

铝合金水冷散热器真空钎焊常见缺陷及控制措施

汶军科

陕西嘉和华亨热系统股份有限公司 陕西 宝鸡 722408

摘要: 铝合金水冷散热器在真空钎焊过程中,常常面临熔蚀、气孔、裂纹及焊合不良等缺陷,这些不仅影响散热效果,更可能威胁到产品的整体可靠性。为优化这一工艺,需精心选择并匹配钎料,确保其熔点、流动性和润湿性达到最佳状态。同时,严格控制焊接温度和时间,避免过高温度导致熔蚀,也防止时间不足造成焊合不良。提高清洗质量,确保焊接面无杂质,也是关键。最后,优化真空环境和工装夹具设计,为焊接过程创造有利条件。通过这些措施,可显著提升散热器的焊接质量,确保出色的散热效果和长久的可靠性。

关键词: 铝合金;水冷散热器;真空钎焊;常见缺陷;控制措施

引言

铝合金水冷散热器作为当今高效散热技术的代表,其制造过程中的真空钎焊工艺扮演着举足轻重的角色。然而,生产过程中常遇到的熔蚀、气孔、裂纹及焊合不良等缺陷,已成为提升产品质量的瓶颈。这些缺陷不仅可能导致散热效果大打折扣,更可能缩短产品的使用寿命,给消费者带来不便。因此,有必要对这些缺陷的成因进行深入研究,找出问题的根源,并采取针对性的控制措施,从而确保铝合金水冷散热器的质量和性能达到最优状态。

1 铝合金水冷散热器真空钎焊常见缺陷

1.1 熔蚀缺陷

铝合金水冷散热器真空钎焊是一种高精度、高要求的工艺过程,其目的在于通过钎焊技术将散热器各部件牢固连接,以实现良好的散热效果。然而,在实际操作过程中,由于多种因素的影响,常常会出现一些缺陷,其中熔蚀缺陷尤为常见且严重。熔蚀缺陷的产生,首先与钎料与母材的匹配性密切相关。如果所选钎料的成分与铝合金母材的化学成分不相容,或者钎焊温度和时间设置不合理,就可能导致母材中的低熔点组分在高温下熔化。这种熔化不仅破坏了母材的结构,还可能导致钎料与母材之间形成不良的冶金结合,进而影响散热器的整体性能。工装夹具的设计也是影响熔蚀缺陷的重要因素。如果夹具设计不合理,可能导致散热器在钎焊过程中受热不均匀,部分区域温度过高,从而加速熔蚀的发生。同时,装炉量的大小也会对熔蚀产生影响。装炉量过大时,散热器的散热面积相对减小,导致热量难以有效散发,进而使散热器局部温度升高,增加了熔蚀的风险。

1.2 气孔缺陷

铝合金水冷散热器在真空钎焊过程中,气孔缺陷是

一个尤为常见且需要重点关注的问题。气孔的存在不仅影响了散热器的整体美观性,更重要的是,它可能破坏散热器的密封性,降低其散热效率,甚至对散热器的使用寿命产生严重影响。气孔的形成与多个因素密切相关。首先,焊料的成分是影响气孔产生的重要因素之一。如果焊料中含有过多的杂质或气体,这些杂质和气体在熔化过程中不易逸出,就容易在焊缝中形成气孔。其次,待焊表面的清洗质量也是影响气孔形成的关键因素。如果待焊表面清洗不彻底,留有油污、氧化物等杂质,这些杂质在焊接过程中可能会阻碍焊料的润湿和扩散,从而导致气孔的产生。

1.3 裂纹缺陷

裂纹的存在不仅影响了散热器的整体性能,还可能导致其在使用过程中的安全隐患。因此,深入了解裂纹缺陷的产生原因和预防措施,对于提高散热器钎焊质量具有重要意义。裂纹的产生往往与装夹力矩的大小密切相关。在钎焊过程中,如果工装夹具的夹紧力过大,会导致焊接件在受到外力作用时产生过大的变形。这种变形在焊接件冷却过程中无法完全恢复,从而形成裂纹。焊接件的装配精度也是影响裂纹产生的重要因素。如果装配精度不高,焊接件之间的间隙不均匀,会导致钎焊过程中热量分布不均,进而增加裂纹产生的风险。

1.4 焊合不良

铝合金水冷散热器真空钎焊过程中,焊合不良是一种常见的缺陷,其表现形式多种多样,如钎缝不连续、未焊透或焊接强度不足等。这些问题不仅影响散热器的整体性能,还可能对散热器的使用寿命和安全性构成威胁。焊合不良的产生原因多种多样。首先,清洗不干净是一个重要的因素。如果散热器在钎焊前未经过彻底的清洗,表面可能残留有油污、氧化物或其他杂质,这

