

高强钢同板性能均匀性差原因分析及改进措施

王 勇

(济钢集团有限公司 生产部,山东 济南 250101)

摘 要:针对TMCP高强钢板同板组织性能均匀性差的问题,以Q550D钢板为例,分析认为主要原因是氧化铁皮、钢板浪形及Mulpic系统设置等导致的钢板冷却均匀性差。通过改造高压水除鳞系统,优化压下分配制度,改造Mulpic冷却工艺参数,改造水冷设备等,提高了钢板表面光洁度,改善了平直度,提高了钢板冷却的均匀性。改进后,同一钢板头、中、尾屈服强度差由44~139 MPa降为20~41 MPa,抗拉强度差由53~186 MPa降为18~26 MPa。

关键词:高强钢板;同板性能;均匀性;水冷;平直度;光洁度

中图分类号: TG335.5

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2013)05-0004-02

1 前 言

随着轧钢工艺的日趋成熟,采用控轧控冷工艺(TMCP)生产的中厚钢板所占比例大幅提高,相比控轧、调质、正火等其他工艺而言,该生产工艺一方面可以提高钢板性能,特别是焊接性能,简化焊接工艺;另一方面减少工序成本,降低能源消耗,加快订单交付。高强钢Q550D具有强度高、低温韧性优良,加工性能和焊接性能好等特点,主要用于工程机械、煤矿机械、造船和钢结构等领域^[1]。然而,钢板在水冷过程中,水冷均匀性控制好对钢板的性能及板型合格率有重要影响。本研究以济钢生产的Q550D系列高强钢为例,分析影响同板性能均匀性的主要因素及改进措施。

2 钢板组织性能均匀性分析

Q550D系列高强钢是典型的低碳贝氏体高强钢,采用控轧控冷(TMCP)工艺生产。轧制分为两个阶段,粗轧温度1 100~1 050℃,精轧温度950~800℃;冷却温度750~500℃。Q550D系列高强钢成分见表1。

表1 Q550D 高强钢熔炼目标成分(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S	Alt	Nb	Cr	Mo	Ti	B	Pcm
0.06	0.35	1.55	0.015	0.004	0.035	适量		0.015	≤0.001	5	0.18

2.1 钢板同板强度差异

选取了7批Q550D进行同板性能均匀性检测试验。同一钢板头、中、尾屈服强度差44~139 MPa,抗拉强度差53~186 MPa,且钢板头、中、尾部强度分布无明显规律,说明当前生产的Q550D同一张钢板强度分布不均匀,具体数据见表2。钢板冷却后,

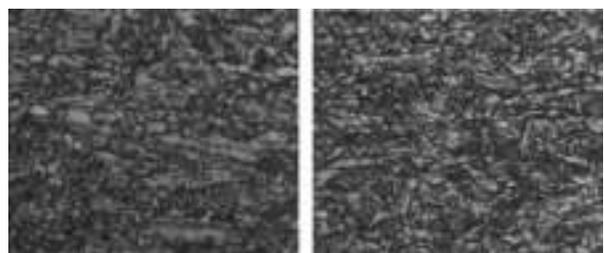
发生瓢曲现象。

表2 Q550D 钢板头中尾性能对比

批号	屈服强度/MPa				抗拉强度/MPa			
	头	中	尾	差值	头	中	尾	差值
12T-001286	514	613	512	101	622	711	574	137
12T-001287	514	591	507	84	612	715	567	148
12T-001289	636	634	572	64	736	718	675	61
12T-001290	482	526	514	44	624	650	570	80
12T-001291	515	654	516	139	611	763	577	186
12T-001527	573	593	538	55	654	669	616	53
12T-001547	607	607	535	72	712	696	659	53

2.2 组织差异

钢板组织决定性能,组织的获得依赖于生产过程中的工艺参数,而温度是重要参数之一。对性能差异较大的钢板进行金相分析,图1为批号12T-001286钢板头部及中部的金相组织。强度偏低部位的组织为块状铁素体和少量粒状贝氏体,见图1a;中部组织铁素体含量减少,主要是贝氏体组织,且组织晶粒更为细小,见图1b,所以屈服强度高。终冷温度升高促进了后续空冷相变过程中碳的富集,易于形成大块的M-A岛,所以强度偏低。Q550D采用低碳成分,需要采用相变强化和析出强化来提高强度,需要在轧后冷却过程中,严格控制终冷温度以得到合适的组织和析出物尺寸^[2]。



a 头部 b 中部

图1 批号12T-001286金相组织 ×500

3 同板性能均匀性影响因素分析

钢板纵向终冷温度波动较大,与设定值最高偏

收稿日期:2013-07-29

作者简介:王勇,男,1980年生,2003年毕业于安徽工业大学材料成型及控制专业。现为济钢生产部副科长,工程师,从事钢轧计划管理工作。

差70℃,钢板冷却均匀性差。冷却均匀性影响同板性能的均匀性。而钢板表面光洁度、平直度及Mulpic系统三方面都是影响冷却均匀性的重要因素。

3.1 钢板表面光洁度的影响

影响钢板表面光洁度的主要是表面氧化铁皮,由于其与钢的导热系数不同,会降低水冷效果,氧化铁皮的不均匀分布,导致钢板冷却不均匀。另外,钢板表面氧化铁皮会影响Mulpic系统前馈功能的精准性,使其对现场情况做出错误判断,导致水冷均匀性变差^[3]。

