

锡青铜堆焊工艺

沈阳重型机械集团有限责任公司(110025) 张昕
沈阳工业安装工程股份有限公司(110006) 周大杰

摘要 以斗轮产品中球铰座的锡青铜堆焊的实践为例,详细介绍了在 ZG35SiMnMo 母材上堆焊 QSn6.5~0.1 锡青铜的工艺过程,提出了采用大电流、高焊速的氩弧焊新工艺,解决了堆焊时易产生剥离、裂纹和气孔等工艺难点,有效地控制了堆焊质量,为今后推广铜合金堆焊工艺开辟了一个新领域,具有较广阔的应用前景。

关键词: 球铰座 锡青铜 大电流 高焊速 氩弧焊

中图分类号: TG44

0 前言

球铰座是沈阳重型机械集团有限责任公司与德国合作生产的斗轮挖掘机上关键部件,其结构如图 1 所示。

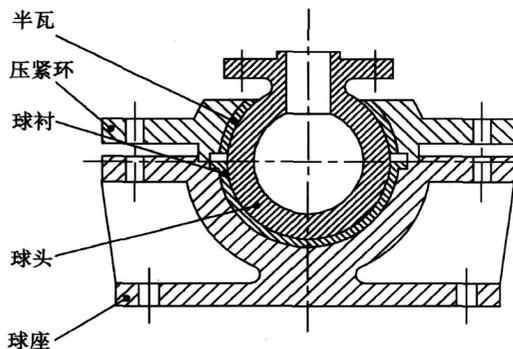


图 1 球铰座

设计要求球铰座不但要有很高的强度,而且还要有较好的韧性和耐磨性,如果球铰座采用整体单一材料制造,则很难同时满足设计所要求的使用性能。斗轮挖掘机上的球铰座采用在 ZG35SiMnMo 基体上堆焊锡青铜的结构,解决了上述问题。球铰座基体采用 ZG35SiMnMo 材料具有较高的强度,而在工作面上堆焊的 QSn6.5~0.1 锡青铜又具有较高的韧性和耐磨性。但是,锡青铜堆焊具有较高的难度。以前在 2050 剪切线,对 30MN 下拉式液压机中的部件进行锡青铜堆焊

时,普遍存在着裂纹、气孔等缺陷。这次与德国合作生产的斗轮产品,其中的球铰座堆焊质量必须达到德方的技术标准,这就给焊接工艺提出了一个难题。这次工艺研究的重点就是如何采取措施,保证锡青铜堆焊质量。

1 球座凹形球面堆焊铜

根据设计要求,母体材料为 GS28Mn6 的球座其凹形球面要堆焊一层 WS - CuSn6 合金材料,相当中国的 ZG35SiMnMo,堆焊后的球衬应具有一定的强度和良好的塑性,并能承受较大的冲击载荷和良好减摩擦性能。

堆焊的金属层不允许有气孔、裂纹等焊接缺陷。

球座结构尺寸及主要技术要求:

(1) 球座结构及尺寸如图 2 所示。

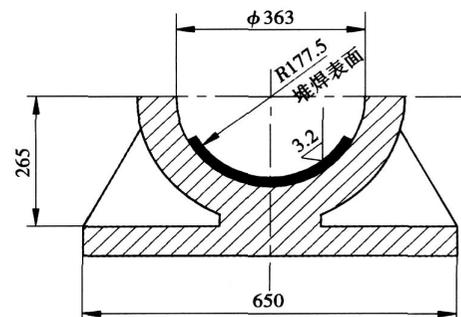


图 2 球座结构及尺寸

(2) 球座凹形球面球衬的堆焊。堆焊层厚度应保证加工直径 $\phi 355$ mm,并在球座凹形球面母体上仍保

收稿日期:2008-01-12

留球衬 4 mm 厚度堆焊金属层。

(3) 堆焊的验收标准。按德国 TGL11766—1984 标准验收。

2 工艺方案的确定

2.1 堆焊材料的选择

根据图纸的设计要求,堆焊层表面要求有较高的耐磨性、高韧性,并根据德国专家确认选择了与德国 WS - CuSn6 堆焊材料性能相等效的国内堆焊合金材料

QSn6.5 ~ 0.1,其化学成分及力学性能、物理性能分别见表 1 和表 2。由表可知,采用 QSn6.5 ~ 0.1 做为堆焊材料,所获得的堆焊表面完全能够满足设计要求的使用性能。

