

探讨热镀锌工艺中带钢入锌锅温度优化策略

武志涛

(河钢唐钢高强汽车板, 河北 唐山 063000)

【摘要】热镀锌是当前国际上对钢铁材料进行表面防护的重要方法, 因其优良的抗腐蚀、可加工、变形等性能, 在汽车、家电、建筑、航空航天等行业得到广泛应用。然而随着热镀锌工艺的逐步运用, 其中存在的不足也一一显现, 在此过程中带钢入锌锅速度、温度等都会对最终工艺造成一定影响, 严重制约其进一步发展。因此本文从热镀锌工艺中带钢入锌锅温度角度进行探究, 思考如何最大限度地提高热镀锌工艺质量、提高生产效率, 希望能够为相关行业提供参考。

【关键词】热镀锌工艺; 带钢入锌锅温度; 优化研究

引言:

随着社会的不断发展, 钢铁材料被越来越多行业所需要, 为提升其使用年限需做好表面防护工作, 热镀锌工艺便成为多数行业选择的重要方法。为进一步提升带钢的抗腐蚀性能, 钢镀锌已被广泛地应用于工业生产中。社会的不断发展及钢需求都在不断增加, 进一步促进带钢连续热镀锌设备及相关技术的发展。因此本文对热镀锌工艺进行深入研究, 针对带钢入锌锅温度对热镀锌工艺的影响提出针对性优化措施, 以解决当前存在的问题, 带动相关行业的发展。

一、热镀锌工艺在工业生产中的应用及其重要性

热镀锌, 也被称为热浸镀锌, 即将钢材浸入熔融的锌液中, 以产生一层金属保护层。该方法在实际生产中有着十分广泛的用途, 其重要意义不可忽视。随着社会的不断发展, 热镀锌工艺已被广泛地应用于工业生产。例如, 在汽车工业中, 主要用于汽车车体、外壳、内板和底板等部分。对某些部件进行热镀锌处理, 不但能使汽车具有良好的耐蚀性, 还可以改善车辆的外观, 对于汽车行业发展起着重要推动作用。另外, 热镀锌也被广泛地应用于家用电器、轻工业品的壳体、底板等, 并在建筑领域得到广泛的应用。在各应用领域, 热镀锌制品不但具有优异的耐腐蚀性, 而且可以改善设备的稳定与寿命, 有效提升设备的经济及社会效益。同时热镀锌层具有优异的防腐性能, 一般镀锌层的厚度为 5-15 微米, 而热镀锌层可达 50 微米或更厚, 因此, 热镀锌部件的使用寿命较长, 耐腐蚀性也更好 [1]。热镀锌层能有效地防止钢材与空气中的水和氧直接接触, 从而达到防腐的目的。另外, 热镀锌还具有耐酸、碱、盐等多种化学腐蚀的能力, 可以确保在恶劣的环境中, 热镀锌也能保持良好的工作性能。此外还具有经济性和环保性, 热镀锌工艺比

其他涂镀方法更为经济, 该工艺在钢铁表面生成一种锌-铁合金, 然后再在其表面镀上一层较厚的纯锌, 该工艺不但具有优异的耐腐蚀性, 耐腐蚀时间长, 适用范围广, 在钢材表面的防腐蚀处理中得到广泛的应用。另外, 热镀锌工艺对环境也比较友好, 热镀锌后的废料可循环使用, 不会对环境造成危害。

总之, 热镀锌是一项非常重要的技术, 具有优良的防腐性能, 良好的经济效益和环境友好性。随着工业化进程的不断推进, 热镀锌的应用范围和重要性还会不断提高。

二、热镀锌工艺的基本原理和流程

热镀锌是一种历史悠久、用途广泛的镀层方法, 自 1836 年在法国被首次应用于工业生产以来, 已有一百七十多年的历史。其基本原理是将含锌金属的金属材料浸入熔融的锌溶液中, 使其在金属表面形成一层镀锌的保护层。该工艺不仅具有优良的耐蚀性, 而且还能提高工件的表面质量, 提高其使用寿命。

