

# 解决厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷的有效策略研究

张学斌

首钢京唐钢铁联合有限责任公司 河北 唐山 063200

**摘要:** 本文聚焦厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷问题,深入分析其特征表现、对板材性能的影响、成因,探讨传统与先进检测方法。在此基础上,针对性提出优化原材料质量控制、改进生产工艺参数、改善生产环境条件、建立质量追溯与反馈机制等有效策略,旨在提升板材质量,为解决该类缺陷问题提供理论与实践指导,对提高厚规格热基镀锌铝镁板生产质量具有重要意义。

**关键词:** 厚规格热基镀锌铝镁板;圆点缺陷;缺陷成因;检测技术;解决策略

## 1 厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷概述

### 1.1 圆点缺陷的特征表现

厚规格热基镀锌铝镁板上的圆点缺陷,是一种极具辨识度的表面瑕疵,在板材生产质量管控中备受关注。从外观形态来看,圆点缺陷通常呈现出大小不一的圆形或近似圆形斑点,其直径范围一般在0.5毫米至5毫米之间,部分极端情况下甚至可达10毫米。这些圆点的颜色与正常板材表面存在明显差异,多为灰白色、灰黑色,在板材银白色的镀锌铝镁层背景下显得尤为突兀。缺陷分布并无固定规律,可能零星散布于板材表面,也可能呈现出局部密集分布的状态,严重时甚至会覆盖整个板材表面区域<sup>[1]</sup>。在微观层面,通过电子显微镜对圆点缺陷区域进行观察,可以发现其与正常区域存在显著的结构差异。正常板材表面的镀锌铝镁层结构致密、均匀,而缺陷区域的镀层结构则较为疏松,存在明显的孔洞和裂纹,部分区域甚至出现镀层脱落的现象。进一步的成分分析显示,缺陷区域的锌、铝、镁元素含量与正常区域相比发生了较大变化,尤其是镁元素的含量波动明显,这也在一定程度上解释了缺陷区域颜色和性能的异常。

### 1.2 圆点缺陷对板材性能的影响

圆点缺陷的存在对厚规格热基镀锌铝镁板的性能产生多方面的负面影响,严重制约了板材的使用价值和应用范围。在耐腐蚀性方面,由于缺陷区域的镀层结构疏松,存在大量的孔隙和裂纹,这为外界腐蚀性介质提供了直接接触基板的通道。相较于正常区域,缺陷区域的腐蚀速率显著加快,导致板材整体的耐腐蚀寿命大幅缩短。研究表明,存在圆点缺陷的板材在盐雾试验中,缺陷区域在短短数十小时内就会出现明显的红锈,而正常区域则能保持较长时间的无锈状态。在力学性能上,圆点缺陷会破坏板材表面的完整性和均匀性,从而影响板材的强度、韧性等关键指标。缺陷区域的应力集中现象

较为明显,在受到外力作用时,缺陷处容易产生裂纹并迅速扩展,导致板材的抗拉强度和屈服强度下降,严重时甚至会引发板材的断裂失效。圆点缺陷还会影响板材的加工性能,在进行冲压、折弯等加工工序时,缺陷区域更容易出现开裂、起皮等问题,降低了板材的成材率和加工质量。

## 2 厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷成因分析

### 2.1 原材料因素

原材料质量是影响厚规格热基镀锌铝镁板质量的基础,诸多原材料方面的问题都可能导致圆点缺陷的产生。首先,基板的质量对板材表面质量有着直接影响。如果基板表面存在夹杂物、气孔、裂纹等缺陷,在热浸镀过程中,这些缺陷部位的镀层就难以均匀附着,容易形成圆点缺陷。其次,镀锌铝镁合金液的成分和纯度也至关重要,合金液中杂质元素含量过高,如铁、硅等元素超标,会导致合金液的流动性和浸润性变差,使得镀层在板材表面的分布不均匀,从而产生圆点缺陷。此外,合金液中各主要成分的比例失调,如锌、铝、镁元素的比例不符合工艺要求,也会影响镀层的组织结构和性能,增加圆点缺陷出现的概率。

### 2.2 生产工艺因素

生产工艺环节的控制不当是导致厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷的重要原因。在热浸镀工艺中,镀液温度、浸镀时间和镀液表面浮渣等因素都可能引发问题。镀液温度过高或过低都会影响镀层的质量,如果镀液温度过高,会导致合金液的蒸发加剧,镀层表面容易产生气孔和疏松结构;而镀液温度过低,则会使合金液的流动性变差,镀层难以均匀覆盖基板表面,从而形成圆点缺陷。浸镀时间过短,基板表面的镀层厚度不足,容易出现漏镀现象;浸镀时间过长,则会导致镀层过厚,且容易产生流挂、结瘤等缺陷,这些缺陷在后续处理过程

