

500kW 预热闪光焊机微机控制系统

王治平¹, 唐 青², 王克争²

(1.北京友和创业科技发展有限公司,北京 100086;2.清华大学,北京 100084)

摘 要: 介绍了大型预热闪光焊机微机控制系统的组成及控制过程的实现。该系统采用了微机控制方法代替了传统的 PLC 控制方法。在该系统中大功率晶闸管的控制是通过计算机和网压补偿的方法实现。而焊接过程的保护、晶闸管单管导通保护、焊机外特性的控制等是通过电流和电压反馈的方式完成。在连续闪光过程控制时采用了比例阀实现了对闪光曲线的控制,而且该控制方法有利于在焊接新焊件时的工艺调试。在控制过程中的参量采集均通过光电隔离,避免了大功率焊机在焊接过程中的电磁干扰对控制系统的影响。该控制系统很好地完成了对该大功率焊机焊接过程的控制和保护。

关键词: 大功率;预热闪光焊;控制系统

中图分类号: TG439.4 文献标识码: A 文章编号: 0253-360X(2001)02-79-04

王治平

0 序 言

闪光焊微机控制系统的主要功能是按制定的工艺流程来控制焊接过程的自动进行,同时希望系统能够监测并记录焊接过程主要参数、有故障诊断与处理功能。鉴于微机系统有很强的诊断与分析计算功能,对焊接过程中出现的各种问题能够做到及时发现与处理,并且控制比较灵活,很容易设置和修改焊接参数,人机界面良好。以往的参数记录装置记录焊接参数时,对不同的工件不能自动编写工件号,需要人工编号。采用微机系统,可以对工件进行自动编号,还可以实现参数记录无纸化,即将焊接参数存储到磁盘中,同时焊后分析处理数据也非常方便。

在以往国内外的闪光焊机中采用的一般是 PLC 为主的控制方式^[1],此车轴轴头闪光焊机采用以工控机为主体组成的微机控制系统,具有一定的创新意义。

1 微机控制系统

在该焊机系统中,全部的工艺控制过程均由计算机控制完成,整个系统配置包括 AWS-860 一体化工控机、A/D 采样板、I/O 开关量输入输出板、D/A 转换板、三笔记录仪以及键盘、显示器等其它外围设备。根据工艺控制流程要求,设计了如图 1 所示的控制系统。

设计的微机控制系统具有以下几种功能。

(1)对车轴预热闪光焊的焊接工艺过程进行过

程控制。由微机发出控制信号,控制焊接过程从闪平→预热→闪光→顶锻→热处理→焊接结束→复位,自动进行,实现整个焊接过程的程序控制。

(2)控制焊接规范。系统通过 D/A 转换给出一个控制电平 U_g ,改变 U_g 的大小可以改变晶闸管触发角 α 的大小,从而控制焊机输出电压的大小,达到控制焊接规范的目的。

(3)焊接监测功能。对焊接过程中的重要参数,如电流 I 、动夹具(工件)位移 S 、以及顶锻压力 P 等进行实时检测和用记录仪记录参数曲线,同时将数据存入磁盘,为焊接过程控制提供必要的数据,同时也为焊后焊接质量分析提供必要的记录。

(4)故障诊断与处理功能。对焊接过程中可能出现的各种故障信息进行监测,一旦出现故障,及时诊断与处理,保障闪光焊机的设备安全与焊接过程的正常顺利进行。

控制系统中,需要对焊接电流、焊接压力以及工件位移等参数进行检测,根据检测的结果,进行过程控制,这就需要采用相应的传感器对上述参数进行测量,本方案中电流采用 LEM 电流传感器进行测量,位移采用位移传感器进行测量。本闪光焊机位移测量的范围比较大,为 0~50mm,所以采用差动变压器式位移传感器(LVDT)进行位移测量,LVDT 的行程大、线性度好、精度比较高,使用也比较方便。

