

连续热镀锌线工艺技术的最新发展

C. Dulcy, F. Galdon

摘要: 热镀锌板市场在汽车、建筑和家电等工业领域不断扩大,促使全球热镀锌线数量持续增加。与此同时,对热镀锌板产品质量的要求也在提高。近年来,镀锌工作者面临如增加产量、提高质量、开发新产品和降低成本等重大挑战,通过使用新技术可以解决上述问题。更新的挑战包括继续提高产品质量、节能和节锌等。对重要的已被认可的新技术进行了介绍。

关键词: 热镀锌技术;热镀锌线;产量;质量;节能

最近 5 年来,受全球经济影响,钢铁生产领域,特别是热镀锌板生产领域发生了很大变化。首先,最近 10 年来,热镀锌板市场不断扩大,中国自 2002 年以来已发展成为热镀锌板的重要生产国。为满足热镀锌板市场的需求,从 20 世纪 60 年代起,热镀锌线持续增加;从 20 世纪 90 年代起,亚洲热镀锌线显著增加;从 2003 年起,中国热镀锌线急剧增加。

亚洲在发展热镀锌线的同时,锌冶炼厂数量少、锌矿生产能力小,导致锌市场紧张。从 2006 年起,锌价格急剧上涨,2007 年初开始回落。形势促使热镀锌工作者重视节锌技术和开发锌含量较低的新镀层。

同时,原油价格最近 5 年快速上涨,加上全球气候变暖现象加剧,迫使钢铁生产者把 CO_2 减排量纳入企业目标中。欧洲已经开始行动,如 UL-COS 计划由安赛乐米塔尔负责,成员包括工业实体和实验室在内超过 45 个。

受上述技术和经济环境的影响,最近 5 年开发了一些新技术,本文介绍了热镀锌线的主要改进,包括退火炉、锌池、气刀和冷却塔技术等。

1 热镀锌线新技术

1.1 退火炉

节能和减少空气污染是钢铁厂的主要课题,大量热处理炉和加热炉要服从清洁大气和减少温室气体排放的要求。因此需要对加热炉工艺进行改进,以达到节能 20% ~ 50%,减排 90% 的长远目标。在热镀锌领域,节能和环境友好技术已经发展了很多年。另外,为提高加热炉生产能力,还

需要提高加热效率。

根据各种炉型,开发了不同的系统和烧嘴。

1.1.1 辐射管炉

对辐射管炉的基本要求是高热交换效率、低 NO_x 排放和均匀的温度/热流分布。为放出更高的热量,传统辐射管采用高速燃烧技术,但导致了辐射管温度高、寿命低。此外,辐射管温度不均匀,温度差在 1000 $^{\circ}\text{C}$ 时约为 100 $^{\circ}\text{C}$,840 $^{\circ}\text{C}$ 时约为 200 $^{\circ}\text{C}$,在高温处产生大量 NO_x 。

近年来,为提高辐射管效率,研究了多个解决方案,其新技术有如下优点:

陶瓷管:工作温度高,得到的热流大。但当工艺速度变化时,易产生断带和炉辊过热。Montataire2[#]线对原加热段 8 个区中的两个区进行了改造,每个区用 16 个陶瓷管替代了电阻(见图 1)。改造后加热效率提高了 28%,生产能力提高了 20%。

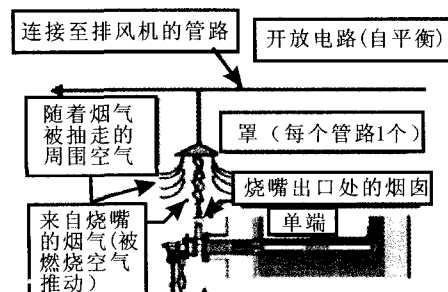


图 1 Montataire2[#]线新辐射管

蓄热式烧嘴或自身预热烧嘴:助燃空气预热温度高,热效率高,节约燃气 20% ~ 30%。

该技术在 Dortmund 进行了应用,全炉装有 189 个双 P 型辐射管,辐射管寿命高,温度均匀性好,炉子生产能力高。该炉于 2001 年 10 月开始连续生产 5 年后,辐射管没有下沉和变形。此外还减少了 NO_x 排放,该辐射管的 NO_x 排放量仅为 0.002%,较传统系统减少了 90%,这在以前没有烟气处理系统是无法做到的。

