含 Ti 低成本 H 型钢纵向裂纹优化措施

惠治国[1],冯岩青[1],宋振东[1],卜向东[1],卢雄慧[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司炼钢厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章针对包钢异型坯生产的含 Ti 低成本 Q355B,成品表面出现沿腹板方向纵向裂纹,分析了裂纹的形成原因并提出了降低裂纹率的措施。结果表明,含 Ti 低成本 Q355B 钢轧后腹板裂纹是由连铸坯上细小裂纹引起,并在轧制中扩展形成;通过拉速与中包温度的合理匹配,可使含 Ti 低成本 Q355B 成品纵向裂纹明显减少,成品裂纹率降到了 3% 以下。

关键词: 含 Ti 低成本; Q355B; 表面纵向裂纹
中图分类号: TG335.4 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2020)04-0056-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.04.015

Optimization Measures for Longitudinal Crack on Low Cost H Beam Containing Ti

Hui Zhi-guo[1], *Feng Yan-qing*[1], *Song Zhen-dong*[1], *Bu Xiang-dong*[1], *Lu Xiong-hui*[2]

(1. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Steel-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the causes of cracks are analyzed and measures for reducing crack rate are put forward aiming at the longitudinal cracks along web on the surface of finished product, the low cost Q355B containing Ti, produced with beam blank by Baotou Steel. The results showed that the cracks were caused by small cracks on continuous casting billet, which grew and formed in rolling process, the longitudinal cracks could be significantly reduced and crack rate of finished product could be reduced to less than 3% by the reasonable matching of casting speed and tundish temperature.

Key words: low cost containing Ti; Q355B; surface longitudinal crack

钒铁和铌铁在市场上的价格均明显高于钛铁,采用 Ti 进行微合金化具有更低的成本。为了降低成本,包钢在生产低合金高强钢 Q355B 产品时,采用了 Ti 微合金化的工艺,成功开发出了 Q355B(Ti)低合金高强度钢。但是由于采用异型坯生产,且该钢种为裂纹敏感性很强的包晶钢,导致成品缺陷发生率高,其中表面纵裂是成品的主要缺陷,严重影响了产品质量[1-2]。

收稿日期: 2020-05-07
作者简介: 惠治国(1985-),男,山西省朔州市人,工程师,现从事型钢新产品开发工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1　生产工艺

Q355B 钢的生产工艺流程为: 铁水→铁水预处理→转炉→LF 炉外精炼→连铸→轧制。其化学成分要求如表 1 所示。

表 1　Q355B(Ti) **钢的化学成分**(质量分数)　%

C	Si	Mn	P	S	Ti
≤0.25	≤0.55	≤1.55	≤0.030	≤0.025	≤0.40

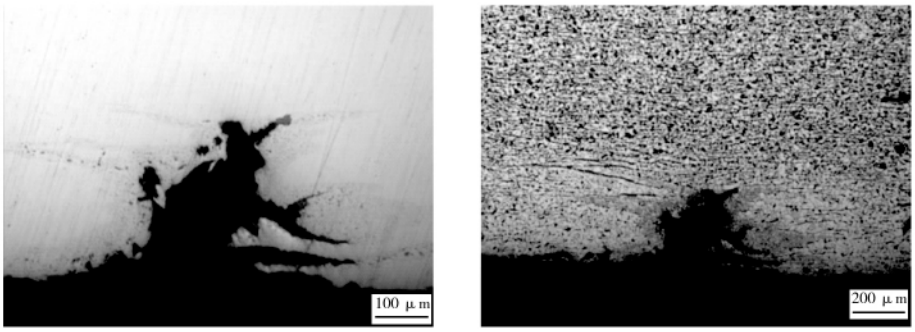
拉坯速度按恒拉速浇注, 拉速 0.7 ~ 1.2 m/min; 钢水过热度 ΔT ≤35 ℃。轧制时加热温度 1 150 ~ 1 250 ℃,控轧温度低于 960 ℃,终轧温度不高于 900 ℃。