些杂质会阻碍钎料与母材之间的良好接触,导致焊合不良。其次,钎焊温度-时间曲线的设置也是影响焊合质量的关键因素。如果温度过低或时间过短,钎料可能无法充分熔化并渗透到母材的缝隙中;反之,如果温度过高或时间过长,又可能导致母材熔化或钎料流失,同样造成焊合不良^[1]。环境湿度和真空度也是影响焊合质量的重要因素。在湿度较大的环境中进行钎焊,可能导致钎料吸收过多的水分,从而降低其焊接性能。而真空度不足则可能导致钎焊过程中产生气体残留,影响钎料与母材之间的冶金结合。

2 控制措施

2.1 优化钎料选择与匹配

铝合金水冷散热器真空钎焊是一种关键的工艺过程,用于确保散热器的高效散热性能。然而,这一过程中常常会出现一些缺陷,其中熔蚀问题尤为突出。熔蚀不仅会影响散热器的结构完整性,还可能降低其散热效率,因此,优化钎料的选择与匹配显得尤为重要。在选择钎料时,必须深入了解母材的成分和性质。不同的铝合金材料具有不同的化学特性和物理性能,这就要求根据具体的母材类型来选择合适的钎料。匹配度高的钎料能够更好地与母材融合,减少熔蚀的风险。钎料的用量也是控制熔蚀的关键因素。过多的钎料在熔化过程中可能会渗入母材的晶界,导致晶界弱化,甚至引发熔蚀。因此,需要严格控制钎料的用量,确保其在满足焊接需求的同时,不会造成过多的熔蚀。还可以通过改进钎焊工艺来进一步减少熔蚀的发生。例如,优化焊接温度、时间和压力等参数,以减少钎料在焊接过程中的流动性和渗透性。同时,加强焊接前的表面处理,确保母材表面的清洁度和粗糙度符合要求,也是防止熔蚀的有效措施。通过深入了解母材性质、控制钎料用量以及改进钎焊工艺,可以有效地减少熔蚀的发生,提高散热器的质量和性能。

2.2 严格控制焊接温度和时间

铝合金水冷散热器在制造过程中,真空钎焊技术是关键的一环。但在实际操作中,往往会出现一些常见的焊接缺陷,如熔蚀和气孔等,这些问题直接影响到散热器的性能和质量。因此,对于焊接温度 and 时间的严格控制显得尤为重要。在焊接过程中,温度是影响焊接质量的关键因素之一。铝合金和钎料都有其特定的熔化温度,如果焊接温度过高或时间过长,就可能导致铝合金母材的熔蚀,使得焊接区域的结构变得疏松,降低了散热器的强度和导热性能。同时,过高的温度还可能使钎料中的气体不能及时排出,从而在焊接接头处形成气

孔,这些气孔不仅会降低散热器的导热效率,还可能成为散热器使用过程中潜在的故障点。为了防止熔蚀和气孔的产生,必须根据铝合金母材和所选钎料的物理和化学性质,制定合理的焊接温度-时间曲线。这个曲线应该确保钎料在适宜的条件下熔化,并能够充分浸润母材,形成牢固的焊接接头。同时,还需要注意控制升温速率和保温时间。升温过快可能导致焊接区域温度分布不均,造成焊接缺陷;而保温时间过长则可能使焊接接头在固-液相温度区间停留过久,同样会引起熔蚀和气孔等问题。严格控制焊接温度和时间是防止铝合金水冷散热器真空钎焊过程中出现熔蚀和气孔等缺陷的有效措施。通过科学的工艺设计和严格的操作控制,可以确保散热器具有优良的导热性能和稳定的结构强度,从而满足各种高性能散热需求。

2.3 提高清洗质量

铝合金水冷散热器真空钎焊过程中,提高清洗质量是控制缺陷产生的重要一环。清洗质量的好坏直接关系到焊接接头的质量,尤其是气孔等缺陷的产生。因此,对于待焊表面的清洗工作必须予以高度重视。在焊前,应对焊接件进行严格的清洗程序。这包括使用合适的清洗剂和方法,彻底去除表面的油污、氧化物、金属屑等杂质。这些杂质不仅会影响焊接接头的质量,还可能成为气孔等缺陷的诱因。对于结构复杂的焊接件,清洗工作更加具有挑战性。这时,可以考虑采用超声波清洗等高效清洗方法。超声波清洗利用超声波的振动作用,能够深入到焊接件的微小缝隙中,将难以触及的杂质有效去除。这种方法不仅可以提高清洗效率,还能确保焊接表面的清洁度达到更高标准^[2]。除清洗方法的选择外,还应注意清洗过程中的操作规范。清洗时应避免对焊接件造成机械损伤或化学腐蚀,以免影响其焊接性能。同时,清洗后的焊接件应及时进行干燥处理,防止水分残留对焊接质量造成影响。通过提高清洗质量,可以有效减少铝合金水冷散热器真空钎焊过程中气孔等缺陷的产生,从而提高焊接接头的质量和可靠性。这对于确保水冷散热器的正常运行和延长其使用寿命具有重要意义。

