

探究铝 / 铜异种材料填丝钨极氩弧焊接头的组织及性能

徐道庆

(新疆安装技工学校 新疆 乌鲁木齐 830013)

摘要: 铝和铜两种金属材料, 相同与不同兼并, 并且铜 / 铝异种材料可以有效弥补铜制品或者铝制品存在的缺陷和不足, 扩大单质铜和单质铝的使用范围, 在飞机、汽车、火车等制造中具有重要应用, 对我国工业的发展具有重要的作用。由此, 本文对铜 / 铝异种材料填丝钨极氩弧焊对接接头的组织和性能进行了分析。

关键词: 铝 / 铜异种材料; 钨极氩弧焊; 显微组织; 力学组织

人们的日常生活已经被金属物质所包围, 身边的电脑、手机等通讯设备; 汽车、火车等运输设备等均充满了金属的身影。其中铜和铝因具有良好的导电性与导热性、良好的塑性和一定的耐腐蚀性能, 导致该金属在电器工业和散热器械等方面得到广泛的应用。而对于金属生产来说, 即便我国是有色金属大国, 但铜、铝等有色金属资源短缺, 因此在生产过程中企业会进行性价比的分析。目前, 铝 / 铜异种金属接头广泛应用于电力、化工、制冷和航空航天工业中, 因而, 铝 / 铜异种材料焊接问题的解决具有广泛的实际应用价值。

但是铝和铜焊接性较差, 而主要原因则是两种金属都很容易被氧化, 会形成氧化膜, 两者的导热率和比热性都较高, 熔点相差较大, 在高温下, 两种金属液体能够吸收大量气体, 使得焊缝中出现气孔, 而且焊接时铜和铝极易形成脆性的金属间化合物, 比如: Cu_2Al 、 CuAl 、 CuAl_2 和 Cu_2Al_3 等等。从而对铜 / 铝异种材料的质量产生严重的影响, 无法保证该新型材料应用于所需要的领域。一、实验方法

本次实验主要进行铜和铝的焊接, 其中选取的铜为 T2 的紫铜板, 选取的铝制品为 2A16 的铝合金板, 尺寸均为 $100\text{mm} \times 25\text{mm} \times 1\text{mm}$, 焊接时的电流为交流电, 以便去除两个金属板的氧化膜。第二步为焊接过程, 但焊接前需要使用钢丝刷去除铝合金表面的氧化膜并且使用丙酮对其进行清洗, 然后将铝板和铜板进行对接, 此时需要尽可能的减少两者之间的缝隙, 并且在清洗后需要在最短的时间内进行对接, 防止出现再次氧化。

在焊接开始后, 将钨极氩弧焊的头部放在两个金属板之间, 保证电弧作用于其中; 其次将焊丝放在焊接位置的前方, 并采取手动抽丝的方式按照一定的速度进行抽丝, 尽可能的保证速度匀速且送丝充足。在焊接过程中, 焊接的速度为 35mm/min 、 62mm/min 、 85mm/min ; 电流为 $60\sim 95\text{A}$ 、 $70\sim 107\text{A}$ 、 $70\sim 105\text{A}$, 气流量固定为 15L/min 。焊接后, 需要对不同参数下得到的焊接接头进行打磨处理, 并且在 WDW-100 型电子拉伸试验机上进行力学性能试验, 拉伸速度为 1mm/min 。

对于选取的试验材料来说, T2 紫铜的化学成分为有 Cu、Ag、Bi、Sb、As、Fe、Pb、S 以及其他, 其中 Cu 和 Ag 的含量超过 99.90% , Bi 的含量少于 0.001% , Sb 的含量少于 0.002% , As 的含量少于 0.002% , Fe 的含量少于 0.005% ,

Pb 的含量少于 0.005% , S 的含量少于 0.005% , 其他金属元素的含量则少于 0.1% ; 2A16 铝的化学成分主要包括了 Si、Fe、Cu、Mn、Mg、Zn、Ti、Al, 其中 Si 的含量占 0.3% , Fe 的含量占 0.3% , Cu 的含量为 $6.0\% \sim 7.0\%$, Mn 的含量在 $0.4\% \sim 0.8\%$, Mg 的含量为 0.05% , Zn 的含量为 0.1% , Ti 的含量为 $0.1\% \sim 0.2\%$, 剩余为 Al。

