

镀锌钢卷头尾划伤缺陷 成因分析控制实践

Analysis and Control Practice of Scratch Defects on Head and Tail of Galvanized Steel Coil

供稿|侯珍珠¹, 于文爽², 王闯², 孙晨航² / HOU Zhenzhu¹, YU Wenshuang², WANG Chuang²,
SUN Chenhang²

内 容 导 读

镀锌钢板表面经常出现一道道“划痕”，这些看似不起眼的划伤，不仅影响美观，还会降低产品的耐腐蚀性能，尤其是在汽车和家电制造中，这样的缺陷往往不被接受。以本钢浦项镀锌机组为研究对象，深入分析了生产过程中钢卷头尾划伤问题的成因。研究发现，造成划伤的两大“元凶”分别是：耐指纹镀锌产品表面过于光滑、摩擦系数低，以及炉内遮热挡板因高温变形。针对这些问题，提出了一系列实用措施，包括在张力辊上包裹特殊布料以增加摩擦力、定期检修张力辊、及时更换变形挡板等。实施这些措施后，头尾划伤缺陷率显著下降，每年还为企业节省了近 48 万元的成本。这不仅提升了产品质量，也增强了市场竞争力。

随着我国汽车和家电行业的迅速发展，社会上对汽车板和家电板的需求量逐年上升。热镀锌板具有良好的耐蚀性、加工成形性、焊接性及涂装性，在建筑、家电和汽车板行业的应用日益广泛。作为高附加值产品，热镀锌板（尤其是外板）对产品表面质量要求较高^[1]。乘用车作为汽车市场的主要组成部分，对汽车用镀锌板的需求较大，尤其是高端乘用车对镀锌板的品质、性能等要求更为严格。在家电生产中，许多零部件在生产过程中需经工人多次接触，因此对耐指纹镀锌产品的需求持续稳定；该特性可保持家电外观整洁美观，避免指纹与汗渍污染，影响产品外观。广泛应用于冰箱、洗衣机、空

调等家电的外壳与面板等部件。值得注意的是，头尾划伤是影响镀锌板表面质量的主要缺陷之一。该缺陷不仅会影响产品的外观质量，还可能降低产品的耐腐蚀性和耐指纹性能。随着汽车与质量行业对零部件质量要求的不断提高，镀锌板头尾划伤缺陷更难被接受。为此，企业需严格按照相关标准进行生产和检测，确保产品质量符合汽车和家电制造商的要求。同时，部分企业还制定了更高的内部质量标准，以提高产品的市场竞争力。

概述

本钢浦项 1#和 2#镀锌机组由奥地利 VAI 公司设

作者单位：1. 辽宁冶金职业技术学院，辽宁 本溪 117000；2. 本钢浦项冷轧薄板有限责任公司，辽宁 本溪 117000

计,是以生产汽车板和家电板为主的立式连续热镀锌机组,可生产的最大板宽为 1850 mm。清洗段采用碱洗、电解清洗、漂洗、刷洗等方式,立式退火炉采用全辐射管加热^[2]。机组主要生产无锌花热镀锌和合金化热镀锌产品,镀后的表面处理包括钝化处理、磷化处理和涂油处理。热镀锌产品具有性能均匀、精度高、表面质量好等优点,机组可生产的镀锌产品包括钝化、磷化和耐指纹产品。热镀锌耐指纹产品具有优异的耐腐蚀、耐指纹、耐磨损等性能,被广泛应用于家电产品和汽车零部件及外饰。汽车制造行业对镀锌板的表面质量要求极高,头尾划伤缺陷可能影响汽车零部件的外观和性能。在汽车外覆盖件生产中,镀锌板的划伤会导致零部件表面不平整,影响喷漆后的外观质量,甚至可能降低零部件的耐腐蚀性能,缩短汽车使用寿命。由于汽车行业对产品质量把控严格,对镀锌头尾划伤缺陷的容忍度较低,一旦发现此类缺陷,可能会导致产品退货或返工,增加生产成本。因此,控制头尾划伤缺陷意义重大。

头尾划伤缺陷形成的原因分析

头尾划伤的定義

热镀锌产品头尾划伤缺陷是指在生产过程中,由于设备磨损或坏死,或带钢与固定硬物接触,导致其在穿带及甩尾阶段在带钢表面产生沿长度方向分布,具有不同长度、宽度、深度的连续或断续性划痕缺陷^[3]。划伤缺陷因易发性和不确定性,在连续性生产线上极难控制,尤其是镀锌线,由于带钢表面镀锌层较软,更易产生划伤。钢卷头尾划伤缺陷不仅会导致带钢划伤处发生腐蚀,而且直接影响热镀锌产品的外观和使用性能等。

