

热轧带钢边裂缺陷的成因研究

刘 波  
(攀钢新钢钒公司热轧板厂)

【摘 要】 通过相关工艺调查分析、金相检验和跟踪试验等方法,研究了热轧带钢边裂缺陷的产生原因,为有的放矢地采取措施治理边裂缺陷创造了条件。  
【关键词】 热轧带钢 边裂 气泡 角横裂

THE DISQUISITION ON HOT STRIP STEEL BORDER  
SPLIT DISFIGUREMENT

Liu Bo  
(The Hot Strip Mill Panzhihua New Steel and Vanadium Co. Ltd.)

[Abstract] This paper introduces the cause of border split on hot strip steel by correlative arts and crafts research and experimentation. The conclusion of this paper create condition of dealing with border split on hot strip steel.  
[Key words] hot strip steel, border split, alveoli, corner across split

在攀钢热轧板厂的生产历史上,曾连续多年都有数百至上千吨钢卷产生边裂(又曾判为“过烧”)缺陷,涉及的钢种有 Q195、Q235、09SiVL、P510L、08Al、Stb32、X46、X52、09CuPTiRe 和花纹板卷等。热轧带钢边裂缺陷是指钢板边缘沿长度方向的一侧或两侧出现破裂,其裂口处有氧化色或夹杂的缺陷,严重者钢板边部全长呈锯齿状。国内外许多研究结果均表明,热轧带钢边裂缺陷产生的主要原因是:板坯边缘存在角横裂、皮下气泡等缺陷;板坯边缘有夹杂;轧件边部温度过低,或轧制张力设定过大;板坯的硫、铜含量较高,轧制时钢板的热脆性大。由于产生边裂缺陷的原因较多,一段时间内热轧生产线发

生边裂缺陷的钢卷数量又大,批次集中,因此公司专门成立了现场工作队,决心深入系统地研究此缺陷产生的原因,以便采取有针对性的治理措施,减少或最终消除边裂缺陷,减少企业经济损失。

1 研究方法

由于造成热轧钢卷边裂的原因曾经大部分都判定为热轧加热工序“过烧”造成,具体数量见表 1。因此,现场工作队首先对热轧加热工艺进行了全面调查分析;同时不断地取缺陷样送钢研院检测中心进行金相和电镜检验分析;为进一步验证缺陷原因的调查分析结果,还专门进行了跟踪试验进行验证。

表 1 历年热轧钢卷边裂缺陷判定情况 单位:t

年 份	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
边裂量	64.70	44.41	55.65	39.81	28.47	79.59	221.64	121.38	109.25
过烧量	1100.04	728.07	1676.17	1336.27	775.08	806.84	8.60	0	0
合计	1164.74	772.48	1731.82	1376.08	803.55	886.43	230.24	121.38	109.25

2 研究结果

2.1 热轧加热工艺调查研究

针对一段时间内热轧带钢边裂缺陷频繁发生的情况,现场工作队对发生边裂缺陷的 63 个炉次的热轧加热工艺进行了调查,调查结果见表 2。其中

Q235G—31 炉次, P510L—16 炉次, HP295—7 炉次, Q195LC—1 炉次。  
次, Stb32—5 炉次, X46 和 X52—3 炉次以及

表 2 各钢种边裂缺陷的加热工艺执行情况

序号	钢质	出炉温度 (℃)	各段控制温度(℃)			加热时间 (min)	边裂卷数 (卷)
			均热段	加热段	预热段		
1	Q235G	1210~1240	1230~1270	1260~1310	1130~1210	150~320	39
2	X46、X52	1200~1230	1220~1260	1240~1290	1070~1150	160~240	40
3	P510L	1230~1250	1260~1280	1270~1330	1150~1230	160~350	30
4	HP295	1220~1240	1240~1270	1260~1310	1140~1210	150~250	10
5	Stb32	1200~1220	1210~1230	1230~1260	1130~1190	170~320	5
6	Q195LC	1210~1230	1230~1250	1250~1300	1140~1210	200~330	7

