

文章编号:1000-582X(2004)03-0013-03

# 装载机动臂组合焊接变形的控制\*

许先果<sup>1</sup>, 毕永泗<sup>1</sup>, 王昕<sup>2</sup>

(1. 重庆大学机械工程学院, 重庆 400030; 2. 柳州工程机械股份有限公司 技术部, 广西 柳州 545007)

**摘要:**针对装载机动臂组合焊接生产中动臂板焊后所存在的角变形和扭曲变形,从理论和施焊现场工艺方面分析了动臂组合产生变形的原因,并通过对动臂组合焊接方法的正确选择、焊接顺序和焊接规范的优化设计,有效地解决了动臂组合焊接变形的问题。

**关键词:**贴角焊缝; 变形; 分段退焊

**中图分类号:** TC457.1

**文献标识码:** A

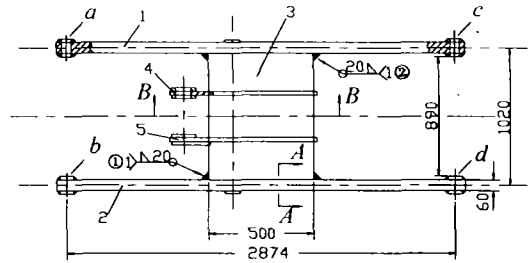
装载机动臂组合(装载机型号为ZL50C)是由两块动臂板及椭圆筒形横梁焊接而成,它是装载机工作装置中的关键支撑和主要受力结构,在工作过程中除承受较大的静工作载荷外还要承受一定的冲击载荷。但是,动臂组合经多道连续焊接后,受焊接应力的影响,一方面动臂板出现一定程度的扭曲变形,另一方面动臂板两端出现翘曲变形并往内收缩的变形,结果直接影响动臂的后续加工装配以及产品的使用。作者针对生产现场ZL50C型装载机动臂组合焊后所出现的焊接变形类型,结合现场焊前组装、点固焊接工艺具体地分析了焊接变形产生的原因,提出了对动臂组合焊前和对动臂组合焊前、焊接方法和焊接顺序的合理选择、优化打底焊、填充和盖面焊焊接工艺参数等方面所采取的措施,并且通过具体的试验验证和应用于产品的生产现场,有效地解决了动臂组合焊接变形过大,特别是动臂板扭曲变形的问题,达到了产品焊接的技术要求<sup>[1]</sup>。

## 1 动臂组合结构及其焊接特点

### 1.1 动臂组合的结构特点

装载机动臂组合的结构简图如图1所示。分析图1所示的装载机动臂组合结构简图:*a*、*b*、*c*、*d*是两动臂板的装配孔,中间部件是连接上下动臂板的椭圆筒,两动臂板及动臂圆筒使用的材质均为16Mn,动臂的装配孔*ac*、*bd*间距均为2 874 mm,动臂板厚为60 mm,动臂

圆筒长为960 mm,厚度为20 mm,横向最大尺寸为500 mm。具体尺寸标注于图1。



1 上动臂板 2 下动臂板 3 动臂圆筒  
4 横梁 I 5 横梁 II

图1 装载机动臂组合结构简图

### 1.2 动臂组合焊接技术要求

1) 动臂板与动臂圆筒贴角焊缝的焊角高度  $\geq 20$  mm,焊角45°处的余高为1~2 mm。

2) *a*、*b*孔的同心度和*c*、*d*孔的同心度分别  $\leq \pm 2$  mm。

3) *a*、*b*、*c*、*d* 4孔对其构成的平面的扭曲变形应量  $\leq \pm 2$  mm;*ab*、*cd*孔内收缩变形应量  $\leq \pm 8$  mm。

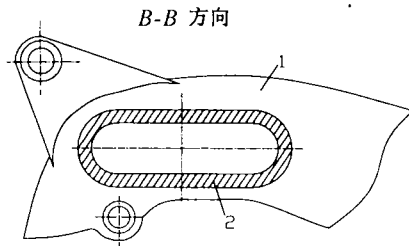
### 1.3 动臂组合的焊接特点

动臂组合的材质是低合金结构钢16Mn,16Mn钢是热轧状态供货,因此焊接性能较低碳钢差,焊接过程中可能出现热裂纹,焊后也易出现冷裂纹。焊接方法选用混合气体保护焊(MAG焊),保护气体中含有12%

