15MnNbV 圆坯表面微裂纹原因分析与工艺优化

李东明,付 岳,田 伟

(内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章通过对15MnNbV管线管外表面结疤进行高倍显微分析得出,钢管缺陷主要是因为圆坯表面存在裂纹导致。通过对圆坯裂纹产生原因进行分析,得出15MnNbV圆坯表面裂纹产生原因主要是由于矫直温度过低引起。通过连铸工艺优化,从试制取得的效果可以看出,改进方案解决了圆坯表面裂纹问题。

关键词: 15MnNbV; 圆坯裂纹; 矫直温度

中图分类号: TG335.71 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)03-0036-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.03.011

Cause Analysis and Process Optimization of Micro Cracks on the Surface of 15MnNbV Round Billet

LI Dong-ming, FU Yue, TIAN Wei

(*Steel Tube Co. of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: In this paper, through the high power microscopic analysis for the scars on the outer surface of 15MnNbV pipeline, it is found that the defects of steel pipe are mainly caused by surface cracks on the round billet. According to the cause analysis of cracks on the round billet, it comes to a conclusion that the surface cracks on 15MnNbV round billet are mainly due to the low straightening temperature. Through the optimization of continuous casting process, it can be seen from the trial production effect that the improvement scheme has solved the surface crack problem of round billet.

Key words: 15MnNbV; round billet cracks; straightening temperature

包钢炼钢厂生产的6炉断面为Φ430 mm的15MnNbV管线用圆坯,在无缝厂Φ460 mm机组轧制过程中,发现存在外结疤,个别钢管外结疤通体沿轴向呈带状间断分布,修磨后,缺陷仍未消除,铸坯外结疤使得合格率与成材率大大降低,造成严重的经济损失。

1 缺陷原因分析

15MnNbV钢管表面外结疤宏观图片见图1,从图1可以看出,外结疤呈现无规则折叠缺陷,且局部已掉肉。在外结疤部位取样进行金相显微分析,微观照片见图2。从图2可以看出,缺陷处可见一条起源于表面,尾端近乎平行表面的裂纹,裂纹尖端充满氧化铁,裂纹附近存在氧化圆点,裂纹内及周围无异常非金属夹杂物,采用4%硝酸酒精腐蚀后,发现裂纹处存在脱碳现象。根据以上检验结果可以推断,圆坯表面存在微裂纹,微裂纹在后续轧制过程中形成外结疤缺陷。

收稿日期: 2016-12-24

作者简介: 李东明(1984-),男,内蒙古鄂尔多斯人,在读硕士,工程师,现从事转炉冶炼工艺的研究工作。

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



图 1　15MnNbV 钢管表面外结疤宏观照片

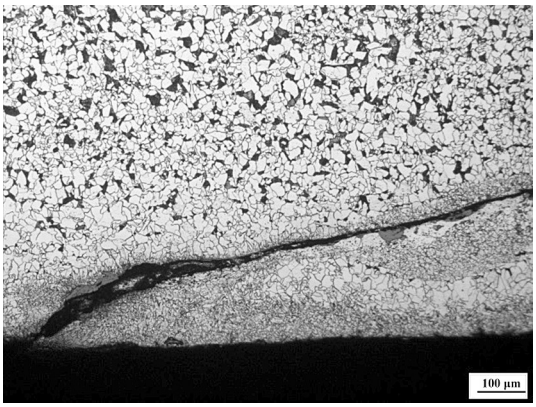


图 2　15MnNbV 外结疤缺陷金相分析照片

从无缝厂坯料库剩余的 15MnNbV 圆坯上取样，进行热酸检验，酸浸时间为 4 h。通过观察，发现圆坯表面分布大量裂纹，并且裂纹通体沿轴向呈带状间断分布，与热轧后钢管上外结疤位置分布特点基本一致，如图 3 所示。

