

非调质钢 30Mn2V 热轧棒材表面裂纹分析

Analysis of Cause for Cracking of 30Mn2V Non-quenched and Tempered Steel Rolled Bars

顾相田 邢锐 赵换霞

Xiangtian Gu Rui Xing Huanxia Zhao

青岛特殊钢铁有限公司棒材研究所 中国·山东 青岛 266409

Bar Research Institute, Qingdao Special Iron & Steel Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266409, China

摘要: 论文采用金相组织检验和扫描电镜检验方法对非调质钢 30Mn2V 热轧棒材表面的“三角口”裂纹检验分析, 确定了棒材裂纹来自连铸坯料。通过对连铸坯取样酸洗低倍和金相组织检验, 确定了连铸坯裂纹的产生原因, 并提出了改进措施。生产表明, 实施改进措施后, 棒材表面质量明显改善, 表面裂纹明显减少, 探伤合格率显著提高。

Abstract: In this paper, the causes for surface “triangular gap” crack of 30Mn2V non-quenched and tempered steel Rolled Bars were tested and analyzed by metallographic examination and scanning electron microscopy. The results show that the surface crack of continuous casting billet leads the surface “triangular gap” crack of Rolled Bars. The specific improvement measures were put forward after the surface crack of continuous casting billet was analyzed by macroscopic structure observing and metallographic examination. The production showed the “triangular gap” crack of 30Mn2V non-quenched and tempered steel Rolled Bars were significantly reduced, and UT flaw detection pass rate was significantly improved.

关键词: 非调质钢; 表面“三角口”裂纹; 连铸坯裂纹

Keywords: non-quenched and tempered steel; surface “triangular gap” crack; crack of continuous casting billet

DOI: 10.12346/etr.v5i8.8479

1 引言

非调质钢作为在中、高碳钢中加入微量的钒 V、铌 Nb、钛 Ti 等合金元素而形成的特殊钢种, 可以直接在轧制、锻造或正火状态下使用, 免除了对零部件的“调质处理”。相比调质钢具有节能、环保优点, 使用非调质钢生产相同产品可使生产成本降低 6%~18%, 顺应了国家节能、环保的发展政策得到广泛应用。30Mn2V 钢是一种高韧性的非调质钢, 它采取适当降低含碳量, 提高 Mn 含量和添加微合金元素 V 等措施, 得到细小的铁素体和珠光体, 使其强韧性得到较大的提高^[1]。某钢厂在生产非调质钢 30Mn2V 探伤检查发现成材表面存在大量三角裂纹缺陷, 通过低倍、高倍、扫描电镜, 观察连铸坯、棒材试样的宏观、微观组织及其能谱, 分析试样的缺陷形成的原因, 并根据试验结果提出改善连铸坯、棒材表面质量的方法。

2 非调钢 30Mn2V 表面缺陷情况

材料为 $\Phi 75\text{mm}$ 非调钢 30Mn2V 热轧棒材, 化学成分 (w%) 为 0.30C, 0.30Si, 1.45Mn, 0.018P, 0.007S, 0.08V, 0.02Ti, 0.03Al, 0.0075N。热轧棒材表面探伤发现批量表面探伤不合格, 不合格比例为 85%。缺陷位置经过打磨表现为“三角口”裂纹, 裂纹形貌如图 1 所示。