中都可能转化为圆点缺陷。冷却工艺对板材质量同样有着重要影响<sup>[2]</sup>。冷却速度过快或不均匀,会使镀层内部产生较大的内应力,导致镀层开裂、剥落,形成圆点缺陷。冷却介质中的杂质也可能附着在板材表面,影响镀层质量。设备的磨损和老化也是不可忽视的因素,如沉没辊、稳定辊等关键设备表面磨损严重,会导致板材在镀液中运行不稳定,从而影响镀层的均匀性,产生圆点缺陷。

### 2.3 环境因素

生产环境条件对厚规格热基镀锌铝镁板的质量有着不容忽视的影响。车间内的空气质量是关键因素之一,如果空气中含有大量的灰尘、油污等污染物,在板材生产过程中,这些污染物容易附着在板材表面,影响镀层与基板的结合力,从而产生圆点缺陷。尤其是在靠近粉尘较大的加工区域或通风不良的车间,这种情况更为严重。环境湿度也会对板材质量产生影响。当环境湿度较大时,板材表面容易吸附水分,在热浸镀过程中,水分蒸发会在镀层表面形成气孔,进而发展为圆点缺陷。季节变化导致的环境温度波动,也会影响生产设备的运行状态和工艺参数的稳定性,增加圆点缺陷出现的风险。

## 3 厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷的检测方法

### 3.1 传统检测方法

传统的厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷检测方法主要依靠人工目视检测和简单的工具检测。人工目视检测是最基本也是最常用的方法,检测人员凭借丰富的经验和良好的视力,在合适的光照条件下,直接观察板材表面,判断是否存在圆点缺陷,并对缺陷的大小、数量和分布情况进行记录。这种方法操作简单、成本低,但存在明显的局限性。一方面,检测结果受检测人员主观因素影响较大,不同检测人员的判断标准和检测精度可能存在差异;另一方面,对于一些微小的、不明显的圆点缺陷,人工目视检测容易出现漏检的情况。除了目视检测,还会使用一些简单的工具辅助检测,如放大镜、千分尺等<sup>[3]</sup>。放大镜可以帮助检测人员更清晰地观察板材表面的细节,发现一些肉眼难以察觉的微小缺陷;千分尺则用于测量板材表面的厚度变化,通过检测缺陷区域与正常区域的厚度差异,判断是否存在圆点缺陷。然而,这些工具检测方法效率较低,难以实现对板材的快速、全面检测。

### 3.2 先进检测技术

#### 3.2.1 光学检测技术

光学检测技术是近年来发展迅速的一种先进检测方法,在厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷检测中具有广泛

的应用前景。其中,机器视觉检测技术是光学检测技术的典型代表,它通过工业相机采集板材表面的图像信息,然后利用图像处理算法对图像进行分析和处理,自动识别出板材表面的圆点缺陷。机器视觉检测技术具有检测速度快、精度高、稳定性好等优点,能够实现对板材表面的实时、在线检测,大大提高了检测效率和准确性。激光扫描检测技术也在圆点缺陷检测中发挥着重要作用,激光扫描检测技术利用激光束对板材表面进行扫描,通过测量激光反射光的强度和时间等信息,获取板材表面的三维形貌数据,从而准确检测出圆点缺陷的位置、大小和深度等信息。该技术具有非接触、高精度、高分辨率等特点,能够检测出一些传统检测方法难以发现的微小缺陷。

#### 3.2.2 无损检测技术

无损检测技术是在不破坏板材的前提下,对板材内部和表面的缺陷进行检测的技术。在厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷检测中,常用的无损检测技术包括涡流检测和超声波检测。涡流检测技术基于电磁感应原理,当检测探头靠近板材表面时,会在板材表面产生涡流,由于圆点缺陷会改变板材的电磁特性,从而导致涡流的大小和分布发生变化,通过检测涡流的变化情况,就可以判断板材表面是否存在缺陷。涡流检测技术对表面和近表面缺陷的检测灵敏度较高,检测速度快,适用于在线检测。超声波检测技术则是利用超声波在板材内部传播时遇到缺陷会发生反射、折射和散射等现象,通过接收和分析超声波的回波信号,判断板材内部和表面是否存在缺陷。超声波检测技术能够检测出板材内部较深位置的缺陷,对一些隐藏在镀层下的圆点缺陷也具有较好的检测效果,但该技术对缺陷的定性和定量分析相对复杂,需要专业的技术人员进行操作和分析。

## 4 解决厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷的有效策略

### 4.1 优化原材料质量控制

优化原材料质量控制是解决厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷的首要环节。对于基板质量的把控,应加强对基板生产厂家的资质审核和质量评估,选择信誉良好、质量稳定的供应商。在基板进厂检验环节,要严格按照相关标准和规范进行检测,采用先进的检测设备和方法,对基板的表面质量、化学成分、力学性能等指标进行全面检测,确保基板质量符合生产要求。对于不合格的基板,坚决予以退货处理,从源头上杜绝因基板质量问题导致的圆点缺陷。在镀锌铝镁合金液的质量控制方面,要严格控制在合金液的成分和纯度。建立完善的合金液成分检测制度,定期对合金液进行取样分析,确保

