

## 16MnR容器钢板带状组织的研究

张爱民, 陈 晔, 苗 钊

(济南钢铁集团总公司技术中心, 山东 济南 250101)

**摘要:** 对济钢生产的16MnR系列钢板的金相组织进行了分析研究。评定了铁素体-珠光体带状组织的级别, 测定了其成分及铁素体-珠光体带间距, 分析了带状组织形成的原因, 指出微合金化和控轧控冷是消除带状组织的有效措施。

**关键词:** 容器钢板; 带状组织; 微合金化; 控轧控冷

中图分类号: T G142.1+1 文献标识码: B 文章编号: 1004-4620(2002)05-0038-02

## Study on Banded Structure in 16MnR Vessel Plate

ZHANG Ai-min, CHEN Ye, MIAO Zhao

(The Technology Center of Jinan Iron and Steel Group, Jinan 250101, China)

**Abstract:** The microstructures of 16MnR plates produced by Jigang are analyzed, the levels of Ferrite-Pearlite (F-P) banded structure are assessed, the compositions of the banded structure and the F-P spacing are determined, and the reasons of forming banded structure are analyzed. The results show that microalloying and controlled rolling and controlled cooling are effective measures of eliminating banded structure.

**Key words:** vessel plate; banded structure; microalloying; controlled rolling and controlled cooling

16MnR属于低合金容器钢板, 在热轧过程中容易出现铁素体-珠光体带状组织。带状组织的出现往往会引起层状撕裂, 使金属材料的机械性能产生方向性, 特别是引起钢板厚度方向(Z向)力学性能的降低。绝大多数钢板要求限制带状组织的发展, 而某些少数用途的钢板则允许有一定程度的带状组织。因此, 研究分析带状组织的形成机理, 寻求降低和控制带状组织的措施, 具有重要的指导意义和实际意义。

## 1 化学成分

济南钢铁集团总公司(简称济钢)生产的16MnR系列容器钢板, 根据锰和钒的含量不同, 划分为16MnR1、16MnR2和16MnR3三个系列, 如表1所示。在冶炼过程中, 不同的系列采取不同的合金化工艺。

表1 16MnR系列容器钢板化学成分 %

规格	C	Mn	Si	P≤	S≤	V
16MnR1	0.11~0.17	1.20~1.62	0.19~0.52	0.030	0.020	0.01~0.03
16MnR2	0.11~0.17	1.32~1.62	0.19~0.52	0.030	0.020	0.01~0.03
16MnR3	0.11~0.17	1.41~1.62	0.19~0.52	0.030	0.020	0.02~0.04

## 2 检测结果

### 2.1 带状组织的级别

依据GB/T13299-91《钢的显微组织评定》，利用XL-05大型金相显微镜，在放大100倍条件下，测定带状组织的级别，结果见表2。尽管不同规格钢板的带状组织级别相差较大，但是其晶粒度级别范围均在8.0~9.0之间。

表2 16MnR容器钢板的带状组织级别

钢板规格/mm	10	12	14	16
带状组织级别	2.17	2.50	3.33	2.80

### 2.2 带状组织的成分

利用PHILIPS扫描电镜能谱仪对带状组织中铁素体和珠光体带的微区域成分进行测量，金相组织如图1所示，微观成分见表3。

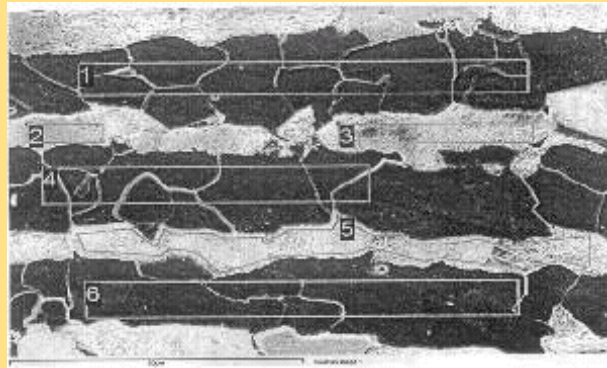


图1 16MnR容器钢板的带状组织

表3 16MnR容器钢板的带状组织微区成分 %

微区域号	C	Si	Mn	Fe
1	0.05	0.47	1.45	98.03
2	0.48	0.49	1.93	97.10
3	0.74	0.51	2.02	96.73
4	0.03	0.39	1.60	97.98
5	0.68	0.33	1.98	97.01
6	0.04	0.42	1.69	97.84

### 2.3 带间距

在金相显微镜下测定不同规格的带状组织的带间距。结果如表4所示。

表4 16MnR容器钢板带状组织的带间距

规格/mm	铁素体带宽/ $\mu\text{m}$	铁素体最小带间距/ $\mu\text{m}$
10	13~22	21
12	12~22	22
14	14~23	24
16	16~30	26