2 控制系统功能的实现

在图1中列出了微机控制系统各部分的主要功

能 ,由数据采集 A/D、焊接过程控制 I/O、晶闸管触发 D/A 及 I/O、故障检测 I/O、数据记录 I/O、焊接开始与结束 I/O 等 ,控制过程中的难点是在焊接过程中有许多焊接阶段是以 0.1s 的数量级进行的 ,这就要求数据的采集、晶闸管的触发、液压阀的送进等必须具有很好的实时性和抗干扰性 ,以下是一些参数的实现方法。

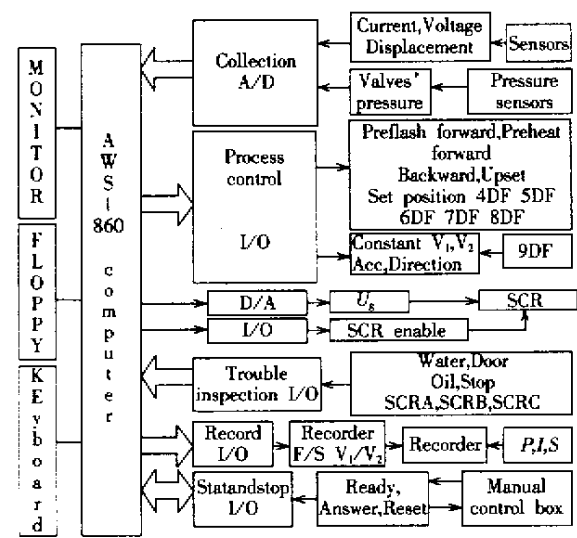


图 1 车轴轴头闪光焊机微机控制系统组成

Fig.1 Computer control system of the welding machine

2.1 数据采集 A/D

数据采集 A/D 包括电流、位移、次级电压及油缸压力等。用来对焊接过程进行控制、监视及焊接参数的记录。

2.1.1 电流

由于该焊机的功率为 500kW ,次级电流约为几万安培 ,单相初级电流也有数百安 ,一方面要保证系统的安全^[2] ,另一方面也要有合适的测量方法 ,以实现保护电路及外特性的反馈控制。采用电流控制方式及实现晶闸管保护是该焊机解决较好的难点之一。

焊接电流的测量是在变压器的初级用 LEM 电流传感器 ,对三相初级电流进行采集 ,经过三相半波整流、滤波 ,然后获得反馈电流 I_f ,用于焊机恒流外特性的控制及三笔记录仪的电流记录信号。最后将其折算成次级电流 ,用于焊接过程控制。

在传感器的应用中最为关键的是取样电阻的选择 ,太大和太小的值会影响测量的范围与精度。该系统所选用的 LEM 电流传感器 ,它的内阻为 40Ω ,取样电阻的选择过程如下所述^[3]。在此之前 ,首先研究一下晶闸管中可能容许通过的最大电流值。

在晶闸管保护电路中 ,有一个单管导通过流保护电路 ,它采用峰值电流过流保护的方法 ,即一旦流

过晶闸管的电流的峰值超过限定值时 ,即采取保护动作。由 LEM 电流传感器检测变压器的相电流 ,获得的信号电流为 I_f ,将 I_f 与设定的阈值电流 $\pm I_{th}$ 相比较。正常时 ,Q 端输出为低电平 ,一旦 I_f 的绝对值超过 I_{th} 的绝对值时 ,则 Q 端输出跳变为高电平 ,发出保护脉冲信号 ,在此保护脉冲的作用下 ,晶闸管触发被切断 ,实现保护功能。

在该焊机设计中 ,将 I_{th} 定为 1700A ,如果晶闸管中流过的电流按正弦波来计算 ,则在不发生保护的前提下 ,晶闸管组件中流过的电流有效值最大为

$$I = \frac{1700}{\sqrt{2}} = 1202$$

此时 ,每只晶闸管流过的电流的平均值 I'_{AV} 为 :

$$I'_{AV} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi 1700 \sin \omega t d(\omega t) = 541$$

