

铝点焊电极修磨常见问题及解决方案

张洋, 张成庆, 刘杰, 张海波, 陈川

重庆赛力斯新能源汽车设计院有限公司 重庆 400038

摘要: 随着汽车工业的发展, 铝合金材料因其轻质、高强度和良好的耐腐蚀性, 在汽车白车身上的应用日益广泛。然而, 铝合金的点焊工艺相较于传统钢材料点焊具有更高的技术难度, 特别是在电极修磨方面。探讨了铝点焊电极修磨过程中常见的问题, 并提出相应的解决方案, 以提高焊接质量和生产效率。

关键词: 铝点焊; 电极材质; 电极修磨; 刀片

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.12.001

轻量化一直是汽车工业发展追求的方向, 轻量化已成为提升新能源汽车续航能力、提升车辆燃油经济性、减少排放以及增强车辆性能的关键因素。铝合金因其出色的比强度、良好的耐腐蚀性和可回收性, 正逐步取代传统的钢材, 成为汽车车身结构中的重要材料。然而, 铝合金材料的应用也给汽车制造工艺带来了新的挑战, 特别是在焊接工艺方面。

铝点焊作为一种高效、经济的连接技术, 在铝合金部件的焊接中发挥着重要作用。它不仅能够实现快速、高强度的连接, 还能保持铝合金材料的轻质特性。然而, 与钢点焊相比, 铝点焊对焊接条件、电极状态以及工艺控制的要求更为苛刻。电极作为铝点焊过程中的关键部件, 其修磨质量直接影响焊点表面和内部质量, 影响焊接接头的质量以及整个焊接过程的稳定性。

在铝点焊电极的修磨过程中, 存在一系列常见问题, 如电极与铝合金材料的合金化反应导致的烧损、电极表面氧化层的形成与黏着、修磨精度难以控制等。这些问题会引发焊接缺陷, 影响焊点外观质量, 甚至影响汽车的整体质量和安全性。

因此, 深入研究铝点焊电极修磨过程中的常见问

题, 并提出有效的解决方案, 对于提升铝合金焊接质量、延长电极使用寿命、降低生产成本以及推动汽车工业的发展具有重要意义。本文将从多个角度探讨铝点焊电极修磨的难点, 并结合现有技术和实践经验, 提出针对性的解决方案, 为铝合金焊接工艺的优化提供有价值的参考。

铝点焊常用电极材料介绍

由于铝合金材料的焊接特性, 其焊接电流较钢点焊电流大很多, 因此需要铝点焊电极材料要具有高导电性。

常用铝合金点焊所用的电极材料如下:

(1) 钨铜合金 将导电性好的钨和导热性好的铜混合制成, 具备良好的导电性、导热性和耐磨性, 使用寿命较长, 但价格相对较高^[1]。

(2) 铜基合金 如铬铜、铍铜、钨铜等, 这些合金通过添加铬、铍等元素提高了铜的硬度和高温软化性能, 适用于铝合金点焊。铬铜 (CrCu) 电极具有良好的导电性、导热性和硬度, 铬元素的加入提高了铜的硬度和高温软化性能, 使得铬铜电极在高温和高压条件下仍

能保持稳定。铍铜（BeCu），是一种常用的电极材质，具有高强度、高硬度和优异的导电性，其高软化温度使得铍铜电极在焊接过程中不易变形，从而保证了焊接质量。钨铜（WCu）电极是将导电性好的钨和导热性好的铜混合制成，具备良好的导电性、导热性和耐磨性，使用寿命较长。但其价格相对较高，焊接量大时成本较高。

（3）特殊材料 如氧化铝弥散强化铜，这种材料具有优异的抗蘑菇状变形特性和抗黏连特性，能够显著提高焊接电极的使用寿命^[3]。

电极自动修磨流程和参数介绍

1. 电极修磨流程

电极修磨流程如图1所示。点焊开始后，点焊机器人开始计算所焊焊点的数量并反馈给PLC，PLC判断达到系统预设定的修磨条件后，PLC调取点焊机器人修磨程序进行自动修磨，修磨完成后焊点计数自动清零。

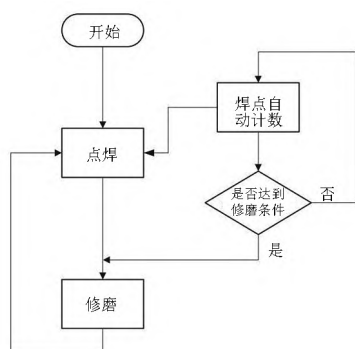


图1 电极修磨流程

2. 电极修磨参数构成

铝点焊电极修磨参数主要由修磨频次、电极压力、修磨器刀片转速和修磨时间构成^[4]。

（1）修磨频次 指连续两次修磨期间焊枪所焊接焊点的数量。由于铝材质点焊过程中电极表面极易黏接铝液，如果不及时清理会影响电极导电性从而影响焊点表面和内部质量。铝点焊电极修磨频次一般为10~25点/次，如果对焊点外观要求高的部位可适当增加电极修磨频次。

（2）电极压力 指电极修磨过程中上下电极被施加的压力，电极压力常用设定值为500~1200N，实际一

般根据电极材质硬度在此区间进行设置。

（3）修磨器刀片转速 指电极修磨时刀片转动速度，部分厂家也用电动机转速表示。常见转速设定值为300~400r/min，一般工况配置的修磨器出厂后转速为固定值，不可调整。转速快慢影响电极寿命和修磨后电极表面清洁度，铝点焊一般用低转速进行修磨。