锌、铝、镁等主要元素的含量符合工艺要求，同时严格控制杂质元素的含量。另外，要加强对合金液生产过程的管理，优化合金液的熔炼工艺，确保合金液成分均匀、纯净。可以采用先进的精炼技术和除杂工艺，去除合金液中的杂质和气体，提高合金液的质量。

#### 4.2 改进生产工艺参数

##### 4.2.1 热浸镀工艺优化

热浸镀工艺的优化对于减少圆点缺陷至关重要。首先，要精确控制镀液温度，根据板材的规格、材质和生产工艺要求，合理确定镀液温度范围，并采用先进的温度控制系统，确保镀液温度稳定在设定范围内。同时要根据镀液温度的变化，及时调整浸镀时间，保证基板在镀液中能够充分浸润，形成均匀、致密的镀层。加强对镀液表面浮渣的清理，定期打捞镀液表面的浮渣，避免浮渣附着在板材表面，影响镀层质量。

##### 4.2.2 冷却工艺改进

改进冷却工艺可以有效降低镀层内部的内应力，减少圆点缺陷的产生。要根据板材的特性和生产工艺要求，合理选择冷却介质和冷却方式，优化冷却速度和冷却时间。例如，可以采用分段冷却的方式，先进行快速冷却，使镀层迅速凝固，然后再进行缓慢冷却，消除镀层内部的内应力。同时要保证冷却介质的清洁，定期更换冷却介质，防止冷却介质中的杂质附着在板材表面，影响镀层质量。

##### 4.2.3 设备维护与升级

加强设备的维护与升级是保证生产工艺稳定运行的关键。要建立完善的设备维护管理制度，定期对沉没辊、稳定辊、加热炉等关键设备进行检查、维护和保养，及时发现并处理设备存在的问题，确保设备处于良好的运行状态。对于磨损严重的设备部件，要及时进行更换；对于老化的设备，要根据实际情况进行升级改造，采用先进的设备和技术，提高设备的精度和稳定性，从而保证板材的生产质量。

#### 4.3 改善生产环境条件

改善生产环境条件是减少圆点缺陷的重要保障。首先，要加强车间的通风除尘系统建设，安装高效的通风设备和除尘装置，定期对车间内的空气进行净化处理，降低空气中的灰尘、油污等污染物含量，为板材生产创

造一个清洁的环境。其次，要控制车间内的湿度，安装湿度调节设备，根据生产工艺要求，将车间湿度控制在合适的范围内，避免因环境湿度问题导致板材表面出现圆点缺陷<sup>[4]</sup>。此外，要根据季节变化和环境温度波动，合理调整生产车间的温度，确保生产设备在适宜的温度条件下运行，保证生产工艺参数的稳定性。

#### 4.4 建立质量追溯与反馈机制

建立质量追溯与反馈机制可以及时发现和解决生产过程中出现的质量问题，有效预防圆点缺陷的产生。要建立完善的质量追溯体系，对板材生产过程中的原材料采购、生产加工、质量检测等各个环节进行详细记录，确保每一块板材都有可追溯的生产信息。一旦发现板材存在圆点缺陷，能够迅速追溯到问题产生的环节和原因，采取针对性的措施进行整改。同时，要建立有效的质量反馈机制，加强生产部门、质量检测部门和技术研发部门之间的沟通与协作。质量检测部门发现圆点缺陷后，要及时将问题反馈给生产部门和技术研发部门，生产部门根据反馈信息调整生产工艺参数，技术研发部门则对生产工艺和技术进行研究和改进，不断提高板材的生产质量。通过质量追溯与反馈机制的建立，实现对板材生产质量的全过程管控，持续改进生产工艺和产品质量。

#### 结束语

本文系统研究了厚规格热基镀锌铝镁板圆点缺陷的检测与解决策略，通过剖析缺陷特征、成因，提出的多维度解决策略为实际生产提供了有效参考。然而，随着生产技术的发展与应用需求的提升，对圆点缺陷的研究仍需不断深入。未来应持续关注新材料、新工艺的应用，加强产学研合作，进一步优化检测技术与解决方案，推动厚规格热基镀锌铝镁板生产质量迈向新台阶。

#### 参考文献

- [1]王单,赵卫红.超厚锌层热基镀锌产品锌流纹缺陷原因分析及控制[J].河北冶金,2020,(09):62-66.
- [2]邹英,刘华赛,韩贇,等.热基镀锌高扩孔钢的组织性能研究及其工业试制[J].轧钢,2022,39(04):76-80+121.
- [3]金能龙,左世鑫.钢轨铝热焊焊头粗磨技术工艺流程与方法研究[J].科技创新与生产力,2021(9):89-90.
- [4]张青,刘需,谷辉格,等.无锌花热基镀锌折弯脱锌成因分析及控制[J].河北冶金,2022,(10):39-44.