

含铌、钛船板钢心部微裂纹成因初探

钟福平

(三钢集团有限责任公司, 福建 三明 365000)

摘要:通过对含铌、钛微合金船板钢酸洗表面形貌、拉伸断口形貌、试样表面及心部显微组织观察,结果表明,含铌、钛船板钢心部裂纹的产生主要是由于P、S、O等杂质元素以及Nb、Ti元素在心部的偏析,生成的硫化物、氧化物以及Nb(C,N)、Ti(C,N)引起应力集中现象。再加上钢坯连铸过程中H向表面和心部扩散,导致心部H含量较高产生氢脆,加剧裂纹的产生。

关键词:显微组织;裂纹;偏析;应力集中

1 前沿

近几年来,市场对船体结构钢板提出的要求越来越高,为了更好地满足市场的需求,追求高的产品附加值,提高中板的市场竞争力,我公司开始开发含Nb、Ti微量元素的高强度船板钢。由于三钢中板厂正处于初步发展阶段,开始只能生产质量等级低的A、B级一般强度船板,在开发高强度船板钢过程中遇到不少的困难,所生产的含Nb、Ti微合金船板钢心部存在较严重的裂纹缺陷,成为提高中板质量和扩大中板品种的障碍。本研究针对船板钢中心部裂纹的形成机理进行了初步的分析。

2 试验方法

2.1 试样的制取

试验用板坯按表1成分含量进行控制,试验板在炉加热时间大于4h,出炉温度约为1150℃,采用控轧控冷工艺,其中开轧温度大于1050℃,控轧温度920℃左右,终轧温度约860℃,终冷温度大概720℃,之后进行空冷,所得成品板厚度为30mm,宽度2600mm,取成品板头部样作为试验样。

2.2 实验过程

对所取试样进行机械加工,然后对试样进行低倍酸洗检验、拉伸断口形貌和金相显微组织分析。低倍采用热酸洗方法,即用50%盐酸水溶液,

加热到75℃,保温10分钟后酸洗试样横截面,评定试样中心偏析、疏松程度。金相试样先用金相砂纸磨去切割热影响区层,然后用机械抛光法抛去表面划痕,用4%硝酸酒精腐蚀试样,并在扫描电镜下进行高倍组织、夹杂检验,确定心部裂纹产生的主要原因。

3 试验结果与分析

3.1 试验结果

试样横截面经热酸洗后表面形貌如图1所示,由图1肉眼可以观察到试样两边外观比较均匀,中心有一条较连续的黑色条纹,偏析现象比较明显。由拉伸断口形貌可以看出断口呈无规则断裂,且心部弥散较多的白斑,如图2所示。

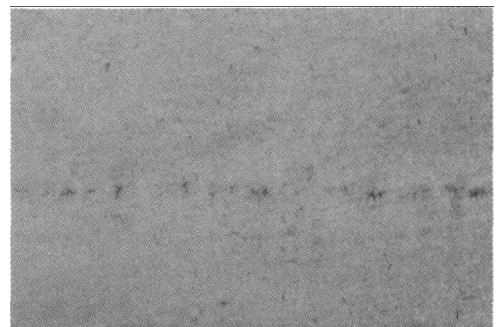


图1 酸洗表面形貌

用扫描电镜观察试样表面及心部的微观组织情况,可以看出,试样表面显微组织正常,表面组

表1 钢种化学成分及含量/%

钢级	C	Mn	Si	S	P	Nb	Ti	残余元素	Als
AH36	0.07~ 0.18	0.90~ 1.60	0.20~ 0.35	≤0.020	≤0.025	0.010~ 0.05	0.007~ 0.02	Cu≤0.30;Cr≤0.20; Ni≤0.40;Mo≤0.08	0.015~ 0.05

