

冷轧中铝锌铝镁镀层产品质量监测及检验

符新涛 叶建春

新疆八一钢铁股份轧钢厂冷轧区域 新疆 乌鲁木齐 830022

摘要: 冷轧中铝锌铝镁镀层产品传统质检成分波动难控、缺陷识别滞后问题,影响耐腐蚀性与加工可靠性。本文围绕四大关键质量指标,阐述X射线荧光光谱、划格试验、中性盐雾试验等监测技术,应用三类检验方法,构建生产前、生产中、成品出厂全流程检验流程,辅以设备校准、人员培训及数据追溯保障体系,实现质量精准控制,为提升产品综合性能与市场竞争力提供技术支持。

关键词: 冷轧中铝锌铝镁镀层; 质量监测; 检验技术; 流程管控; 保障体系

引言: 冷轧中铝锌铝镁镀层产品凭借优异性能,在建筑、家电等领域广泛应用。其质量关乎产品使用寿命与性能稳定性,直接影响市场竞争力。但生产环节复杂,易受多种因素影响,导致质量问题。因此,构建完善的质量监测与检验体系,对把控产品质量、满足市场需求、推动行业健康发展意义重大。

1 镀层产品关键质量指标监测

1.1 镀层成分与厚度监测

镀层成分监测需精准把控元素配比以符合中铝产品配方标准。采用X射线荧光光谱技术,发射特定波长X射线激发镀层中铝、锌、镁元素,根据元素荧光强度计算含量占比,分析元素分布状态,避免局部成分偏差影响整体耐蚀性能。若某元素含量超出标准范围,需追溯镀层熔融环节的原料配比与工艺参数,及时调整以恢复成分达标。镀层厚度监测需兼顾单点精度与整体均匀性。涡流测厚仪利用电磁感应原理测量镀层厚度,适用于非磁性基材;磁性测厚仪通过磁性探头与镀层的磁引力反应获取厚度数据,适配磁性基材。抽样监测覆盖产品边缘、中部、拐角,边缘关注镀层流淌致厚度不足,拐角检查厚度堆积,确保全区域厚度波动控制在中铝产品允许偏差内。

1.2 镀层附着力与力学性能监测

镀层附着力监测关系产品加工与服役可靠性。划格试验用标准划格器在镀层表面划均匀网格,胶带粘贴并快速剥离,观察网格边缘镀层是否剥离,无剥离或仅极少量剥离为合格;弯曲试验将样品沿不同方向反复弯至规定角度,检查弯曲部位是否开裂,无开裂则附着力满足后续冲压、折弯等加工需求,确保镀层与基材结合强度达标^[1]。力学性能监测结合冷轧基材特性评估产品抗变形能力。抗拉与屈服强度检测用拉力试验机对带镀层样品施加轴向拉力,记录样品断裂前的最大拉力与屈服时

的拉力值,判断产品受力承载能力;延伸率检测测量样品断裂前后的长度变化,计算延伸比例,反映产品拉伸过程中的塑性变形能力,确保力学性能匹配基材,满足下游应用结构强度要求。

1.3 耐腐蚀性监测

耐腐蚀性监测模拟不同服役环境评估镀层防护效果。中性盐雾试验将样品置于含氯化钠的雾化环境,240h、500h节点观察表面状态,记录白锈、红锈出现时间,中铝产品要求规定时间内无明显锈蚀,提前锈蚀需分析镀层成分或厚度问题,记录锈蚀面积与程度,重点管控切口等薄弱部位腐蚀扩散,避免切口与镀层面积比值过大加速红锈生成。试验后用扫描电镜观察腐蚀形貌,X射线衍射分析产物物相,白锈中氯水锌矿等致密产物可增强防护性,红锈中氧化铁类产物代表防护失效,为工艺优化提供数据支撑。耐湿热试验控制高温高湿环境,跟踪镀层是否出现鼓泡、脱落,此类现象说明耐候性不足需优化工艺,试验后检测镀层与基材的结合强度是否下降。可开展循环腐蚀试验,交替模拟干湿、冷热环境以贴近实际服役条件,监测镀层性能稳定性,通过电位测定、极化曲线测试等电化学方法,评估镀层电化学行为与抗腐蚀潜力。

1.4 表面外观与尺寸精度监测

表面外观监测排查缺陷保障产品外观质量。目视检查在标准光源下观察镀层表面,查漏镀、针孔、划痕、色差等缺陷,漏镀确认是否基材预处理不彻底,针孔排查镀层熔融时是否存在气泡;影像检测技术用高清相机捕捉表面细节,放大微小缺陷,确保无肉眼难识别的细微问题,符合中铝产品外观判定标准,轻微缺陷评估是否影响使用,严重缺陷标记并隔离处理。尺寸精度监测控制公差适配下游加工。激光测径仪快速测量产品厚度与宽度,激光束高精度特性精准捕捉尺寸偏差;千分

