

## 五种焊接高硅铝方法的利弊



能够连接高硅铝的焊接方法有熔化焊、钎焊和固相焊接三大类。熔化焊接的接头性能差，一般采用快速热循环和低热输入的高能量密度焊，包括电子束焊和激光焊，有助于减少熔化焊所引发的缺陷。钎焊方法是在母材金属不熔化情况下，通过钎料熔化后填满间隙，并与母材金属之间发生溶解、扩散等冶金作用的金属焊接方法。固态焊接技术是指对焊件表面清理后，施加静态或动态压力，加热或不加热，在母材不熔化情况下使两种材料发生固相结合的焊接方法，摩擦焊、扩散焊、爆炸焊、超声波焊等均属此类。

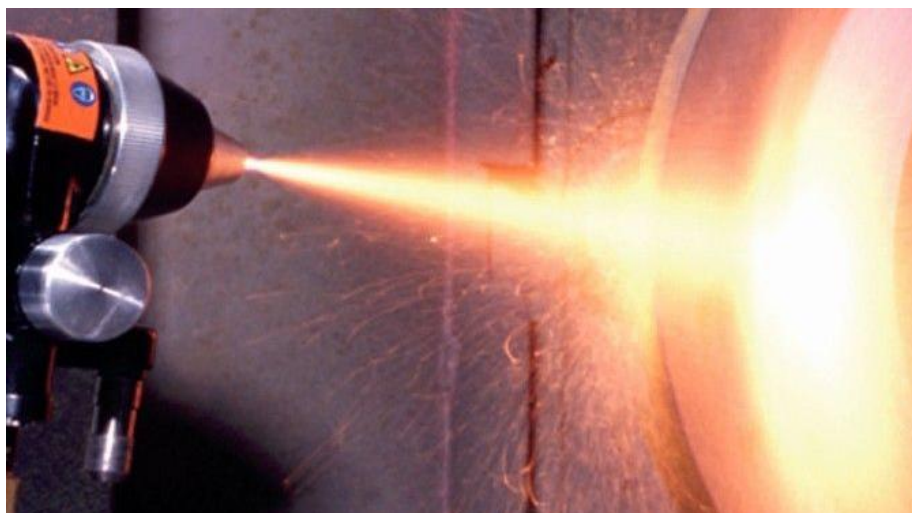
### 一、激光焊接



已有研究表明，高硅铝材料需要采用功率较低的熔焊方法连接，由于合金中的 Si 元素含量较高，焊缝金属组织中会形成针状共晶硅和粗大板状多角形的初生硅，严重割裂基体；近缝区的金属易产生过热、晶粒长大的现象，导致焊接力学性能显著降低而失去使用价值。而激光焊接具有功率密度大、焊缝深宽比例大、热影响区小、工件收缩和变形较小、焊接速度快等优点，这种焊接方法适合高硅铝的焊接。对 ZL109 硅铝合金 CO<sub>2</sub> 激光焊接接头的组织和性能进行研究，可获得焊接组织致密、晶粒细小的接头，焊接的热输入对接头力学性能有