从表 2 可以看出, 尽管 X46 和 X52 的加热温度靠规程下限, 以及 Q195LC 的加热温度靠规程上限, 但是发生边裂缺陷的各钢种的热轧加热工艺都符合规程要求。因此, 从加热工艺执行情况看, 没有找到板坯加热温度异常与热轧钢卷边裂缺陷的对应关系。实验研究也表明: 一般低碳钢(含碳量 0.1~0.2%)的理论过烧温度为 1470~1490℃, 允许最高加热温度为 1320~1350℃。从表 2 可见, 热轧板厂生产的一般低碳钢和低合金钢的加热温度均控制在 1200~1250℃ 范围内, 不仅远远低于理论过烧温

度, 而且远远低于一般允许的最高加热温度, 因此, 在正确执行技术操作规程的前提下, 现行热轧加热工艺不可能造成一般低碳钢和低合金钢铸坯“过烧”。钢卷边裂缺陷不是由加热工序“过烧”引起的, 只能是其它原因造成。

2.2 金相分析检验

为了深入系统地研究产生热轧钢卷边裂缺陷的真正原因, 几年来课题组成员不断地取边裂缺陷样送钢研院检测中心进行金相检验分析; 关于钢卷边裂缺陷的历年金相分析检验结果摘要列与表 3。

表 3 热轧钢卷边裂缺陷历年金相分析检验报告摘要

序号	年份	钢质	主要原因(或结论)	报告单位
1	1996	08Al	(1)该批 08 Al 热轧卷边裂缺陷不是由热轧过程中过热或过烧引起; (2)边裂缺陷的产生可能与终轧温度偏低有关, 也可能与连铸过程中的氧化物夹杂有关。	攀钢 08 Al 深冲板 研制课题组
2	1998	Q195 花纹板	(1)板边部没有过烧现象; (2)板边部气泡密集, 气体含量多, 气泡内壁有的被氧化, 在轧制时侧边气体迸出形成小裂纹; 有的气泡在加热过程中烧露造成氧化, 在板边部产生分层状起皮缺陷。	攀钢钢铁研究院 检测中心
3	1998	Q195LC	该炉钢热轧钢卷破边原因是炼钢脱氧不良, 铸坯存在严重针孔及皮下气泡所致。	攀钢钢铁研究院 检测中心
4	2000	PWB 花纹板 钢卷号: 005014713	(1)用显示过烧的试剂检验样品时未见过烧特征; (2)根据裂口部位的树枝状纤维形态及断续分布的氧化裂纹, 可以认为是气泡暴露所致。	攀钢钢铁研究院 检测中心
5	2000	Stb32	(1)采用显示过热和过烧的试剂腐蚀抛光样面时, 未见过烧特征, 在抛光状态下也没有检验出晶界氧化现象; (2)压扁的孔洞可能是气泡所致。气泡在烧钢过程中一旦烧露, 会立即氧化。氧化的气泡在轧制过程中不能焊合, 只能起到裂纹源和裂纹扩展路径的作用, 因此认为此板的烂边与原生缺陷被烧露有关。	攀钢钢铁研究院 检测中心
6	2000	09SiVL	(1)用显示过烧的试剂侵蚀后, 未发现过烧特征; (2)烂边与被烧露的原生孔穴有关。	攀钢钢铁研究院 检测中心
7	2000	Q235 花纹板 钢卷号: 003029601	(1)用显示过烧组织的试剂腐蚀试样, 未显示过烧特征, 在抛光状态也未发现氧化晶界; (2)根据裂口区呈树枝状的纤维流线及裂口区的孔穴特征, 说明轧制前就存在缺陷, 烧钢过程中被烧露氧化而不能焊合, 轧制延伸时缺陷区不能参与同步变形而被拉开所致。	攀钢钢铁研究院 检测中心
8	2000	Q195	(1)用显示过烧组织的试剂腐蚀试样, 在金相检验时未发现过烧特征, 在抛光状态也没有检验出晶界氧化现象; (2)局部烂边与原生缺陷有关。	攀钢钢铁研究院 检测中心
9	2001	P510L	(1)在轧制面下层和角部下层存在未压合的孔穴, 可以认为是原生孔穴的遗迹, 由于被氧化而未能被轧制焊合; (2)上述孔穴, 有可能是连铸坯上固有的气泡带。有气泡带的铸坯, 烧钢时间过长就有可能烧露而被氧化, 或者气泡带就在近表层, 在正常烧钢时间内就被烧露而氧化; (3)金相检验过程中未发现过烧证据。除孔穴之间有较集中的夹杂外, 基体金属中未见异常夹杂。	攀钢钢铁研究院 检测中心
10	2001	X46		

