

文章编号: 1001 - 487X(2005)03 - 0101 - 04

爆炸焊接法生产铜 / 钢油膜轴承衬板

李红富¹, 段卫东²

(1. 武钢大冶铁矿, 大冶 430000; 2. 武汉科技大学, 武汉 430081)

摘 要: 介绍了用爆炸焊接法生产铜 / 钢油膜轴承衬板时爆炸工艺参数的确定原则, 提出了小面积复合板合并焊接、涂黄油保护复板及将起爆点设置在后续加工切除点的爆炸焊接方法。其技术可供类似爆炸焊接工程参考和借鉴。

关键词: 油膜轴承; 爆炸焊接; 复板; 射流

中图分类号: ID 235 **文献标识码:** A

Manufacture of the Copper/Steel Kemet Scaleboard with the Method of Explosive Welding

LI Hong-fu¹, DUAN Wei-dong²

(1. Daye Iron Mine, Wuhan Iron and Steel Co., Daye 430000, China;

2. Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China)

Abstract: The principle is introduced in this paper how to determine the explosive technique parameters in manufacture of the copper/steel kemet scaleboard with the method of explosive welding. Some ways of explosive welding are put forward as that: welding the cladding plates of less area in united form, protecting the cladding plate by spreading butter on it, setting the initiation point on the place where will be cut in sequent machining process. It can be a reference for analogous engineerings.

Key words: kemet; explosive welding; cladding plate; jet

1 工程概况

动压轴承(俗称油膜轴承)以其优异的使用性能、很高的承载能力及可靠性被广泛应用于以高速、重载为特征的现代化板带轧机上^[1]。在油膜轴承中衬板是其重要的部件,也是一个易损件。武钢热轧带钢厂因生产需要一定数量的油膜轴承衬板,衬板要求以 H64 黄铜和 A3 钢复合板制成。需要的衬板规格有 3 种,其中,800 mm × 720 mm × 20 mm, 4 块; 800 mm × 720 mm × 30 mm, 10 块; 490 mm × 380 mm × 21 mm, 20 块。成品要求铜复层厚度不小

于 3 mm, 表面精度不低于 2/7。

2 焊接方案的选择

爆炸焊接与普通的热焊和冷焊 2 种等焊接方法完全不同,爆炸焊接中复板与基板倾斜碰撞产生的射流可以自动清除金属表面的杂质和氧化膜,炸药和碰撞产生的压力又足以使被焊金属接近到产生原子间作用力^[2,3]。可以说爆炸焊接集熔化焊、扩散焊、压力焊 3 种焊接方法于一体,它可使被焊金属实现完全的冶金结合,是一种独特的焊接技术,是目前工业上对金属板材之间的焊接,特别是双金属板材之间的焊接,普遍使用爆炸焊接技术^[4]。本次工程,也采用爆炸焊接生产铜 / 钢复合板。

收稿日期: 2005 - 05 - 20

作者简介: 李红富 (1969 -), 男; 大冶: 武钢大冶铁矿工程硕士。

3 爆炸工艺参数的选择

3.1 基、复板尺寸的确定

考虑到成品油膜轴承衬板对表面精度很高,在复合板焊接完成后必须进行车、铣、刨、磨等精加工,因此对复合板要留够一定的加工余量。根据要求和经验,选取 H64黄铜为复板,厚度 5 mm; A3钢作基板,按工件要求厚度选 22 mm、32 mm 2种。

在爆炸焊接中,由于边界效应和起爆点影响,一般在复板边缘和起爆点处的焊接质量都不高,甚至

会出现非焊区。为了将非焊区引出焊接板,通常采用加大复板尺寸的方法^[5]。具体到本次工程,因为复合板尺寸都不大,如果单块生产,每块复板都要增加尺寸,必然造成较大的浪费。为了节约成本,提高生产效率,根据具体要求,将几块复合板合并一次完成焊接,即加大基、复板尺寸,待焊接完成后再将复合板根据需要割开即可。考虑到焊板的切割及后序的机械加工,设计的最终 3种规格基、复板参数见表 1。