尺测量产品长度与平面度,平面度检测在产品不同位置选测点,计算测点间高度差,确保所有尺寸参数符合中铝产品尺寸公差要求,避免尺寸偏差影响后续装配与使用,尺寸超差产品需分析原因,必要时调整生产环节轧制成型参数。

2 核心检验技术与方法应用

2.1 实验室精密检验技术

微观结构检验需通过高倍观测设备解析镀层内部特性。借助金相显微镜时,先对样品打磨、抛光、腐蚀处理,清晰呈现镀层与基材界面结合状态,观察晶粒大小与分布均匀性,晶粒细化且分布均匀可提升镀层致密性与耐蚀性;扫描电子显微镜能实现更高倍率观测,捕捉镀层表面与截面微观形貌,排查微小孔隙、夹杂等缺陷,这些缺陷会成为腐蚀介质侵入通道,直接影响镀层防护性能,分析结构特征与性能关联,为中铝优化镀层工艺提供微观数据支持。成分定量分析需精准测定元素含量以保障配方合规^[2]。使用电感耦合等离子体发射光谱时,先将镀层样品溶解于特定试剂形成均匀溶液,通过光谱仪激发元素产生特征光谱,根据光谱强度定量计算铝、锌、镁及其他微量元素含量,可检出痕量杂质元素,排查原料或工艺导致的成分偏差,确保镀层成分严格匹配中铝产品配方标准,避免微量元素超标或关键元素不足影响镀层综合性能。

2.2 在线实时检验技术

在线表面缺陷检测需实现生产过程动态质量管控。在生产线上部署机器视觉系统时,于关键工序后安装高清相机与光源,对高速移动的镀层产品连续拍摄,图像数据实时传输至处理系统,通过算法识别表面斑点、条纹、漏镀等缺陷,同步标记缺陷位置与类型,将信号反馈至生产端,及时调整轧制速度、镀层温度等参数,减少缺陷持续产生,避免批量产品因表面缺陷报废,提升中铝镀层产品生产合格率。在线厚度监测需保障全批次产品厚度稳定。通过生产线集成的测厚装置时,装置与生产节奏同步,对每卷产品不同宽度位置连续扫描测量,实时生成厚度变化曲线,直观呈现沿产品长度与宽度方向的厚度波动,若曲线出现异常波动立即触发预警,操作人员可快速排查镀层辊压力、原料供给等问题,避免批次性厚度偏差,确保每卷产品厚度均符合中铝产品公差要求。

2.3 环境适应性检验

模拟工况检验需贴合实际应用场景评估性能稳定性。针对户外建筑用镀层产品,模拟紫外照射环境,通过紫外老化试验箱加速镀层老化,观察长时间照射后镀

层是否变色、粉化;针对家电内胆用产品,进行温度循环试验,交替处于高温与低温环境,检测镀层在温度剧烈变化下的附着稳定性,避免开裂、脱落,根据不同应用场景检验结果,验证镀层性能是否适配目标工况,确保中铝产品满足下游行业使用需求。耐化学品检验需评估镀层对常见介质的耐受能力。测试时将样品浸泡于弱酸碱溶液、清洁剂等常见化学品中,设定特定温度与浸泡时间,到期后取出样品,观察镀层表面是否出现腐蚀斑点、变色、剥落,检测腐蚀前后镀层厚度与附着力变化,判断镀层对化学品的耐受性,为中铝产品标注适用的化学品接触范围,避免使用环境不当导致镀层失效。

3 质量监测与检验流程管控

3.1 生产前预处理检验

生产前预处理检验是保障镀层质量的基础环节,需从基材与原料两方面严格把控。基材检验聚焦冷轧基材关键特性,检测表面粗糙度时,用粗糙度仪在基材不同区域选点记录数值,过粗易致镀层附着不均,过细则可能影响结合强度,需符合中铝镀层加工适配标准;检测油污残留时,用溶剂萃取法或红外光谱法,定量分析表面油污含量,油污会阻碍镀层与基材结合,引发漏镀或附着缺陷;检测尺寸偏差时,通过卡尺、激光测径仪测基材厚度、宽度,确保偏差在允许范围,避免基材尺寸异常导致后续镀层厚度不均^[3]。镀层原料检验需保障锌铝镁合金品质稳定,核查纯度时,用光谱分析仪检测原料杂质元素含量,铁、铅等杂质超标会降低镀层耐蚀性与加工性能,需严格控制在中铝规定限值内;核查成分稳定性时,对同批次原料多点取样,对比铝、锌、镁元素含量差异,确保成分波动小,避免原料成分不稳定导致镀层性能批次性差异,从源头减少质量风险。