3.2 钢板平直度的影响

钢板平直度对水冷均匀性有重要影响,如果钢板在水冷之前平直度差,钢板在水冷过程中会因局部兜水而导致冷却不均,钢板水冷均匀性变差,引起同板性能差异大。薄规格钢板在轧制过程中极易形成头尾翘曲,冷却过程中会造成钢板头部温降小,终冷温度高,如图2所示,翘头钢板冷却后头部与板身形成了明显的温差。

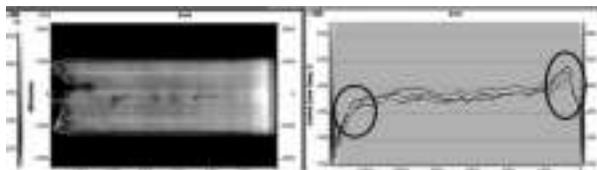


图2 水冷后钢板热成像

3.3 Mulpic系统问题的影响

1)Mulpic系统的热传导模型计算采用一维差分方程,计算的是厚度方向的温度,宽度方向的温度在模型中没有体现,只能靠边部遮蔽和水凸度来控制。2)Mulpic二级系统还存在不稳定因素,投产以来多次出现有限差分方程计算错误和差分方程不稳定的问题,直接影响水冷系统的正常使用。3)Mulpic系统是以钢种、厚度、宽度层别进行模型参数的划分,但是部分钢种的模型参数会随着生产而发生变化,影响钢板冷却均匀性。

4 改进措施

4.1 改善表面光洁度

1)工艺改进:对水冷钢板从加热、轧制、除鳞等各个环节制定详细的控制措施,通过工艺优化改善钢板在水冷前的表面除鳞效果。

2)设备改进:开发了高压水直供技术,减少精轧机高压除鳞水压力波动,稳压效果明显,特别是25m以上长钢板的前后除鳞效果差异大问题得到有效控制,进一步提高了钢板表面光洁度。

4.2 改善钢板平直度

钢板的波浪是Q550D轧制过程中出现的主要板形问题,板形直接影响冷却的均匀性。钢板头部

弯曲严重时会对辊道产生较大的撞击力,使轧制力产生较大的波动而影响钢板平直度。采取以下措施改善钢板平直度:1)优化粗轧工艺制度,保证中间坯平直;2)精轧过程中适时调整上下辊速差以减小雪橇头的长度,降低咬入速度和轧制速度,保证轧制过程的稳定;3)严格控制最后两道次的压下量,减少轧制过程中轧制力的波动,防止变形量大引起的变形不均匀。

4.3 改善水冷均匀性

1)改造水冷设备。针对供水泵因吸水井液位低出现的汽蚀问题,增加11台透平机。改造后泵体内始终处于含水状态,最低液位由原来的4.7m降为3.5m,增大了吸水井的有效面积,解决了水冷时因液位骤降、反喷压力不正常造成Mulpic冷却异常问题,改善了水冷均匀性。另外,增加了1#、2#高压提升泵电机软启动器,由液位控制软启动器工作,解决了高压断路器频繁损坏的问题,延长了高压电机的使用寿命。将提升泵出口电动阀由原来的闸板阀更换为密封性较好的蝶阀,解决了阀体严重漏水的问题。

2)优化Mulpic工艺参数。合理设定钢板冷却中的冷却加速度,提高纵向冷却均匀性。根据钢板冷却图像反馈情况,选择合适的温度反馈取值范围,保证钢板冷却图像反馈的温度真实有效;加强对二级模型的干预和改进,重点是针对二级模型自适应系数进行定期回归修正,提高终冷温度的精准度控制。

5 改进效果

采取改进措施后,钢板水冷后热成像温度分布均匀,钢板平直,未出现头、尾翘的现象(见图3),同板性能差的现象得到明显改善。随机选取了7批Q550D钢板进行同板性能均匀性检测,结果见表3。

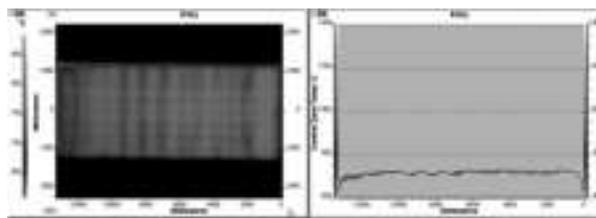


图3 改进后水冷钢板热成像

从表3可以看出,同一钢板头、中、尾屈服强度差为20~41MPa,抗拉强度差为18~26MPa,且钢板头、中、尾部强度分布均匀。

经过改造高压水除鳞系统,改善钢板表面光洁度,减少钢板表面氧化铁皮,提高了钢板表面光洁度;优化粗轧和精轧压下分配制度,改善了钢板平直度,从轧制环节控制钢板温度的均(下转第8页)

