

小功率激光填丝焊接技术研究

Study on Lower Power Pulsed YAG Laser Welding With Filler Wire Technology

中国农业大学工学院 刘雨佳
北京航空精密机械研究所 刘建华

利用中、小功率激光做微型结构件的填丝激光焊接,是确保焊接接头质量、接头性能、几何形状及尺寸精度的最佳焊接方案。该技术在提高生产效率、降低生产成本、改进结构的气、油密封性能以及保证结构承力等方面较其他焊接更具优越性。

与传统焊接方法相比,激光焊接具有输入能量密度高,工件热影响区小,易于实现自动控制等优点,在工业生产中有广泛的应用。谈到激光焊接时,人们往往会想到不用添加填料的具有数千瓦甚至数十千瓦输出功率的二氧化碳激光焊接,或者是具有数千瓦输出功率的YAG激光焊接。毫无疑问,不加填料的大功率激光焊接给制造业的发展带来了飞跃性的进步,解决了加工精度较高的结构零件的焊接难题。但是,对于一些加工精度稍低、要求焊透深度较厚、不允许受高热的结构零件和可焊性较差的材料,不加填料的激光焊接已不能适用,它会产生焊接质量缺陷(如出现气孔、凹陷、结构变形或者不能焊上等),造成整个零件或部件报废,这就使激光焊接制造技术的应用受到了很多限制。

一直以来,国内大功率激光焊接机并不十分成熟,需要大功率激光焊接机的单位需花费数十万到近百万

美元从国外进口。

激光填丝焊接的研究为解决无填丝激光焊接在应用中受到的限制提供了有效的解决途径。然而,通常所说的激光填丝焊接多指大功率或超大功率的激光填丝焊接,这类焊接主要针对较大或较厚的零部件,且已有大量研究成果和文献报导。

而针对不允许受高热、易变形等薄壁结构,微型结构及各种复杂异形结构的填丝焊接研究则较少,这类零部件由于焊缝对接间隙宽度不确定,间隙形状随零件对接处的加工状况和装配质量随机变化,因而无法自动控制被焊工件的运行,也无法控制填丝的填充方向和速度。本课题主要研究利用较小功率脉冲YAG激光做较小零件填丝焊接的工艺参数对焊接热影响区及焊缝成形的影响。

激光填料焊接原理

激光填料焊接是指在焊缝中预先填入特定焊接材料后,用激光照射

熔化或在激光照射的同时填入焊接材料以形成焊接接头的方法。

与非填丝焊接相比,激光填丝焊接具有以下优点:(1)避免了对工件加工、装配要求过于严格的问题;(2)可实现用较小功率焊接较厚、较大的零件;(3)可以通过改变填丝成分控制焊缝区域组织性能。

试验条件和内容

1 试验条件

试验采用平均功率为200W的YAG脉冲激光器,激光输出模式为低阶模,聚焦透镜焦距 $f=100\text{mm}$,氮气保护。

2 试验内容

试件是由直径 $\phi=1\text{mm}$ 的不锈钢丝经特殊方法弯制成形的,图1(a)所示是其中的一种。激光填料焊接需要做的就是开口一翼缺料处填料并焊接,使被切开的一翼闭合形成一缝隙,另一翼可以在此缝隙内移动。缝隙长约4mm,待焊接处焊接

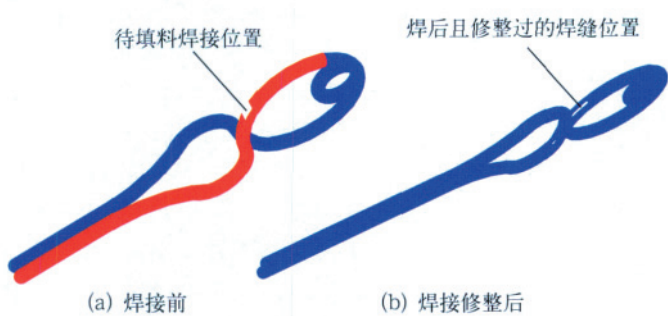


图1 试件焊接前后对比图

后两翼可以方便地开合。

试件总长度约为4cm, 填丝为同牌号不锈钢丝, 直径为 $\Phi=0.4\text{mm}$ 。采用氮气作为保护气体, 通过旁轴喷嘴对焊接试件进行保护。焊接示意图如图2所示。

