

结构用热镀锌钢带的生产实践

栾彩霞

(济钢集团有限公司 科技质量部,山东 济南 250101)

摘要:采用LF精炼、ASP连铸连轧、可逆式冷轧、美钢联法连续热浸镀锌的工艺路线,通过合理设计钢的成分以及合理的轧制、热镀锌工艺,开发了结构用热镀锌钢带。实物质量检验表明,产品的力学性能、锌层组织及锌层附着性都达到标准要求,得到用户的认可,为更高强度结构镀锌板的开发提供了参考。

关键词:热镀锌钢带;ASP连铸连轧;美钢联法;锌层组织

中图分类号: TG335.22

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2012)01-0009-03

1 前言

近年来,随着世界经济的发展,尤其是汽车、家电及建筑业的发展,对镀锌钢带的需求量大大增加,市场需求非常可观。在美、日等钢材生产大国,热镀锌钢板在钢材中所占的比例高达13%~35%。热镀锌是钢材最常见、最经济、最有效的防腐蚀方法,连续热镀锌具有技术成熟、工艺稳定、生产成本低、镀层性能优、使用寿命长等优点,被广泛用于建筑业、家用电器业、机电工业、汽车制造业等国民经济基础产业。许多热镀锌板用户(特别是热镀锌板需求量最大的建筑业)需要结构级热镀锌板,以提高结构件的强度,减轻其重量,降低成本^[1-2]。随着中国大力发展电力、交通、通讯、能源和城市基础设施建设,随着建筑钢结构市场的启动,结构钢镀锌行业面临前所未有的机遇和巨大的市场。济钢根据市场需求,加大新产品研发力度,开发了结构用热镀锌钢带S220GD~S350GD,以满足国内外市场需求。

2 结构用热镀锌板的开发

根据标准BS EN10326-2004的要求,结构用镀锌板的主要技术要求如表1所示。

表1 结构用热镀锌板的主要技术要求

牌号	化学成分(不大于)/%					力学性能(不小于)		
	C	Si	Mn	P	S	$R_{p0.2}/MPa$	R_m/MPa	$A_{80}/%$
S220GD						220	300	20
S250GD						250	330	19
S280GD	0.20	0.60	1.70	0.10	0.045	280	360	18
S320GD						320	390	17
S350GD						350	420	16

结构用热镀锌板的开发采用如下工艺流程:铁水脱硫→顶底复吹转炉冶炼→LF精炼→ASP连铸

→加热→粗轧→F1-F6精轧→层流冷却→卷取→连续酸洗→可逆式双机架冷轧→美钢联法连续热浸镀锌。

2.1 化学成分设计

C:钢基中的C含量对热镀锌有显著影响。C含量愈高,Fe-Zn反应愈剧烈,钢板的铁损量越大,Fe-Zn合金层变厚,从而导致合金层变脆,塑性下降,使镀锌层的粘附性变差,加工变形时容易脱落;同时,C也是低碳钢中最经济的强化元素,但含量过高会降低钢的塑性和冲击韧性,恶化钢的冷成型性能和焊接性能,所以在保证强度的前提下,C含量有逐渐下降的趋势。

Si:钢中存在的Si可使铁在锌液中的溶解速度加快,是促进铁锌反应最剧烈的一种元素。随着钢中Si含量的增加,钢在锌液中的铁损值(代表反应速率)也增加。钢中Si含量影响铁锌金属间化合物层厚度。钢中含Si量较高时,会使镀层中铁锌金属间化合物层中的 ξ 相迅速生长,并将 ξ 相推向镀层表面,致使表面粗糙无光,形成粘附性差的灰暗镀层。因此,钢中Si的影响还表现在影响镀层的结构、外观和性能。热镀锌基板一般要求Si含量 $\leq 0.05\%$ 。

