

# 浅谈激光焊接中的热冲击对玻璃绝缘子的影响

陈利民

江西泉新电气有限公司 江西萍乡 337200

**摘要:** 激光焊接技术在微波组件中得到了广泛的应用。焊接过程中产生的高温对产品的可靠性有着致命的影响。通过有限元分析、仿真技术和实验验证,研究了微波组件腔体激光过程中的热应力。结果表明,在相同的焊接工艺参数下,随着焊接距离和玻璃坯尺寸的增大,玻璃绝缘子的应力减小。实验结果还表明,不同结构的玻璃坯焊接效率与产品尺寸之间存在一定的关系。与单面型腔相比,双面型腔的玻璃坯对焊接间距和产品尺寸更为敏感。

**关键词:** 激光焊接; 热冲击; 玻璃绝缘子

## 引言:

高强度铝合金具有优于其他金属的良好特性,其在我国各个方面的领域有着举足轻重的地位。例如在我国的航天领域,许多精细的部件少不了它的踪迹。焊接技术在增加结构材料利用率、降低结构重量、减少复杂非均匀材料制造资金问题上有着天然的优点。其中,铝合金激光焊接技术是当前的重要研究方向。与其它焊接方法相比,激光焊接具有的优势能够让它更快的进行精准的焊接,非常适用于结构细微精巧的器件。

随着现代技术的不断发展,新的合金材料以及更加实用的材料出现,这也对相关人员掌握激光焊接技术有了更加高水平的需求。同时,铝合金的多样化也给激光焊接带来了许多难题,因此,根据这些挑战,我们必须迎难而上,以扩大激光焊接在铝合金中的应用范围。本文以铝基腔体为例,通过激光焊接焊接技术中产生的热冲击对玻璃绝缘子的影响进行探究,采用有限元分析方法,为实际腔体结构设计和激光焊接工艺参数的合理选择提供了参考。

## 1 影响密封的因素

### 1.1 焊接密封盖板

激光焊接利用的是高强激光束。通过光学系统聚焦后,腔位于激光聚焦附近,在一定的激光聚焦功率下加热熔化。运用激光焊接技术进行焊接密封盖板的运用已经非常普遍,主要取决于腔体材料、焊接工艺参数、表面条件、结构设计等。例如,如果盖板的尺寸不符合,这就会使得焊缝与盖板无法对齐,盖板的某些部分也不能进行紧密的焊接,使得气密性不能确定;又比如盖板的厚度会对气密性造成关键影响;总的来说,峰值功率越高,熔池越深。有时,激光峰值功率可以增加,以补偿过厚的盖板。但是,当峰值功率过高时,熔池温度过高,液态金属飞溅,会形成深孔,反而不利于焊缝的

形成;如果盖板厚度太薄,激光焊接容易烧损,熔化的金属的数量不足以形成完整的焊缝;在内部电路组装和调整,微波T/R模块的激光密封足以密封所有部件。在进行之前的步骤时,也可能对外壳的焊接区域造成影响。盖板必须用吸波材料粘接,密封溢出的胶会污染盖板的焊接区域。

### 1.2 玻璃绝缘子密封

玻璃绝缘子密封影响因素涉及以下几个方面:

- (1) 密封工艺不合理,玻璃绝缘子质量差。
- (2) 玻璃绝缘子密封后存在残余应力。
- (3) 玻璃绝缘子的顶部比底板高,并形成凸起的外形。
- (4) 在电镀、组装、测试和使用过程中,引出杆传递的外力超过了玻璃绝缘子承受的应力。

同时,由于玻璃热导率低,激光焊接时产生的查稿热度会直接影响到玻璃绝缘子的内部,使得玻璃绝缘子内部分子不稳定,从而增加玻璃坯的内应力,因此会导致径向裂纹的发生。

## 2 仿真与统计分析

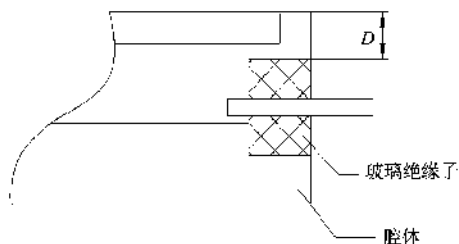
### 2.1 焊接温度场建模

铝合金激光焊接时,这个过程所产生的温度并不是稳定在具体一个温度上,而是不稳定的热循环过程。在焊缝周围有不同的温度层次存在,这就会导致在焊接过程中出现不同层次的应力以及形状改变。这是由于在焊接过程中“冷热交替”的不稳定性是造成的。因此对焊接过程中的温度变化趋势以及范围是研究应力应变分析的基准。因此,对玻璃绝缘子上表面距离腔体表面的4个距离来测试,即1.5mm、2mm、2.5mm和3.5mm。采用有限元分析软件。