表 1 QSn6.5 ~ 0.1 化学成分(质量分数,%)

| Sn | P | Cu |
|-----------|-------------|----|
| 6.0 ~ 7.0 | 0.10 ~ 0.25 | 余量 |

表 2 QSn6.5 ~ 0.1 的力学性能和物理性能

| 力学性能 | | | | 物理性能 | | |
|-----------|---------|---------|----------------------|-------------------|-------------------------------|--------------|
| 抗拉强度 | 断后伸长率 | 硬度 | 密度 | 线胀系数(20) | 导热系数(20) | 电阻率(20) |
| R_m/MPa | $A(\%)$ | (HB) | $/(g \cdot cm^{-3})$ | $/10^{-6} K^{-1}$ | $/[W \cdot (m \cdot K)^{-1}]$ | $/10^{-8} m$ |
| 343 ~ 441 | 60 ~ 70 | 70 ~ 90 | 8.8 | 17.1 | 62.8 ~ 83.7 | 0.176 |

2.2 焊接性分析

焊接性好坏取决于两个方面,一方面是被堆焊的基体材料,另一方面是焊接材料。

首先分析基体材料,表 3 是基体材料 ZG35SiMnMo 的化学成分。

根据表 3 和日本 JIS 和 WES 标准规定的碳当量公式^[1],通过计算,得出结论:35SiMnMo 的碳当量 $C_{eq} > 0.6\%$,故该材料的焊接性较差。

焊接材料的焊接性分析:铜和钢在高温时的晶格类型、晶格常数、原子半径等都很接近,这是有利于焊接的因素^[2]。另外,锡青铜中的锡元素能增加液体金

属的流动性,改善焊丝的工艺性能。锡元素还具有较强的脱氧性,能减少堆焊后的气孔。这是锡青铜对焊接性有利的一面。

另一方面,由于锡青铜的导热性较好,收缩率较大,在焊接时,金属熔池冷却速度较快,使得淬硬倾向增大,易出现裂纹、气孔等缺陷。又由于球铰座的结构特点,在堆焊时,基体和堆焊层两者的材料收缩率不一致,极易出现层状剥离现象。这是锡青铜对焊接性不利的一面。

从上述分析看出,不论是基体材料,还是焊接材料,其焊接性都比较差。

表 3 ZG35 SiMnMo 的化学成分(质量分数,%)

| C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo | Ni | Fe |
|-------------|-------------|-------------|-------|-------|------|-------------|------|----|
| 0.32 ~ 0.40 | 1.10 ~ 1.40 | 1.10 ~ 1.40 | 0.040 | 0.040 | 0.35 | 0.15 ~ 0.25 | 0.35 | 余量 |

2.3 焊接方法及工艺参数的确定

从上述分析结果得知:球铰座的基体材料和焊接材料的焊接性都比较差,那么,选择焊接方法和确定工艺参数是至关重要的。为了控制和保证堆焊质量,我们选择了熔化极氩弧焊的焊接方法,采用 $\phi 1.6$ mm 的 QSn6.5 ~ 0.1 焊丝。因为这种焊接方法不仅焊接效率高(与钨极氩弧焊相比,焊接电流可增加 30%,焊接速度可提高一倍),而且最重要的是,这种焊接方法能够

获得熔滴喷射过渡的形式,从而获得稳定的焊缝成形,它对控制焊缝的裂纹、气孔等缺陷非常有利。

为了获得最稳定的焊缝成形,还必须选择好工艺参数,特别是焊接电流的选择,它决定了熔滴的过渡形式^[3]。当焊接电流增大到一定程度时,熔滴过渡形式会由短路过渡向喷射过渡转变,为此,进行了焊接试验。将球铰座放在焊接变位机上,使其被焊表面随着焊接的进行始终能处于水平位置。焊前用加热器将基体预热到 200 。采用直流反接,焊丝直径为 1.6 mm。

