

锚链钢弯环内侧开裂分析原因

刘 莉 王信沛

(南京钢铁集团公司)

摘 要 对锚链钢弯环的原材料和车削后热处理材料及开裂的弯环进行低倍、组织、断口检验,结果表明弯环开裂是由车削后的热处理工艺和焊接工艺控制不当造成的。

关键词 弯环内侧 开裂 热处理 焊接

REASON'S ANALYSIS OF CRACKING IN INTERNAL SIDES OF RINGS OF ANCHOR CHAIN STEEL

LIU Li WANG Xinpei

(Nanjing Iron and Steel Group Co., Ltd.)

ABSTRACT Cracks are found in internal sides of rings of anchor chain steel. This article analyzes the cracking reason by inspecting macrostructures and defects, microstructures and impact fracture surfaces, taking samples from bars which rings are made of and from these rings after machining & heat-treatment. The result shows that cracks are resulted from not proper heat-treatment process and welding process after machining.

KEY WORDS anchor chain steel, internal sides of rings, crack, heat-treatment weld

1 前言

我公司生产规格为 $\phi 35$ mm、 $\phi 33$ mm 的 M30Mn2 锚链钢,某锚链厂用该批圆钢制作锚链,在完成锚链热处理工艺后出现开裂,开裂部分大多数于弯环的内侧。其弯环生产工艺流程为:下料→表面车削→加强(600℃)→弯环→焊接(闪光焊)→去刺→压挡→焊挡→热处理(淬火 910℃+回火 600℃)→拉伸试验→成品打包。为查找开裂原因,用以下方法进行分析。

2 检验结果

2.1 原材料检验

2.1.1 表面酸洗和低倍检验

取 $\phi 33$ mm 原棒和其上切取的横向低倍试棒经 1:1 工业盐酸水溶液热侵蚀,圆棒表面有类似划痕缺陷,见图 1。横向低倍试样侵蚀面根据 GB/T1979—2002《结构钢低倍组织缺陷评级图》评级,评定结果见表 1。低倍组织符合标准要求。

项目	表 1 低倍组织检验结果				级
	一般疏松	中心疏松	偏析	白点	其他
试样	0.5	1.0	1.0	无	无
YB(T)66-1987	≤2.5	≤2.5	≤2.5	≤2.5	—

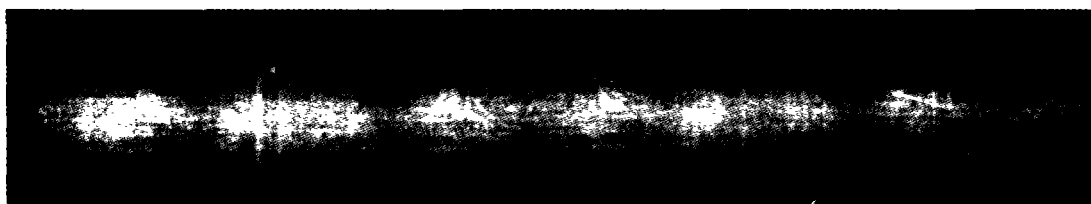


图 1 圆棒表面缺陷

稿件收到日期:2003-05-07

联系人:刘 莉,南京(210035)南钢集团公司

2.1.2 金相检验

在未经表面酸洗前的圆钢上取纵、横向金相试样各 1 块, 横向试样表面脱碳, 脱碳层深度为 0.15 mm, 组织为铁素体 + 珠光体, 见图 2。实际晶粒度按 YB/T5194—1993 标准评级, 评定结果细于 7 级(YB(T)66-1987 要求细于 5 级); 纵向组织为铁素体 + 珠光体, 呈带状分布, 纵向试样非金属夹杂按照 GB/T10561—1989 标准评级, 各类非金属夹杂级别均不大于 1.0 级。另外, 在酸洗后圆钢表面类似划痕缺陷上的不同部位取 3 块横向金相试样, 3 块试样的缺陷均位于试样表面脱碳层内, 深度在 0.12 mm 左右, 其截面形貌接近梯形, 见图 3, 明显属于机械之类的缺陷。

