

热镀锌与镀锌铝镁材料在光伏支架中的应用对比

张炜鑫

(晶科光伏材料有限公司, 江西 上饶 334000)

摘要 光伏支架在光伏电站中起到重要作用, 光伏电站需要保证25年的使用年限, 而光伏支架需要保证户外使用30年不生锈, 这就需要光伏支架也要有较长的使用寿命, 传统的光伏支架使用的材料大多为碳钢并采用热镀锌工艺来保障其防腐能力, 而新型的镀锌铝镁钢材具备优异的抗腐蚀能力, 日本PCT专利在2019年底到期后, 国有企业钢厂进行了大规模的产能释放, 并且在2020年7月之后在光伏支架上开始大量应用镀锌铝镁材料。本文将从传统热镀锌和镀锌铝镁材料的多个方面进行综合对比分析, 并论述镀锌铝镁材料在光伏支架中应用的优势和可行性, 以期为相关人员提供借鉴。

关键词 光伏支架; 镀锌铝镁钢; 抗腐蚀

中图分类号: TG154

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)10-0076-03

光伏支架的结构主要分为固定光伏支架和跟踪光伏支架等, 一般材质有铝合金、碳钢及不锈钢。而碳钢材料在光伏支架中的使用占比较高, 也是光伏支架的主要材质。想要达到碳达峰、碳中和的要求就需要全球能源转型, 而光伏发电作为清洁环保的能源受到国家的大力支持, 传统的热镀锌钢材生产过程对环境会造成一定破坏, 而镀锌铝镁材料具有环保无污染的优点, 也长期出口到日本新加坡韩国、加拿大、菲律宾等各地使用。我国大多电站项目都建设在沙漠、滩涂、戈壁等环境较为恶劣的地区, 新型的镀锌铝镁材料支架较好的防腐特性也可以在这些恶劣环境中得到更大的应用。

1 材料介绍

1.1 热镀锌材料

热镀锌是延缓钢铁材料环境腐蚀的最有效手段之一, 它是将表面经清洗、活化后的钢铁制品浸于熔融的锌液中, 通过铁锌之间的反应和扩散, 在钢铁制品表面镀覆附着性良好的锌合金镀层。与其他金属防护方法相比, 热镀锌工艺在镀层的物理屏障与电化学保护相结合的保护特性上, 镀层与基体的结合强度上、镀层的致密性、耐久性、免维护性和经济性及其对制品形状与尺寸的适应性上, 具有无可比拟的优势^[1]。

1.2 镀锌铝镁材料

镀锌铝镁材料即在原有热镀锌工艺中添加一定量的Al、Mg的镀层的新型工艺, 形成防腐性能更优的锌铝镁镀层。

1.2.1 国外发展情况

国外对于锌铝镁镀层的研究和使用较早, 20世纪70年代, 美国内陆钢铁公司最早开发了Zn-55%Al-1.6%Si镀层, 20世纪80年代初, 欧洲开发铝含量为5%的Zn-5%Al, 20世纪90年代, 日本在Zn-5%Al(欧洲)镀层基础上开发出多种锌铝镁镀层钢板, Zn-0.2%Al-0.5%Mg、Zn-5%Al-3%Mg, 21世纪初, 欧洲开发出一种新体系锌铝镁镀层钢板, 铝含量和镁含量普遍低于3%。21世纪10年代之后, 澳大利亚博思格在Zn-55%Al-1.6%Si镀层基础上开发出Zn-55%Al-2%Mg-1.6%Si镀层^[2]。

1.2.2 国内发展情况

国内各大钢厂也自主研发了各自成分体系的锌铝镁产品, 根据基材不同和镀层成分的不同分别应用于汽车、家电和建筑等领域。2016~2017年后, 国内锌铝镁镀层技术进行了大规模开发。据不完全统计, 目前国内已建和在建的锌铝镁镀层产线17条, 年产能预计达650万吨^[3]。