另一个例子是增加烧嘴数量以提高生产能力,安赛乐米塔尔 Gentl[®] 线在无氧化段增加了烧嘴,安装了新的自身预热烧嘴辐射管,提高产量 25%。

1.1.2 直接火焰炉

直接火焰冲击 (DFI) 工艺:该工艺原用于钢铁厂的加热炉,高速火焰喷射到被加热材料,产生高的热传递速度(见图 2)。结果炉墙和烟气温度降低,热效率提高, NO_x 减少。由于烧嘴与带钢距离仅为几厘米,炉子尺寸明显减小。另外,高的热传递速度和燃烧产物的再循环有利于保持温度均匀性和减少氧化。目前该工艺已开始用于热镀锌线,蒂森克虏伯 Finntrop 热镀锌线 2006 年初使用了 DFI 工艺,生产能力由 82 t/h 提高到 109 t/h,减少了对清洗段的依赖。这个例子说明在降低燃料消耗的同时,可提高生产能力 30%。

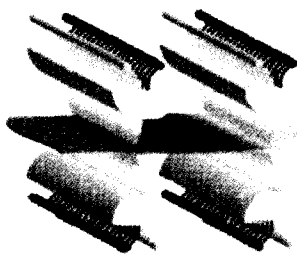


图 2 直接火焰冲击技术

低温预热:在 Desvres 热镀锌线,安赛乐米塔尔在新型热轧钢板上采用了 500 °C 低温预热工艺,它使不改变主要工艺设备而提高生产能力成为可能。改变直接火焰预热段的布置,使用新烧嘴,最后 1 个区设定温度最高,限制了带钢氧化。与传统工艺相比,低温退火有以下优点:投资少,可在同样炉长情况下提高产量;燃料消耗和有害物质排放明显减少;热轧产品质量保持在传统工艺水平。低温工艺已使用 5 年,没有任何问题,提

高产量 5 万 t/年。

今后,上述热镀锌线技术可能会引起重视,由于环保限制和高的燃料价格,无火焰燃烧可能被用于提高退火炉效率,降低燃料单耗,减少 CO_2 和 NO_x 排放。

1.2 锌锅硬件

21 世纪初,沉没辊转动困难和锌锅硬件寿命低,尤其是沉没辊轴承成为了热镀锌线的瓶颈。通过实验室、工业试验和工业试用,研究了不同材料在锌池中的行为,见图 3。2004 年以来,深入研究了摩擦和磨损机制,通过材料试验得到了减少轴承磨损的解决方案。例如在相同条件下,钴基三元合金 T-800 轴承和碳化物涂层 316L 轴套与 Stellite6 相比,磨损较少。改进后,辊上锌渣的生长成为锌锅硬件的最主要限制因素,解决方案正在研究中。

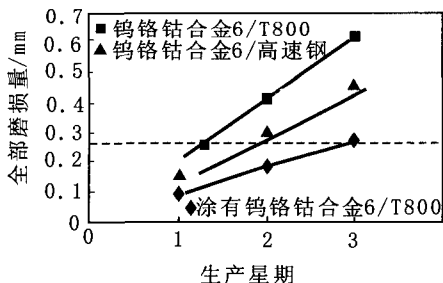


图 3 材料磨损与使用时间的关系曲线

1.3 气刀

气刀是热镀锌线的主要瓶颈之一,受气流稳定性限制,当刮下的锌液滴接近于气刀时产生飞溅。这个现象已被重视并建立了模型,但直到现在仍没有新型气刀出现。有关气刀工艺的研究主要集中在利用在线模型控制锌层重量以及控制锌层厚度均匀性,包括平均值和标准差。

1.3.1 镀层控制闭环模型

使用长期和短期模型可以控制镀层重量。Montataire³ 线采用自动智能统计模型多年,该模型气刀压力作为工艺参数的函数;浦项使用合适的镀层重量模型,在带钢头部可以得到更低的镀层重量偏差以及更均匀的镀层。当目标镀层重量变化时,精确预测气刀距离和压力设定值,在不需要反馈的情况下,可将带钢头部镀层重量偏差由 13% 降低到 7%。塔塔在 2^号 热镀锌线使用气刀模