2.2 车削后加热及弯环焊接后材料检验

2.2.1 车削后表面酸洗

取车削后圆棒进行热酸侵蚀, 经检验符合 GB/T1979—2002 标准要求。

2.2.2 金相检验

取车削后热处理横向试样 1 块进行组织检验, 组织为铁素体 + 珠光体, 晶粒度为 7 级。

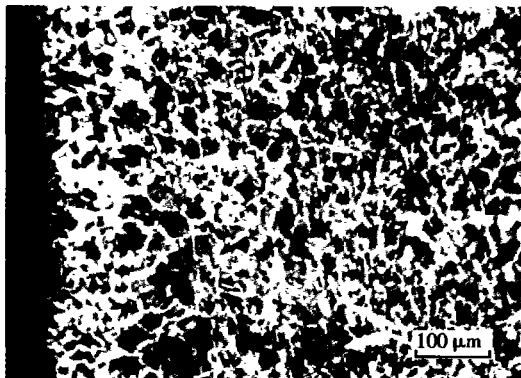


图 2 表面脱碳层及内部组织

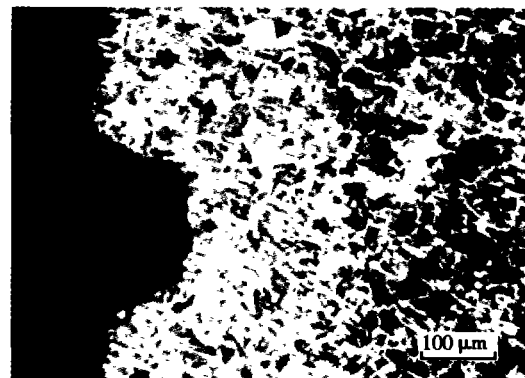


图 3 脱碳层形貌

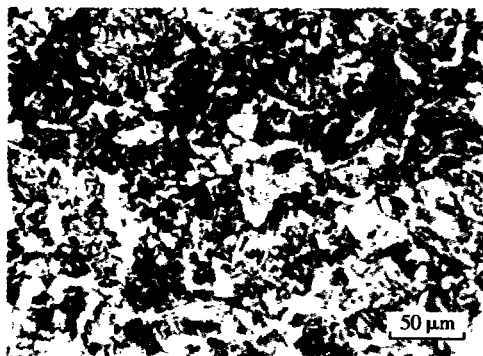


图 4 弯环焊接后横向试样金相组织

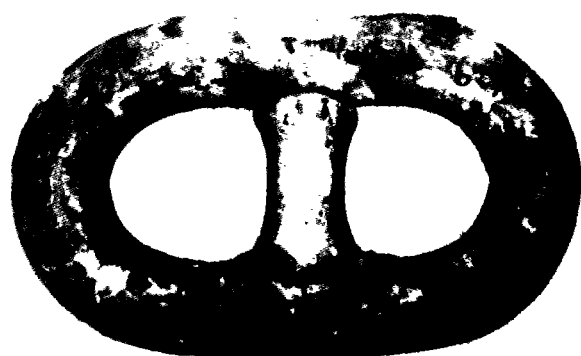


图 5 锚链宏观形貌

2.2.3 弯环焊接后金相检验

取弯环焊接后横向试样 1 块进行组织检验, 见图 4, 组织为铁素体 + 珠光体 + 少量魏氏体。

2.3 开裂锚链检验

2.3.1 宏观检验

缺陷锚链样品经尺寸测量, 其直径为 $\phi 29$ mm, 与母材直径 $\phi 33$ mm 相比, 母材在弯制锚链之前表面被切削掉 2 mm。锚链表面开裂较严重, 裂缝基体分布在锚链环内侧, 沿周向开裂几乎连成一周, 侧面仅有一条斜向分布的裂缝, 宏观形貌见图 5。用线切割切取裂缝处试样, 样品横截面上的裂纹均沿径向由表向内延伸且较平直, 深度不等, 最深约 12 mm。沿裂纹前缘经线切割切取法打开裂缝断口, 断口氧化污染较严重, 经清洗后, 根据断裂扩展条痕指向, 裂缝生于锚链环内侧表面, 由表面向内扩展。

2.3.2 取样

用线切割在锚链裂缝处分别切取金相试样 3 块 (1, 2, 3 号)、裂缝断口试样 1 个 (4 号) 及化学成分分析试样 1 个 (5 号), 取样部位见图 6。

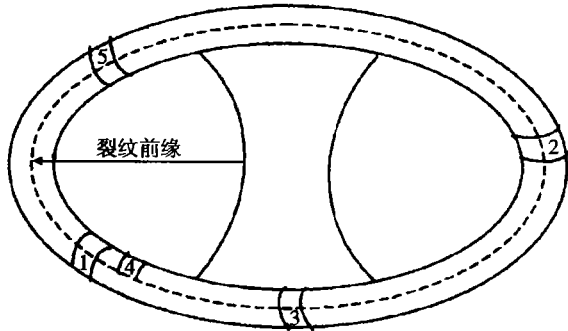


图6 取样部位

2.3.3 化学成分分析

化学成分见表2。化学成分分析结果符合标准要求。

表2 化学成分分析结果

名称	C	Si	Mn	P	S
锚链	0.33	0.23	1.74	0.012	0.007
YB(T)66—1987	≤0.36	0.20~0.55	1.30~1.80	≤0.040	≤0.040