(下转封四)

(上接第 17 页)

从表 3 可以看出,造成热轧钢卷边裂的主要原因是原料缺陷(如气泡)所致,与热轧加热工艺无关。

### 2.3 跟踪试验结果

为了探索连铸坯角横裂缺陷与热轧带钢边裂的对应关系,现场工作队对发生角横裂缺陷较多的 Q235、炉罐号为 P113586 铸坯的轧制过程进行了“一一对应”式的跟踪试验,试验结果为:

(1)跟踪试验的本炉钢的每一块铸坯均存在程度不同的角横裂,角横裂缺陷沿板坯宽度方向的长度为 10~50 mm,沿板坯厚度方向的长度为 10~20 mm,裂口宽度约 1 mm。

(2)本次跟踪试验轧制的钢卷均有程度不同的边裂缺陷,缺陷形貌与树枝状边裂类型相对应。跟踪试验说明热轧带钢边裂缺陷与铸坯角横裂缺陷存在对应关系。

## 3 带钢边裂缺陷的成因分析

连铸坯的气泡缺陷发生在近表面处就称为皮下气泡。皮下气泡有时与表面连通,形成表面针孔,目视检查很难发现,但经火焰清理后可以显露出来。连铸坯皮下气泡在铸坯断面呈蜂窝状长条形孔洞,并与表面垂直,沿铸坯周边密集分布,一般距表面 2~8 mm,长度 15~30 mm。若铸坯边部存在皮下气泡类缺陷,在加热炉内加热时因表层氧化,再经高压水除鳞后就显露在外,在轧制过程中因缺陷部位与基体结合不牢固,轧制时不能焊合,发生不连续、不均匀变形的现象,从而导致边裂。例如,熔炼号为 P813946 共有 9 块铸坯,轧出 6 块都产生了严重边

裂缺陷,余下 3 块板坯返回板坯库,待空冷后检查发现铸坯断面存在严重的蜂窝状气泡;又如炉罐号 P826915,该炉钢由 Stb32 改钢质变为 Q195LC,共 12 块铸坯,轧出 9 块有 6 块发生严重边裂缺陷,另 3 块回炉(坯号为 103、104 和 205),经检查同样存在严重的蜂窝状气泡缺陷。

连铸坯角横裂缺陷主要发生在含碳量为 0.08~0.18 % 的钢种间,有时还发生在含有 Nb、V 等裂纹敏感元素的铸坯角部振痕的波谷处。此外,在距铸坯表面 2~5 mm 处也常有微细角横裂存在。当板坯加热温度高于 800 ℃ 时,角横裂周围就会发生氧化,同理,这类缺陷在轧制过程中也不能焊合,从而产生边裂缺陷。

综上所述,热轧带钢边裂缺陷主要是由于铸坯表层气泡密集,加热过程中表层金属氧化,气泡暴露以及铸坯本身存在角横裂缺陷,在轧制过程中都不能焊合而产生的。

## 4 结语

(1)本研究通过工艺调查分析、金相检验和跟踪试验等手段,明确了热轧带钢产生边裂缺陷的主要原因,为采取有针对性的治理措施发挥了积极作用。

(2)本研究为攀钢公司重新划分边裂缺陷责任比例提供了依据,利于责任单位集中力量攻关,利于提高产品质量。从表 1 也可以看出,通过相关单位数年来的通力合作,目前热轧带钢边裂缺陷已得到有效控制,年发生数量已大幅度减少,创造了可观的经济效益。

收稿日期:2005.12.5