表 1 成品板到位尺寸、数量及设计爆炸焊接复、基板尺寸、数量

序号	成品到位尺寸 (mm ×mm ×mm)	数量 /块	设计复、基板尺寸 (mm ×mm ×mm)	数量 /块
1	800 ×720 ×20	4	复板 (H64黄铜): 1 510 ×860 ×5	2
			基板 (A3钢): 1 490 ×800 ×22	2
2	800 ×720 ×30	10	复板 (H64黄铜): 1 510 ×860 ×5	5
			基板 (A3钢): 1 490 ×800 ×32	5
3	490 ×380 ×21	20	复板 (H64黄铜): 1 050 ×830 ×5	5
			基板 (A3钢): 1 030 ×810 ×22	5

3.2 爆炸焊接装置的确定

爆炸焊接时,复板和基板的安置方法一般有平行放置法和倾斜放置法 2种,如图 1所示。平行放置法的安置简单,间隙均匀,装药方便,爆炸参数易

于控制,是爆炸焊接中采用最多的安置方式;倾斜放置法有一个预置安装角,复板和基板的间隙也在连续变化,它适用于爆速过高或其它一些原因,以改善焊接条件。

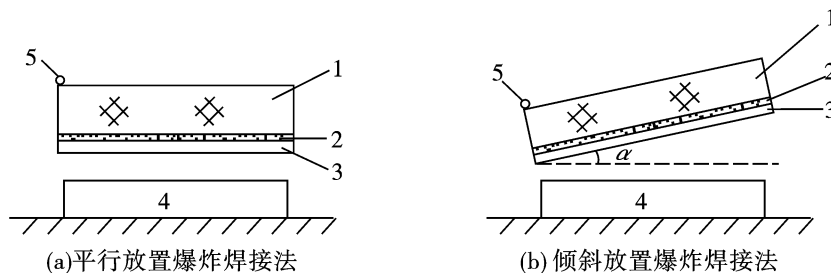


图 1 平板爆炸焊接装置示意图

为了操作方便,本工程采用平行放置法。

3.3 装药厚度及基、复间隙的确定

本次爆炸焊接工程,选用工业上使用最广泛的 2#岩石铵梯炸药作为爆焊用药。测定了其在爆炸焊接装药状态下松散密度大约为 0.60 g/cm³。众所周知,爆炸焊接时一般 2#岩石铵梯炸药的厚度在其临界厚度和极限厚度之间,此时炸药的爆速与装药厚度有关。根据复板厚度和以往的经验,估计本次爆炸焊接用药厚度大约在 30 mm 左右,用 5段爆速仪测定所用 2#岩石铵梯炸药厚度为 30 mm 时的爆速 $D = 2\ 986\ \text{m/s}$ 计算时取 2#岩石铵梯炸药的爆速 $D = 3\ 000\ \text{m/s}$

爆炸焊接过程中是否有射流形成,是判断爆炸焊接质量的一个重要标准。因为射流不但可以从被焊金属表面上剥离一层氧化膜和污物^[2],使金属露出新鲜清洁的表面,而且与碰撞点附近金属的剪切塑性功、温度升高有着密切的关系。

为了射流的生成,复、基板碰撞时必须满足^[6]

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2} \rho_f V^2 > \rho_{dyn} \\ V > V_p \cos(\alpha) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中, ρ_f 为复板密度, kg/m³; ρ_{dyn} 为材料的动态屈服强度, Pa; V 为复板相对于基板的垂直运动速度, m/s; V_p 为复板的法向运动速度, m/s; α 为复板预置

角,度; 为复板压合角,度。采用平行放置法 $\alpha = 0$, 由大量的实验知 $\alpha = 10^{671}$ 。

可令 $V = V_p$ (2)

查材料手册^[8], A3 钢、H64 黄铜的静态极限强度分别为 473 MPa、427 MPa。但材料的动态屈服强度 σ_{dyn} 随着其应变率的增加而增加,其值大约在静态屈服强度的 1~5 倍的范围内变化^[9]。大量的爆炸焊接工程实践证明,爆炸焊接的质量在最小复板运动速度附近时,焊接质量较高,计算中取 σ_{dyn} 为 H64 黄铜静态屈服强度的 2 倍,即

$$\sigma_{dyn} = 2 \times 427 \times 10^6 \text{ Pa}$$

将 σ_{dyn} 值和黄铜的密度 $\rho_f = 8\,780 \text{ kg/m}^3$ 代入式 (1) 得

$$V_p = \sqrt{\frac{2 \times 2 \times 426 \times 10^6}{8\,780}} = 436 \text{ m/s}$$