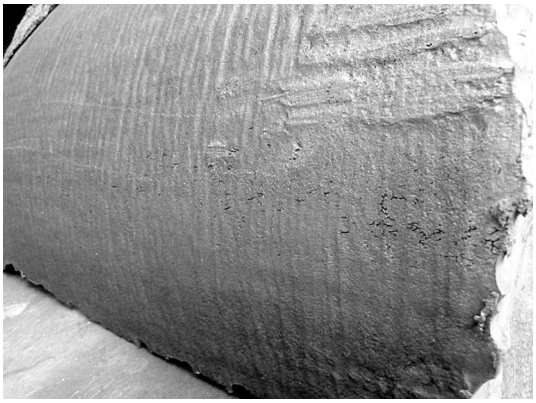


图 3　15MnNbV 圆坯表面发裂照片

查阅相关资料[1]，造成圆坯表面产生裂纹原因的主要有以下几种，现根据 15MnNbV 实际生产情况及圆坯裂纹形貌进行分析如下：

(1) 高温裂纹：高温裂纹的特点为每流的铸坯表面存在无定位、不规则的毛细裂纹，这种裂纹是由于开浇温度(过热度)高造成的。但 15MnNbV 过热度控制在 30 ℃以内，属于正常过热度范围，高温裂纹可以排除。

(2) 拉速不稳定：该类裂纹一般属于周期性，每隔一段就会出现裂纹。但在 15MnNbV 的现场跟踪和铸坯检验中均未发现拉速波动和裂纹连续出现的现象，可以排除因拉速波动造成铸坯表面裂纹的产生。

(3) 冷却水不均匀：冷却水不均匀造成的裂纹，会直接造成铸坯表面开裂并且出现严重的高温氧化现象，与 15MnNbV 的皮下裂纹有本质的差异，予以排除。

(4) 中间包水口不对中或结晶器铜管偏移：因中间包浸入式水口与结晶器不对中造成的裂纹，通常在不对中的某一流出现裂纹，且裂纹分布区基本上在一条直线上，水口或结晶器偏移量越大，裂纹越严重。15MnNbV 圆坯皮下并没有集中在某一流出现，因此排除该原因。

(5) 激冷裂纹或火焰切割激热裂纹：激冷裂纹多发生在高碳钢种上，在铸坯完全凝固后，铸坯在冷床自然冷却时，由于表面已经完成凝固冷却但铸坯内部还有一定温度，就会产生激冷裂纹，表现形式为细长曲线。15MnNbV 需进缓冷坑，要求入坑温度大于 500 ℃，缓冷至铸坯表面温度低于 200 ℃，因此可排除激冷裂纹的产生。火焰切割激热裂纹发生在完全冷却后的铸坯，局部加热溶化后又快速冷却的断面，裂纹沿铸坯中心呈大致的辐射状，与 15MnNbV 出现的缺陷完全不一致。

(6) 五害元素导致的裂纹：五害元素超标，裂纹沿铸坯长度方向曲线形式发展，尤其会出现一些分支，裂纹的长度和宽度会随着五害元素的含量的增加而加大，15MnNbV 的钢水五害元素均符合标准要求。

(7) 矫直裂纹：矫直裂纹的产生主要有两种，一种是由于拉矫机压力过大产生的裂纹，一般圆坯存在椭圆度大或超标现象，裂纹分布在压线边缘或两侧、裂纹的两边呈向外微翘状。15MnNbV 铸坯的尺寸检查，椭圆度未超标准，由于拉矫机矫直压力过大造成裂纹的可能性不大。另一种则是矫直温度过低，造成圆坯塑性降低产生的裂纹。研究结果表明[2]，钢从 600 ℃到熔化温度(1 500 ℃左右)之间，经过三个脆化区，分别称为高温脆性区 I、中温脆性

