隙焊实现高精度跟踪外,还都具有下面的共同问题:

(1)跟踪中所用的传感器都只能定性检测出焊缝偏移方向,而不能准确地检测出偏移量的大小。因此,可认为这些传感器均属于定性的,这样就易造成因纠偏不足时不能及时反映跟踪欠调或在超调时产生系统振荡。

(2)传感器最终输出的信号是模拟信号,抗干扰能力较弱。由于焊接过程各种电磁干扰较大,从而往往影响实际的跟踪精度,使低于传感器的灵敏度。此外,用计算机进行控制时,必需通过模数转换才能实现与计算机相联接,增加了控制系统的复杂性。

由此看出:若能设计一种可定量检测偏移量的数字传感器将为精确跟踪开辟一条新路。本文的主要工作就是研制这样的传感器,并用微机进行控制,使在跟踪的同时实现焊枪摆动,从而有效地解决窄间隙焊的侧壁熔合问题。

1 光电数字传感器

焊缝跟踪技术的发展,在某种意义上说是取决于传感器的发展。作者从工作可靠、精度高、电路简单、抗干扰能力等要求出发,结合小直径(内径50mm左右)厚壁($\geq 50\text{mm}$)钢管的窄间隙焊实际情况,设计了一种光电数字传感器,其工作原理如图1所示。

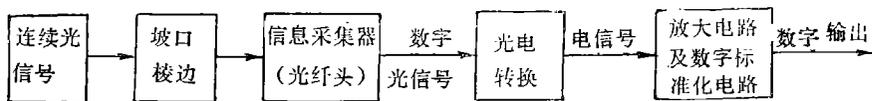


图1 光电数字传感器工作原理图

传感器由光导纤维及数字标准化电路两大部分组成。光纤的头部——信息采集器,用于采集、离散信号;光纤的其余部分用于传导光信号,这样可使电路部分远离焊接区域。用光纤传导,不仅使传感器占用焊接区域空间小,有利于在空间窄小情况下的焊缝跟踪,而且能有效地抵抗焊接区域内存在的电、磁干扰,增强了抗干扰能力。

每个信息采集器由若干层相同厚度的光纤薄层组成,每层后部扎成束与光敏元件(如光电池)及相应电路相联接。当信息采集器置于坡口侧壁棱边上时,由于棱边作用,位于坡口间隙内的光纤层接受间隙中光源的光照(图2),使相对应的光电池产生相应的输出电压,经放大电路放大并标准化后输出给计算机以相适应的标准“1”电平。而那些被棱边遮挡住的光纤层,由于不受光照,则对应输出为“0”。很显然,输出结果只可能有“0”和“1”两种状态,形成了数字化结果。这就是说,利用坡口侧壁棱边的作用,信息采集器将光信号离散成了数字化光信号。由以上分析可知,传感器输出为“1”的个数就表示处于坡口中的光纤层数,它准确地反映出信息采集器与坡

口侧壁棱边的相对位置,通过检测的结果用以控制焊丝在坡口中的位置,从而实现焊缝自动跟踪。

显然,传感器的精度直接取决于每层光纤的厚度,每层厚度越小,则灵敏度越高,而从实际使用要求出发,本传感器选定每层光纤厚度为0.2mm。这样,单个采集器的精度就是0.2mm,已能满足焊缝跟踪的需要。

信息采集器取得的光信号经过光电池转换成数字电信号,无需进行模数转换。当光源的光强足够时,光纤层受光照是否会造成在光电池输出的电信号上产生很大差别,通常可达10倍。这样,放大电路不必考虑电路的零漂、线性性等问题,电路简单,仅需进行简单的放大并转换成能与计算机相联的标准化电平即可。并且由于“0”、“1”信号差大,大大地提高了抗干扰能力。因此,这种传感器具有以下特点:

