

# 连铸 M20Mn 锚链钢带状组织形成原因及预防措施

周平 戈文英 翟正龙  
(技术中心) (特钢厂)

**摘要:**特殊钢厂采用电炉—LF炉精炼—连铸—轧制短流程生产 M20Mn 船用锚链钢遇到严重的带状组织缺陷。本文综合探讨了带状组织形成原因及对钢材机械性能的影响,并提出相应的工艺预防措施,对于生产实践具有一定的参考价值。

**关键词:**带状组织 机械性能 冷弯断裂

**Abstract:**Serious zonal structure defects occurred in the M20Mn marine anchor chain steel produced in the Special Steel Plant with compact process of EAF - LF refining - CC - Rolling. This paper comprehensively discusses the reformation reasons for zonal structure and its effects on steel mechanical property, puts forward corresponding process prevention measures referential for practical production.

**Key Words:**zonal structure, mechanical property, cool bending fracture

2003年5月,特殊钢厂采用50吨电炉冶炼—LF炉精炼—2#合金钢连铸机(300mm×260mm)—大型车间半连轧轧机成材的短流程工艺,生产了Φ98mm、Φ100mm两种大规格的M20Mn锚链钢。经检验,钢材外形尺寸、化学成分、低倍组织、强度和塑性指标都较好地满足了莱钢企业内控标准要求。但冷弯试验时约80%左右炉次冷弯试样出现裂纹或直接断裂,冷弯合格率仅有10%左右。

针对这种现象,有关技术人员进行了全面分析,排除了夹杂物引起冷弯断裂的可能性,对冷弯试样进行高倍检验时发现钢材中存在着严重的带状组织是引起冷弯不合的重要原因。本文对锚链钢中带状组织的形成原因进行详细分析,并提出了相应的工艺预防措施。

## 1 带状组织金相照片

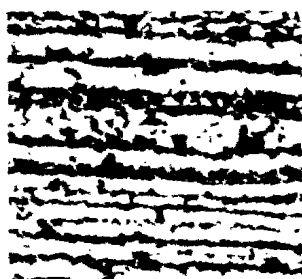


图1 M20Mn 带状组织照片×100

M20Mn 金相组织照片表明,基体组织是 P + F,

属于正常范围,但是珠光体和铁素体分层分布,黑白不均匀交替,呈严重的带状。从整个视场中可以看到,从表层处到心部组织全部呈带状。按 GB/T13299-1991 标准评为 B5.0 级,属于带状最严重的级别。

为了进一步探明钢中带状组织的形成原因,对带状组织试样作正火实验,正火工艺为:加热温度 910℃,保温时间:30min。试样经过正火处理后,明显的带状组织得到消除,基体组织为正常的均匀分布的 P + F,晶粒度级别为 6.5 ~ 7.0 级。

分析这种现象,M20Mn 钢中带状组织的形成除了与连铸坯上原始枝晶偏析有关,还与轧前加热和轧后冷却过程固态相变有很大关系。

## 2 带状组织不利影响

### 2.1 横向冲击性能下降

带状组织的存在会使钢材机械性能呈现各向异性,横向性能明显下降。统计 M20Mn 钢材冲击性能检验结果:正常组织 Akv 平均冲击值 84J,异常带状组织 Akv 平均冲击值 68J,虽然二者均能够满足标准要求(≥27J),但是可以明显看出,带状组织会引起钢材横向冲击性能的大幅下降。

### 2.2 冷弯性能不合

钢材中出现异常的不均匀带状组织,带状组织中珠光体和铁素体强度不同,塑韧性不同,冷弯变形时易引起应力集中萌生裂纹源。有关资料表明,当



带状组织(里时  $\geq 3.0$  级), 会造成试样在冷弯处的开裂。

### 3 带状组织形成原因

3.1 连铸坯的枝晶偏析是带状组织形成的根本原因。生产大规格锚链钢所用连铸坯断面较大, 为  $300\text{mm} \times 260\text{mm}$ , 具有凝固冷却时容易产生偏析的特点。象 M20Mn 这类低碳锰钢中 S、P 含量较低, 带状组织的出现主要是由于锰的树枝偏析及其与碳的相互作用, 其严重程度随碳锰含量增加而增加。