### 3 分析讨论

#### 3.1 带状组织的形成机理

16MnR为亚共析钢,在奥氏体状态冷却时,发生奥氏体到铁素体+珠光体的转变。如果在冷却过程中,钢板的内部各个部分同时开始形成先共析铁素体,就不会产生带状组织,也就是说各个区域的 $Ar_3$ 点温度相同时就不会形成带状组织。但钢水实际冷却过程中,结晶时往往形成枝晶偏析,在连铸坯的截面部分,由于枝间部分与枝干部分各个元素的含量不同,两者之间的 $Ar_3$ 点的温度也就不同。这就导致轧制过程中先共析铁素体析出的不同时性,即 $Ar_3$ 点温度较高的偏析带内优先形成先共析铁素体,而 $Ar_3$ 点温度较低的偏析带内后转变,由于富碳而形成珠光体。这样,就形成了铁素体—珠光体带状组织。

由图1可见,热轧16MnR容器钢板的带状组织内部Mn含量较高,平均高于钢板化学成分0.5%,可见,Mn的枝晶偏析引起了带状组织的偏析。这是因为Mn可降低钢 $Ar_3$ 的温度,而Si则使之升高。在连铸坯加热过程中,由于碳的扩散速度快,奥氏体化时碳能优先达到相对均匀,但是Mn、Si等元素是不容易均匀化的,并且在一定程度上仍保持着枝晶偏析引起的带状偏析。钢在轧制冷却时,伴随先共析铁素体的析出,碳将不断向 $Ar_3$ 温度低的条带扩散,并在其中富集,最后在到达共析温度时,转变为珠光体。因此,带状组织就是这些元素引起的各带内 $Ar_3$ 点温度不同导致的。只要各个偏析带存在化学成分不均匀性引起的 $Ar_3$ 点温度的差异,就具备形成带状组织的先决条件,但带状组织并不一定出现,这还取决于轧制条件和冷却制度。

#### 3.2 消除带状组织的措施

3.2.1 微合金化 钒为强碳化物、氮化物形成元素。加入0.02%的钒,可增强固溶强化,细化奥氏体晶粒,并可减少夹杂物数量或改善其分布形态,改善钢板的强韧性及带状组织的影响。

3.2.2 控轧控冷 16MnR容器钢板的带状组织级别与轧制工艺有着密切关系。为了得到高的强度与韧性,轧制过程必须保证得到等轴的均匀晶粒。要在轧制过程中,使晶粒细化和均匀化,必须在奥氏体再结晶温度区间进行多道次轧制,使钢进行充分再结晶,得到细小的奥氏体组织。板坯在加热炉内的加热时间一般为2.5~3.5h,出炉温度为1130~1180 $^{\circ}\text{C}$ ,上下表温差不大于50 $^{\circ}\text{C}$ 。三辊轧制温度不小于1080~1180 $^{\circ}\text{C}$ 。在四辊轧制过程中,钢板厚度不小于18mm时,倒数第三道温度控制在890~910 $^{\circ}\text{C}$ ,终轧温度控制在850~890 $^{\circ}\text{C}$ ;钢板厚度不小于10mm时,倒数第三道温度控制在920~940 $^{\circ}\text{C}$ ,终轧温度控制在890~930 $^{\circ}\text{C}$ 。

试验证明控轧后钢板基本上是块状的铁素体与条带状的珠光体,带状组织为2级(如图2)。经控轧控冷喷水冷却的钢板,组织是铁素体和弥散分布的细小珠光体,铁素体晶粒比不喷水冷却的细化1~2级,越接近钢板表面的金相组织越细,珠光体也越弥散,而且带状组织基本上被消除,如图3所示。

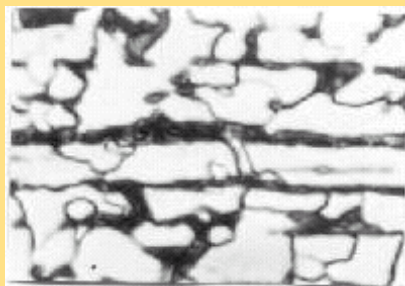


图2 16MnR经控轧后的金相组织 400 $\times$



图3 16MnR经控轧控冷后的金相组织 400 $\times$

## 4 结 语

- 4.1 济钢生产的16MnR系列容器钢板带状组织级别在2.0级以上。
  - 4.2 各个偏析带内存在有化学成分的不均匀性，同时引起 $Ar_3$ 点温度的差异，是形成带状组织的先决条件。
  - 4.3 热轧后采取快速冷却工艺，可以减轻甚至消除带状组织。
- 

[返回上页](#)