（4）修磨时间 指电极在加压状态下修磨器刀片切削电极所持续的时间。铝点焊电极修磨时间常用设定值为0.5~1.5s，修磨时间过长会减小电极使用寿命，修磨时间过短导致修磨不充分，影响修磨效果。

电极修磨常见问题及解决方案

铝点焊常见电极修磨问题有表面振纹、表面凹陷凸起、表面黏铜屑、表面裂纹、中心偏移、表面刮痕及表面修磨不净等。

1. 表面花纹

产生原因及影响：电极修磨时电极中心轴线与刀具旋转中心不同轴，电极杆刚性不足，修磨时电极发生横向振动均会产生表面振纹。表面花纹可能导致焊点内部质量不良，焊核直径不达标，强度不足。

解决方案：

- 1) 调整电极修磨时电极姿态即调整电极中心轴线与刀具旋转中心同轴。
- 2) 更换刚性更高的电极杆，确保刚性满足要求。
- 3) 增加修磨次数，采用两次或多次修磨。

2. 表面凹陷凸起

产生原因及影响：刀片有缺损，修磨时焊枪姿态有变化，上下电极释放压力不同步均可能导致电极表面凹陷凸起。电极表面凹陷凸起会引起焊点外观凹陷、凸起等外观缺陷，甚至引起焊点焊核小，影响焊点强度。

解决方案：

- 1) 更换刀片。
- 2) 调整修磨姿态，修磨后上下电极同步释放压力并同步退出修磨位。

3. 表面黏铜屑

产生原因及影响：由于铝点焊电极修磨量大，每次修磨时会产生大量的铜屑，铜屑容易黏到电极表面，再

焊接时容易产生焊点表面凹陷、焊点表面花纹。如果表面铜屑较多会影响电极导电性从而影响焊点内部质量。

解决方案：

1) 在电极修磨器刀盒上方增加压缩空气气管，修磨过程中增加吹气功能。

2) 电极修磨器上增加铜刷，同时在机器人程序里添加一段轨迹，在电极修磨完成后电极经过铜刷清理掉所黏铜屑。

3) 更换修磨器刀刃数量，电极修磨器刀片组常见有两刃、三刃、四刃，四刃刀片^[2]容易堆积铜屑从而黏到电极表面，刀刃数量减少有利铜屑从刀盒中排出。

4.表面裂纹

产生原因及影响：电极冷却水异常如流量不足，电极材质问题均会导致电极修磨后表面裂纹。电极表面有裂纹会导致能量密度发生变化，产生焊点外观不良的问题，影响焊点内部质量，从而引起焊点强度不足等缺陷。

解决方案：

1) 检查并确认冷却水流量是否异常。

2) 检查电极材质。

3) 手动调用修磨程序进行多次修磨，将裂纹清除干净。

5.中心偏移

产生原因及影响：上下电极轴线错位，修磨时电极中心轴线与刀具旋转中心不同轴均会导致修磨后电极中心偏移。中心偏移会导致焊接时电极与工件不垂直，焊接时易产生焊枪滑移，造成焊点外观扭曲、马蹄印，严重的还会引起焊核大小不合格、空洞等内部缺陷，从而影响焊点强度。

解决方案：

1) 校正上下电极位置，使上下电极轴线垂直。

2) 调整修磨姿态，电极中心轴线与刀具旋转中心同轴。

6.表面刮痕

产生原因及影响：刀盒中铜屑堆积、刀片上存在异物、修磨后电极打开速度过快均会导致电极表面刮痕。电极表面刮痕导致焊点表面产生花纹、不平整，还可能引起焊点内部质量缺陷。

解决方案：

1) 清理刀盒中的铜屑。

2) 检查并确认吹气装置是否工作正常。

3) 检查并确认刀片表面状态。

4) 检查并优化修磨时电极打开速度。

7.表面修磨不净

产生原因及影响：修磨器刀片磨损、修磨压力不足、修磨时间不足均会导致表面修磨不净。电极修磨不净会影响电极导电性，会引起焊点表面凹凸不平、焊瘤等外观缺陷；还可能会影响焊核大小从而影响焊点强度。

解决方案：

1) 检查并确认刀片是否过渡磨损、及时更换刀片。

2) 增加修磨时电极压力。

3) 增加修磨时间。

4) 增加修磨次数。

结语

铝点焊是轻量化技术发展中一项重要的连接技术，为工业发展带来了许多的技术进步，但铝点焊的应用过程中也存在一些问题需要不断的去探索解决，如修磨缺陷。铝点焊修磨过程中存在的问题是多方面的，但通过采取科学有效的解决方案，可以显著提高焊接接头的质量和生产效率。

未来，随着焊接技术的不断发展和创新，铝点焊将在更多领域得到广泛应用，并发挥更大的作用。本文的研究不仅为铝点焊修磨提供了宝贵的经验借鉴，也为后续的研究工作奠定了坚实的基础。

参考文献：

- [1] 吉祥.不同材质电极点焊性能研究及其失效分析[D].江苏科技大学，2015.
- [2] 邱鹏程.伺服焊枪点焊电极磨损规律研究及其修磨参数优化[J].上海交通大学，2008.
- [3] 刘磊，纵荣荣，李乐乐，等.轻量化汽车电阻点焊技术的研究与应用[J].时代汽车，2019（3）：131-134.
- [4] 江松伟，王伟斌.自动点焊机器人电极修磨的探讨[J].时代汽车，2020（17）：121-123. **AUTO1950**