型,镀层重量预测值在 $\pm 15\%$ 范围内。

1.3.2 控制振动以减少锌层重量标准差

目前的镀层重量模型无法控制镀层重量的均匀性,需要采用驱动器。在安赛乐米塔尔的 3 条镀锌线上,当带钢厚度在 0.56 ~ 0.77 mm,宽度为 1250 ~ 1800 mm 时,振动峰值可达 2 ~ 4 mm。可以通过锌锅硬件和冷却设备来减少振动,也可以在气刀区采用电磁力来控制振动。安赛乐米塔尔热镀锌线开发了新型设备,见图 4,证明了该驱动器的效果,带钢振动明显减少。某些供应商建议在气刀上方安装此系统,通过更好地控制镀层厚度,改善产品质量,同时节约锌。

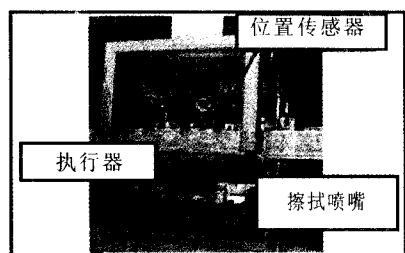


图 4 安赛乐米塔尔镀锌线使用的样机

1.4 冷却塔

热镀锌线的生产能力被冷却风箱引起的振动所限制。Hilton 的镀锌线在上升段采用新的冷却系统(喷射气体使用类似于喷嘴的细管),在下降段采用气/水冷却系统,生产能力从 43 万 t/年提高到 50 万 t/年。新冷却系统的优点是高效和低振动。另一个可能是使用 Blowstab 冷却系统,安赛乐米塔尔和 Drever 国际正在合作开发该系统。

2 在线测量和控制产品质量

2.1 自动表面质量检查系统

自动表面质量检查系统安装在多条生产线上,现已成为产品全面质量评价的一部分。使用 ASIS 系统相机实时检查产品并对缺陷进行分类;模型预测力学性能和发生缺陷的可能性;对数据进行连续处理和校验。该系统包括自动测量,偏移的早期自动检测并改进工艺控制模型,防止产品降级或产生其他工艺问题。

产品表面通常采用 100% 光学检查方法,但定量的质量指标,如粗糙度 (R_a 、 RPC) 和力学性

能 (R_e 、 R_m) 的测量通常是随机和滞后的。安赛乐米塔尔借助于 EMG 自动化,在光整机上安装了闭环控制系统,使用在线粗糙度测量和在线材料测量技术。SORM3 在线粗糙度测量系统与 IMPOC 在线力学性能测量系统使光整机闭环控制成为可能。

将来,在线测量方法将用于支持操作。直接反馈材料的性能,以更好地生产平板产品。在线粗糙度测量和力学性能测量与光整机控制相结合,仅是热镀锌线优化措施中的一个应用例子。

2.2 在线镀液成分分析

用于质量控制的方法正在开发中,特别是在在线镀液成分分析技术。单元素分析的铝探头已开发并工业化。

在 Sorevao 镀锌线进行了激光诱导衰减光谱 LIBS 的工业试验,在 GA 到 GI 的转换中,显示了在线连续测定两种元素(铝、铁)的可行性,显示出测量值与预测值很好的吻合。

现在开发的新镀层有多种元素,2007 年初,安赛乐米塔尔研究中心评估了 CNRC 开发的激光诱导衰减光谱仪(LIBS 系统),结论是 LIBS 是很有前途的多成分镀液分析系统,可提供多元素镀液成分分析,如锌、铝、铁、镁、硅、锑、锡、铅等。

现在热镀锌线的工艺布置已比较成熟,未来的挑战是发展自动化程度更高的热镀锌线。

3 结语

最近 5 年来,受全球经济影响,钢铁生产领域,特别是热镀锌板生产领域发生了很大变化。亚洲国家镀锌线的发展,锌价格的急剧上涨,油价升高,全球变暖,会影响未来数年,并成为热镀锌技术发展的主要动力。热镀锌工作者正在开发的新技术包括:减少锌在镀层中的含量,节锌,节能并减少 NO_x 和 CO_2 排放,提高产量和产品质量。此外为开发新钢种,如 UHSS 和新镀层(锌池中含镁),对生产线进行改造,以满足市场需求并降低生产成本。

金旭芳 译自《CALVATECH》2007

高振新 校

(编辑 袁晓青)

收稿日期:2008-02-20