

异型断面“乙”字型钢轧制拉裂缺陷原因分析及治理

Cause Analysis and Treatment of Rolling Crack Defect of

"B" Shaped Steel with Special Section

朱军

Jun Zhu

攀钢集团攀枝花钢铁有限公司轨梁厂 中国·四川 攀枝花 617000

Panzhuhua Steel and Vanadium Co.,Ltd. Rail Beam Factory, Panzhihua, Sichuan, 617000, China

摘要:高强度耐大气腐蚀异型断面“乙”字型钢为攀钢和中国 B 钢厂同期开发产品,生产过程中阶段性出现边角部拉裂缺陷。论文通过缺陷宏观及微观分析,找到了异型断面“乙”字型钢拉裂缺陷产生的原因,并结合钢种和工艺控制情况,提出了改进措施。

Abstract:The special section "B" shaped steel with high strength and atmospheric corrosion resistance was developed by Panzhihua Steel and B Steel Factory of China in the same period, and the cracks in the corners appeared periodically in the production process. Based on the macroscopic and microscopic analysis of the defects, this paper finds out the causes of "B" shaped steel with special section, and puts forward the improvement measures combined with the steel grade and process control.

关键词:异型;拉裂;缺陷;改进

Keywords: special shape; crack; defect; improvement

DOI: 10.36012/etr.v2i6.2006

1 异型断面“乙”字型钢生产介绍

高强度耐大气腐蚀异型断面“乙”字型钢为攀钢和中国 B 钢厂同期开发产品,采用 V 和 Nb 复合微合金化思路。但 B 钢厂实物产品性能表明,在屈服强度基本满足 450MPa 的情况下,有约 40%炉次的 40℃“V”形缺口冲击功达不到 24J。而 YQ450NQR1 为攀钢开发产品,在屈服强度相当的情况下,钢的低温冲击性能远高于 B 钢厂的 YQ450NbRE,所以攀钢 310“乙”字型钢一直处于主导地位。但是,初期生产 YQ450NQR1 采用浇铸成 320mm×410mm 铸坯轧制异型断面钢,存在比较严重的表面拉裂缺陷,严重制约了“乙”字型钢的批量化生产。

1.1 异型断面“乙”字型钢生产工艺

工艺路线:转炉冶炼→LF 精炼→方坯连铸→方坯加热→方铸加热→万能轧机轧制。

1.2 冶炼生产要点

部分铝丸改为喂入铝线;铸坯规格由 360mm×450mm 改

为 320mm×410mm;轧制设备由横列式轧机改为万能轧机。

①炼钢工序取样分析 YQ450NQR1 氮含量的控制情况,其化学成分表表明氮含量平均值为 0.0107%,控制范围为 0.0097%~0.0115%,满足试验 0.0100%~0.0150%的要求。②加热工序为减轻轧机压力将加热温度提高至 1280~1300℃。③轧制工序试验组采用红外测温仪,实际测量终轧温度控制在 750~900℃。

1.3 铸坯试样结果

①YQ450NQR1 熔炼分析结果满足试验要求;在成品异型断面钢上取样,分析 YQ450NQR1 气体元素的分析结果,成品“乙”字型钢氮含量平均值为 0.0117%,控制范围为 0.0102%~0.0130%,也能很好地满足 0.0100%~0.0150%的试验要求。②力学性能控制,其中 Rel 控制范围为 452~529MPa,平均 485.7MPa,低温冲击功控制范围为 25~175J,平均 83.2J。异型断面钢力学性能指标全部满足要求,但 Rel 波动范围比较大,最低仅为 452MPa。③YQ450NQR1 铸坯的低

【作者简介】朱军(1986~),男,四川攀枝花人,热能工程师,从事冶金工业热加工工艺质量及材料成型研究。

倍检验情况,铸坯横向低倍检验结果良好,但纵向低倍检验还是存在有裂纹缺陷和大量气泡。

1.4 轧制结果

轧制异型断面钢厚腿频繁出现烂腿缺陷,缺陷率约为20%~30%厚腿烂腿缺陷。宏观形貌缺陷沿纵向分布在厚腿内侧,每个较大的缺陷长度约100mm,与“乙”字型钢基体不能完全焊合,且两个大的缺陷中间也隐约可见烂腿迹象,也不能完全焊合。