2.3.4 金相检验

1、2、3号试样上裂纹深度分别为4、12、8.5 mm, 裂缝内及其附近均未见夹杂, 缝内均充满氧化铁, 裂缝两侧有少量氧化质点, 见图7。试样经4%硝酸酒精侵蚀后, 3块试样金相组织相同, 裂缝两侧均脱碳, 见图8。基体组织较粗大, 为回火索氏体+少量贝氏体, 见图9。

2.3.5 裂缝断口扫描电镜分析

4号裂缝断口采用化学方法与超声波反复清洗后, 材料的显微组织有所显现, 经扫描电镜观察, 断口低倍形貌见图10, 断口扩展路径由图下方(锚链环内侧表面)向右上呈斜向扩展, 断口高倍形貌准解理条纹隐约可见, 并伴有部分撕裂岭, 见图11。

2.4 热处理后金相检验

将2号试样经正火(加热910℃保温半小时后冷却), 再次进行金相检验, 其横向组织为铁素体+珠光体, 纵向组织为铁素体+珠光体, 呈条状分布。

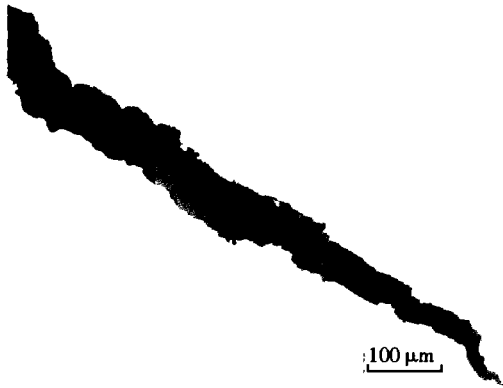


图7 裂缝内充满氧化铁

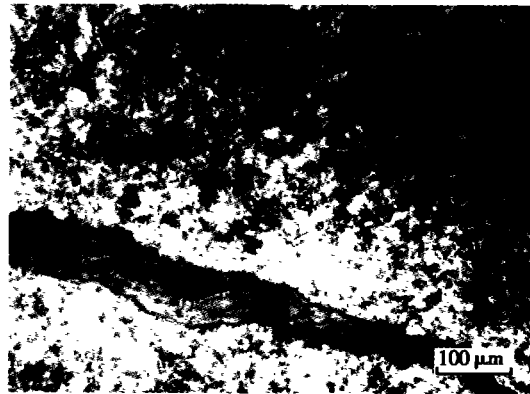


图8 裂缝两侧均脱碳

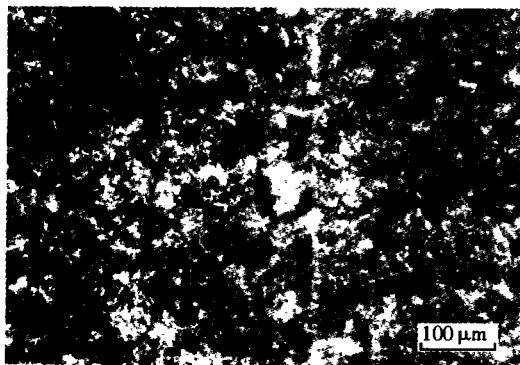


图9 基体组织

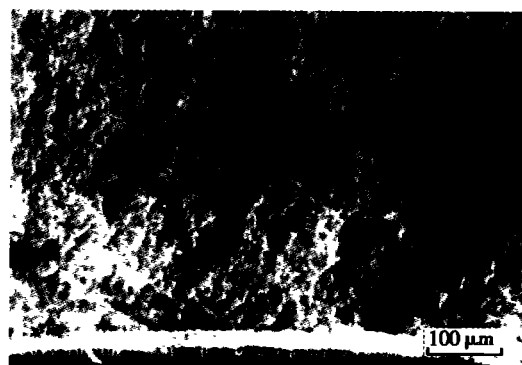


图10 断口低倍形貌

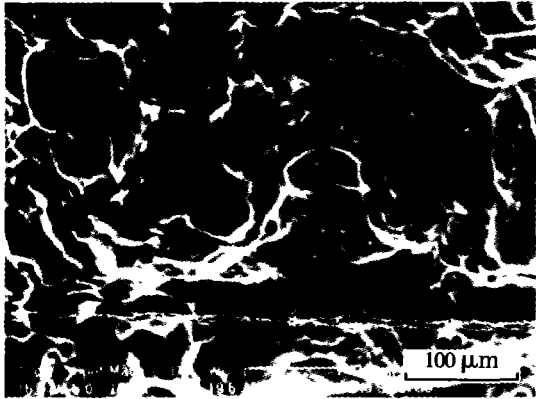


图 11 断口高倍形貌

3 结果讨论

(1) 锚链原材料检验, 即 $\phi 33$ mm 圆钢的低倍组织、晶粒度与化学成分分析结果均符合 YB(T)66—1987 船用锚链圆钢标准要求。圆钢表面酸洗后有类似划痕缺陷, 经金相检验确认为划痕, 划痕深度为 0.12 mm, 远小于标准要求, 即深度不得超过该圆钢尺寸公差之半(0.5 mm)。另外, 圆钢在弯制锚链之前, 表面经车削去除约 2 mm, 上述表面缺陷深度远在去除范围之内。因此, 锚链开裂与送检母材表面缺陷无关。材料基体的各类非金属夹杂均小于 1 级, 夹杂含量较少。材料显微组织为铁素体 + 珠光体, 纵向呈条带分布, 因此原材料检验未发现明显冶金缺陷。

(2) 车削加热后材料检验, 表面酸洗未有异常, 符合标准要求, 其显微组织为铁素体 + 珠光体, 但锚链弯环焊接后组织中出现过热魏氏体组织, 是车削后