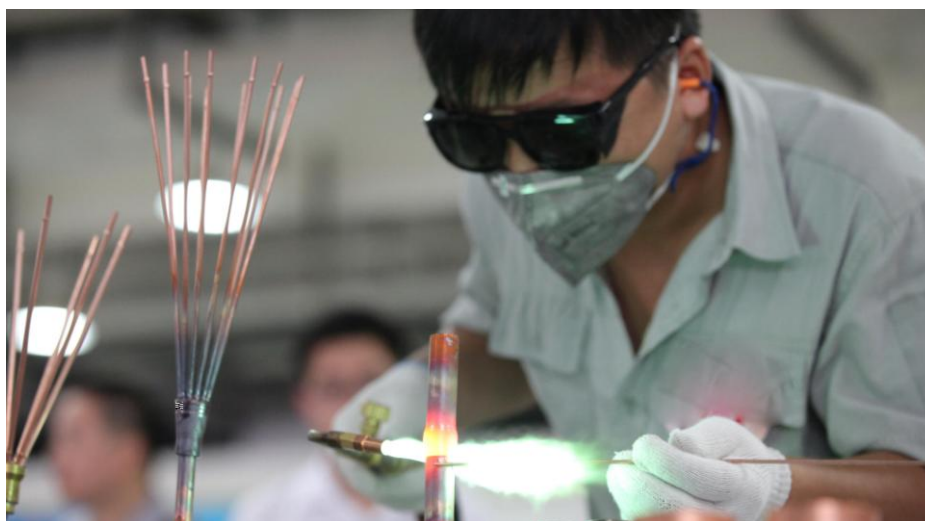
显著的影响，热输入增大，接头抗拉强度和断后伸长率均先增加后降低，当热输入为 44J/mm 抗拉强度和断后伸长率达到最大值，分别为 121.2MPa 和 4.3%。

## 二、电子束焊接



电子束焊接时利用高电场产生的高速电子，经聚焦后形成电子流，撞击被焊金属的焊接部位，将其动力转化为热能，使被焊金属熔合的一种焊接方法。电子束流具有能量密度高、穿透能力强、焊缝深宽比大、焊接速度快、输入能量较小，因此热影响区小、焊接变形小。所以，电子束焊接质量好，焊缝力学性能高。将 AlSi12CuMgNi 铝合金挤压铸造的活塞顶圈和锻造的活塞裙进行真空电子束焊接，对优化工艺条件下焊接接头的微观组织和力学性能进行了研究。结果表明，接头成形良好，没有明显的热影响区，焊缝狭窄；焊缝区域主要由细小的 $\alpha$ -Al 相、 $\alpha$ +Si 共晶体、初晶硅以及 Mg<sub>2</sub>Si 等强化相组成；焊缝中心组织为细小的等轴晶和树枝晶；熔合区组织主要为柱状晶。接头强度不低于挤压铸造母材，焊缝硬度高于母材；焊接接头的拉伸断面分布大量撕裂棱和解离面，呈脆性断裂。