2　裂纹分析

轧制完成后,轧材的腹板表面有一条细长的平行于轧制方向的裂纹,长度约 3 m 左右。图 1 显示了 Q355B 腹板表面纵向裂纹的宏观形貌。从垂直于轧制方向取金相样品进行显微镜观察见图 2(a) ,可以看出,主裂纹尖端及周围有数条小裂纹,裂纹前沿可见明显的氧化质点带,裂纹内有氧化铁; 对样品进行腐蚀,可以看到裂纹周围组织与内部组织有明显的区别,裂纹周围有明显的脱碳层[3],见图 2(b) 。



图 1　轧材腹板表面纵向裂纹宏观形貌



(a)　　(b)

图 2　轧材金相裂纹处形貌

由图 3 可以看出,轧材上的裂纹深度较浅,在 1 mm以下。在裂纹前沿和裂纹附近有很多氧化物质点。氧化物质点是高温下氧通过表面裂纹向铸坯内部传递、并在铸坯基体中扩散、发生二次氧化反应的产物,这表明这些裂纹是由铸坯上的微裂纹,在轧制加热时与空气中的氧结合形成的。通过对氧化物质点进行能谱分析,见图 4,发现裂纹周围的元素主要为 Fe、O、Si、Mn,没有其他夹杂元素。进行非金属夹杂物分析(见表 2) ,夹杂物级别很低,说明裂纹不是由夹杂物造成的。因此,应着重从冶炼工艺入手来分析裂纹形成原因。

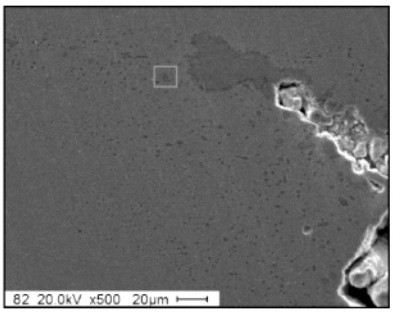


图 3　裂纹部位的氧化物质点

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

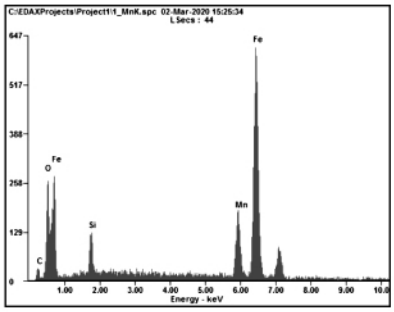


图4 氧化物质点能谱分析

表2 裂纹处夹杂物分析结果 级

夹杂物种类	A	B	C	D	D_S
级别	0.5	1.0	0.5	0.5	1.0

3 高温拉伸试验

为判断铸坯表面裂纹的产生,进行了系列高温拉伸试验。图5为Q355B的高温塑形曲线。由图5可以看出,在温度小于900 ℃时,断面收缩率开始明显下降;当温度大于900 ℃,一直到1 200 ℃的范围内,断面收缩率都处于较高水平,最低为83.19%。说明钢的低温脆性区在750~900 ℃之间,该温度区间为第三脆性区,产生的主要原因是Ti等微合金碳氮化物在晶界的析出,弱化了晶界的结合力[4]。

目前解决Ti等微合金钢裂纹的方法主要是在连铸过程中降低二冷强度或提高拉速[5],提高铸坯进入矫直区的温度以避开裂纹敏感的第三脆性区,但异形坯由于其形状的特殊性,翼缘顶部、R角、腹板的温差较大,无法完全避开第三脆性区。第三脆性区塑性低谷是钢的固有特性,铸坯表面质量不只与其矫直时处于脆性区有关,也与其他工艺环节和操作因素有很大关系。

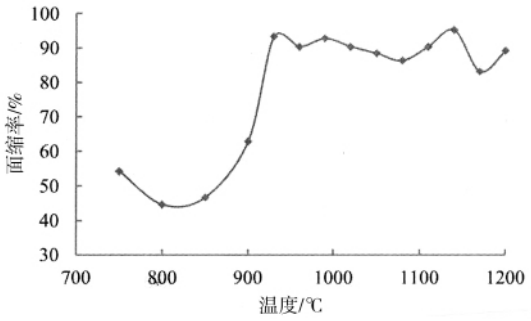


图5 Q355B(Ti)在不同温度下的断面收缩率

4 控制措施

进行连铸工艺优化。虽然异形坯连铸无法避开第三脆性区,但是对连铸工艺进行优化有利于提高铸坯表面质量,减少表面裂纹发生。

4.1 结晶器冷却控制

对结晶器的比水量进行调整,增加一冷强度。一冷强度增加有两个方面好处:首先,增加一冷强度可以增加初生坯壳厚度与强度,有利于提高铸坯表面质量;其次,提高一冷强度加快初生坯壳冷却,促进Ti(C、N)在晶内析出,降低其对晶界不利影响[6]。