焊接时,焊接电流从 200 A 开始逐渐增加,当电流增大到 270 A 时,开始出现喷射过渡,此时观察电弧,几乎

没有飞溅,焊缝成形美观,获得喷射过渡的工艺参数见表 4。

表 4 喷射过渡时的工艺参数

| 焊丝直径 d/mm | 焊接电流 I/A | 电弧电压 U/V | 送丝速度 $v/(\text{m}\cdot\text{min}^{-1})$ | 氩气流量 $Q/(\text{L}\cdot\text{min}^{-1})$ |
|-----------------------|----------------------|----------------------|--|--|
| 1.6 | 270 ~ 290 | 27 ~ 29 | 4.0 ~ 4.5 | 18 ~ 22 |

3 堆焊缺陷的控制

3.1 焊接裂纹

裂纹是堆焊锡青铜时最容易出现的主要缺陷,也是堆焊过程中的工艺难点之一。首先分析裂纹产生的原因。铜-锡相图表明,锡青铜具有一个较宽的结晶温度区间,偏析严重,易生成粗大而脆弱的树枝状晶粒组织^[1]。在一般情况下进行堆焊,由于金属熔池小,锡青铜导热性能好,造成熔池冷却速度快,一方面很容易在堆焊焊缝表面产生热裂纹,另一方面又很容易在热影响区的熔合线上产生冷裂纹(堆焊第一层时)。由此可见,在堆焊时必须采取必要的工艺措施才能防止裂纹的产生。

3.1.1 预热方法

用加热器对被焊表面进行加热,预热温度为 150 ~ 200 ,保温 4 h 以上,使整个球铰座温度均匀。此外,在焊接时还要控制层间温度,保证堆焊表面始终不低于 150 ,用测温仪随时进行测量。这样做的目的在于降低金属熔池的冷却速度,减少淬硬倾向,以达到控制裂纹的产生。

3.1.2 采用大电流、高焊速的方法

采用大焊接电流 ($I > 270 \text{ A}$),这样能导致电流密度增大,金属熔池体积增大,使得熔池的冷却速度相对减慢。又由于采取了高焊速的方法(送丝速度在 4 m/min 以上),使熔池高温停留时间减少,防止了晶粒长大,使得产生裂纹的倾向大大地减少。

另一方面,由于采用大电流,达到了熔滴喷射过渡的形式,从而获得了最稳定的电弧和最良好的焊缝成形,对控制裂纹也起到了有利的作用。

通过上述方法综合作用的结果,堆焊时易出现裂纹的现象,得到了有效地控制,较好地解决了这一工艺难点。

3.2 气孔问题

气孔是堆焊锡青铜时的另一个主要缺陷。产生气孔的主要原因是熔池中的 Cu_2O 在焊缝凝固时不溶于铜而析出,与氢或 CO 反应生成的水蒸气和 CO_2 也不溶于铜而形成气孔:



由于锡青铜在 20 时的导热系数为 54.8 W/mK,锡青铜的导热系数是铁的导热系数的 1.3 ~ 1.5 倍,所以用锡青铜焊丝堆焊后的金属熔池的冷却速度要比钢的金属熔池的冷却速度大许多,这样就造成 H_2 、 H_2O 、 CO_2 等气体逸出困难,导致气孔产生。

为了减少和消除锡青铜焊缝中的气孔,在工艺上,一方面采取了减少氢和氧的来源措施,另一方面采取了用预热延长熔池存在时间,使得气体易于析出。具体做法是,在堆焊前,将被堆焊表面上的油、锈等杂质清除干净,堆焊表面的预热温度为 200 ,然后施焊。