材料去除应力的热处理温度、时间、冷却速度控制不当, 并且在焊接时其工艺控制不当造成的, 以至于表面出现微裂纹。

(3) 裂纹断口宏、微观分析表明, 裂纹起源于锚链内侧表面, 由表面向内扩展, 金相检验裂缝内有氧化铁, 两侧组织脱碳且有少量氧化质点, 可见裂缝经过较高温度的加热。由此可排除因最终热处理不当形成的裂纹, 即裂纹形成于热处理淬火之前。裂缝内及其周围未见非金属夹杂, 显然非金属夹杂不是裂缝形成的原因。

(4) 锚链经 910 °C 淬火和 600 °C 回火, 按此工艺热处理, 其组织应该是回火索氏体, 但是金相检验结果实际组织较大且有贝氏体, 严格说应是一种热处理组织缺陷。这种组织显然与锚链开裂无关, 因为裂缝形成于热处理之前, 它表明锚链厂的热处理工艺控制不当。

4 结论

(1) 裂缝断口分析表明, 锚链环开裂源于环内侧表面, 由表面向内扩展。

(2) 金相检验裂缝内及其周围未发现非金属夹杂, 即锚链环开裂不是夹杂引起的, 裂缝周围脱碳证明锚链开裂时间是在最终热处理之前。

(3) 锚链显微组织较大且有贝氏体, 反映最终热处理工艺控制不当。

(4) 材料经检验, 发现有魏氏体缺陷组织出现, 说明去除应力的热处理温度、时间、冷却速度控制不当以及焊接工艺控制不当造成了锚链弯环内侧产生微裂纹。

参 考 文 献

- 1 G. 亨利, D. 豪斯特曼. 宏观断口学及显微断口学. 曾祥华, 田继丰, 柯伟, 等译. 北京: 机械工业出版社.
- 2 王广生. 金属热处理缺陷分析及案例. 北京: 机械工业出版社.
- 3 史美堂. 金属材料及热处理. 上海: 上海科学技术出版社.
- 4 胡世炎. 机械失效分析手册. 成都: 四川科学技术出版社.

(上接第 29 页)

制系统中, 经上述对温度、压力指示值的校正, 再进行气体流量测量校正运算, 进一步提高了流量测量精度。在工程实际中, 运动流体的压力校正, 可通过压力变送器的零点迁移来实现; 温度校正则由系统计算单元完成。

4 结语

在所有流量测量中都有一定精度要求。从以上分析中可以看出, 对测量精度要求不同的工艺系统, 根据具体情况可选取不同的校正补偿计算。对测量精度要求高的工艺系统, 通过选取适合工艺要求的流量测量仪表及系统, 辅以温度、压力、流量校正计算, 对安全生产、提高计量精度和生产经济效益有重要意义。