焊接时, 使用专用夹具将焊接试件固定在气体保护区域内, 采用手动触发激光及手动送丝的方式进行焊接。因试件较小, 经激光填丝焊接加工后的试件, 被焊接处常常会有较多填料熔融堆积, 所以, 被焊接位置还需打磨修整, 使焊接部位与周围组织

形成光滑过渡, 如图1(b)所示。

在焊接时, 选用不同的焊接工艺条件(激光功率、激光作用时间、焦点位置、填丝角度、填丝速度等)对样件进行试验。

断; 当功率太低时, 试件则会因能量密度不足而不能熔融, 即使延长作用时间, 也只能使试件发红而变形, 仍旧不能实现熔融焊接。

2 填丝速度的影响

填丝填充速度不能过快, 过快会造成填丝因来不及熔化而堆积, 很容易因外力导致填丝脱落使焊缝开焊; 如果填充速度过慢又不能达到效果,

试验结果与讨论

在焊接试验中, 只有在激光输出功率小于40W, 且作用时间较短时, 填丝及试件基体较为均匀地受热, 从而避免产生过高温度使样件变形, 也避免了填丝的汽化和蒸发。经破坏性试验证明, 其焊缝强度达到要求。

1 激光输出功率的影响

由于试件较小, 激光输出功率稍微发生改变, 焊接热影响区尺寸就会发生较大变化, 当功率升高几瓦时, 样件会因温度过高而被蒸发, 甚至熔

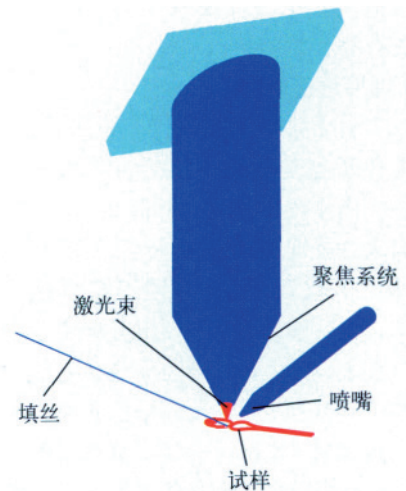


图2 试件焊接示意图

FAIERR® 芬尔把手点缀精美机械

手柄类

水平调整件

合金拉手

手轮

把手

铰链

唯有更专业

● 压紧把手 ●

才有高品质

● 拉紧把手 ●

● 顶紧把手 ●

扬州芬尔机械配件有限公司
YANGZHOU FAIERR MECHANICAL FITTING CO., LTD.

地址: 江苏省扬州市沙头镇施沙路8号 邮编: 225105
电话: 0514-87533188 87533288 传真: 0514-87533288 87533088
http: //www.faierr.com E-mail: sale@faierr.com.cn

广告索引号09-081

母材会因长时间被激光作用而熔断。所以,需要掌握较为合适的速度才能获得满意的焊缝。

3 填丝角度的影响

填丝角度是试件与填充焊丝之间的夹角,这是影响焊接效果的关键因素之一。如果角度太大,激光不能有效地到达焊接位置,母材与填丝之间不能均匀地受热熔融,就会影响焊缝成型。试验发现较小的填丝角度更有利于焊接。

4 焊接速度的影响

对于手动激光焊接来说,光斑的重叠量也是影响焊接的重要因素之一。由于样件移动是手动的,移动量太大会使光斑重叠量太小,不能充分熔化填丝及母材,导致焊缝焊接不牢;如果移动量太小,光斑重叠量则会太大,填丝及母材因承受较高能量密度而受高热,导致焊接位置的材料被蒸发甚至熔断。因此,只有选择合适的焊接速度,才能获得令人满意的效果。

5 保护气体的影响

保护气体的流速和方向对焊缝表面质量起着至关重要的作用,它可以保护熔池不被氧化,带走熔池表面的汽雾以保护聚焦透镜不被蒸发的汽雾污染。气体流量过大或过小均不能得到满意的焊缝。流量过大时,熔池搅拌激烈,易产生气孔等缺陷,并带走大量热量,影响焊接熔融;流量过小则不能起到对工件的保护作用。