此时 ,可以达到的输出功率 P' 为

$$P' = 3 U_1 \cdot I' = 3 \times 220 \times 1202 = 790 \text{ (kW)}$$

在本焊机电路中 ,晶闸管上的电流波形近似为矩形波 ,在一个周期内 ,每只晶闸管导通三分之一的时间。如果按矩形波来计算 ,则上述的两个值 I'_{AV} 和 P' 分别为

$$I'_{AV} = \frac{1700}{3} = 567$$

$$P' = \sqrt{\frac{2}{3}} \times 1700 \times 220 \times 3 = 916 \text{ (kW)}$$

焊机中实际选用的是 800A 的晶闸管 ,从上面的计算可以看出 ,将保护阈值定为 1700A ,既可以保护晶闸管的安全 ,同时又可以允许有较大的功率输出。

这样 ,为了能真实地反映 1700A 的电流峰值就要选择合适的测量电阻 ,否则会给测量带来很大的误差。

LEM 的初次级线圈匝数比为 1 : 5000 ,对于 1700A 的 I_P ,则 $I_S = 1700A / 5000 = 0.34A$,所以 ,最大的测量电阻可以由下式计算

$$R_m = (V - V_{cesat} - R_i I_S) / I_S \quad (1)$$

式中 : V 为传感器电源电压 ; V_{cesat} 为传感器最后一级大功率管的饱和压降为 0.5V , R_i 为传感器的内阻为 40Ω。将以上的数值代入式(1) ,得 $R_m = 2.6\Omega$,所以在实际中取该电阻值为 2Ω。

将该电阻上的电压经过放大后 ,进行整流滤波 ,然后参与焊机控制及晶闸管保护过程 ,同时该控制系统也解决了控制过程具有很强的实时性的问题。

同时 ,在焊接过程中所采用的电流反馈防止短路的方法 ,既能保证送进速度维持较高又能适用于不同的端面状况。该过程可以用如图 2 所示的控制框图表示。

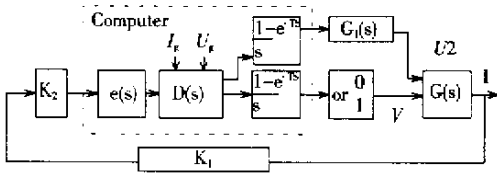


图 2 电流反馈闭环控制原理

Fig.2 Current feedback control

2.1.2 次级电压与油缸压力

次级电压的采集较为方便,在变压器的次级直接采集,输入光电隔离器 ADAM-3012,然后输入计算机的 A/D 采集板。

油缸的压力可由压力传感器从油缸获得,同样输入光电隔离器 ADAM-3012,然后输入计算机的 A/D 采集板。同时其它参数的采集和输出也均采用光电隔离,采用光电隔离避免了大功率焊机在焊接过程中的电磁干扰对控制系统影响。

2.2 焊接过程控制 I/O

焊接过程控制 I/O 的主要功能是在焊接过程中根据工艺要求,在不同的时刻控制液压系统各液压阀的通断,从而实现工件的夹紧、定位及工艺要求的工艺曲线。

该焊机控制系统中闪光送进选用了比例方向阀,是一个三位四通阀。它的输出流量与输入信号的大小成比例,同时还可以控制液压油的流向。通过微机给定大小不同的输入信号,即可以控制流过阀的液压油的流量,从而达到控制闪光过程中动夹具(工件)送进速度的目的,改变给定信号的极性,即可改变动夹具(工件)的运动方向。

没有输入信号时,阀芯靠复位弹簧的作用保持在中间位置。当有信号输入时,比例电磁铁产生与输入信号成比例的电磁力,带动阀芯移动,使 V 形槽打开,阀中流过相应流量的液压油,调整输入信号的大小,即可调整阀芯的位移量,从而调节液体流量。信号的极性可实现方向控制。该阀为了准确地控制流量,即准确地控制阀芯的位移,采用了阀芯位置闭环反馈系统。