Al:热镀锌原板一般采用铝镇静钢。钢中Al与N化合生成氮化铝,通过适宜的轧制、退火工艺可控制氮化铝的固溶和析出,使带钢形成<111>织构和饼形晶粒,提高钢带的成型性能和抗时效性,并作为补充脱氧剂加入钢中,改善钢质。

Mn:对钢的强韧性有一定的影响,含量偏低,强度将下降;过高,则影响钢板的冷冲压和焊接性能,较高的Mn含量也会加剧P的偏析。因此,在保证强度前提下,Mn含量控制在合适的范围内。

P:钢中的P对热镀锌有明显的影晌,微量的P能促进 ξ 相的异常生长,使 ξ 相晶粒粗大并同时抑制 δ 相生长。当P在基体表面或生长的锌合金层中偏析,会造成 ξ 相的迸发形成。当P含量在0.15%左右

收稿日期:2011-09-28

作者简介:栾彩霞,女,1978年生,2004年毕业于太原科技大学材料加工工程专业,硕士。现为济钢科技质量部工程师,从事产品开发和工艺技术开发工作。

时,由于 ξ 和 δ 相的生长速度较快,使 η 相层变薄,在 η 相较薄的镀层表面会出现无光泽的斑点。P还影响热镀锌层铁锌反应速率,其作用相当于Si的0.5倍,因此应尽可能降低钢中的P含量。

S: S在钢中易形成MnS夹杂物与偏析,降低钢的塑性、冷成型性和冲击韧性,因此应尽可能降低S在钢中的含量。

综合考虑各元素对性能及镀锌的影响,参照标准,确定结构用热镀锌基板的化学成分见表2。

表2 热镀锌板的设计化学成分 %

牌号	C	Si	Mn	P	S
S220GD	0.05 ~ 0.10	≤0.05	0.10 ~ 0.25	≤0.020	≤0.020
S250GD	0.05 ~ 0.10	≤0.05	0.15 ~ 0.30	≤0.020	≤0.020
S280GD	0.15 ~ 0.20	≤0.05	0.15 ~ 0.30	≤0.020	≤0.020
S320GD	0.15 ~ 0.20	≤0.05	0.20 ~ 0.40	≤0.020	≤0.020
S350GD	0.15 ~ 0.20	≤0.05	0.30 ~ 0.50	≤0.020	≤0.020

2.2 轧制工艺

热轧采用必要的控制轧制与控制冷却工艺,得到均匀细小的晶粒,均匀弥散的第二相,同时要求较高的表面质量与板形,为得到高质量的冷轧板做好准备。冷轧控制好压缩比,并使钢带表面的粗糙度适中且无任何缺陷。

2.3 热镀锌工艺

热镀锌主要完成带钢的清洗、还原退火、镀锌、冷却和镀后处理等工艺过程。其工艺流程为:原料(冷轧钢卷)→开卷→剪切头尾→焊接→碱液喷洗→碱液刷洗→电解脱脂→水刷洗→一级水洗→二级水洗→热风干燥→入口活套→还原退火→热浸镀锌→锌层控制(气刀)→冷却→光整→拉伸弯曲矫直→钝化→烘干→出口活套→静电涂油→出口剪切→卷取→卸卷→钢卷称重→包装→入库。

2.3.1 退火工艺制度

退火工艺对带钢镀锌后的力学性能起到至关重要的作用^[3],冷轧带钢经过退火要完成以下功能:一是使钢带在退火炉内消除轧制应力,改善力学性能并使钢带加热到一定温度,保温、均热,最后冷却到入锌锅温度。二是清洁钢带表面,使带钢具有清洁的无氧化物存在的活性表面,并且使带钢密封地进入锌锅中进行热镀锌。济钢镀锌线立式还原退火炉工艺流程及结构见图1。冷轧钢带经过入口密封室进入加热与均热合一的炉膛,在上下炉辊之间迂回15个道次,完成钢带的再结晶退火工艺。同时在高纯氮氢混合保护气体的作用下,钢带表面被还原成海绵状的纯铁层。钢带接着进入快冷炉,在两个道次的运行中,经过喷射冷却,冷却到进锌锅前要求的460~480℃的温度。钢带从快冷炉出来,进入均衡炉使钢带温度均匀化,再经过热张辊、炉鼻