6 焊点中心位置的影响

由于所用激光输出功率较小,因此对激光光斑中心位置的设定也是非常重要的。开始的几个光斑必须对准填丝,先将其熔化摊开后,再考虑与母材的连接。

7 被焊零件表面洁净情况的影响

被焊工件的表面是否清洁,对焊缝质量起到决定性的作用。清洁不彻底时,焊缝会出现气孔、裂纹等缺陷,这会使焊缝强度大大降低。

8 坡口间隙的影响

在实际焊接过程中,由于坡口间隙不确定、坡口形状具有很大的随机性,因此,在焊接试验时,需要随时调整焊接速度、送丝速度等参数,否则焊缝就会出现质量问题。

应用展望

由于航空机载设备上的各零部件结构尺寸通常都较小,对各元、器件的性能及精度有很高的要求。比如其中的各种型号压力继电器及锂电池外壳的密封焊接,这是此类器件加工的最后一道工序,如果采用普通的激光密封焊接,对壳体零件的加工、配合精度要求很高。如果用大功率激光填料焊接,焊接时产生的高热必然要影响内部元件的性能。而中、小功率激光填料焊接降低了对于壳体零件加工精度的要求,同时也避免了产生高热的问题。对于各型热、磁传感器探针的对接焊接,各种型号航空液压电磁阀线圈骨架的焊接,新型战斗机弹射座椅上的火箭包外壳、特种螺栓、真空膜盒等的焊接,如果使用大功率激光焊接必然会使部件因受高热而变形。再如各种微电机齿轮轴、油箱、各种陀螺轴承组合件的焊接,叶轮、叶盘、叶环的焊接,转子的焊接,钛合金承力机匣的焊接,燃烧室衬套的焊接等,中、小功率激光填料焊接技术具有得天独厚的优势。

中、小功率的激光填料焊接技术也可用于其他军品。例如长征系列火箭、东方系列火箭中的各种高压气瓶的焊接,以及各种液体燃料箱体的焊接等等。总之,用中、小功率激光填丝焊接技术可以确保型号的设计质量。

结束语

在无填充焊料的激光焊接中,焊缝的成分仅取决于母材的成分,很难按照实际需要进行调整。若采用填充焊料激光焊接,既应用了激光焊接

这一先进制造技术的加工优点,又可以通过调整填充焊料的成分来改善焊缝的组织性能、防止缺陷的产生,满足设计及工艺要求。

另外,激光作深熔焊时,一般使用大功率激光器,对设备的要求较高。当被焊接工件较小时,因热输入高、热影响区大、变形严重,不易得到理想的焊接接头,严重的还会影响产品的性能参数,使产品结构严重变形,甚至使整个结构零件报废。

利用中、小功率激光做微型结构件的填丝激光焊接,是确保焊接接头质量、接头性能、几何形状及尺寸精度的最佳焊接方案。该技术在提高生产效率、降低生产成本、改进结构的气、油密封性能以及保证结构承力等方面较其他焊接更具优越性。由此,可以得出以下结论:

(1) 利用较小功率脉冲 YAG 激光进行填丝焊接,能够形成较好的焊接接头。

(2) 在热导焊模式下,手动控制焊接可以获得较为均匀的焊接接头。这对于加工尺寸一致性较差的微型结构件的填丝焊接是一个更可行、更具操控性的方法。

(3) 利用较小功率的激光器,采用激光填丝焊接技术,配合激光深熔焊接工艺可实现厚板的焊接,焊缝逐层形成每次无须达到很大的熔深。这对于激光焊接技术的推广具有较大的现实意义。

国外激光焊接技术的研究路线为:无填料中、小功率激光焊接技术研究→无填料大功率激光焊接技术研究→填料大功率激光焊接技术研究→填料中、小功率激光焊接技术研究。由此可见,西方发达国家曾经想摒弃中、小功率激光焊接技术,但随着研究的发展,他们发现中、小功率激光焊接技术是无法摒弃的,才再次对其进行研究。我们应该借鉴西方国家的经验,加强对中小功率激光填料焊接技术的研究。(责编 岩石)