2 工艺对比

2.1 热镀锌工艺

热镀锌工艺就是在打孔切割后再做热镀锌处理; 热镀锌后因锌层将空气和钢材隔离, 达到防腐效果。

1. 钢带基材通过冷弯冲压等加工成支架构件后, 再通过热镀锌处理

2. 镀锌工艺段。它包括支架构件的碱水清洗, 脱脂处理, 水清洗, 酸洗处理, 浸入溶剂及助镀剂处理

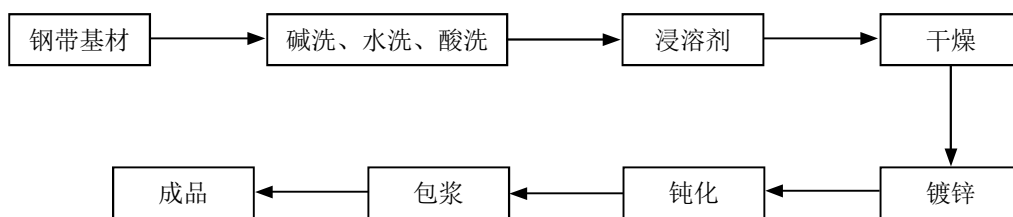


图 1 热镀锌支架工艺流程

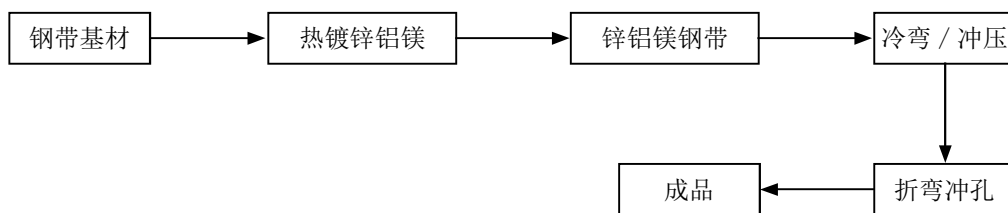


图 2 镀锌铝镁支架工艺流程

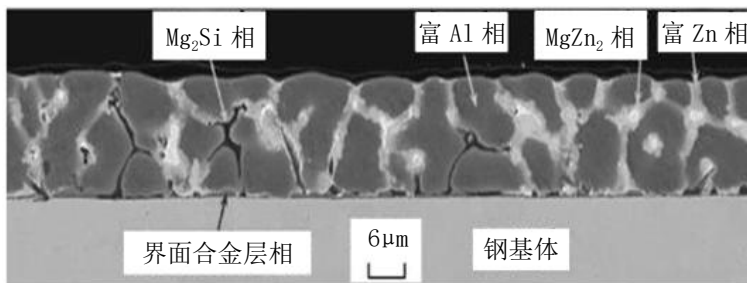


图 3 锌铝镁镀层截面金相图

和烘干工序。镀锌工艺段包括了支架构件的热浸锌处理。浸涂助镀剂的支架构件经过干燥炉进行干燥并预热到 200 度左右。支架构件的预热可以减少锌锅中热量的消耗，降低对锌锅加热的强度，从而可以延长锌锅使用寿命，改善劳动条件。

3. 镀后处理工艺段。镀后处理工艺段包括钢管浸锌离开锌锅后至冷却到室温的工艺过程。喷吹处理后进行冷却可以使构件较快的降温，终止铁锌合金层的生长，镀锌后的构件根据需要可以进行钝化处理^[4]。

4. 后加工工艺段。构件的后加工工艺是指构件热浸镀锌后的检查、车丝、矫直、打印、称重、捆扎包装等工序。

2.2 镀锌铝镁支架工艺

铝镁锌材料，直接钢厂排产好钢带加工打孔；打孔切割处的断面会自然生成保护层，将断面包裹后防止生锈。

1. 钢带基材通过镀锌铝镁工序加工成带锌铝镁镀层的钢带。

2. 锌铝镁镀层的钢带再通过冷弯冲孔等工序加工成支架构件。

3 应用特点对比

3.1 热镀锌材料特点

热镀锌支架因镀层附着在切割冲孔后，而镀锌完成后的产品不建议再进行切割和冲孔等工序，因为切割和打孔会破坏包裹的锌层，需要重新进行防腐措施，不然空气中的二氧化硫会腐蚀支架产生“红锈”^[5]。

3.2 镀锌铝镁材料特点

相比于热镀锌镀，镀锌铝镁会产生更多的二元共晶相、三元共晶相等复杂晶相，随着 Al、Mg 含量增加，初生 Zn 相的体积分数减少，二元和三元共晶相的体积分数会增加。

镀锌铝镁支架由于锌元素、镁元素的氧化特性：在潮湿腐蚀环境下，切口附近的镀层物质通过溶入裸露金属表层附着的水膜，不断迁移浸染到裸露的切口位置，形成由氢氧化锌、碱性氯化锌及氢氧化镁等组成的致密保护膜（白锈），逐渐覆盖裸露切口金属，将外界腐蚀介质与裸露金属基体分隔，从而阻止裸露切口进一步腐蚀。因此锌铝镁支架可以进行任意切割和打孔。但是，锌铝镁支架不能进行焊接，在高温下，