- (1) 能定量检测出焊缝的偏移量,跟踪时随动性好,不会产生欠调或振荡。
- (2) 精度高。传感器精度为0.2mm。
- (3) 抗干扰能力强。这是因为数字信号较模拟信号抗干扰能力强得多,并且采用光纤传输信号,不受焊缝附近的强电磁干扰影响,这对保证精度及稳定可靠性提供了良好的基础。
- (4) 由于是数字信号,放大电路简单,无需模数转换,这样既简化了接口电路,又有利于提高采样速度。
- (5) 由于采用光导纤维传输信号,仅需将体积较小的信息采集器置于焊缝附近,这对于空间窄小情况下的焊缝跟踪较为有利。

2 系统工作原理

为了有效地解决窄间隙焊的侧壁熔合问题,最好的方案是同时实现焊枪摆动和跟踪。若将摆动和跟踪合用一套机构,则会使机械装置大为简化,节省占用空间。因此,在本研究工作中为了保证高精度跟踪并实现跟踪与摆动一体化,选用了步进电机,并由TP801单板机进行数据处理和实时控制。这样,整个系统如图3所示,各部分工作原理如下:

2.1 信息采集

若仅用一个信息采集器采集信息,虽能检测出沿缝各点的轴向位移,但这样的跟踪仅能保证焊枪离所采样的侧壁距离保持不变,而不能保证焊枪位于坡口正中。由于在焊

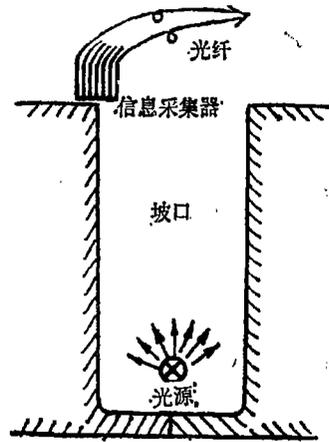


图2 信息采集的示意图

接过程中（特别是开始焊接的第一、二层内）间隙宽度会在热应力作用下发生变化；此外，安装工件时也难于使间隙宽度沿径向均匀分布，这样就会因为这些问题而影响跟踪精度，甚至造成跟踪失效。要解决这些问题，有效的办法是采用两个信息采集器对称置于坡口两侧，从而保证焊丝始终处于坡口正中。其对中过程如下：起始时，在微机控制下使两信息采集器自动调整到对称状态（图3），假定此时每个信息采集器均有 n_0 层光纤接受光照，则输出状态为

$$\begin{array}{ccc} 0 \cdots \cdots 0 & 1 \cdots \cdots 1 & 1 \cdots \cdots 1 & 0 \cdots \cdots 0 \\ & \underline{\quad n_0 \quad} & \underline{\quad n_0 \quad} & \end{array}$$

在此后的焊接过程中，焊缝（或坡口）相对于信息采集器向右偏移了0.2mm，则状态就变为

$$\begin{array}{ccc} 0 \cdots \cdots 0 & 1 \cdots \cdots 1 & 1 \cdots \cdots 1 & 0 \cdots \cdots 0 \\ & \underline{\quad n_0 - 1 \quad} & \underline{\quad n_0 + 1 \quad} & \end{array}$$

该状态表明产生了数字偏差信号，亦即坡口相对于信息采集器出现了轴向位移。很显然，左、右两信息采集器输出的为“1”个数之差正比于坡口相对于信息采集器的偏移量。在此，信息采集器相对左移0.2mm，对应的为“1”的个数之差是

$$\Delta N = (n_0 + 1) - (n_0 - 1) = 2$$

即产生了2个数字之差。反过来可推算得偏移量（ δ ）

$$\delta = (n_R - n_L) \times 0.1 \text{ (mm)}$$

式中 n_L 、 n_R 分别代表左、右信息采集器输出“1”的个数，而偏移量正或负则代表相对的偏移方向。上述表达式表明一个数字量对应0.1mm相对位移，亦即两个信息采集器合用时，其检测精度比采用单个信息采集器提高1倍（为0.1mm）。这样的精度优于目前常用的其他跟踪传感器，为高精度跟踪提供了可能。

