

一次性爆炸复合制造新型功能结构的技术

高庆伟¹ 牛松峰¹ 陈 力²

(1.北京中科力爆炸技术工程有限公司 北京 101318;

2.中国科学院力学研究所 北京 100190)

摘 要:本文设计了一种新型功能多层结构,用爆炸复合技术一次性实现了制造这种新型多层的功能结构。通过力学性能测试表明,该一次性爆炸复合技术制造的多层结构性能良好,可以在实际中使用。

关键词:爆炸复合 功能结构 一次性 爆炸加工

1 前言

爆炸焊接加工技术是一种固相焊接法,它是利用炸药的爆轰使焊接表面以高速倾斜碰撞,在界面上产生局部剧烈的塑性变形,而焊接在一起^[1]。它可以用于制造许多合成新型复合材料,如爆炸焊接多层金属复合材料、爆炸复合多金属功能材料结构等。随着技术要求的提高,以前复杂的金属材料功能结构,目前可以用简单的制作复合功能材料替代。在餐饮业中广泛使用的大型金属烧烤板,可以使用电磁的涡旋电流加热,烧烤表面应使用不锈钢材质,既有铁磁性满足电磁加热的要求,也有易保洁易清洁及美观的要求,还要有质量轻、传热均匀、成本低的要求。

本文设计了一种新型功能多层材料结构,可以满足大型金属烧烤板的复杂技术要求,用一次性爆炸复合技术制造的多层材料结构,经济高效。

2 功能材料的设计

电磁炉又叫电磁灶,是一种近十几年才开始广泛使用的新型灶具,具有升温速度快、加热效率高、安全性好、操作方便、功能多样等优点。由此大型电磁灶在国际上也越来越流行^[2]。因为是电磁加热,加热层金属应为铁磁性物质,所以选择价格便宜的 Q235B 碳钢作为电磁加热介质层。烧烤面应具备化学性质稳定,易清洁、不生锈的基本要求,选择薄层 430 不锈钢作为烧烤面。加热方式是交变电磁场带来的涡旋电流加热,加热层不均匀,而烧烤加工食物面要求温度均匀,因此在加热面和加工面之间设计了较厚的传热介质。传热介质应该具有导热快、密度小、成本低的特性,选择 1060 铝板作为传热层。

3 加工技术的选择

多层复合材料一般采用一次、两次、多次的爆炸焊接法,将这些多层金属板焊接在一起,最常用的方法是多次爆炸复合^[3]。尽管多次爆炸复合可以将这些金属板焊接在一起,但是爆炸

工艺复杂、成本高、效率低。铝材质比较软,多次爆炸复合,铝板会多次减薄,减薄量不易控制,不利于保障爆炸复合的质量。

本文选择一次性爆炸复合技术将这些金属板爆炸焊接在一起,工艺简单、操作方便、效率高、成本低、质量容易得到保障。

4 爆炸复合实验及参数选择

为了节约成本,中间层的厚铝板,选择用两层较薄的铝板合成一个厚铝板。这样,将一次性爆炸复合四层金属板。

金属板的表面尺寸为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$,加热层的 Q235B 碳钢的厚度为 8 mm ,传热层的两层 1060 铝板厚度分别为 4 mm 、 6 mm ,食物烧烤加工层的 430 不锈钢厚度为 3 mm 。

不同金属板的力学性质不同,不同金属板的爆炸复合要求的炸药爆轰速度也不同。根据以往的爆炸经验和参考相关资料^[4],同时也参考了有关爆炸焊接窗口上下限文章资料^[5,6],选择公共重叠的炸药爆轰速度。不锈钢板(钢)与铝板焊接的炸药爆轰速度在 $2\ 000 \sim 2\ 300\text{ m/s}$ 之间比较合理,铝板与铝板在 $1\ 900 \sim 2\ 200\text{ m/s}$ 之间比较合理。本文选择的炸药爆轰速度在 $(2\ 100 \pm 50)\text{ m/s}$ 范围内的岩石膨化硝酸铵炸药,炸药密度 0.65 g/cm^3 。

爆炸复合要求加速一块金属板到一定速度,撞击另一块金属板。金属板的速度由金属板上的炸药量决定。因此,单位面积上的炸药量与爆炸复合金属板单位面积质量比是重要的爆炸控制参数。定义单位面积单位金属板质量的炸药使用量为 R 。作为对比,选择单位面积金属板质量用 $R=0.6$ 和 $R=0.8$ 两种的炸药量。

炸药爆炸驱动金属板运动需要一定空间才能加速到一定速度。金属板之间的加速空间是重要的爆炸参数之一。为了保证各层板的合理碰撞,金属板的加速距离分别为 6 mm 、 4 mm 、 4 mm ^[7]。

本文选择中心起爆的方式起爆炸药(图 1)。复合板爆炸焊接后,采用 $450\text{ }^\circ\text{C}$ 退火。加热采用分段加热,尽量均化温度,以保证复合板受热均匀,不出现局部过热状态。