2.4 优化真空环境

铝合金水冷散热器真空钎焊过程中,优化真空环境是防止缺陷产生的关键措施之一。保持钎焊过程中的高真空度至关重要,因为真空环境能够有效地排除焊接区域中的气体残留,从而防止气孔等缺陷的形成。在钎焊开始前,必须确保真空设备处于最佳工作状态,并进行必要的预抽真空处理,以清除焊接室内的空气和其他杂质。在整个钎焊过程中,应持续监控真空度的变化,并

根据需要及时调整设备参数,保持高真空度的稳定。除保持高真空度外,定期检查和维护真空设备也是至关重要的。这包括清洁真空泵、更换磨损的密封件、检查真空管道是否漏气等。通过这些措施,可以确保真空设备的正常运行,为钎焊过程提供稳定的真空环境。优化真空环境不仅可以减少气体残留和气孔的形成,还可以提高焊接接头的质量和可靠性。这有助于提升铝合金水冷散热器的整体性能和使用寿命,确保其在水冷系统中发挥稳定的散热效果。因此,在铝合金水冷散热器真空钎焊过程中,应高度重视真空环境的优化工作。

2.5 优化工装夹具设计

铝合金水冷散热器在真空钎焊过程中,工装夹具的设计对于防止裂纹等缺陷的产生起着至关重要的作用。因此,针对裂纹问题,必须对工装夹具的设计进行深入的优化。工装夹具的刚性是确保其稳定性的基础。刚性不足的夹具在焊接过程中容易产生变形,导致焊接件位置偏移或受力不均,从而引发裂纹。因此,在设计工装夹具时,应选用高强度、高刚性的材料,并通过合理的结构设计来增强其整体稳定性。工装夹具的稳定性也是防止裂纹产生的关键。稳定性不佳的夹具在焊接过程中可能发生晃动或滑移,对焊接件造成不良影响。为了提高夹具的稳定性,可以采用精密的加工工艺和装配技术,确保夹具的各个部件能够紧密配合、协同工作。夹紧力的大小也是影响焊接质量的重要因素。过大的夹紧力可能导致焊接件产生应力集中或变形,进而引发裂纹。因此,在设计工装夹具时,需要根据焊接件的材质、形状和尺寸等因素,合理控制夹紧力的大小,确保焊接过程中的稳定性和安全性。通过优化工装夹具的设计,可以有效提高铝合金水冷散热器真空钎焊的质量,减少裂纹等缺陷的产生。这不仅有助于提升产品的性能和使用寿命,还能够降低生产成本和维修成本,为企业创造更大的经济效益。

2.6 合理设计散热器结构

铝合金水冷散热器在真空钎焊过程中,常见缺陷的控制措施至关重要。其中,合理设计散热器结构是一个关键的环节。在进行散热器设计时,必须充分考虑材

料的热膨胀系数和应力分布,以尽量减少裂纹的产生。热膨胀系数是材料在温度变化时,其尺寸发生变化的程度。对于铝合金这样的金属材料,其热膨胀系数相对较高,因此在温度变化较大的情况下,散热器容易发生形变。为了避免因热膨胀导致的结构变形和裂纹,需要在设计时选择热膨胀系数相近的材料进行组合,以减少不同材料间因热膨胀差异造成的应力集中。散热器在工作过程中会受到各种应力的作用,如热应力、机械应力等。不合理的结构设计可能导致应力分布不均,进而引发裂纹^[1]。因此,需要通过优化结构设计,使应力分布更加均匀,降低局部应力集中的风险。还可以采用一些先进的结构设计方法,如有限元分析等,对散热器的热膨胀和应力分布进行模拟和预测。这有助于在设计阶段及时发现潜在的问题,并采取相应的措施进行改进,从而确保散热器的质量和性能。通过充分考虑材料的热膨胀系数和应力分布,可以有效减少裂纹的产生,提高散热器的稳定性和可靠性。

结束语

通过优化钎料选择与匹配、严格控制焊接参数、提高清洗质量以及优化工装夹具和真空环境,能够有效地控制铝合金水冷散热器真空钎焊过程中的缺陷。这些措施的实施不仅提高了散热器的焊接质量,也确保了其稳定性和可靠性。未来,随着技术的不断进步和工艺的持续优化,相信铝合金水冷散热器的性能将得到进一步提升,为各类设备的高效散热提供更加可靠的保障。

参考文献

- [1]王静静,张传银,宋锦晖.电池冷却器真空钎焊工艺的探究[C].河南省汽车工程学会.第十五届河南省汽车工程科技学术研讨会论文集.河南省汽车工程学会:河南省汽车工程学会,2018:313-315.
- [2]申园园,陈朝轶,李军旗,兰苑培,杨帆.真空钎焊对3003铝合金焊缝组织及腐蚀的影响[J].表面技术,2018,47(09):149-156.
- [3]杨怀德,肖宁,张利生.铝合金水冷散热器真空钎焊常见缺陷及控制措施[J].轻合金加工技术,2022,50(11):62-67.