1. 脱脂除油: 在热镀锌之前, 先将被镀层表面的油脂去除, 通常采用弱酸进行清洗, 以确保被处理的物体干净无油。

2. 酸洗除锈: 由于铸铁零件在生产过程中容易被腐蚀, 所以在热镀锌之前也要进行酸洗去锈处理。用酸溶液除去工件上的铁锈, 然后再进行下一步的电镀。

3. 溶剂助镀: 为了提高镀锌层的附着力, 通常需要使用专用的溶液对其进行处理。实验证明, 溶剂能使工件表面形成良好的粘结, 改善镀层质量。

4. 烘干: 在进行溶剂处理之后, 需要将工件烘干, 以去除残留的溶剂和水分, 以有效改变改善涂层的合力及均匀性。

5. 热浸镀锌: 将烘干后的工件浸入熔融的锌液

中,使其表面附着一层锌。在此过程中,镀液温度、浸泡时间和工件材料对镀层的质量都有较大的影响。

6. 冷却:将镀锌后的工件从锌液中移除,使其冷却。该工艺可提高镀锌层与工件的结合强度,提高镀层的硬度和耐磨性。

7. 钝化:为进一步改善其抗腐蚀性能,常需对其表面进行钝化处理。该工艺采用特殊的化学物质对工件进行处理,在工件表面形成保护层,从而减缓其侵蚀速度。

8. 镀后处理:在热镀锌过程结束后,还需要进行一系列的后处理工作,包括清洗和打磨。清洗可以去除工件表面的残留物,而打磨则可以使镀层更加平整和光滑。

在热镀锌的过程中,将铁材料浸没于液态锌熔体中,首先会在界面处生成 Zn 和 α Fe (体心)固溶,为基体金属铁在固体状态下溶有锌原子所形成的一种晶体^[2]。当锌在固溶体中达到饱和后,锌铁两种元素原子会相互扩散。扩散到铁基体中的锌原子在基体晶格中迁移,逐渐与铁形成合金。而扩散到熔融的锌液中的铁则与锌形成金属间化合物 FeZn_{13} ,沉入热镀锌槽中,得到的是锌渣。锌溶液中的锌渣是指当锌溶液中的铁浓度高于其溶解度时,就会生成一种流动性很差的锌铁合金。锌渣中的锌含量可以高达 94%,这也是热镀锌成本高的关键所在。为了确保镀层的质量,通常在 430 ~ 450℃ 及 540 ~ 600℃ 之间进行热处理。这两个温度范围的设定,能够使锌槽内含铁量处于适宜的范围内,从而减少锌渣的形成,达到降低生产成本的目的^[3]。

三、带钢入锌锅温度对热镀锌工艺的影响

在热镀锌工艺中,带钢入锌锅温度是一个关键参数,对镀锌工艺及成品品质有重要的影响。为了使热镀锌工艺顺利进行,获得高质量的锌镀层,应对镀锌过程中的温度进行严格控制。

在森吉米尔法热镀锌中,当使用铁制锌锅时,通常需要较高的带钢入锌锅温度来加热锌液。这是由于铁制锌锅的导热系数比较高,所以它能把热量迅速地转移到液态锌中。实践证明,镀锌时的热量与带钢的厚度没有关系,而与流过锌液的带钢表面积有很大的关系。所以,在生产过程中,要根据带钢的大小、形状,对其进行适当的调节。

在 450 ~ 500℃ 的熔液中,锌液的熔化温度也随之升高。因此锌锅中的锌溶液温度应保持在 450~455℃ 之间,以达到最好的镀锌效果。在这个温度范围内,锌液和带钢的反应速度较好,既能保证镀锌层之间的附着力,又能避免过多的溶剂挥发造成的氧

化。另外,在热镀锌工艺中,随着加热温度的升高,铁-锌合金层的厚度也会随之增大。当带钢的温度与锌液的温度相同或接近时,铁-锌合金层的厚度会达到最高值。这表明,在锌锅内,适当增加金属带材的温度,有利于改善镀锌层的耐蚀性,从而达到延长其使用寿命的目的^[4]。

