

本钢冷轧无取向硅钢表面缺陷成因及解决措施

Cold Rolled Non-oriented Silicon Steel Surface Defect Causes and Solving Measures of BX Steel

供稿|乔浩浩 / QIAO Hao-hao

内容导读

良好的表面质量对于冷轧无取向硅钢十分重要，表面质量控制水平的高低已成为能否向高端用户供货的关键因素之一，尤其是表面缺陷的种类、数量及部位等控制水平更成为衡量产品表面质量好坏的重要指标。文章叙述了本钢冷轧无取向硅钢生产初期经常出现的表面缺陷的种类，分析了各表面缺陷产生的主要原因，包括工艺、技术、设备以及管理等因素，并提出了相应的解决措施。通过对相关生产工艺的优化，并加强对关键影响因素的控制，取得了显著效果，有效提高了无取向硅钢产品表面质量。

硅钢通常被誉为钢铁产品中的“工艺品”。随着工业、国防、机械、电子行业等主要下游用户对产品表面质量的要求逐步提高，其重要性也日趋凸显，表面质量水平高的产品更加受到高端用户的青睐。如何更好地控制产品表面缺陷的类别、数量及出现位置，则成为衡量产品表面质量好坏的重要指标。

本钢完全采用自主研发技术生产无取向硅钢，生产初期由于经验不足、工艺技术及生产设备状态不稳定，生产中出现了多种表面缺陷，严重影响了生产的顺利组织及产品表面质量。为此，技术人员在生产现场进行了详细的跟踪调查工作，并通过相关检验分析手段，查清了本钢冷轧无取向硅钢主要表面缺陷的种类及成因。

生产初期出现过的缺陷包括硌印、孔洞、折皱、过氧化、划伤、锈蚀、水印、涂层不均、氧化铁皮等10余种，本文就其中几种重点缺陷形成的原因进行系统分析，并对解决相关缺陷的措施进行了阐述。

生产工艺流程

不管是冷轧取向硅钢还是冷轧无取向硅钢，随着硅含量的增加，钢的屈服强度、抗拉强度和硬度均得到明显提高，而它们的延伸率却明显降低。因此轧制硅钢比其他的碳钢要困难一些，而且硅钢(包括冷轧无取向硅钢)都要求剧本精确的成品厚度和较好的板形，成品厚度一般为0.35、0.5 mm等。

作者单位：本钢产品研究院，辽宁 本溪 117000

本钢通过自主研发确定的全工序冷轧无取向硅钢生产工艺流程如下:

铁水预处理—转炉冶炼—RH炉外精炼—薄板坯连铸机—辊道式加热炉—热轧—酸洗—冷轧—连续退火—涂层—分卷—包装出厂。

硌印

硌印缺陷通常又被称作异物压入缺陷,在生产过程中属于一种常见的冷轧产品表面缺陷。冷轧产品由于产品厚度相对较薄,所以在有异物压入的时候,特别容易出现这种缺陷,典型实物照片见图1。其缺陷种类通常包括挤干辊、炉底辊等辊面材料的剥落压入;氧化铁皮、夹送辊等辅助辊的表面材质剥落压入硅钢表面;机组产生的污泥等滴落在硅钢带或者轧辊表面压入;以及生产过程中的溶液、颗粒状杂物等黏附在硅钢表面等。



图1 硌印缺陷实物照片

本钢冷轧无取向硅钢硌印缺陷主要是带钢在连续退火机组中产生的。产生的直接原因是炉底辊过度使用而产生的表面结瘤与高温带钢接触,带钢在运行过程中结瘤压入带钢表面从而产生不同程度的硌印。目前避免炉底辊硌印缺陷出现的办法主要有两种:一种是对比较轻的结瘤,采用过渡材反复打磨炉辊,从而去掉炉底辊上面的结瘤;第二种是对结瘤比较严重的炉辊,打磨的方法解决不了问题的,进行彻底更换。

产生原因分析

造成硅钢连退炉底辊发生结瘤的间接因素就

是炉内气氛,而直接因素则为炉内各气氛之间发生脱碳反应产生的 SiO_2 和 FeO ,在炉内高温状态下经过长期聚集黏结在炉辊上形成的结瘤。连续退火炉内脱碳化学反应包括以下几个步骤: CO 和 H_2O 反应产生 CO_2 和 H_2 , Si 和 H_2O 反应产生 SiO_2 和 H_2 , Fe 和 H_2O 反应产生 FeO 和 H_2 。化学反应后产生的 SiO_2 和 FeO 在高温状态下通过和炉底辊的反复接触,很容易黏在炉辊表面,经过长期不断的聚集积累就形成了结瘤。

解决措施

- 1) 炼钢工序降低冷轧无取向硅钢原始碳含量,以减小后续连退机组的脱碳压力。
- 2) 利用退火炉内的露点检测设备,控制好炉子内部各种气氛的比例,以减小其氧化性。
- 3) 杜绝超周期使用炉底辊,一旦发现存在结瘤缺陷的炉底辊,要对其及时进行打磨,对于缺陷比较严重的,采用打磨的办法不能解决问题的,要彻底进行更换新的炉辊。