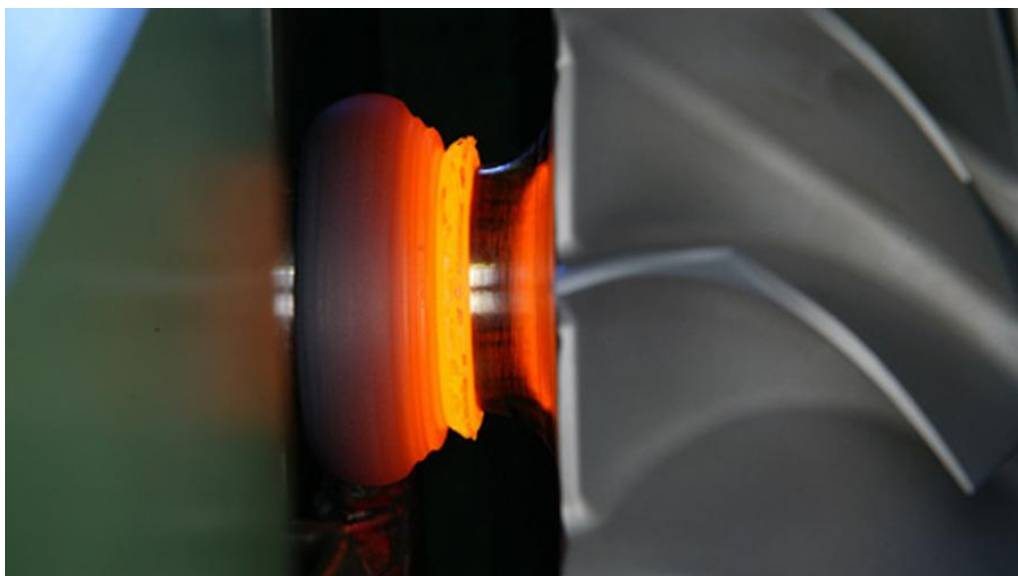
## 三、钎焊



钎焊和熔焊方法不同，常规钎焊是采用(或过程中自动生成)比母材熔化温度低的钎料，操作温度采取低于母材固相线而高于钎料液相线的一种焊接技术。钎焊时工件常被整体加热

或者钎缝周围大面积均匀加热,因此工件的相对变形量以及焊接接头的残余应力都比熔焊小得多。在现在制造业中高硅铝材料一般都用在航空航天机械制造业中的高精度器件。对于这些器件采用钎焊方法焊接,对工件的影响也是最小的。由于高硅铝合金中含有硬质硅相,钎料对该系列材料的润湿性能较差,用普通的软钎焊方法难以实现有效连接,在 65Si35Al 合金基体上进行先化学预镀 Ni,再分别镀 Ni-Cu-P、Au 和 Cu 层的方法,能有效地改善它的软钎焊性能。

#### 四、摩擦焊



摩擦焊是利用工件端面相互运动、相互摩擦所产生的热,使端部达到热塑性状态,然后迅速顶锻,完成焊接的一种方法。这种焊接方法的研究时间并不长,是 1991 年提出的工艺,但是也得到了很快的发展。对 A319 和 A413 铝硅铸造合金的摩擦焊接进行研究,结果表明在焊接焊缝区中粒子间距降低,相应的硬度也得到了提高。对 ZL114A 铝合金在不同参数的条件下搅拌摩擦焊接头的硬度、组织及力学性能进行研究,实验结果表明焊接中心区域的组织是细小的等轴晶。硅粒子在焊接过程中得到了细化,也均匀的布满于整个焊缝区,焊缝的晶粒细小、均匀而致密,未观察到气孔裂纹等缺陷。

#### 五、扩散焊接

扩散焊接是借助于高温下相互接触着的材料之间有局部的塑性变形,表面间的紧贴和表面之间的互扩散而产生金属间的结合,从而获得一定形式的整体接头。原子间的相互扩散是实现扩散连接的基础,扩散焊需要采用较大的压力,配合面精度要求高,对于复杂构件很难均匀加压,甚至还需昂贵和复杂的夹具,因此,扩散焊的要求比较高端。扩散焊可以分为异种材料扩散焊、同种材料扩散焊、加中间层扩散焊、超塑性成形扩散焊、等静压扩散焊、过渡液相扩散焊(TLP)等,其中过渡液相扩散焊(TLP)结合了钎焊和固相扩散焊二者优点形成了新的连接方法,其原理是将与基体材料相匹配的中间层合金置于连接面,国内外学者开始了对这种方法深入的研究。国内对 TLP 的研究尚处于起步阶段,主要是针对一些异种难焊

金属的焊接工艺。与国内所作的研究相比，国外的研究方向要广一点，不仅涉及了工艺的研究，更多的是对 TLP 焊接的模拟，对 TLP 工艺实现的一些关键因素进行了重点研究。国内外有不少研究人员从事扩散焊接的研究，但对硅铝合金扩散焊研究并不多，在这方面研究前景和探索空间比较长远。

高硅铝合金在航天、航空、汽车、空间技术等领域发挥着重要的作用，对高硅铝合金的研究越来越深入，在高硅铝合金发展与应用中，与之相关的焊接方法、焊接技术投入更多研究也是一大趋势。这些领域的应用对高硅铝的焊接接头性能要求非常高，再加上高硅铝材料含硅高、易氧化的特性，这对高硅铝焊接技术、焊接方法要求也非常高，一般的熔焊和钎焊焊接出来的接头在有些应用上达不到焊件的焊接要求，采用更先进的焊接方法——扩散焊是硅铝合金焊接研究的趋势。

来源：摘自网络