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

区II和低温脆性区III，如图4所示。发生在1 200 ℃到固相线温度之间的高温脆性区I，是由于树枝晶间富集S、P等液析元素所引起的枝间脆性，形成熔点低于固相线温度的液体薄膜，使钢的塑性急剧降低。发生在900～1 200 ℃间的中温脆性区II，是由于(Fe、Mn)S－O低熔点共晶体沿γ晶界的网状分布或Cu、Sn、Sb等低熔点金属液向γ晶界渗透所引起的晶间脆断。发生在700～900 ℃间的低温脆性区III，是由于伴随γ→α相变时，Al、Nb等碳、氮化物的沉淀析出所引起的低温脆性[3]。15MnNbV中的Nb和Al对铸坯表面和皮下裂纹的产生具有最明显的影响，因此，铸坯应该尽量避免在该脆性温度区间进行弯曲和矫直变形。

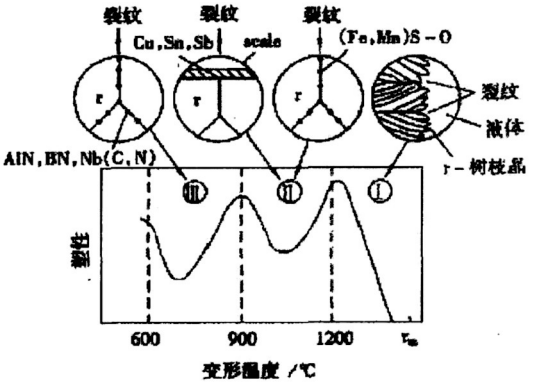


图4 钢的高温脆性区同结构效应的关系

2 改进措施

根据上述圆坯表面裂纹原因分析，提出了相应的改进措施，即采用弱冷工艺，使用较小流量的喷嘴，优化二冷水量分布，采用弱而均匀的二次冷却制度，从而尽可能提高铸坯矫直温度，至少在900 ℃以上，避开第III脆性区，另外，降低冷速可以减少沿奥氏体晶界动态析出物的数量，从而改善钢的高温塑性；适当提高拉速并保证拉速的稳定性，提高拉速能使铸坯进入矫直段的温度升高；稳定浇铸过程中的拉速来避免结晶器液面波动，优化前后工艺参数对比见表1。

3 取得的效果

根据优化的工艺对15MnNbV进行冶炼连铸，取样对圆坯进行硫印检验，检验结果为：中心裂纹、中间裂纹及皮下裂纹均为0级，夹杂物为1级。酸侵低倍检验见图5，检验结果表明：铸坯表面没有裂纹，本次工艺优化达到预想效果，铸坯质量良好。

表1 优化工艺参数

工艺参数	优化前	优化后
拉速/(m·min^{-1})	0.35	0.40
结晶器水量/(L·min^{-1})	2 850～2 900	2 800～2 850
比水量/(L·kg^{-1})	0.20	0.18
二冷水配比	29:45:24:11	27:41:23:9
矫直温度/℃	860～900	910～940



图5 酸侵低倍检验照片

检验合格的圆坯过Φ430 mm机组进行轧制，轧制规格为406.6 mm×21.44 mm与406.4 mm×12.7 mm，轧制后对无缝管内外表面进行检测，检测过程中未发现外结疤问题，合格率为100%。

4 结束语

钢管公司生产的15MnNbV管线管出现外结疤的质量缺陷问题，追根溯源，主要是圆坯表面存在微裂纹，分析认为，该材料圆坯产生裂纹的原因是由于热矫温度偏低造成。通过提高铸机拉速，减少二冷区比水量，从而提高钢坯过拉矫机温度，避免钢坯矫直裂纹的产生，实施后取得的效果显示，工艺优化后解决了圆坯表面裂纹，轧制后的15MnNbV管线管外表面质量良好，合格率达到100%。

参 考 文 献

[1] 赵世忠，谭俊敏. 天津钢管公司连铸圆坯表面裂纹特征和预防措施[J]. 特殊钢，2004，(1)：56－58.

[2] 史宸兴. 实用连铸冶金技术[M]. 北京：冶金工业出版社，1998.

[3] 辛广胜，邬美强，樊精彪. Φ430 mm圆坯表面质量问题及改善措施[J]. 包钢科技，2016，(3)：2－3.

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