图 1 棒材表面探伤缺陷形貌

【作者简介】顾相田 (1993-), 男, 中国陕西旬阳人, 本科, 工程师, 从事工程机械用钢的产品研发和工艺制定研究。

3 非调钢 30Mn2V 裂纹试样检验

3.1 棒材裂纹试样高倍金相

棒材表面缺陷试样加工后进行磨抛，用 4% 硝酸酒精溶液腐蚀，在金相显微镜下观察缺陷形貌特征，如图 2 所示。

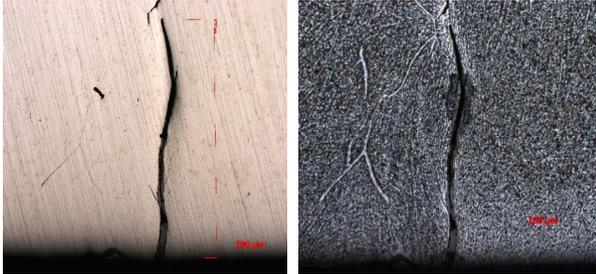


图 2 棒材表面裂纹高倍金相

缺陷宏观形貌可以看出为“三角口”裂纹，从高倍照片

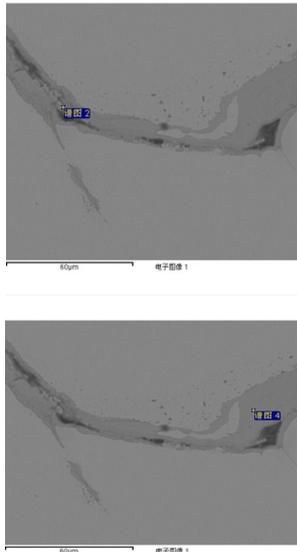


图 3 棒材缺陷试样裂纹处 SEM 形貌及能谱分析

可以看出裂纹深度 2mm 左右，且存在高温氧化质点，从金相上可以看出在裂纹根部有分支，裂纹处有明显脱碳，说明裂纹在高温加热前就已经产生^[2]。

3.2 SEM 观察及能谱分析

在扫描电镜下对棒材裂纹处进行了形貌观察和能谱分析，结果如图 3 所示。

经能谱分析裂纹处含有 Na、K 等保护渣特征异常元素，另外还含有大量的氧化铁、氧化锰等氧化物。可以判断棒材表面裂纹来自连铸坯的表面缺陷^[3]。

3.3 连铸坯角部裂纹

在非调质钢 30Mn2V 同批次剩余连铸坯取样酸洗检查发现在铸坯角部存在裂纹，形貌如 4 所示。

3.4 连铸坯角部裂纹高倍金相

对连铸坯裂纹处取样在高倍金相下观察，如图 5 所示。

元素	重量百分比	原子百分比	化合物百分比	化学式
Na K	25.51	26.90	34.39	Na ₂ O
S K	9.86	7.45	24.61	SO ₃
K K	17.05	10.57	20.54	K ₂ O
Mn K	15.85	6.99	20.46	MnO
O	31.74	48.09		
总量	100.00			

元素	重量百分比	原子百分比	化合物百分比	化学式
Mn K	77.45	50.00	100.00	MnO
O	31.74	50.00		
总量	100.00			



图 4 连铸坯裂纹形貌



图 5 连铸坯缺陷试样高倍金相

可以看到铸坯存角部裂纹深度约为4mm。铸坯角部高倍金相下部分位置无表面细小等轴晶粒,而是可以看到粗大的原始奥氏体晶粒,尺寸2~3mm,且裂纹有沿原奥氏体晶界开裂的特征。同一流连铸坯的两个侧面表面振痕差别很大,振痕不均匀,说明结晶器内保护渣很不均匀。

4 裂纹产生原因分析

通过对棒材表面“三角口”裂纹分析,发现裂纹处存在严重的脱碳、高温氧化物和保护渣特征元素,判断缺陷来自连铸坯。通过对铸坯取样酸洗检查,在角部发现裂纹。在连铸坯裂纹处取样制作成高倍金相试样后进行观察,发现裂纹附近存在粗大的原始奥氏体晶粒,且裂纹沿组大晶粒的晶界开裂。正常无裂纹缺陷的位置表面则是覆盖一层细小的等轴晶粒。表层无细小等轴晶,反而有奥氏体大晶粒,晶界有微合金化第二相粒子,弱化晶界。特别是在非调质钢中存在Al、N、Nb、V可降低钢延展性或高温延展性的元素,认为是在奥氏体晶界上优先析出的该类元素形成的沉淀相所致的延展性的恶化。1350℃以上,奥氏体晶粒长大速度非常快。这表明超大奥氏体晶粒的形成是在结晶器内形成的,约在弯月面以下200~300mm处。可优化一冷工艺,减少连铸坯表面奥氏体晶粒尺寸采取措施^[4-5]。另外,对剩余连铸坯角部倒角处理后轧制,棒材表面漏磁探伤检查结果明显好转。进而验证了连铸坯的角部裂纹导致热轧棒材表面的“三角口”裂纹。

5 改进措施

改善结晶器角部位置坯壳的传热条件,促进坯壳均匀生长,保证连铸坯表面的冷却均匀且迅速,避免在连铸坯表面

形成粗大的原始奥氏体晶粒是防止裂纹产生的关键。通过改善结晶器冷却条件,优化保护渣、适合的结晶器冷却水量。通过增加足辊冷却水量,促进连铸坯表面组织迅速冷却,避免组织长大,从而解决连铸坯表面裂纹缺陷。探伤裂纹不合格率也由最初生产时的85%降低到目前的3%以下,并且未再发现此类的“三角口”裂纹。

6 结论

①非调质钢30Mn2V热轧棒材表面“三角口”裂纹的产生原因为连铸坯角部的裂纹。

②连铸坯角部的裂纹是由于结晶器内传热不均匀,角部位置传热受阻在高温下形成粗大的初始奥氏体晶粒。加上非调质钢含有的Al、N、Nb、V等微合金化元素在奥氏体晶界上优先析出形成沉淀相所致的延展性的恶化,从而在晶界处产生裂纹。

③改善连铸结晶器角部位置坯壳的传热条件,促进坯壳均匀生长,形成细小的等轴晶粒可以防止裂纹产生。

参考文献

- [1] 高甲生,潘留国.30Mn2V非调质钢晶粒超细化研究[J].热处理,2003(1):28-31.
- [2] 梁佰战.CM690锚链钢的表面“三角口”裂纹分析[J].热加工工艺,2022,51(5):155-157+161.
- [3] 李明,王刘艳,马忠存.锚链钢SBC690铸坯和轧材裂纹分析[J].特钢技术,2018,24(4):29-34.
- [4] 王新华,王文军,刘新宇,等.减少含铌、钒、钛微合金化钢连铸坯角横裂纹的研究[J].钢铁,1998(33):22-25.
- [5] 马福昌,刘永龙,宋瑞甫,等.Nb、V、Ti微合金元素对连铸坯表面质量的影响[J].宽厚板,2003(4):14-18.