\* 收稿日期:2003-10-20

作者简介:许先果(1946—),男,四川隆昌人,重庆大学教授,主要从事焊接方法及自动化技术的研究。

~ 15% 的活性  $CO_2$ , 所以, 对于厚板焊接容易出现气



1 动臂板 2 动臂圆筒环焊缝

图2 环形焊缝示意图

孔缺陷。并且, 动臂组合焊接结构属于大型厚板复合结构, 动臂板与动臂圆筒贴角焊缝采用的是多层多道、大规范参数的焊接, 局部热输入量较大, 焊接位置又集中在动臂板与动臂圆筒周边的 500 mm 范围内, 故容易引起大长度结构的动臂板两端的角变形及挠曲变形。动臂板与动臂圆筒焊缝的焊道设计为 4 层 10 道, 图 2 (图 1 中 A-A 剖视图)、图 3 (图 1 中 B-B 剖视图) 分别为动臂组合的环形焊缝及角焊缝层道关系<sup>[2-3]</sup>。

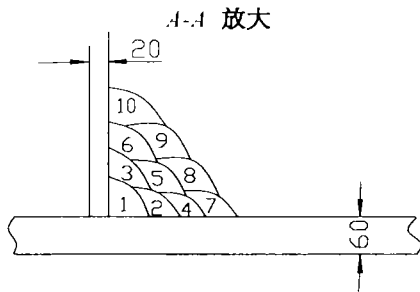


图3 角焊缝层道设计示意图

## 2 动臂组合焊接变形的类型及其原因分析

### 2.1 动臂组合焊接变形的类型

装载机动臂组合的焊接变形主要有两种类型, 一类是动臂板自身的变形, 包括动臂板的扭曲变形及角变形; 另外一类是动臂组合的扭曲变形。动臂板的角变形导致动臂组合  $ab, cd$  开档处出现内缩翘曲, 动臂组合的扭曲变形导致  $a, b, c, d$  4 处装配圆孔中心线不在同一个平面上。以上两类变形均影响动臂的装配及后续加工<sup>[1]</sup>。

### 2.2 动臂组合焊接变形的原因

ZL50C 装载机动臂组合的焊缝为贴角焊缝, 而且工艺设计不开坡口, 为了承受较大的静载荷及冲击载荷, 要求贴角焊缝焊角高度及焊缝余高尺寸较大。设计焊接工艺为 4 层 10 道的 MAG 粗丝强规范参数的单面施焊, 这样造成角焊缝及其附近的区域热源过度集中, 导致了应力集中的现象。动臂组合焊接前动臂圆筒跟两动臂板已经通过点固刚性固定, 焊接前 1 ~ 3 道焊缝

时, 两动臂板的一端处于拘束状态, 而另一端处于无拘束状态, 这样, 贴角焊缝由于焊接过程中所造成的应力释放而导致动臂板自由端的焊接变形。而在后续焊接中, 为满足焊缝高度而采用的焊接电流增大和焊接热输入量的集中, 单面的贴角焊缝所带来的三维应力的作用, 最后导致两动臂板产生不同程度的扭曲变形和角变形。另外, 动臂板组合的焊接结构形式、动臂板与动臂圆筒贴角焊缝的焊接顺序、起焊和终焊位置选择、焊接规范参数大小等因素也是动臂组合焊接变形产生的原因<sup>[2-3]</sup>。

## 3 动臂组合焊接变形的控制措施

### 3.1 控制焊接变形设计措施分析

1) 焊接结构设计: 动臂椭圆筒两端面开单边 V 形坡口, 坡口角度为  $60^\circ$ , 钝边高度为 10 mm; 在满足焊缝强度的条件下尽量减小贴角焊缝的尺寸, 减少焊缝的热输入。

2) 焊接工艺设计: 焊前组装、点固焊和第 1 道焊时采用夹持工装; 动臂板与动臂圆筒定位焊缝尺寸的合理设计; 动臂组合贴角焊缝的每道焊缝焊接顺序及焊接方向的合理设计; 动臂组合贴角焊缝的各层各道 (主要是前 3 道) 焊缝的起焊终焊位置的合理设计; 焊接工艺参数的优化, 焊枪角度的严格控制等<sup>[4]</sup>。

### 3.2 减少焊接变形的工艺措施及结果分析

#### 3.2.1 现场焊接工艺措施

1) 平焊位置焊接动臂板与动臂圆筒的贴角焊缝, 采用分段对称退焊的方法完成前 3 道焊缝的焊接, 即图 3 所示的 1、2、3 道。每道焊缝均采用分段对称退焊的方法, 图 4 为分段对称退焊的示意图。但每道焊缝的起弧、收弧的位置应该错开 30 ~ 40 mm。