由特里巴斯 () 一维复板运动公式^[2]

$$V_p = 1.2D \frac{(1 + 32R/27)^{1/2} - 1}{(1 + 32R/27)^{1/2} + 1}$$

式中, D 为炸药爆速,实验中对 2# 岩石铵梯炸药取 $D = 3\,000 \text{ m/s}$; R 为装药质量比。

将 $V_p = 436 \text{ m/s}$, $D = 3\,000 \text{ m/s}$ 代入式 (4), 可求得质量比 $R = 0.53$, 由

$$R = \frac{\rho_w h_w}{\rho_f h_f}$$

式中, ρ_w 为炸药密度, g/cm^3 ; h_w 为装药厚度, mm ; h_f 为复板厚度, mm 。将 $\rho_w = 0.6 \text{ g/cm}^3$, $\rho_f = 8.78 \text{ g/cm}^3$, $h_f = 5 \text{ mm}$ 代入式 (5) 可求得: $h_w = 38 \text{ mm}$ 。

基、复板间隙 s 按经验公式^[6]: $s = 0.2(h_w + h_f)$ 计算

$$s = 0.2(38 + 5) \text{ mm} = 8.6 \text{ mm}$$

实验证明,药厚在 20~45 mm、基复板间隙在 3~15 mm 的范围内,铜钢都能实现焊接。但对试件切割、抛光后发现,当药厚在 28~32 mm、基复板间隙在 7~12 mm 的范围内时,铜钢焊结合界面波形细小、均匀。考虑到复板的不平整,最终选定爆炸参数为:药厚度为 $h = 30 \text{ mm}$,基、复板间隙 $s = 10 \text{ mm}$ 。

3.4 起爆方法的选择及复板的保护

3.4.1 起爆方法的选择

起爆方法的选择是爆炸焊接中一个比较重要的工艺问题。一般平板爆炸焊接的起爆方法可以归纳为 4 种类型^[10]:中心点起爆;桃形复板边缘点起爆;T 型起爆;线状波起爆。各种起爆方法都有自己的优点及使用范围。结合本工程的特点,爆炸焊接后要从板中间切割开来,并且留有一定的加工余量,确定采用中心点起爆的方法。这样既操作方便,又正

好可以将起爆点附近焊接质量较差部分在切割、加工过程中除去。另外,采用中心点起爆,爆炸焊接复合板宏观变形的对称性好,比较容易整平。

3.4.2 爆炸焊接过程中复板的保护

爆炸焊接过程中,炸药爆炸时,由于爆轰产物的温度很高,如果炸药与复板直接接触爆炸,会引起复板表面金属的氧化;另外,当炸药直接铺设在复板上时,炸药与复板之间会存在许多小气泡,当炸药爆炸时,气泡受到绝热压缩,温度会上升到几千度,此时气泡中的氧就会与表面金属发生反应,在复板表面形成一个一个的黑色灼烧点,影响复合板质量。为了保护复板,在复板上首先涂上一层黄油,然后再敷放炸药,一方面,黄油与复板之间接触紧密,气泡很少,氧也少,减少了复板的氧化;另一方面,炸药爆炸时,黄油会受热汽化,大大降低了爆轰产物直接作用在复板上的温度,也对复板起到很大的保护作用,实践证明效果良好。

4 爆炸焊接复合板的质量检查结果

铜/钢油膜轴承衬板爆炸复合于 2004 年 5 月在武钢某矿山进行。每块复合板爆炸焊接完成后,首先对复合板的外观进行观察、记录,然后对复合板进行超声探伤检查。

外观检查发现,在复板涂覆一层黄油的情况下,爆炸焊接完成后,复板表面颜色基本没有变化,表面光滑,只有零星几处有烧蚀和肉眼可见的小凹坑,凹坑深度都小于 2 mm。整块复合板从起爆点处中间凹陷,机械加工之前需要退火、整平。

超声探伤发现,除了起爆点处有约 2 cm × 2 cm、四周边界大约 0.5~2 cm 的区域范围焊接质量稍差外,所有的复合板其它位置均焊接良好,图 2 为焊接质量良好的复合区与焊接质量有不好的起爆点处的超声探伤比较图。