子,在密闭的状态下进入锌锅,完成热浸镀工艺。

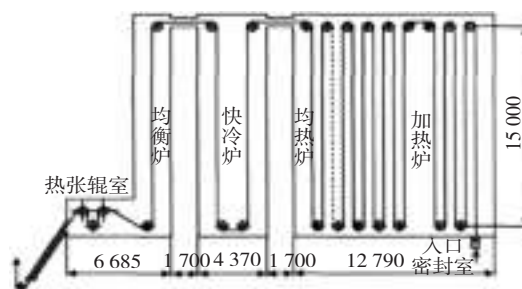


图1 济钢还原退火炉工艺流程

2.3.2 热浸镀工艺制度

热浸镀主要是控制锌锅内锌液成分、锌液温度和浸镀时间等^[4]。

1) 锌液成分。锌液中的Al是作为有益元素加入的,Al可以抑制铁和锌的反应,还能促进锌渣的上浮去除,可以提高镀层的附着力和均匀性,但Al含量过高也会带来一系列不良的反应,使锌锅中的钢带和铁质设施腐蚀加快等。Fe是锌液中的有害元素,除极少数是随锌锭加入外,绝大部分是钢带和锌锅内铁质设备溶解于锌液之中的,Fe容易形成锌渣,一方面加大锌的消耗,另一方面影响产品质量,恶化镀层性能,锌液中的Fe越低越好。Sb是作为锌花促进元素加入的,含Sb的锌液形成的锌花更为美丽,立体感和光泽感更强,而且不会产生黑变。综合考虑各种因素的影响,确定镀锌板锌液的成分。

①大锌花镀锌板要求锌液成分: Al 0.17% ~ 0.21%, Sb 0.06% ~ 0.09%, Fe ≤ 0.03%。

②小锌花镀锌板要求锌液成分: Al 0.17% ~ 0.21%, Sb 0.02% ~ 0.05%, Fe ≤ 0.03%。

③无锌花镀锌板要求锌液成分: Al 0.17% ~ 0.21%, Sb 0.00% ~ 0.02%, Fe ≤ 0.03%。

2) 锌液温度。热镀锌生产中锌液温度的高低会直接影响镀件的镀层质量^[5]。温度过低,会降低镀层的结合强度和锌液的流动性,使锌层发生堆积加厚不均匀,甚至有使锌液凝固的危险。锌液温度升高,会促使Fe-Zn合金层增厚及Fe₂Al₅浮渣的生成,锌液温度在480℃以下时,带钢的铁损按抛物线规律变化,随着温度升高,铁损增加不大;当锌液温度超过480℃时,铁损则按直线规律随锌液温度升高急剧增加,Fe-Zn合金层也急剧增厚,严重影响镀层的粘附性,如图2所示。热镀锌时锌液温度一般控制在(460 ± 5)℃。

3) 浸镀时间。在浸镀过程中,合金层的厚度与浸镀时间呈抛物线规律变化。锌液温度固定,延长浸镀时间,会引起Zn-Fe合金层的增厚,对于镀层的韧性有着很坏的影响。缩短浸镀时间,必然引起镀

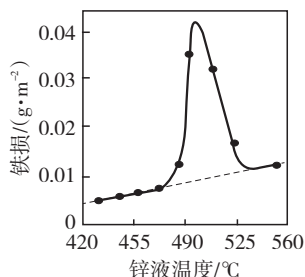


图2 锌液温度与铁损的关系

层减薄,会不能满足一些特殊使用要求,浸镀时间过短,还有可能引起漏镀。因此,浸镀时间必须掌握得当,以60~200 s的浸镀时间为合适。

3 产品实物质量

3.1 锌层组织

钢铁热镀锌是固态金属与液态金属的反应和扩散,是钢基表面层化学成分与组织结构发生变化的过程。研究表明^[6],热浸镀锌后由钢基表面向外依次为 Γ 相、 δ 相、 ζ 相和表面自由锌层 η 相,济钢产结构用热镀锌钢带的锌层组织如图3所示。从镀锌层显微组织来看,镀锌层和钢板界面结合紧密,形成的合金层较薄,镀锌层具有良好的显微组织结构,从而保证了镀锌层良好的粘附性和延展性。