同时,研究还发现,向锌液中添加少量的 Al 可以在钢基板和锌镀层之间形成 Fe-Al 中间层,这有助于抑制 Fe-Zn 合金层的形成并提高镀层的粘附性。这种 Fe-Al 中间层可以有效地防止锌液与钢基板之间的直接接触,从而减少腐蚀的可能性。锌锅内的 Al 与微量氧化物 (SiO_2 , MnO , MnSiO_4 等)发生作用,可有效清除钢板表面氧化物,改善带钢表面的洁净度,同时也有利于抑制层的连续致密化。同时,由于带钢中微量铁溶于锌液中,极易生成底渣,影响制品表面品质,而锌锅中的 Al 能使锌罐内的 Fe-Zn 底渣转变成 Fe-Al 表层炉渣,以提高其含量,利于底渣的处理,实践证明,锌液中 Al 的添加量在 0.20%-0.25% 之间,可使锌锅内的铁量降低到 0.01%-0.02%,从而降低底渣的数量,改善钢板的表面质量^[5]。总之,在热镀锌过程中,加热炉的温度及锌液的含量直接影响到热镀锌的效果。在实际应用中,必须针对不同的条件加以适当的调节,才能达到预期的效果。通过对镀锌锅温度的精确控制,可以有效提高镀锌层的附着力、耐蚀性和使用寿命,满足不同行业和应用的要求。

四、带钢入锌锅温度的优化策略

(一) 确定合适的锌锅温度范围

温度过低或者过高对热镀锌工艺都有很大的影响,因此带钢入锌锅的温度应控制在比热镀锌锅温度略高的范围内。若温度太低,会使得热镀锌溶液冷却,使锌溶液黏度增加,从而对锌液与带钢的浸润性产生不利影响。在高温条件下,会使得 Fe、Zn 反应时间太长,界面结合层被破坏,镀锌层与基体之间的结合强度下降,所以,对进锌锅的温度进行适当的控制是非常重要的。锌锅的加热温度应根据其成分、厚度及工艺要求进行具体分析、设定,锌锅温度范围的设定,应既能保证带钢在锌锅中的热浸镀锌效果,又能避免过高的温度导致锌锅腐蚀和能耗增加。一般情况下,锌锅的温度应该控制在 450 ~ 500℃,才能够更好地保证热镀锌工艺质量提升。

(二) 优化锌锅加热系统

在进行相关工作的过程中还应应对锌锅的加热方式进行优化,使其达到高效、节能的目的。在加热方式上,宜采用电阻加热、天然气加热和蒸汽加热等来代替传统的加热方式,以提高供热效率,降低能源消

耗^[6]。同时,防止过大的热脉动,保证锌液的温度平稳,相关企业可以采用先进的温度控制元件和控制系统,可以实现精确的温度调节。

(三) 预热带钢

在带钢进入锌锅之前,对其进行预热处理,降低带钢入锌锅的温度,以此来减轻锌锅的热负荷,降低能耗,同时,对改善镀层的结合力、均匀性也是有利的。相关工作过程中还应依据带钢的实际厚度对预热温度进行精准调整,有效保障热镀锌工艺质量。

(四) 优化带钢入锌锅速度

除了温度调控之外,在镀锌过程中还需要严格把控好带钢入锌锅的速度,具体应依据带钢厚度和成分进行实际把控。在热镀锌过程中,带钢速度是非常重要的工艺参数,影响退火炉中带钢的回采时间和抖振时间。生产过程中获得最佳回采时间和镀锌时间并不容易,因此,带钢速度的选择必须结合实际生产来决定,速度过快或者过慢对于镀锌工艺都是不利的,带钢入锅速度过快可能会使得镀层不均匀,对其质量及外观都是不利的,而速度过慢会使得该工艺能耗增加,易造成资源浪费,因此需要严格把控带钢入锅速度,保证带钢与锌锅内锌液的充分接触,进而提升镀锌质量及效果^[7]。相关研究发现,速度应控制在1~3米/秒之间最为合适。