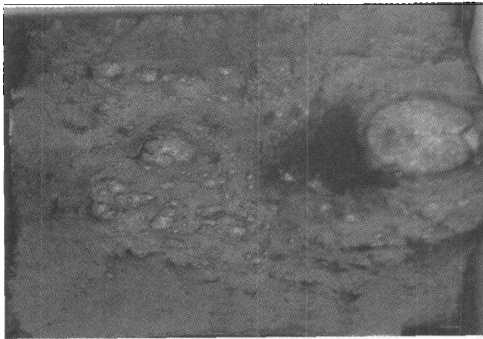


图2 拉伸断口形貌

织晶粒细,组织为铁素体和弥散分布的碳化物,深度为2mm左右如图3所示。而心部有一条沿轧制流线方向扩展的裂纹,基本呈水平状,裂纹中发现有较多外来夹杂物,存在较明显偏析现象,裂纹旁边主要组织为铁素体和珠光体,局部区域存在极少量贝氏体,而裂纹处组织为铁素体、珠光体及较多贝氏体,如图4所示。比较试样表面和心部显微组织情况,可以看出试样表面晶粒比较均匀细小,而心部裂纹处铁素体晶粒较为粗大,说明在发生 $\gamma \rightarrow \alpha$ 相变前,钢板表面奥氏体晶粒均匀细小,而发生裂纹部位奥氏体晶粒比较粗大^[1]。

3.2 裂纹的形成机理

坯料在凝固过程中,由于成分过冷和选分结

晶作用,P、S、O等杂质元素向心部扩散且富集在晶界上,中心粗等轴晶界上成为先共析铁素体优先析出的部位,杂质富集降低了铁素体晶界的界面能,使该处断裂韧性降低,而先共析铁素体中的硫化物或氧化物夹杂成为应力集中点,在轧制力的作用下,导致微孔的生成并长大^[2]。其次,钢中加入Nb、Ti等元素,这些元素在连铸过程中向心部移动并弥散析出Nb(C,N)、Ti(C,N)或Nb、Ti与其他元素析出的复合相,使心部因析出物的弥散分布而硬化,更易导致应力集中于原奥氏体晶界上的先共析铁素体带,加剧了裂纹的萌生和扩展,降低了钢的高温塑性,使钢的心部裂纹敏感性增加^[3],所以钢坯在轧制之前心部已经存在较敏感的裂纹带,再加上轧制过程不断变化的轧制力作用下,应力集中于心部,导致裂纹沿晶界萌生和扩展。同时心部析出的Nb(C,N)、Ti(C,N)或Nb、Ti与其他元素析出的复合相区域产生应力集中现象,引起析出相与晶界脱离,产生裂纹形核,最终在心部形成裂纹^[4]。

另外氢含量也是导致裂纹形成的重要原因,存在于板坯中的氢,在热扩散过程中,会均衡地向板坯表面和板坯中心移动,而在板坯心部,总存在

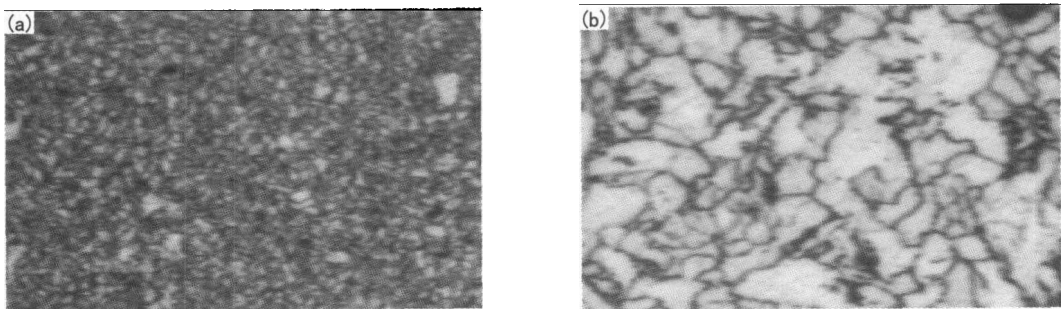


图3 试样表面显微组织(a×100;b×500)