孔洞

孔洞的种类及产生原因

孔洞缺陷也称之为轧漏,外观比较明显,是一种对产品表面质量影响较大的缺陷。本钢冷轧无取向硅钢表面孔洞缺陷及其成因主要包含以下两种:一种是炼钢生产工序尤其是连铸工艺不稳定,钢水原始纯净度较差,导致铸坯在生产过程中出现皮下卷渣、夹渣、针状气孔、或者气泡等夹杂缺陷,从而使铸坯部分位置强度降低,这样在后续轧制过程中随着拉应力的变大就形成了孔洞;二是在带钢酸洗过程中,带钢表面的氧化铁皮异物会形成大小、深浅不同的凹坑,在随后的冷轧轧制过程中,凹坑处因受到不同大小的拉应力,随着拉应力的加大,凹坑处的金属流变也增加,当拉应力的大小超过钢带的抗拉强度大小时,缺陷部位就会发生断裂,于是就产生了孔洞缺陷,见图2。

解决措施

- 1) 控制炼钢尤其是连铸工序的生产工艺及钢水纯净度,保证铸坯具有良好的表面质量。



图2 孔洞缺陷实物照片

2) 加强对生产状态的监管, 轧制生产时, 认真检查钢板表面有无氧化铁皮压入等异物。

3) 增加热轧工序除鳞水压力, 除净一次氧化铁皮, 并且防止氧化铁皮再次落入带钢表面而被压入。

过氧化

过氧化缺陷产生原因

过氧化缺陷又被称为过烧缺陷, 通常主要表现为钢板表面呈现黄色或咖啡色, 缺陷部位严重时颜色发蓝, 见图3。产生的原因为, 生产初期工艺不合理或设备状态不够稳定, 连退炉经常发生设备故障或工艺波动, 从而造成机组降速或者停车, 最终导致钢卷在炉内停留的时间过长, 带钢发生过烧而造成表面出现过氧化的现象。



图3 过氧化缺陷实物照片

解决措施

1) 制定合理的工艺参数, 控制连退炉加热工艺

的稳定性, 减少或者避免炉内温度大幅度波动造成的表面过氧化现象。

2) 加强连退炉的设备点检与维护, 保证正常生产时设备状态稳定良好, 减少因发生机组故障导致的降速、停车等现象。

水印

水印缺陷产生的原因

水印缺陷又被称为表面发花缺陷, 缺陷实物照片见图4。在生产初期出现频次也比较高, 经过对生产过程的反复跟踪, 总结分析原因, 认为主要是由于冷轧轧制后乳化液残留较多, 连续退火时清洗段清洗不够彻底或者清洗不干净; 或者是脱脂段挤干辊本身就有缺陷, 局部产生含有碱和污物的水, 经退火后表面出现印迹, 即是发花缺陷。此种缺陷的形状各式各样, 有条纹状的, 有斑块状的, 颜色分为黑色和白色, 白色的通常是残留在钢板上的灰分和盐类, 黑色的则是残留的碳、杂油等物质。



图4 水印缺陷实物照片

解决措施

1) 冷轧轧制时控制钢板表面乳化液残留量, 同时适当降低乳化液的皂化值, 提高其清洁性, 保证原料钢板表面洁净度。

2) 提高连退炉清洗段碱洗槽的碱液浓度, 加强退火机组碱洗段清洗能力。

3) 加强脱脂段挤干辊的检查维护, 发现挤干辊有缺陷时, 要及时予以更换。

涂层不均

涂层不均缺陷产生原因分析

涂层不均缺陷,又称为表面条纹缺陷,外观比较明显,缺陷实物照片见图5。一般分为边部缺陷和周期性缺陷。边部缺陷通常沿轧制方向连续性分布,其形成原因是涂层辊的边部发生磨损较重,导致涂辊的直径减小,涂液附着后涂层相对变厚,经烧结后变为褐色;周期性缺陷的成因是涂辊本身就有的缺陷(凹坑、划伤等)造成部分位置涂层变厚,烧结后也表现为褐色。



图5 涂层不均缺陷实物照片

解决措施

- 1) 定期对涂层辊进行更换,防止过度使用磨损较大而产生涂层不均缺陷。
- 2) 加强对设备的维护与检查,发现涂辊自身有

缺陷时及时进行更换好的涂辊。

结束语

如何控制与避免表面缺陷的产生是各大钢铁企业提高硅钢产品表面质量的重要手段之一。文章通过对各种缺陷成因的分析,发现工艺流程不合理,生产设备缺陷,技术、操作、生产管理、加工介质及环境较差均会导致冷轧无取向硅钢表面缺陷的产生。这些分析及实践经验为后续的批量生产提供一定的理论支撑和研究方向。在弄清本钢无取向硅钢重点表面缺陷成因之后,针对性地采取相应措施,取得了明显的效果,表面缺陷出现频率明显降低,提高了产品表面质量和产品市场竞争力。但是仍有不足,下一步需要努力的重点是从氧化铁皮的祛除、冷轧轧制工艺、乳化液的品性、连退工艺、硅钢材质以及缺陷形貌等方面,深层次、多元化地研究分析冷轧无取向硅钢表面缺陷问题,以期更有效地提高产品质量。

参考文献

- [1] 何忠治,赵平,罗海文.电工钢.北京:冶金工业出版社,2012
- [2] 亓立峰.浅谈冷轧硅钢表面缺陷产生原因及应对措施.山西冶金,2008,31(1):57
- [3] 王新华.采用薄板坯连铸生产高表面质量冷轧钢板的可行性分析.钢铁,2004,39(12):18
- [4] 肖湘涛,武元元.冷轧硅钢表面缺陷成因分析与改进.世界金属导报,2016-06-21(012)[2017-05-19]

作者简介: 乔浩浩(1982—),男,毕业于西安建筑科技大学材料物理专业,炼钢工程师,现为本钢产品研究院硅钢研究所研究员。E-mail: qiaohao8210@163.com。