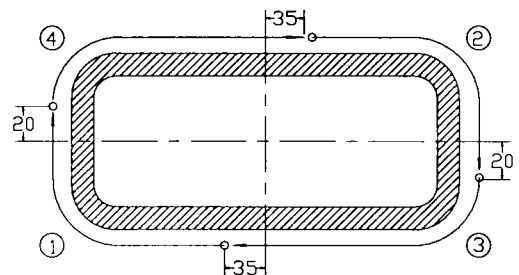


图4 分段对称退焊示意图

2) 完成上述焊接后, 将动臂翻转  $180^\circ$ , 焊接另一动臂板与椭圆筒的贴角焊缝的前 3 道, 所采用的焊接顺序也是分段对称退焊, 但是焊接的方向相反, 否则动臂板的扭曲变形会较严重。之后, 焊接另外 7 道焊缝, 焊接顺序选用直通焊, 可以减少焊工的辅助时间和提

高焊接生产率,同时因动臂组合前3道的焊接保证了动臂板与动臂圆筒间的刚性约束,焊接变形量较小。但是每道焊缝的起收弧位置也必须错开30~40mm。

3) 完成2)所包含的焊接工序之后,再将动臂组合翻转180°,平焊位置直通焊焊接完成剩下7道焊缝。

4) 焊接规范参数的选择:1~3道焊缝,焊接电流 $I_f = 230 \sim 250$  A、电弧电压 $U_f = 25 \sim 28$  V;4~10道焊缝, $I_f = 280 \sim 340$  A、 $U_f = 28 \sim 35$  V。动臂组合贴角圆筒焊缝前3道的焊接选用小规范,因为前3道焊缝焊接时两动臂板处于无约束状态,若采用大规范焊接变形较严重。为了满足焊缝高度要求,后7道焊缝焊接规范参数可相应调大,一方面可提高焊接生产率,另一方面也因为此时两动臂板已处于拘束状态,变形量不会太大<sup>[5]</sup>。

### 3.2.2 焊后变形检测及结果分析

对两组动臂组合成型后变形量的测量数据结果进行分析,通过对比可以明显看出采取新工艺后的动臂组合的焊接变形量比采用原工艺焊后焊接变形量要小,尤其是动臂板两侧的扭曲变形大为减小,达到了动臂组合焊接的技术要求。由此说明生产现场采用的减小变形的工艺措施是可行的。

## 4 结 论

1) 装载机动臂组合焊接变形主要是动臂板两侧的扭曲变形和动臂组合开档处的角变形。为解决焊接变形过大的问题,可以从设计措施、工艺措施方面加以

控制。本文着重于从生产现场改进焊接工艺来控制焊接变形<sup>[6]</sup>。

2) 通过生产现场焊接工艺的改进及焊接规范参数的调整,装载机动臂组合的变形问题有明显的减轻,实验结果表明,改进后的动臂组合a、b孔的同心度和c、d孔的同心度 $\leq \pm 2$  mm,ab、cd孔内收缩变形量 $\leq \pm 8$  mm。

3) 改进焊接工艺后的动臂组合95%以上的部件无需焊后矫形,节省了矫形工时,该工艺的调整是解决装载机动臂组合焊接变形问题的有效途径。

4) 对于焊接变形量超标部分的动臂组合部件在生产现场可采用机械加压矫正变形及火焰局部加热矫正变形。

### 参考文献:

- [1] 田锡唐. 焊接结构[M]. 北京:机械工业出版社,1993.
- [2] 俞尚知. 焊接工艺人员手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1999.
- [3] 张文钺、周振丰. 焊接冶金与金属焊接性[M]. 北京:机械工业出版社,1988.
- [4] 杨国卿. 50000m<sup>3</sup>大型油罐焊接变形的控制[J]. 焊接技术,1994,(4):23-25.
- [5] 董国兴 黄豪 徐兆雄 李永信. JQ130架桥机机臂火焰矫形后的残余应力分析[J]. 武汉交通科技大学学报,1994,9(3):18-20.
- [6] 白铁均 张荫弟. 大型储罐底板焊接变形的控制[J]. 管道技术与设备,1995(4):12-15.

## Control of Welding Deformation in the Active Arms Of Loading Machine

XU Xian-guo<sup>1</sup>, BI Yong-si<sup>1</sup>, WANG xin<sup>2</sup>

(1. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. Technical Department, Liuzhou Engineering Mechanism LTD, Liuzhou Guangxi 545007, China)

**Abstract:** Aiming at the angle and distort deformation appearing in the course of welding in active arms of loading machine, the reasons of the deformation is analyzed in theory and local producing techniques, then the deformation is successfully resolved by means of selecting correct welding methods, velding orders and optimizing velding criterion design.

**Key words:** corner welding line; deformation; subsection recessional welding.