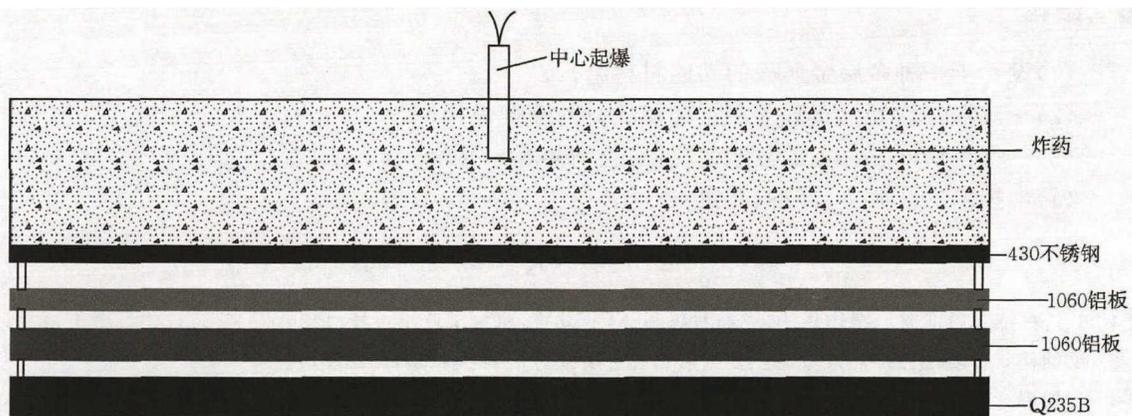


图 1 一次性爆炸复合示意图

5 爆炸复合实验结果

爆炸复合完成后,用水切割枪切割端面,肉眼看复合结果良好(图 2)。

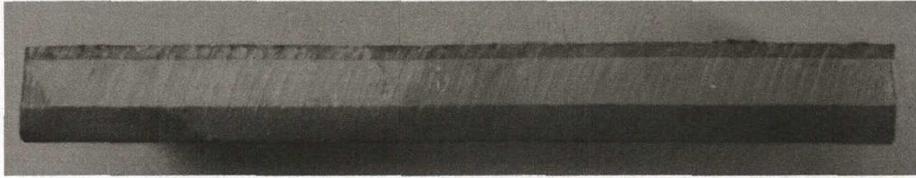


图 2 一次性爆炸复合多层板的断面照片

经过测量,原始 10 mm(4 mm+6 mm=10 mm)的中间铝板爆炸复合后的厚度减到 9.5 mm,减薄量为 5%,远小于常规爆炸焊接铝板的减薄量 20%(根据以往的铝钢爆炸焊接复合板的减薄量总结,10 mm 同牌号铝板减薄量可达 2 mm)。

按照国家标准《铝合金—铝—钢(不锈钢)复合过渡接头规范》(GB 20091—2012)要求的性能检测,检测了各层板之间的抗剪强度、拉脱强度、结合率和侧弯性能,具体测试结果见表 1。

表 1 一次性爆炸复合多层金属板性能检测表

产品 编号	R 值	抗剪切强度(MPa)		拉脱强度 (MPa)	结合率	侧弯 性能
		不锈钢与铝之间	铝与碳钢之间			
1	0.6	86	93	110	100%	合格
2	0.8	82	90	95	100%	合格

从测试结果看,单位面积单位金属板质量的炸药使用量为 $R=0.6$ 的复合板质量更好一些。

经过大功率电磁加热现场试验检测,本文设计制造的多层金属功能材料结构在功能、重量、力学热学性能及经济上均能满足客户要求。

6 结论

- (1)设计了一种多层金属板的功能材料结构。
- (2)一次性爆炸复合实现了多层功能板材的爆炸焊接。
- (3)一次性爆炸复合板的质量优良,完全满足客户要求。
- (4)本技术工艺简单、经济、高效。

参 考 文 献

- [1] T.Z.布拉齐恩斯基. 爆炸焊接、成形与压制[M]. 北京:机械工业出版社,1988.
- [2] 洪灿桂. 影响电磁炉热效率的主要因素和改进实践[J]. 科技展望,2016(5):17.
- [3] 刘扣森. 高性能铝—钢爆炸复合过渡接头研制及应用研究[D]. 江苏:江苏科技大学,2011.
- [4] 刘津开. 铝钢爆炸复合接头组织与性能研究[D]. 大连:大连交通大学,2009.
- [5] 李晓杰. 双金属爆炸焊接上限[J]. 爆炸与冲击,1991,11(2):134-138.
- [6] 李晓杰,杨文彬,奚进一,等. 双金属爆炸焊接下限[J]. 爆破器材,1999,28(3):22-26.
- [7] 王耀华. 金属板材爆炸焊接研究与实践[M]. 北京:国防工业出版社,2007.