由于锡青铜本身对氢的溶解度较小,Sn 元素又具有一定的脱氧性,在工艺上又采取了大电流的喷射过渡形式,使电弧燃烧稳定,这些对防止气孔的产生都是有利的。

通过采取上述工艺措施,气孔缺陷得到了有效的控制。

3.3 剥离问题

由于球铰座的结构特点,决定了其刚度很大,如图 1 所示,设计图纸要求在其球凹表面堆焊 4 mm 的锡青铜,这样就使得整个堆焊层的收缩应力很大,造成基材与堆焊层的收缩量不一致,导致产生剥离现象,为防止这一现象的产生,在堆焊过程中采取了如下的工艺措施:

(1) 减少焊接层数。由于堆焊层较厚,必须进行多层堆焊。每堆焊 1 层都要产生一定量的收缩应力,这样必然会加大剥离的倾向。为了防止和减少产生剥离

的倾向,在工艺上采取尽量减少堆焊层数,增加单层的堆焊厚度,经过试验件堆焊发现,堆焊4层出现剥离,而堆焊3层没有出现剥离现象。最后确定为堆焊3层,每层堆焊厚度为2 mm。

(2) 预热和控制层间温度。采取预热温度150~200,并在焊接时保持其温度不低于150的方法,焊后立即进行消除应力热处理,以达到减小应力变形。

(3) 锤击堆焊表面。由于采取了预热和控制层间温度的方法,一方面可以降低收缩应力,另一方面能起到减缓收缩速度的作用,在这期间,再锤击堆焊表面,消除释放一部分收缩应力,使得最终的收缩量大大减少,从而达到了控制剥离的目的。

通过上述3种方法的共同作用结果,堆焊球铰座易产生剥离的现象得到了有效的控制,从而保证了整个球铰座的堆焊质量,达到了预期目的。

4 结 论

球铰座堆焊锡青铜后,其堆焊层的化学成分见表5。球铰座加工后经德国专家检查鉴定,锡青铜堆焊层完全符合德国质量标准。

表5 堆焊层化学成分(质量分数,%)

| Cu | Sn | Pb | Al | Fe | P |
|-------|------|----|----|------|------|
| 92.76 | 6.44 | — | — | 0.33 | 0.16 |

通过对球铰座堆焊锡青铜的工艺方法进行研究和试验,取得了一定的成果,其中提出的采用大电流,高焊速的工艺规范,使得堆焊锡青铜易产生的剥离、裂纹、气孔等焊接缺陷得到了有效地控制,解决了在铜表面堆焊锡青铜方面的工艺难题,为今后各种钢结构堆焊锡青铜开拓了广阔的前景。

参 考 文 献

- [1] 周振丰. 金属熔焊原理及工艺[M]. 北京:机械工业出版社,1987.
- [2] 王健安. 金属学与热处理[M]. 北京:机械工业出版社,1985.
- [3] 姜焕中. 焊接方法及设备[M]. 北京:机械工业出版社,1987.

作者简介: 张 昕,1965年出生,大学本科,高级工程师。主要从事技术工作,已发表论文1篇。

·分类广告·

江苏省吴江市环宇胀管器有限公司

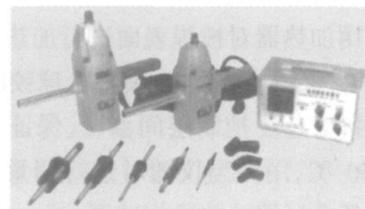
本公司专业制造各种胀器和胀管机,该产品广泛用于锅炉、化机、电站、炼油、制冷等行业的制造、检修及安装,换热器、冷凝器、冷却器等压力容器的胀管,是上佳的胀接工具。

胀管器:直筒式、翻边式、轴承式、深孔式、深孔调节式等12种系列,2000多种规格。

胀管机:P3Z1-13、19、25、38、51、76、102等7种规格。

可胀接管径范围 $\phi 6\sim 102$ mm,管板厚度范围10~400 mm。

用万向节头联接胀管器与胀管机,即可胀管,工作速度快、效率高。同时,提供各种挖槽器、削平器及内切管器等。



地址:江苏省吴江市屯村镇
南大街12号

邮编:215216 联系人:梅丽华

销售部:0512-63373381(电话)
0512-63374198(兼传真)

经理:俞建新 手机:013801550860

http://www.hygzq.com

Email:huanyu@hygzq.com

种类繁多 规格齐全 保证质量 信守合同 代办邮运 欢迎选购

by using optical microscope ,X - ray diffraction ,wear test and microscopic hardness test The results indicated that the proper pulsed magnetic field current can increase the amount of hardening phase in deposited layer ,control the growth direction of hardening phase and improve the hardness and wear resistance of the surfacing layer.