1 结果与分析

1.1 接头力学性能分析

在本次本实验中分别使用了三种不同的焊接速度, 而在三种不同的焊接速度下, 接头的力学性能均随着电流的增强而增强, 但到某一个特定值时开始出现急速降低的现象, 而究其原因则是在电流较少时, 热输入较小, 铝母材有一定的熔化量, 才是的填充材料可以和铝母材充分的结合, 而此时铜母材则因未达到熔点无法进行熔化, 从而使得两个金属材料在此时无法进行充分的焊接, 焊接处的抗拉强度也相对较少; 但是随着电流的持续增加, 会适量两个金属母材的热影响的晶粒增长, 软化严重, 从而降低力学性能, 甚至随机电流的增加到达一定的温度会引起铜和铝之间发生化学反应, 产生其他物质, 从而使得缝隙之间的抗拉性急剧下降。

除此之外, 三种焊接速度中, 接头的力学性能达到最高值时的电流的大小存在较大的区别, 力学性能的变化程度也具有较大的差别。具体情况如下: 对于 35mm/min 的焊接速度来说, 接头的力学性能在 80A 、 85A 、 90A 的时候达到最大值; 对于 85mm/min 的焊接速度来说, 接头的力学性能在 95A 的时候达到最大值; 对于 62mm/min 的焊接速度来说, 接头的力学性能在 100A 的时候达到最大值, 其中最大值为 240MPa , 且焊速为 62mm/min 、电流为 100A 时的所达到的最大值也是接头抗拉强度最大的时候。此外, 焊速处于 35mm/min 时, 有 3 个参数均断裂于铜侧热影响区, 而在其他焊速中只有一个参数处于断裂于铜侧热影响区, 这也说明了焊接电流对于接头性能的影响要大于焊接速度对于接头性能的影响。

1.2 接头显微组织分析

显微组织分析。本次主要针对焊接电流处于 100A , 焊接速度为 62mm/min 时的接头成像进行分析。通过成像首先可以发现焊缝组织的晶界附近出现了黑色的部分, 而此现象是因为此处受到腐蚀所致; 其次从接头的整体来看, 焊接

的接头成形两脚,无明显的裂纹、气孔等问题;从两个金属母材的溶解程度来看,其中铝母材呈现出黑色、铜母材呈现出白色,两个母材的接头部分呈现出灰白色,并且黑色位置与焊接前几乎没有加大的区别,说明此时铝的熔化程度要明显高于铜。也正是因为铝熔化量较大,使得界面处的液态铝母材的温度比焊缝中心的低,因此导致界面处的液态铝的粘度较大;除此之外,在熔池的搅拌下,填充的材料冲刷界面,会使得粘度较少的液态铝将粘度较大的液态铝包裹,而在这个过程中会使得填充材料和被包裹的相互扩散,逐渐生成灰白色的景象;对于铜板来说,其熔化量降低,但是熔化的铜会和母材内的 Al、Zn 等原色相互结合,形成化合物,使得在铜板附近出现白色条块物质。而在焊缝中,由于板色条块状物质是均匀分布在灰色集体组织之中,因此对于两个母材之间的衔接也起到了一定的作用。