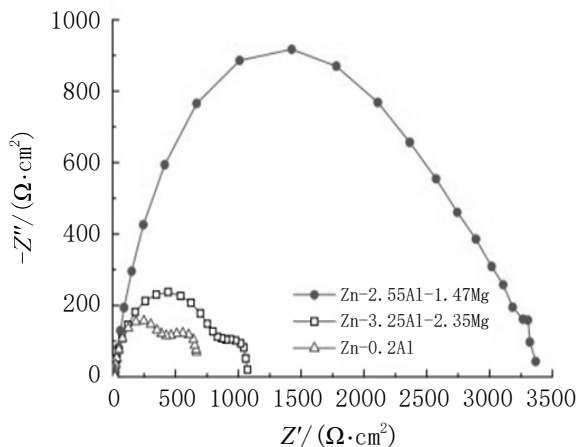


图4 不同热镀锌层的Nyquist图

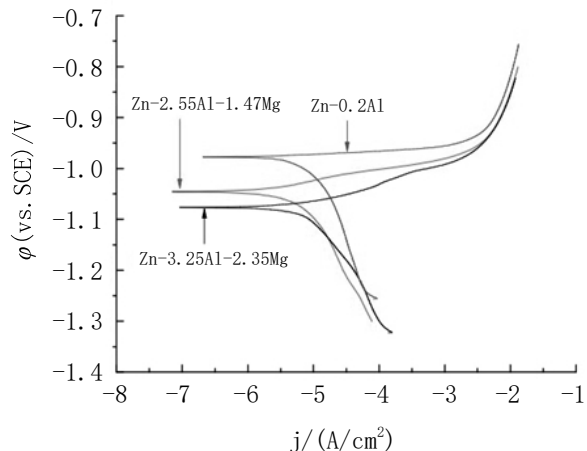


图5 镀层的动点位极化曲线

焊点处强度会变弱，影响支架整体承载力。

3.2.1 切边保护能力

在循环腐蚀试验初期，镀膜层中的Mg和Zn元素首先发生阳极反应变成Mg²⁺和Zn²⁺与水分子反应生成氢氧化镁(Mg(OH)₂)和氢氧化锌(Zn(OH)₂)的沉淀。在循环腐蚀试验后期，随着腐蚀溶液中Cl⁻的加入，由于镀膜层与切边之间存在电位差，游离的Mg²⁺、Zn²⁺会不断扩散至切边并生成含有氯水锌矿(Zn₅(OH)₈Cl₂·H₂O)、氢氧化锌(Zn(OH)₂)及氢氧化镁(Mg(OH)₂)等结构致密的腐蚀产物，将钢基完全覆盖，有效抑制氧气扩散，降低金属铁速率，从而达到切边保护的目的。

镀锌铝镁端面/镀膜层损伤部位，在中期(6个月~数年)完成镀膜层成分蔓延，为基体提供新的保护膜，从而达到切边保护的目的。

3.2.2 镀层性能

锌铝镁镀层的耐腐蚀性能可采用中性盐雾试验(NSS试验)或电化学法进行评价。

电化学法，可通过动电位极化曲线拟合出的腐蚀电流密度和/或Nyquist拟合出的电荷转移电阻R_{ct}进行表征。

3.3 防腐性能的优劣

支架的镀层厚度是根据大气的腐蚀环境等级确定的，锌铝镁支架的镀层厚度比起热镀锌支架要薄70%左右，这是因为热镀锌铝镁钢板的镀层比镀锌板更加致密，不易发生镀层剥离现象，在严峻条件下拉伸、冲压、折弯、焊接等加工性能优越，且镀层硬度较高，具备卓越的耐损伤性。

我国沿海大部分地区的大气腐蚀等级为C3级或C4级，在极个别海岸地区如海南万宁离海150m的试验场

和海洋平台可达到C5级。在C3~C5的大气腐蚀的环境内，锌铝镁支架在耐腐蚀，耐久性上更具有很强劲的优势。

4 结语

目前在市场上，虽然锌铝镁支架比热镀锌支架优势明显，但热镀锌支架在市场上仍有较高的占比，这是因为热镀锌是传统工艺，至今还是主导地位，锌铝镁工艺在市场上才刚开始发展，没有真正推广出去。最近很多支架厂家已经开始偏向购买锌铝镁的钢板，因为热镀锌支架的工艺繁琐，并且中间会增加出反复运输的物流成本。而且两种材料价格差距300~500元每吨，铝镁锌价格便宜，热浸镀锌价格贵，也会使更多终端客户倾向于使用锌铝镁支架。

参考文献:

- [1] 袁训华, 林源, 张启富. 热镀锌铝镁镀层的切边保护性能和耐腐蚀机理[J]. 中国有色金属学报, 2015, 25(09): 2453-2463.
- [2] 谢英秀, 金鑫焱, 王利. 热浸镀锌铝镁镀层开发及应用进展[J]. 钢铁研究学报, 29(03): 167-174.
- [3] 生海, 郝玉林, 刘兴全, 等. 组织结构对锌-铝-镁合金热浸镀层耐蚀性的影响[J]. 电镀与涂饰, 36(05): 239-242.
- [4] 张树亮. 热基锌铝镁镀层材料在光伏支架领域的应用[J]. 金属世界, 2021(06): 32-34.
- [5] Takao Tsujimura, etc. Influence of Mg Content in Coating Layer and Coating Structure on Corrosion Resistance (Development of Hot-Dip Zn-Al-Mg Alloy Coated Steel Sheet-1)[C]. CAMP-ISIJ, 1999.