此外，由于采用步进电机，其转过的角度（即运行步数）唯一取决于所给的脉冲个数。因此在传感器检测并由计算机算出偏移量后，只需给定一次脉冲个数，便可使信息采集器回到对称状态，随动性好，不易出现失调或振荡。

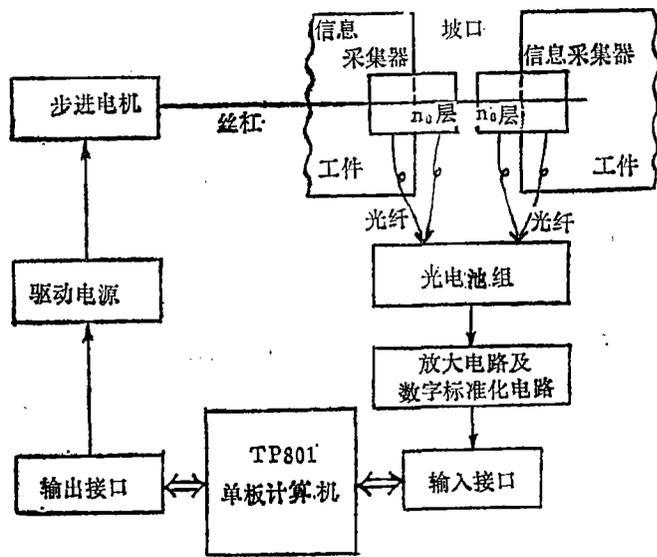


图3 系统工作原理图

2.2 延时

由于空间限制,信息采集器与焊枪不能安装在同一径向位置。因此,准确跟踪还必须延时。由于采用计算机控制,借助于硬、软件相结合的方法可较为方便地实现延时。计算机将检测到的偏移信息(方向和偏移量)为依据,在驱动两信息采集器作相应调整的同时,将该信息贮入内存进行保存,此时焊枪不作与此对应的调整,直到信息采集器采样时的位置移动到焊丝所处的位置时,再将内存中的数据取出以驱动焊枪作相应的调整。其间的延时时间由硬件测取焊接速度来保证。

2.3 摆动与对中

在焊接过程中若不需要纠偏,则拖动焊枪的电机在计算机的硬、软件控制下交替进行正、反转,以驱动焊枪摆动,其摆动频率和摆幅可由软件方便地调节。

当焊枪需作对中调整时,计算机将对应单元的偏移信息取出并发出纠偏指令,使焊枪在摆动过程中插入一调整量。调整结束后,焊枪自动恢复摆动,但摆动中心已由 O^* 点移到 O 点。调整过程如图4所示。

2.4 记忆跟踪

随着已焊层数的不断增加,光源离信息采集器的距离变近,坡口作用减弱,但由于窄间隙焊是多层循环焊接,当焊接到一定层数后,实际检测表明其间隙宽度和沿缝各点的轴向位移量不再发生变化。因而在随后的焊接过程中,只需按先前测定的焊枪移动轨迹运动,就能实现跟踪。在本系统中由于采用计算机控制,借助于计算机的记忆能力可方便地实现这种记忆跟踪,从而解决了最后几层的跟踪问题。

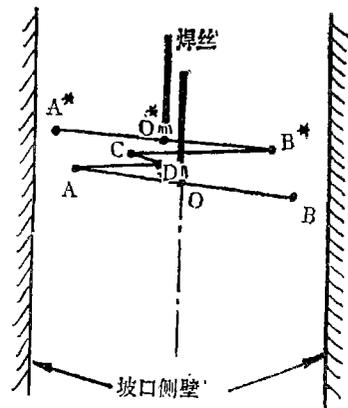
3 系统功能及试验结果

本系统各部分在计算机控制下协调工作,具有下列主要功能:

(1) 有进行数据采样跟踪和数据记忆跟踪两种功能,各自的跟踪层数可由操作者给定。

(2) 能显示、记忆焊接层数和过程中两信息采集器各自为“1”的个数,从而显示和记忆跟踪的动态过程。

(3) 能够根据各层不同的焊接速度确定延时时间及相应的采样频率。



$OA = O^*A^*$ 为摆幅
 CD 为插入的调整量
 $B^*C + DA = A^*L^* = AL$

图4 摆动、对中调节示意图

(4) 焊接过程中因其他原因暂停焊接过程时,能自动处于停机等待状态,并显示整个焊接的停机次数。当暂停结束又继续焊接时,能自动恢复继续跟踪,从而保证了跟踪与焊接的协调和延时的准确性。

本系统经过现场使用考核和部级鉴定表明:整个系统操作、使用方便,跟踪精度高。图5显示出焊接小直径厚壁钢管第一层焊道的跟踪轨迹,其灵敏度和反应速度等均能满足焊缝跟踪的要求。

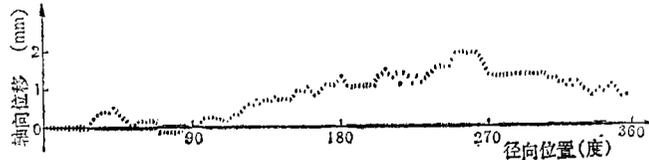


图5 焊接小直径厚壁钢管的第一层焊道的跟踪动态轨迹

此外,整个系统仅需稍作修改便可应用于具有对接缝焊接的焊缝自动跟踪场合,有较好的推广应用价值。

4 结 论

本工作所研制的光电数字传感器,能定量检测出小直径厚壁钢管窄间隙焊过程的焊缝偏移量,具有精度高,抗干扰能力强,占用空间小等优点,为焊缝自动跟踪开辟了一条新路。配以微型计算机控制,整个系统既能进行数据采样跟踪,又能进行数据记忆跟踪,并可实现焊枪摆动与跟踪一体化。经过生产现场使用,达到了有效的实现焊缝自动跟踪和改善窄间隙焊焊缝侧壁熔合的目的。

本系统可望在其他对接形式的焊缝跟踪中推广应用。

(1989年1月18日收到初稿)

参 考 文 献

- 1 钱聚瑛等. 小直径超厚壁管窄间隙焊接工艺的研究. 第五届全国焊接学术会议论文选集(第四集), 1986.
- 2 P-M Gonseth and P Blance. Optiguide—A New Optical Joint Tracking Device. Welding Journal, 1983 (9)
- 3 潘际銮等. 焊缝棱边双向激光自动跟踪系统的研究. 焊接学报, 1984 (2)
- 4 李积荣等. 光电检测原理及应用. 国防工业出版社, 1985.
- 5 周明德. 微型计算机硬件软件及其应用. 清华大学出版社, 1984.

MICROCOMPUTER WELD JOINT TRACKING CONTROL IN
NARROW GAP WITH PC-MIG WELDING

*Lecturer Lu Yicheng, Master Chen Jianjiang,
Professor Wang Zhencheng, Associate Professor Qian Juying,
Engineer Zhu Yurong*

(Northwestern Polytechnical University)

Abstract

In order to get a sound weld in narrow gap welding, a new tracking sensor, the photoelectrical digit sensor, has been developed. This sensor has the advantages of high controlling accuracy, less space taking up, simply constructed circuit and powerful anti-interference. With the help of the edge effect of I-groove, the sensor can convert the continuous photosignal into digit signal and get the deviation of welding torch quantitatively. By combining the new sensor with a microcomputer as the main body, a real-time tracking control system can be made. This system effectively ensures high accuracy tracking and complete sidewall fusion in narrow gap welding.

Key words Microcomputer Welding tracking