能谱分析。对母材和焊缝之间的数据进行分析,发现不同地区元素的含量也存在较大的区别。比如在灰色基体组织中,Al、Zn 的含量分别为 22.94%、63.1%,焊缝中的白色条块状物质则主要是由铜、铝和锌构成,所占的含量分别为 9.25%、2.7%、88.05%,;在铝附近的白色条块状物质依旧是由铜、铝和锌构成,其中的含量分别为 12.03% 和 87.97%,说明焊缝中的白色物质和铝附近的白色物质相同,与铜元素有直接的关系。在铝侧界面呈现链状分布的灰黑色物质主要的是由锌和铝组成,其中锌的含量要比母材内的含量高,而铝的含量则有所降低,说明在熔合过程中铝母材内的铝元素溶解后与其他的物质结合,说明此处进行了焊接。而此处物质还存在其他的元素,比如硅、氧、铜等,其中铝的含量占 29.67%,铜的含量占 8.51%,硅的含量占 3.49%,锌的含量占 40.79%,氧的含量占 17.55%。在 Cu-Zn 二元相图和 Cu-Zn-Al 三元相图可知,Cu 和 Zn 能形成固溶体和 CuZn、CuZn₂、CuZn₄(ϵ 相)等金属间化合物,其中 ϵ 相成分为 78%~88% 的 Zn,能溶解约 5%Al。从数据可以推测,接头处的白色物质可能是为 CuZn₄,在铜侧界面内,因为铜的含量较高,则会出现大量的铜和锌的反应物以及铜和铝的反应物,其中铜与锌、铝产生的反应为多具有一定的脆性,因此在外力的影响下,容易出现较大的脆硬的物质,导致周围的组织发生变形,从而产生裂纹,说明随着电流的增大,力学性能明显降低。

2 结语

①使用铝 / 铜异种材料填丝 TIG 焊对接接头无气孔等

缺陷,对接对接的效果较好,尤其是在成形方面。在实验中可以看出,铝母材和铜母材的熔化量有着明显的差异,铝母材的熔化量大于铜母材熔化量;铜母材熔化量较小。除此之外,工艺参数也有着严格的标准,最佳的工艺参数为焊接电流 100 A、保护气流量为 15 L/min,抗拉强度为 240.32 MPa。

②熔化量和导热系数是不相同的,由于这种差异性的原因,在铝侧界面的区域,沿界面的地方,有一灰黑色球块状的物体,呈链状分布,为灰黑色球块状的 α 相铝基固溶体组织;但是铜侧界面的实际情况却并不相同,与铝侧界面的区域有着明显的差异,铜侧界面呈现出平直清晰的状况,并且在铜侧界面附近有较多的金属间化合物,这些金属间化合物多为 Cu-Zn 和 Cu-Al 这两种,其他的金属化合物并不多见。

③大多数的焊缝组织的物质,多为白色的金属间化合物 ϵ 相 (CuZn₄),金属物质主要以为白色条块状分布,其他的金属化合物并不常见,甚至极少数存在,白色金属间化合物 ϵ 相 (CuZn₄) 分布比较均匀,均匀的分布在灰黑色的 ($\alpha + \eta$) 共晶组织中,灰黑色的 ($\alpha + \eta$) 共晶组织的构成有两部分,主要是由 Zn 基和 Al 基固溶体组成。

参考文献:

- [1] 张超,万子刚.旋转速度与焊接速度对铝铜异种材料搅拌摩擦焊接头成形的影响[J].精密成形工程,2020,12(03):154-159.
- [2] 王盈辉,王快社,王文,等.转速对铝铜异种材料水下搅拌摩擦焊接接头组织与性能的影响[J].材料工程,2019,47(11):155-162.
- [3] 彭迟,程东海,陈益平,等.铝 / 铜异种材料填丝钨极氩弧焊对接接头的组织和性能[J].中国有色金属学报,2015,25(04):975-981.
- [4] 张秋征.铝 / 铜异种金属搅拌摩擦焊接头组织及性能研究[D].长春:长春工业大学,2015.
- [5] 张秋征,宫文彪,毛亚芬,等.铝 - 铜异种材料搅拌摩擦焊接头组织及性能研究[J].焊接,2014(07):40-43+74.
- [6] 王成国.铝 / 铜异种材料搅拌摩擦焊接头耐腐蚀性能研究[D].南京:南京航空航天大学,2012.
- [7] 董丰波.铝 / 铜异种材料的搅拌摩擦焊工艺研究[D].南京:南京航空航天大学,2011.

作者简介:徐道庆(1967-),男,四川中江人,本科,高级实习指导教师,研究方向:焊接。