镀锌机组头尾划伤缺陷特指分卷后钢卷带头和带尾产生的划伤缺陷。当带钢与张力辊、转向辊等各种辊子接触时,若辊面存在不平整、磨损、异物附着等问题,带钢将受到不均匀的压力,从而产生划伤。线状划痕(如图 1 所示)是最常见的镀后划伤,在镀锌板表面呈细长、连续或间断的线条状痕迹,痕迹方向通常与带钢运行方向或划伤物运动方向一致。这些划痕的宽度可能较窄,深度相对较浅,但在光线照射下清晰可见;由于破坏了镀锌层

的完整性,划痕处的颜色与周围正常镀锌层不同,通常会相对发亮,呈现金属本色。



图 1 划伤缺陷

从划伤缺陷产生的位置来看,缺陷均出现在带头和带尾,对应的生产过程为带钢的穿带及甩尾过程。常见的头尾划伤缺陷主要包括以下几种:入口导板擦划伤是指机组入口钢卷在开卷机上通过磁力皮带吸引,带钢在无张力状态下,由夹送辊提供动力向前行走,直至带钢头部到达焊机入口夹钳的过程中产生的划伤。入口甩尾划伤是指钢卷在开卷机上释放完毕后,在无张力状态下通过各导板台及托辊,最终带钢尾部到达焊机出口夹钳的过程中产生的划伤。出口穿带划伤是指钢带分切后,在无张力状态下由夹送辊提供动力向前行走,直至带钢头部进入卷取机助卷器,完成初步缠绕并建立张力的过程中产生的划伤。出口甩尾划伤是指钢带分切后,在无张力状态下向前行走,直至带钢尾部全部进入卷取机,完成最外圈卷取的过程中产生的划伤。

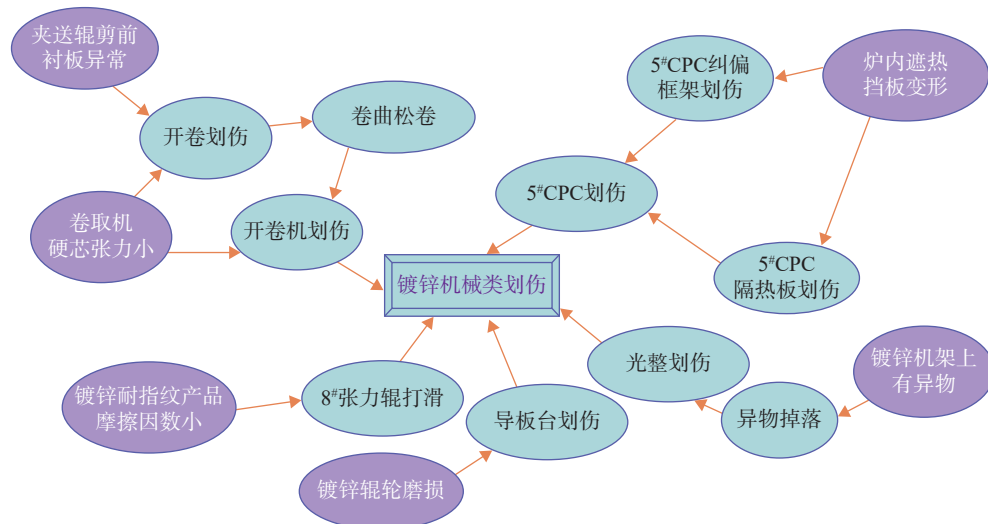
头尾划伤形成原因及过程

划伤是连续性生产线的常见缺陷,其根本成因为带钢在运行过程中与辊子或其他接触物体发生相对滑动,导致表面产生划痕。这种缺陷对于高品质汽车、家电用镀锌产品是不可接受的。镀锌机组的划伤缺陷按产生位置可分为镀前划伤和镀后划伤,按形态则可分为连续划伤和断续划伤。尽管划伤难以控制,但生产线出现划伤后如何快速找到划伤源并采取措施,对于最大限度减少损失至关重要。分析表明头尾划伤均出现在带头和带尾,带钢失张后与其接触的设备或辊子为主要产生部位。