超声探伤统计结果表明,本次爆炸焊接的复合率达到了 99.6%,超过了国家规定的复合板质量合格标准。

5 结论

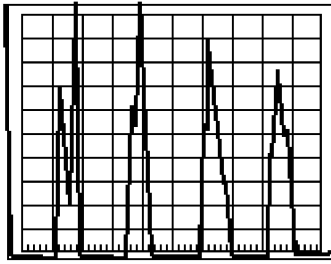
1) 为了提高生产效率,减小边界效应造成的材料的浪费,在小尺寸复合板的爆炸焊接时,可以考虑将几块板合在一起进行焊接。

2) 对于一般复合板爆炸焊接,在情况允许的条件下,为了保持爆炸参数的均匀一致,应尽量采用平行放置爆炸焊接法。

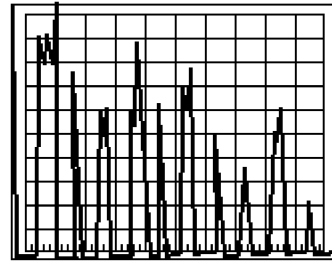
3) 目前,爆炸焊接时,爆炸参数还没有一个准

确的理论计算方法,在焊接工程量较大时,为了保证爆炸焊接参数确实合理可用,最好在正式生产前进行必要的实验验证。

4)爆炸焊接时,起爆点应该尽量设置在复板之外或复板中在后续加工时需要切除的位置。



(a)焊接良好的复合板超声探伤波形图



(b)起爆点处或复合板边界处的超声探伤波形图

图2 铜/钢复合板超声波探伤波形图

参考文献

- [1] 杨建玺,邓四二.油膜轴承的应用与展望[J].矿山机械,2001,(7):56~57.
- [2] 邵丙璜.爆炸焊接原理及其工程应用[M].大连:大连工学院出版社,1987.10.
- [3] David G Brasher, Donald J Butler. Explosive Welding: Principles and Potentials [J]. Advanced Material & Process, 1995, (3): 37~38.
- [4] 郑远谋,黄荣光.爆炸焊接合金复合金属材料[J].上海有色金属,1998,(9):121~126.
- [5] 段卫东,钟冬望.爆炸焊接中边界效应的影响范围及防护措施[J].武汉科技大学学报,2000,(3):256~257.
- [6] 王继海.二维非正常流动和激波[M].北京:科学出版社,1994.
- [7] 段卫东.爆炸焊接的实验研究及理论分析[D].北京:北京理工大学,1999.
- [8] 方昆凡,黄英.机械工程材料使用手册[M].沈阳:东北大学出版社,1995.
- [9] 马晓青,韩峰.高速碰撞动力学[M].北京:国防工业出版社,1998.
- [10] 郑哲敏,杨振声.爆炸加工[M].北京:国防工业出版社,1981.

(上接第96页)

8 安全防护措施

该工程采用的是近体防护方法,在爆破切口的上边钻孔,打上钢筋,然后把二层草袋、两层荆芭和两层铁丝网挂在上边,然后用铁线把覆盖材料捆在烟囱上。烟囱正南方的输汽管道上覆盖二层荆芭,东面仓库的玻璃上面覆盖二层荆芭。

9 爆破效果

2004年12月26日下午3点整起爆,防护材料轻微冲开,但无飞石,烟囱站立约10s后缓缓向正北方向倾倒,无后坐,倾倒过程中烟囱在2/5处折为两截。烟囱落在预先铺好的粉渣上,顶部硌着地粉碎,落地宽度控制在2倍烟囱直径以内,筒体完全粉碎,着地中心线完全与设计吻合,周围的建筑物完

好无损,达到了预期的爆破效果。洛阳电视台、洛阳日报、洛阳晚报进行了全程报道。

参考文献

- [1] 秦明武.控制爆破[M].北京:冶金工业出版社,1993.
- [2] 冯叔瑜,吕毅,杨杰昌,等.城市控制爆破[M].北京:冶金工业出版社,2000.
- [3] 何广沂,朱忠节.拆除爆破新技术[M].北京:中国铁道出版社,1998.
- [4] 何华伟,王霞明,刘小春.定向爆破拆除烟囱[J].爆破,2004,21(1):44~46.
- [5] 吴华宝.65m高烟囱定向拆除爆破[J].爆破,2004,21(2):61~62.
- [6] 朱绍武,贾永胜,罗启军,等.两座砖烟囱定向拆除爆破[J].爆破,2003,20(1):56~58.