4.2 二冷控制

降低二冷比水量,降低二冷强度,合理匹配拉速和过热度。采用弱冷工艺,尽量避免750~900 ℃脆性区,使铸坯冷却更加均匀,减少铸坯表面温度波动,抑制细小裂纹的形成与扩展。通过调节二冷区的冷却强度使铸坯在进入矫直段时避开低温脆性区,从而避免矫直过程中裂纹的产生[6]。

5 工艺优化前后的效果对比

优化前包钢生产了5炉Q355B(Ti)低成本热轧H型钢,成品定尺9.4 m,共408支,出现裂纹53支,裂纹率13%;优化后,4月份生产了3炉,成品定尺11.67 m,共344支,出现裂纹9支,裂纹率2.6%。工艺优化效果明显,见图6。

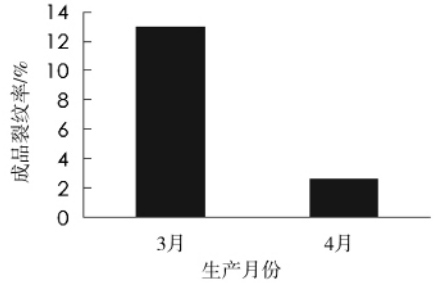


图6 工艺优化前后裂纹率对比

6 结论

(1)包钢生产的含Ti低成本H型钢Q355B轧后腹板裂纹是由铸坯上细小裂纹带来,并在高温加热和轧制中扩展形成。

(2)通过工艺优化,提高一冷强度和降低二冷强度,控制拉速和过热度的合理匹配,可以有效降低成品腹板裂纹率。 (下转第66页)

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图7 开箱检修滚动轴承内圈、外圈故障

4 结束语

利用Hilbert包络解调技术进行冶金设备滚动轴承故障诊断，通过对比得出Hilbert包络谱更优越；将包络解调技术封装入智能点检仪内，实现了对某钢厂轧机增速机滚动轴承的故障判别，验证了Hilbert包络解调技术的实用性能。

参 考 文 献

[1] 张建宇，高立新，崔玲丽，等. 基于小波变换的轧机振动信号降噪技术研究[J]. 振动与冲击，2007，26(5)：71－74.

[2] 沈志熙，黄席，马笑潇. 基于EMD多模态特征融合支持向量机的故障诊断[J]. 控制与决策，2009，24(6)：889－893.

[3] 戴桂平，刘彬. EMD相关度去噪及其在轧机信号处理中的应用[J]. 电子器件，2009，32(1)：191－199.

[4] 马波，魏强，徐春林，等. 基于Hilbert变换的包络分析及其在滚动轴承故障诊断中的应用[J]. 北京化工大学学报，2004，31(6)：95－97.

[5] 张家凡. 振动信号的包络解调分析方法研究及应用[D]. 武汉：武汉理工大学，2008.

(上接第58页)

参 考 文 献

[1] 高仲. 异型坯铸坯缺陷分析[J]. 连铸，2017，42(3)：49－53.

[2] 于怀彬. 高效连铸下的异型坯质量缺陷分析及优化控制策略[J]. 安徽冶金科技职业学院学报，2009，19(2)：5－9.

[3] 杨应东. 氮含量控制对S450J0－T热轧H型钢表面裂纹的影响[J]. 上海金属，2018，40(3)：69－72.

[4] 艾西，孙彦辉，曾亚南，等. 低碳钢Q345B大方坯热塑性研究[J]. 钢铁钒钛，2014，35(4)：103－106.

[5] 杜松林，汤寅波，汪开忠，等. 连铸异型坯腹板中心裂纹研究[J]. 连铸，2003，(5)：34－36.

[6] 吴坚. 钒微合金化H型钢表面裂纹研究与控制[J]. 安徽冶金科技职业学院学报，2015，25(3)：14－17.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net