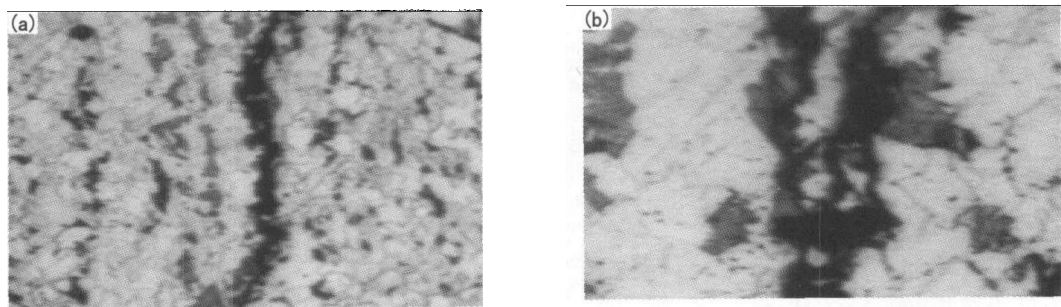


图4 试样心部显微组织(c×100;b×500)

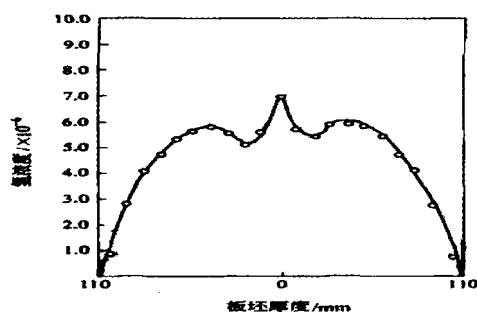


图5 厚220mm板坯不同厚度下氢含量的分布情况

一些疏松和缩孔,通常向中心扩散的氢会进入并残存在缩孔中,成为应力集中点。氢在板坯厚度方向的分布规律是从两边向中心逐渐增加,如图5所示。由于心部氢含量高,而在轧制后钢板中的氢又没有得到有效溢出,这样就加剧了心部应力集中现象,在拉伸断裂过程中,断口形貌出现较多白斑,如图2所示。

4 结论

含Nb、Ti微合金船板钢心部裂纹的主要原因

有:P、S、O等杂质元素向心部偏析,诱导铁素体先共析,这共析铁素体带成为裂纹萌生和扩展的低能区;钢中添加的微量元素Nb、Ti在连铸过程中向心部偏析,所形成的Nb、Ti碳氮化物或Nb、Ti与其他元素析出的复合相,使心部因析出物的弥散分布而硬化,使钢的心部裂纹敏感性增加;存在于板坯中的氢,在热扩散过程中,会均衡地向板坯表面和板坯中心移动,导致钢板心部氢含量升高,增加了裂纹和氢脆的敏感性。

参考文献

- [1] 刘自成.含Nb钢铸坯表面横裂形成机理及防治措施[J].轧钢,2007,(24):44.
- [2] Suzuki K, Miyagawa S, Saito Y, et al. Effect of Microalloyed Nitride Forming Elements on Precipitation of Carbonitride and High Temperature Ductinuously Cast Low Carbon Nb Containing Steel Slab[J]. ISIJ International, 35(1995), (1):34.
- [3] 吴巍.含铌、钛船板钢中板微裂纹研究[J].钢铁,2002,(37):41.
- [4] 王大宝.中厚板微裂纹成因分析[J].炼钢,2000,(2):15.

The Analysis of Formation Mechanisms of the Plate Containing Nb、Ti Central Cracking

Zhong Fuping

(Sanming Iron & Steel Co., Ltd. Sanming 365000, China)

Abstract: The surface morphology, tensile fracture morphology and the microstructure of Microalloyed Steel Ship Plate contained Nb, Ti were analysed, the result showed that, the center crack of Ship Plate Steel contained Nb, Ti is mainly because of impurity elements such as P, S, O and Nb, Ti Segregated to the Center, and the stress concentration phenomenon was caused by sulfide, oxide and Nb (C, N), Ti (C, N) which generated. Moreover the H proliferated to the surface and the center in billet continuous casting process, leading to high content of H in the center and Aggravated cracks.

Key words: microstructure; crack; segregation; stress concentration