连铸坯加热奥氏体化时, 碳的扩散速度比锰的扩散速度快得多, 碳很容易均匀化, 但 Mn 与 Si、Cr 等其它元素是不易均匀化的, 因此一定程度上仍保留着枝晶偏析引起的带状。M20Mn 树枝状结晶规律表明, 枝间部分杂质元素较多, 枝干部分恰恰相反, 纯度较高。即枝间富锰且碳含量高, 而枝干贫锰且碳含量低。因为 Mn 是降低  $A_{r3}$  点的元素, 冷却时在原来碳浓度较低贫锰的枝干部位铁素体先析出, 而这里的碳被抛掷于其周围的尚未转变的奥氏体中, 最后这些枝间部分转变为碳浓度较高的珠光体, 从而形成了带状组织。

虽然连铸坯中会不同程度地存在原始带状, 但是将枝晶偏析尽量减轻, 会给后部轧制工序减轻一定“负担”。

3.2 轧前加热制度不完善, 未能减轻或消除带状组织, 使原始带状保留至成品钢材中。由于炼钢、轧钢工序生产节奏匹配不好, 热装热送工序管理不严格, 造成热坯和冷坯混装, 并且采用同一种加热工艺等不良现象, 造成连铸坯在  $\gamma$  奥氏体区高温停留时, 碳和其它合金元素不能充分均匀扩散固溶, 加热效果不理想。

3.3 轧后冷却制度不当, 由于生产节奏较快, 轧材在冷床上停留时间短, 基本上采用堆垛缓冷的形式, 使轧材在  $A_{r1} \sim A_{r3}$  相变温度区间长时间停留, 碳元素在原始带状基础上长距离扩散, 破坏了碳的均匀化程度, 促进了带状的形成。

### 4 工艺预防措施

4.1 保证钢水成分均匀的同时, C、Mn 按照成

分要求中下限控制, 同时注意升高和降低  $A_{r3}$  点元素 Si - Mn、S - Mn 的合理搭配, 减少合金元素对相变点的影响, 使连铸坯枝干和枝间  $A_3$  温差小, 有利于避免原始带状的产生。

4.2 连铸时采用低过热度浇注, 使用电磁搅拌, 尽量扩大等轴晶区, 抑制柱状晶的发展; 优化二冷区水量分布, 实现动态控制, 使铸坯表面温度分布均匀, 减少连铸坯凝固时的枝晶偏析程度。

4.3 进一步完善加热制度, 分别制定热装、冷装、混装不同条件下的加热制度, 明确规定三段加热温度、加热时间和加热速度等参数, 保证连铸坯加热均匀。制定加热工艺时, 考虑适当提高加热温度, 加热温度稍高一些, 有助于增大奥氏体晶粒尺寸, 使其超过原始带状组织的条带宽度, 有利于减轻轧材中带状组织。

4.4 提高轧后钢材的冷却速度, 缩短碳元素的扩散时间和扩散距离, 抑制带状组织的形成。M20Mn 圆钢于单相  $\gamma$  奥氏体区终轧时, 不能急于下冷床堆垛缓冷, 应使热轧钢材在空气中冷却充分(正火), 可以考虑采用在冷床上安装风机等办法。

### 5 结论

5.1 M20Mn 锚链钢中存在严重的带状组织是造成冷弯性能不合的重要原因。

5.2 M20Mn 锚链钢带状组织的形成主要是钢中锰的树枝偏析及其与碳的相互作用的结果, 并且与轧前加热和轧后冷却工艺控制有直接联系。

5.3 生产实践中, 可以通过采取均匀化学成分、减少合金元素偏析程度、适当提高加热温度、增大轧后冷却速度等措施减轻或消除带状组织, 进一步改善钢材性能。

### 参考文献

- 1 项程云. 合金结构钢. 北京: 冶金工业出版社, 1999
- 2 宋维锡等. 金属学. 北京: 冶金工业出版社, 1988
- 3 崔忠圻. 金属学与热处理. 北京: 机械工业出版社, 1988

审稿人: 董 杰