通过对镀锌机组所有可能产生头尾划伤的部位进行系统分析,从电气、生产、原料和机械 4 类原

因中，利用排列图确定了机械类原因为主要因素。借助关联图（见图2）对机械原因进行深入分析，找出6个末端因素，再通过头尾划伤要因确认表（见

表1），结合现场调查及数据统计，最终确定其中4个末端因素为非要因，2个为要因，即镀锌耐指纹产品摩擦因数小和炉内遮热挡板变形。



注：CPC 为连续带钢纠偏系统，蓝色背底代表分析过程，紫色背底代表对应原因为末端因素

图2 镀锌机械类划伤原因分析关联图

表1 头尾划伤要因确认表

确认因素	确认标准	确认方法	确认结果
夹送辊剪前衬板异常	剪前衬板变形情况	跟踪镀锌机组，利用检修时间检查剪前衬板，未发现变形现象	非要因
卷取机硬芯张力小	酸轧冷硬卷有无内芯分层	生产0.8 mm厚薄料时，通过完善可编程逻辑控制器（PLC）参数，将轧机卷取机渐变硬芯张力的结束卷径增至1000 mm，未出现分层现象	非要因
镀锌耐指纹产品摩擦因数小	对比同类镀锌产品的润滑性	进行润滑性试验对比，测得耐指纹产品初值为0.098，较普通产品低	要因
镀锌辊轮磨损	辊轮磨损，划伤带钢	检修时检查导板台辊轮，辊轮无磨损情况	非要因
镀锌机架上有异物	机架与辊上有异物	开卷检查封闭卷虽有划伤，但非此原因产生	非要因
炉内遮热挡板变形	挡板变形，且刮碰带钢	遮热挡板存在变形，造成划伤并导致降级	要因

➤ 镀锌耐指纹产品摩擦因数小

本钢浦项2#热镀锌机组在生产耐指纹产品时，由于其表面动摩擦因数较小，导致其在质检台下方的8#张力辊处，尤其在分卷失张穿带期间，带钢与辊面易产生相对运动，出现打滑擦伤现象，这是产生头尾划伤的主要原因。镀锌机组张力辊组如图3所示。镀锌技术专家经与先进机组对标了解到，先进机组卷取机前部为2组张力辊，而该厂区域仅配置1组张力辊，在张力分配与稳定控制能力方面存在不足，这也是造成跑尾及打滑的一个因素^[4]。张爱萍等^[5]通过对热镀锌耐指纹产品和普通产品进行测试得出，耐指纹产品动摩擦因数为0.10左右，而普通

产品动摩擦因数约为0.20，在耐指纹后处理过程中，由于后处理使用的药液特殊性，会导致带钢表面光滑。在生产过程中带钢与辊面接触摩擦，部分耐指纹膜会残留在辊面上，降低辊面粗糙度。小组



图3 镀锌机组张力辊组

成员通过现场确认与数据分析,根据本钢内部标准 CT—E378,对镀锌生产的耐指纹产品和普通产品的润滑性进行试验对比,该试验采用 MM-200 型环块摩擦磨损实验机测试摩擦因数,最终测得耐指纹产品初值为 0.098,较普通产品的 0.150 低。因此,耐指纹产品的润滑性较普通产品低,容易造成打滑,进而产生头尾划伤缺陷。

➤ 炉内遮热挡板变形

镀锌机组采用退火炉^[6]消除钢板酸轧过程中产生的加工硬化缺陷,改善钢板表面质量,为镀锌做准备。炉内遮热挡板可调节炉内温度分布,保护炉内设备和部件,提高能源利用率,使加热炉内炉火燃烧充分,还能间接提高炉温,控制炉内各种气体气氛的流动。由于炉内长期处于高温环境,且钢板运动中会产生机械应力,易造成炉内遮热挡板变形。经检查,5#连续带钢纠偏系统处的遮热挡板存在变形情况,造成钢板经过时被划伤,这是产生头尾划伤的主要原因。小组成员通过现场确认与数据分析,发现钢卷变规格时,在头尾张力不稳的状态下易产生划伤缺陷;同时,调查分析非计划品脱合同台帐,发现有 2 卷因遮热挡板问题造成划伤而降级。

镀锌板头尾划伤缺陷的控制措施

提高辊子摩擦因数

通过增加包布提高辊子摩擦因数。包布^[7]材质为 100% 芳纶 (ARIMID),安装方式为拼接后采用同材质缝合线缝合,缝合线材质也为 ARIMID,安装过程累计 8 h;安装后,包布表面质量良好,辊面无凸起、凹陷或其他硬伤。该措施可提高机组 8#张力辊的粗糙度,且可在增加抱紧力的同时减少脱锌粉情况,有效提高摩擦因数,主要用于避免带头、带尾失张状态下因打滑造成头尾划伤。增加包布后的张力辊组见图 4。