由相关的资料分析可知,铝的熔点为660℃,这就需要在进行焊接过程时,需要能在短时间内达到一个极

高的温度。假设焊接深度为0.5mm, 熔化半径为0.4mm, 激光功率为80W, 工作时间为0.1s。经过认真的分析, 0.5mm焊接温度应在660℃以上, 在800℃以下。

通过具体的测试过程, 在结构设计中, 玻璃绝缘子安装孔与腔体表面之间的距离D, 和在进行焊接过程中玻璃绝缘子的内部温度有关联。因此, 通过设定不同的距离D, 以及不同宽度的腔体, 进行了相关的实验研究来验证猜想。距离D表示从玻璃绝缘子安装孔顶部到腔体表面的距离, 如图1所示。



## 2.2 仿真结果与讨论

根据资料现实, 玻璃的抗压强度大多在600 ~ 1200MPa之间, 是一种热稳定性极不稳定的脆性材料。在极端天气时, 很容易开裂。这是因为玻璃材质的外表会有一些难以避免的杂质、缺陷以及凹凸不平的细小区域, 这就会导致应力集中在一点, 使其容易出现裂纹。而当其应力超过它所承载的范围时, 裂纹就会“一发不可收拾”, 飞速扩散。从进行的实验过程中得出了结果, 当距离D为1.5mm时, 玻璃坯的最大拉应力为80.457MPa, 超过了玻璃的承受能力, 这就会在进行焊接过程时, 由于过高的温度而形成的热冲击, 致使玻璃产生裂纹。因此我们可以得出, 在激光功率和体积下, 玻璃的抗拉强度越大, 距离越小, 反之亦然。

## 3 影响可靠性的四个因素

### 3.1 不同腔体尺寸和焊缝与玻胚距离的影响

激光焊接热源属于点热源。焊接时, 各点热源反复叠加, 形成熔接焊缝。虽然激光密封的热影响区很小, 但如果密封件离密封件太近, 则会影响铝的激光熔化温度。在实际生产中, 由于某些产品体积小, 密封面与绝缘子表面距离过近, 会出现密封失效。可见, 激光焊接过程中的瞬时放热对玻璃绝缘子的加热有一定的影响, 如玻璃坯的径向裂纹、熔化焊等。物体的升温速度不仅取决于物体的质量和热容, 还取决于物体的结构和距离。通过对不同结构产品的统计, 发现在相同的焊接热冲击条件下, 玻璃绝缘子离密封面越远, 产品体积越大, 玻

璃开裂的可能性越小。同时, 在相同的焊接条件和尺寸下, 双腔结构比单腔结构更容易发生焊接热冲击。这可能是由于单侧腔的散热面积大于双侧腔的散热面积。距离焊接表面越远, 体积越大, 开裂的可能性越小, 应力越小。

### 3.2 外在应力的影响

在产品测试过程中, 应多次拆卸测试夹具。由于玻璃绝缘子的内导体与SMA测试导体的插座紧密配合, 在安装SMA测试导体时, 玻璃绝缘子将承受从外部到内部的压力。因此, 当SMA连接器被移除时, 玻璃坯将从内向外拉出。

另外, 在安装SMA连接器时, 以固定螺钉为中心, 使SMA连接器左右摆动, 使玻璃绝缘子中的连接器受到剪切应力, 并作用在玻璃坯上, 特别是双法兰孔SMA连接器作用更明显。在激光焊接测试中, 反复上下测试电缆会使玻璃绝缘子玻璃毛坯承受反复拉伸, 使玻胚承受测试应力。

## 4 结论和展望

综上所述, 采用仿真技术和实验验证相结合的方法, 研究了微波腔中激光焊接产生的热应力。模拟结果表明, 在相同的焊接工艺参数下, 随着焊接距离和玻璃坯尺寸的增大, 玻璃绝缘子的应力减小。为产品结构提供设计参考。结果表明, 在相同的焊接工艺参数下, 随着焊接距离和玻璃坯尺寸的增大, 玻璃绝缘子的应力减小。实验结果还表明, 不同结构的玻璃坯焊接效率与产品尺寸之间存在一定的关系。与单面型腔相比, 双面型腔的玻璃坯对焊接间距和产品尺寸更为敏感。即在减小尺寸、缩短焊接距离时双面型腔产品的玻坯失效概率较高。在实际产品测试过程中, 应遵循上述规定。

### 参考文献:

- [1]陶武, 杨上陆. 铝合金激光焊接技术应用现状与发展趋势[J]. 金属加工(热加工), 2021(02): 1-4.
- [2]徐瑞, 张洁, 燕正亮, 张娟. 架空输电线路玻璃绝缘子自爆缺陷多维度预警分析[J]. 电气时代, 2020(10): 42-44.
- [3]袁田, 应斯, 向孟宇, 闫力松, 李政言, 夏旭东. 玻璃绝缘子裂缝的激光检测方法[J]. 电网技术, 2020, 44(08): 3156-3163.
- [4]周宇. 高功率光纤激光深熔焊接厚板的塌陷成因及其控制研究[D]. 湖南大学, 2014.