(五) 控制锌锅温度波动

在生产过程中还应保证锌锅温度平稳,应严格控制锌锅内的温度起伏,防止波动过高对镀锌质量产生不利影响。各相关单位应安装温度传感器及其他控制设备,实时对锌锅内的温度进行监控,当温度波动较大时应及时采取措施将其控制合理的范围内^[8]。精确的温度测量和自动化控制,能够确保锌锅内温度的稳定和精确。通过对锌锅温度的实时监控,及时调节各加热装置的运行状况,保证锌锅的温度始终处于最优的运行区间。另外,也可以通过温控技术使锌锅的温度保持稳定。

(六) 定期检查和维护锌锅

各相关部门也应做好设备的检查及维护工作,定期对锌锅进行检测,避免因维修不及时而导致生产停止,造成经济及其他损失。为了确保镀锌工艺的稳定性与品质,应对锌锅的腐蚀、磨损部位进行修补或更换,保证其正常运行。另外,锌锅内的杂质及沉淀也要经常清除,以保证溶液的洁净及工艺美观度^[9]。

(七) 优化工艺流程

相关管理人员应根据实际情况,对镀锌过程中存在的问题进行具体分析,并对其存在的问题进行改进,优化工艺流程,从而更好地提升生产效率和

质量。通过对锌液成分、浸锌时间等热镀锌的工艺条件进行优化,能够有效提升镀锌的质量。在此基础上,还应强化对各工序的管理,保证各工序的温控措施得以有效实施。例如,可以采用连续镀锌生产线,减少带钢在锌锅中的停留时间,降低能耗^[10]。另外,改善冷却方式,也能改善镀锌层的硬度及耐磨性能。在热镀锌工艺中,采用节能设备和环保措施,降低能源消耗和污染排放。例如,采用热回收系统,将废热用于加热锌液或辅助设备,减少能源浪费。

结束语:

综上所述,热镀锌工艺对于当前许多行业有着重要的作用,而带钢入锅温度又是其中至关重要的一个因素,因此需做好相关研究工作,依据实际情况合理调整带钢入锅温度,进而有效提高热镀锌工艺质量。同时还应做好其他配合工作,优化工艺流程,做好带钢入锅前的准备工作,使其达到最佳的热镀锌效果。

参考文献:

- [1] 蔡佰豪,张德勤,安丰辉,潘东.镀锌时间对桥梁缆索钢丝镀层组织的影响[J].金属制品,2019,45(4):26-28.
- [2] 郑锦灿,刘润聪,王晓东.热镀锌工艺中锌液表面流速的在线电磁测量[J].金属学报,2020,56(7):929-936.
- [3] 陈永满,徐静静,刘春富,姜震宇.热镀锌铝产品表面质量的部分影响因素[J].云南冶金,2021,50(1):65-68.
- [4] 沈志刚,李晓旭.锌液成分及温度对镀锌工艺的影响概述[J].科学与信息化,2021(28):17-20.
- [5] 张青,刘需,谷辉格,马占军,陈相东.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.
- [6] 晓萍.增湿装置在热镀锌高强钢生产线上的应用[J].冶金管理,2021(11):17-18.
- [7] 杨伟,李婷婷,李腾飞,李化龙.热镀锌表面亮点缺陷分析及控制[J].金属热处理,2016,41(7):168-172.
- [8] 李润昌,齐达,黄俊,张亮亮.极厚低合金高强钢热镀锌板粘胶脱锌的原因分析及对策[J].电镀与涂饰,2017,36(13):707-710.
- [9] 王滕,赵云龙,柴立涛.退火工艺对极薄规格热镀锌钢板的影响[J].中国冶金,2018,28(1):22-26.
- [10] 张丹,叶校瑛.热镀锌带钢抑制层的影响因素及控制要点[J].唐山学院学报,2018,31(6):55-59.