包布安装后,启车时跟踪包布试验效果,正常生产过程中带钢经过 8#张力辊时,包布表面完整无破损、无锌粉及其他异物黏附,与 8#张力辊辊面固定良好,无相对窜动,带钢运行平稳,表面质量好。进行 200 t 耐指纹产品小批量试验,带钢在 8#张力辊^[8]处无打滑现象,出口穿带过程中无带钢回抽

现象,整批次生产中无划伤缺陷产生。

根据试验经验形成包布制度,对包布进行周期管理,规定使用周期为 40 d,机组每检修两次更换一次包布;每次检修期间若发现包布表面破损,需提前更换;每次检修启车出成品后,出口人员需到水平检查台检查带钢表面是否存在硌印,同时检查包布表面是否存在大块锌皮影响质量;若存在锌皮需停机处理,表面质量正常后每小时跟踪检查 1 次,共检查 8 h;机组生产耐指纹产品期间,需注意 8#张力辊处是否存在异响,并在带头处于卷取机位置时观察是否有条状擦伤,若有需尽快更换包布。



图 4 增加包布后的张力辊组

构建炉内遮热挡板的系统处理方案

全面检查炉内遮热挡板状态,发现有变形现象,会导致带钢头尾不稳定时被刮伤。为此,对同类问题的遮热挡板进行记录。利用检修时间更换变形的遮热挡板,更换后检查状态,确保带钢运行过程中不会被刮伤。制定检查记录表(如表 2 所示),检修开炉时对遮热挡板及其他影响产品质量的情况进行检查并记录。

表 2 炉内其他影响部分产品质量检查记录表

日期	检查情况	是否修复
2022年5月	3处遮热挡板变形	已修复

镀锌板头尾划伤缺陷的控制效果

上述措施实施后,自 2022 年 7 月起,镀锌机组未再出现因耐指纹产品头尾划伤造成的降级和封闭卷情况。市场上头尾划伤异议判废量在 2021 年 12 月至 2022 年 6 月每月平均为 30.9 t,改善后基本

消除了异议，实施效果显著。成品和废品价格差按照 1290 元/t 计算，每年累计为企业创效 47.8 万元。此外，自更换变形的遮热挡板后，2022 年 7—10 月未再出现因遮热挡板变形导致的划伤封闭情况，证明措施有效。

结束语

本钢浦项通过增加包布提高辊子摩擦因数、控制炉子遮热挡板变形，使耐指纹产品头尾划伤异议量降至最低，客户满意度较高。同时，通过对镀锌头尾划伤缺陷的有效控制，不仅减轻了后线重卷机组的负荷，还减少封闭量和头尾废品量，提高企业经济效益，每年为企业创效 47.8 万元。通过该项目的实施，进一步提高产品质量，保证产品按时交付，减少头尾划伤异议，提升客户认可度。

参考文献

[1] 刘杨, 王子昂, 赵兴时, 等. 本钢浦项 1[#]热镀锌机组汽车板缺

陷浅析. 金属世界, 2023(2): 44

[2] 侯珍珠, 王闯. 本钢浦项表面锌灰缺陷形成及控制分析. 金属世界, 2019(3): 48

[3] 孟晓涛, 崔占利, 陈战锋, 等. 极限薄规格家电板镀锌机组擦划伤的研究. 有色金属设计, 2022, 49(3): 65

[4] 戚新军. 厚规格镀锌带钢表面短黑线缺陷成因分析与对策. 轧钢, 2023, 40(2): 145

[5] 张爱萍, 董学强, 冉长荣. 热镀锌无铬自润滑涂层及性能试验研究. 表面技术, 2016, 45(6): 36

[6] 侯珍珠, 张扬, 王闯. 本钢浦项热镀锌机组高级别汽车板生产工艺改进. 金属世界, 2020(2): 45

[7] 杜元姝, 王科林, 孟霞, 等. BISIO 蒸呢机蒸呢工艺研究及开发应用. 毛纺科技, 2014, 42(10): 32

[8] 郭琼. 连退张力辊高速打滑控制. 山西冶金, 2022, 45(2): 192

作者简介: 侯珍珠 (1988—), 女, 安徽省宿州市人, 高级工程师, 2011 年毕业于合肥工业大学材料成型及控制工程专业。主要研究方向: 冷轧和热镀锌产品质量及技术。通信地址: 辽宁省本溪市明山区文化路 26 号; E-mail: 494757353@qq.com。