Key words: plasma arc , alternative pulsed magnetic field , microstructure , wear resistance

Welding procedure qualification database system based on AWS D1.1 - 2000

Li Hang¹ ,Wei Yanhong¹ ,Bai Jinsheng²

(1. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics ,Nanjing 200016 ,China ;2 CITIC Heavy Machine Inc ,Luoyang 471037 ,China) . P44 - 49

Abstract The welding procedure qualification plays an important role in the welding production but the efficiency is very low when the decision about the necessity of welding procedure qualification tests is made manually due to its complexity ,and even repeated tests easily occur The welding procedure qualification database system was established according to Structural Welding Code ,Steel(AWS D1.1 - 2000) and combined with the production experience and practical data of CITIC The system has a series of functions ,such as judging whether the welding procedure specification is needed to be qualified or not ,preparing the welding procedure specification and procedure qualification automatically ,switching between different version of reports ,transferring data among them and so on ,which promotes the efficiency of welding procedure qualification greatly The system has theoretic and practice value for the development of intelligent welding procedure qualification database system

Key words: welding procedure qualification , welding database system , AWS D1.1 - 2000

Welding problems and their treatment measures of Super - huge cantilevered steel box beam

Cai Zhiwei

(Wuhan Institute of Shipbuilding Technology ,Wuhan 430050 ,China) . P50 - 53

Abstract Super - huge cantilever type variable sectional steel box beam is the key assemble pieces of hoisting and conveying machinery in modern port and quay. It has not only good bearing capacity ,but also greater bending rigidity Many problems appeared during the fabrication because of its long component ,various joint type and great welding difficulty ,therefore the corresponding measures were adopted The welding deformation and the welding stress were effectively prevented through the control of the welding specifications and sequence

Key words: steel box beam , welding , technological measures

Weldability of TCS ferritic stainless steel sheets in railroad lorry

Wang Baosen¹ ,Ma Li¹ ,Tian Jinsong² ,Mao Huigang²

(1. R&D Institute ,Bao steel Iron & Steel Co.Ltd ,Shanghai 201900 ,China ;2. Stainless Steel Branch ,Baosteel Iron & Steel Co.Ltd ,Shanghai 200431 ,China) . P54 - 56

Abstract Weldability of 12 % Chromium ferritic stainless steel is studied by Y - groove cracking test and welding thermal simulation experiment The effect of different heat input on width of heat affected zone in TCS stainless steel is obtained The width of CGHAZ will be increased as increasing heat input ,but it has few effect on width of FGHAZ HAZ impact toughness can be improved by controlling martensite content and precipitated phase in HAZ

Key words: weldability , TCS ferritic stainless steel , martensite

Surfacing of tin bronze on steel

Zhang Xin¹ ,Zhou Dajie²

(1. Shenyang Heavy Machinery Group Co.Ltd ,Shenyang 110025 ,China ;2. Shenyang Industrial Installation Engineering Co.Ltd ,Shenyang 110006 ,China) . P57 - 60

Abstract The procedure of surfacing QSn6.5 ~ 0.1 bronze on base metal ZG35SiMnMo was introduced in detail by the practice of surfacing the spherical - hinge base in the product of scoop wheel as an example A new method of Argon arc welding was proposed by using high - current and high welding speed ,which solved the problems of stripping ,cracking and porosity during surfacing Also the welding quality was controlled effectively It developed a new field to spread the surfacing of bronze in future

Key words: spherical - hinge base , tin bronze , high - current , high welding speed , argon arc welding