1.5 异型断面“乙”字型钢拉裂缺陷形貌

开裂样品的外观检查和体视显微镜观察显示,其共性有三点^[1]:①裂纹出现在小腿自由边缘(烂边);②裂纹出现在腿宽面中间部位;③裂纹出现在小腿与腹板转角处。

2 “拉裂”缺陷原因分析

2.1 化学成分

YQ450NQR1 异型断面钢缺陷样化学成分,如表1所示。

表1 YQ450NQR1 异型断面钢缺陷样化学成分 /%

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	V	Ti	N	Als
YQ450NQR1	0.11	0.43	1.22	0.014	0.006	0.23	0.19	0.24	0.12	0.01	0.0154	0.02
要求	0.10~ 0.15	0.30~ 0.55	1.15~ 1.48	≤ 0.020	≤ 0.015	0.20~ 0.40	0.15~ 0.28	0.20~ 0.40	0.06~ 0.15	—	0.0100~ 0.0160	—

2.2 开裂部位和中间坯缺陷部位的金相分析

通过310“乙”字型钢开裂部位切取的试样,经抛光、浸蚀后,在显微镜下观察发现,基体组织为铁素体+珠光体,但未检出与开裂有关的非金属夹杂物。裂纹两边及裂纹尖端区域有严重的氧化脱碳现象,其全脱碳层的组织是纯铁素体,其内有内氧化产物,足证连铸坯加热前就存在张开型裂纹,才能使炉内的氧向内扩散形成内氧化粒子和金属中的碳向外扩散发生脱碳。在中间坯上的缺陷部位取样,磨制抛光并腐蚀后,在金相显微镜下观察,发现裂纹区也存在氧化脱碳现象。

脱碳和氧化的路径显示,所有裂纹皆沿柱状晶间形成,且平行于柱状晶取向,说明柱状晶降低了钢的韧性,容易在拉应变下引起晶间分离。

2.3 裂纹样品的 SEM/EDS 分析

过裂纹撕开的断口面和压断的开裂面,经超声波清洗后,由SEM观察发现,所有断口面有新、旧断口之别。在旧断

口区域,没有显示金属的特征断口形貌,而是一层覆盖物,经EDS分析为FeO。其余撕开的断口检验亦然,引例触类。

3 结果分析

①异型断面钢出现大量的烂边缺陷,且全部发生在“乙”字型钢后退尖部,与轨梁老线曾经出现的过的拉裂缺陷的宏观形貌相比,差异很大。烂边缺陷十分清晰,且尺寸巨大,肉眼显而易见;拉裂缺陷为一条线纹,肉眼不易发现。②通过烂边缺陷内部存在有大量氧化层,说明烂边缺陷在加热前就已经存在;烂边缺陷深部的裂纹尖部不存在脱碳现象,说明裂纹尖部可能是在加热中形成,还来不及脱碳到导致的。③320mm×410mm铸坯质量,从横和纵向低倍检验结果来看,是好于360mm×450mm铸坯质量的,但再试存在有裂纹和气泡缺陷。另外,原流次铸坯所表现出来的中心等轴晶偏析现象值得关注,等轴晶偏析现象说明铸坯的内外弧冷却强度存在有严重的不均衡现象。④沿裂纹撕开的断口面,经SEM/EDS

分析没有发现保护渣的成分,而只检出FeO,说明裂纹不是在结界器内形成的,而是在二冷段形成的。

4 结论与建议

①连铸机浇铸YQ450NQR1必须严格检查连铸机设备状况,确保二冷水和喷嘴均衡的喷射在铸坯表面上。②有必要在连铸工艺上重点研究二冷控制新工艺。③在现在不能降低加热温度条件下,加热炉应该采用二步一钢的加热方式,尽可能地缩短加热时间。④改变坯料断面,由大断面改为小断面轧制,降低压缩比,减轻拉裂应力。⑤鉴于铸坯存在有的皮下气泡,可考虑小规模生产氮含量在0.0070%~0.0105%的YQ450NQR1,进一步减少气泡出现的可能性,但可能会出现强度和低温冲击功下降的风险。

参考文献

[1] 沈海鸥,袁冰梅.铝合金圆铸锭横向拉裂的原因分析及预防措施[J].铝加工,2016(4):53-56.