3.2 生产过程实时监测

生产过程实时监测需覆盖镀层生产的关键工序节点。工序节点监测时,在镀层熔融温度控制节点,需使用热电偶定时测量熔融合金温度,温度需维持在中铝工艺设定的区间内,过高易导致元素烧损,过低则会影响镀层流动性;在冷却速度调节节点,需通过红外测温仪跟踪镀层冷却过程,控制冷却速率稳定,速率波动易引发镀层结构缺陷;在辊压参数设置节点,需记录辊压压力与速度,定时抽样检测镀层厚度与平整度,确保参数适当前生产规格,保障镀层物理性能达标。异常预警需建立精准的监测数据管控体系。需根据中铝产品质量标准设定监测数据阈值,如镀层厚度波动范围需控制在规定偏差内,成分偏差需不超过上限值。当在线监测数据超出阈值时,系统需立即触发预警,操作人员需快速

排查异常原因,如厚度超差时调整辊压参数,成分偏差时优化原料配比,及时调整生产参数以消除异常,避免批量质量问题产生。

3.3 成品出厂检验

成品出厂检验需确保每批次产品均符合中铝质量标准。批次抽样时,需按产品批次确定合理抽样比例,每卷产品需抽取卷头、卷中、卷尾三个位置的样品,覆盖不同生产时段的批次,同时兼顾不同规格产品,确保抽样具有代表性,避免因抽样遗漏导致不合格产品流入市场。全项检验需全面覆盖产品核心质量指标。需对成品进行成分检验以验证元素含量达标,进行厚度检验以确保均匀性符合要求,进行附着力检验通过划格、弯曲试验评估结合强度,进行耐腐蚀性检验通过盐雾、湿热试验判断防护性能,进行外观检验排查表面缺陷,进行尺寸检验控制公差范围。所有检验完成后需出具详细检验报告,记录各项指标数据,仅当所有指标均合格时,产品方可出厂,切实保障中铝冷轧铝镁镀层产品的质量口碑。

4 质量监测与检验保障体系

4.1 设备与人员保障

设备校准需按规范周期执行以确保检测数据准确。对测厚仪校准时,用标准厚度块比对测量值,调整参数至与标准值一致,高频使用的在线测厚仪需缩短校准间隔,防止长期使用出现精度偏移;对光谱仪校准时,用标准样品建立覆盖铝、锌、镁元素浓度范围的校准曲线,确保不同含量区间检测可靠;对拉力试验机、硬度计等力学性能检测设备,用标准力值块或硬度块验证,保障试验力与硬度值测量精准,所有校准需记录时间、结果与人员,形成档案确保设备合格^[4]。人员能力提升依赖系统培训与实践结合。培训需涵盖铝镁镀层成分、结构与性能关联的特性知识,讲解测厚仪操作、光谱仪样品制备、力学性能试验等技术细节,解读中铝产品质量标准与检验规范以明确合格判定依据。培训后通过理论与实操考核,合格者方可独立检验,定期组织技能复

盘与案例分析,分享检测常见问题与解决方法,提升操作规范性与问题处理能力。

4.2 数据与追溯保障

数据记录需建立标准化档案体系。监测与检验数据按产品批次分类管理,档案包含产品编号、生产与检测时间等基础信息,详细记录基材粗糙度、镀层厚度、附着力试验结果等指标数据,标注操作人员与审核人员以明确责任。数据采用电子化与纸质化双重存储,电子档案便于检索分析,纸质档案备份防丢失,数据需真实准确,修改需注明原因并签字确认。追溯机制可实现全流程问题定位。若下游反馈某批次产品质量问题,通过产品编号调取对应档案,查看生产前原料纯度、生产中熔融温度与冷却速度、成品检验结果,对比找出数据异常点。如发现镀层厚度偏差源于冷却速度波动超限,可进一步追溯冷却系统参数与维护记录,确定问题因设备故障或参数设置导致,记录追溯过程与结论形成闭环,避免同类问题重复。

结束语

冷轧中铝铝镁镀层产品质量监测及检验是一项系统性工作。通过精准监测关键质量指标、应用先进检验技术、严格管控流程以及构建完善保障体系,能有效提升产品质量。未来,需持续优化监测与检验方法,紧跟行业发展,不断提升产品质量,以满足日益严格的市场需求,推动冷轧中铝铝镁镀层产品产业持续发展。

参考文献

- [1]于浩,程子嫣,邵慧敏.高品质长寿命镀锌铝镁产品研发进展[J].鞍钢技术,2025(1):1-9.
- [2]冀鹏,于春满,黄伟,等.热镀纯锌、锌铁合金及锌铝镁镀层的耐腐蚀性分析[J].材料保护,2022,55(2):95-98.
- [3]金永清,尹红国.低铝型热镀锌铝镁镀层钢板生产技术探索[J].材料保护,2022,55(1):227-230.
- [4]周研,弓俊杰,裴宏江.热镀锌铝镁镀层产品国内外标准浅析[J].河北冶金,2022(4):75-82.