采用比例阀是该焊机控制系统的又一特色。在闪光焊过程中由于有一个连续闪光的过程,而该过程的成败决定了焊接质量的高低。连续闪光曲线根据焊件及焊接工艺的不同有很多不同的数学表达式,比例阀则可以根据输入信号的变化实现这一目标。体现了计算机控制的优越性,也适应了该焊机要求焊接其它规格焊件的要求。

2.3 晶闸管触发角控制 D/A、I/O

在车轴轴头闪光焊接中,不同的工艺阶段所需的焊接规范不同,为了获得优质的焊接接头,需要对

焊接规范进行调节。晶闸管触发角的控制信号是通过计算机给定的,它可以方便地调节焊接规范。如图 3 所示,在不同的给定电压 U_g 下,电压 U_k 的高低进行相应变化^[4],通过晶闸管的触发电路对触发脉冲进行移相,从而改变晶闸管的触发角 α ,实现输出功率的无级调节。 U_g 通过计算机 D/A 给出。

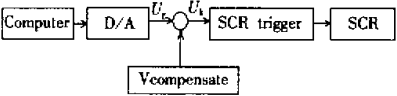


图 3 主电路的功率调节

Fig.3 Power adjust of the main circuit

在自动焊接过程中,存在着主电路通电、断电交替进行的过程。所有这些通断电操作都是靠接通或切断晶闸管的触发,使晶闸管接通或关断主电路来实现的。在微机控制系统中采用一个晶闸管触发能使信号 Enable 来实现上述功能,Enable 由计算机 I/O 给出。当 Enable 为低电平时,触发电路无触发脉冲输出,晶闸管关断;Enable 为高电平时,晶闸管被触发开通,主电路接通。

2.4 故障信息检测 I/O

在焊接过程中,需要及时对可能出现的故障进行监测,一旦出现故障,及时进行诊断与处理。本系统对冷却水水流开关、控制柜柜门开关、油温及油路阻塞、晶闸管单管导通等信号进行监测,出现问题后,及时采取停机、报警等措施。这些信息由 I/O 板输入给计算机,由计算机对它们进行监测。遇到紧急情况时立即由相应的 I/O 口输出处理信号。可能出现的故障及采取的措施如表 1 所示。

表 1 故障信息处理

Table 1 Faults info processing

Faults	Action
Water current	Stop and alarm
Door	Stop and alarm
Oil temperature and stuff	Stop and alarm
SCR A phase failure	Confirm and alarm
SCR B phase failure	Confirm and alarm
SCR C phase failure	Confirm and alarm
Fixed draw < 50bar	Stop and alarm
Moving draw < 50bar	Stop and alarm

3 结 论

(1) 本文确定了以工控机为主体的微机控制系统,确定了检测位移、电流及压力等参数的传感器及相应检测方法。

(2) 电流反馈系统及相关的控制保护措施能对焊接过程进行合理有序的控制。

(3) 比例阀控制方法使闪光焊接连续闪光得到了有效的控制。

(4) 该焊机的大功率晶闸管功率调节系统能够有效而可靠地调节焊机的输出功率。

参考文献：

[1] JOSSE P. Development of programmable process controllers for res -

istance welding[J]. Welding in the World, 1986, 24(4): 59 ~ 61.

[2] 李英林, 岳维亮. 电阻焊机中晶闸管的失控问题及对策[J]. 焊

接技术, 1992(4): 25 ~ 27.

[3] 王治平. 500kVA 次级整流式闪光焊接及工艺实验的研究[D]. 北京: 清华大学, 1998.

[4] 杨世彦, 等. ZP5 型弧焊电源的网络补偿[J]. 焊接, 1996(1): 32 ~ 33.

作者简介： 王治平, 男, 1972 年 11 月出生, 硕士学位。参加研究开发出计算机控制 500kVA 车轴轴头闪光焊机, 该项目被教育部鉴定为“部分达到国际领先, 总体达到国际先进水平”。发表论文数篇。

(编辑 闫秀荣)