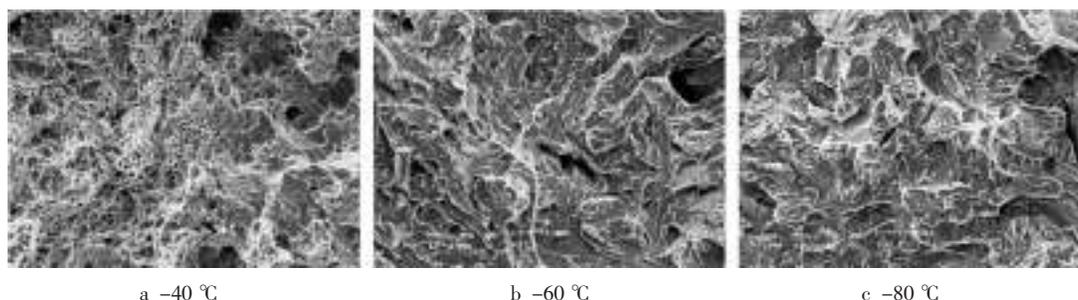


图2 不同温度下冲击试样断口扫描电镜形貌

组织结构、合金元素及杂质对钢的冲击性能和冷脆性能影响也很大。因此,通过适当调整成分,采用合理的冶炼、加工及热处理工艺以获得纯净的钢质和良好的组织,就能够提高钢的冲击性能和冷脆性能,提高零件的承载能力。目前已形成小批量生产,平均每月生产销售300 t左右,质量稳定,用户反映使用情况良好。

参考文献:

- [1] 王玉玲.铁道车辆钩尾框用25MnCrNiMoA钢研究[J].机械管理开发,2009,24(5):99-101.
- [2] 束得林.金属的力学性质[M].北京:机械工业出版社,1987:86-92.
- [3] 崔约贤,王长利.金属断口分析[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1998:71-75.

Development of 25MnCrNiMoA Round Steel for Forging Hook Tail Frame

PEI Jianhua, ZHAI Zhenglong, YUAN Shujun, LI Xiaoxiong

(Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China)

Abstract: According to the bad using condition of hook tail frame, the strict technical requirements of developing 25MnCrNiMoA steel for hook tail frame was made. By controlling the chemical composition and adopting reasonable processes (EAF→LF→VD→CC→CR), developed 25MnCrNiMoA steel have high cleanliness and good microstructure. The test showed that the yield strength ($R_{p0.2}$) \geq 750 MPa, the $R_m \geq$ 890 MPa and the ductile brittle transition temperature(DBTT) is -50 °C. At present, the 25MnCrNiMoA steel has formed a small batch production, the product quality is stable and reliable, and each performance index meets the technical agreement and customer requirements.

Key words: hook tail frame steel; hot rolled rounds; 25MnCrNiMoA; impact property; DBTT

(上接第5页)

表3 改进后Q550D钢板头中尾性能对比

批号	屈服强度/MPa				抗拉强度/MPa			
	头	中	尾	差值	头	中	尾	差值
12T-002388	520	540	535	20	635	655	638	20
12T-002389	515	550	510	40	606	613	595	18
12T-002390	596	620	582	38	698	687	675	23
12T-002391	489	526	516	37	612	635	626	23
12T-002392	565	606	583	41	619	602	598	21
12T-002393	575	593	588	18	679	669	655	24
12T-002394	601	625	589	36	712	696	686	26

匀性;同时,改造水冷设备,改善水冷系统冷却的均

匀性,提高冷却水纯净度和水量控制精确度,优化Mulpic工艺参数,结合反馈温度对二级模型自适应系数进行定期回归修正等措施,最终提高了Q550D钢板冷却的均匀性和强度的均匀性。

参考文献:

- [1] 肖九红,曹波.Q550D钢板的研制及其回火工艺的分析[J].轧钢,2009,26(5):16-19.
- [2] 小指军夫.控制轧制控制冷却—改善材质的轧制技术发展[M].李伏桃,陈焜,译.于世果,审校.北京:冶金工业出版社,2002.
- [3] 张大志,高建雄,刘涛,等.中厚板轧后快速系统的控制策略与控制模型[J].北京科技大学学报,2005,26(5):605-606.

Cause Analysis on Poor Uniformity of the Properties in Same Plate of High-strength Steel Plate and Improvement Measures

WANG Yong

(The Production Department of Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

Abstract: Pointing to poor uniformity problem in the microstructure and properties for same TMCP high strength plate, taking Q550D plate as an example, analysis considered that the main cause for poor cooling uniformity of plate is caused by oxide scale, wave plate shape and setting of Mulpic system, etc. Through transforming the high pressure water descaling system, optimizing draught distribution system, transforming Mulpic cooling process parameters and reforming water cooling equipment, etc, the surface fineness and flatness of plate were improved, and the cooling uniformity of steel plate was risen. After improvement, the yield strength difference of head, medium and tail in same plate was decreased from 55-139 MPa to 20-41 MPa and tensile strength difference was decreased from 53-186 MPa to 18-26 MPa.

Key words: high-strength steel plate; property in same plate; uniformity; water-cooling; flatness; fineness