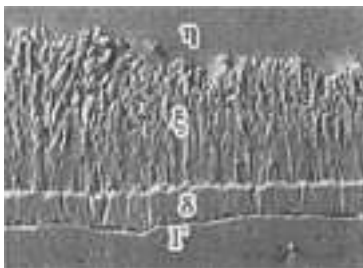


图3 热浸镀锌纯锌镀层组织

3.2 力学性能分析

济钢结构用热镀锌钢带已生产3万余t,表3为济钢结构用镀锌板的实物性能统计数据。将表3中数据与表1中的要求对比,可以看出,济钢生产的各强度级别镀锌板均能满足性能要求,并且有较多的

富余量,说明按照本研究开发的成分设计、轧制工艺、连续退火工艺、热浸镀工艺,完全能够生产出合格的产品。

表3 济钢高强度镀锌板的实物性能

牌号	$R_{e0.2}/\text{MPa}$	R_m/MPa	$A_{80l}/\%$
S220GD	280	330	33
S250GD	300	390	32
S280GD	335	420	29
S320GD	380	457	27

3.3 锌层附着性及锌层重量分析

对每卷热镀锌钢带的锌层附着强度进行了检验,弯曲半径为0时,锌层仍完好无损,试验表明锌层附着力达到0T,超过欧标要求。对镀层重量进行了检验,在目标值0~5 g/m²范围内的占统计数的90.7%,在目标值6~9 g/m²的占统计数的7.6%。镀层重量既保证了合格率,又避免了成本的提高。

4 结语

结构用热镀锌钢带目前已经大批量生产,产品出口比利时、印度、西班牙等国家,综合实物性能达到用户要求及标准要求。该产品的成功开发为更高强度镀锌板的研制提供了参考,为济钢涂镀产品的结构调整做出了贡献。

参考文献:

- [1] 陈东,金向雷.我国热镀锌的现状、技术进展和发展动向[C]//中国腐蚀与防护协会.第四届全国腐蚀大会论文集,2004:27-39.
- [2] 李九龄.带钢连续热镀锌[M].北京:冶金工业出版社,1995.
- [3] 王丹民,李华德,周建龙.热轧带钢力学性能预测模型及其应用[J].北京科技大学学报,2006,28(7):687-690.
- [4] 朱立.钢材热镀锌[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [5] 黄家平.热浸镀锌温度控制的研究[J].长春大学学报,1999,9(1):16-19.
- [6] NISHIMOTO Akihiko, INAGAKI Junichi, NAKAOKA Kazuhide. Effects of Surface Microstructure and Chemical Compositions of Steels on Formation of Fe-Zn Compounds during Continuous Galvanizing[J]. Transactions ISIJ, 1986, 26: 807-813.

Production Practice of Hot-dip Galvanizing Steels Used for Structure

LUAN Cai-xia

(The Science and Technology Quality Department of Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

Abstract: Using LF refinement, ASP continuous casting and rolling, tandem rolling and U.S. steel continuous galvanizing process route, through reasonable component design, rolling and hot-dip galvanizing processes, the hot-dip galvanized steel strips used for structure were developed. The physical quality inspection showed that the mechanical properties of the products and the structure and adhesivity of the zinc coated layer all met the needs of the Standard and the consumer's approval, providing references to the development of the higher strength structure hot-dip galvanizing steels.

Key words: hot-dip galvanized steel strip; ASP continuous casting and rolling; UEC; zinc coated layer structure