

Mn 对中碳钢连铸坯高温物理性能的影响

刘平 姜丽 李峰

(包钢(集团)公司技术中心, 包头 014010)

摘要 120 t 转炉-LF-VD-连铸工艺生产 37Mn5 钢的 280 mm × 380 mm 连铸坯易出现纵向裂纹。用 Gleeble 1500D 热模拟试验机试验和分析了在 1 300 ~ 800 °C 时 37Mn5 钢(% : 0.34 ~ 0.38C, 1.30 ~ 1.55Mn) 和 45 钢(% : 0.42 ~ 0.50C, 0.50 ~ 0.80Mn) 280 mm × 380 mm 连铸坯的热塑性和力学性能, 以及室温和 1 300 °C 之间加热和冷却时的膨胀-收缩效应。与 45 钢比较, 得出 ≤ 950 °C 时 37Mn5 钢连铸坯的热塑性较低, 在相变范围的体积变化较 45 钢铸坯大, 导致 37Mn5 钢铸坯出现纵向裂纹。因此应降低 37Mn5 钢铸坯在 540 ~ 870 °C 范围内的加热和冷却速度, 以避免产生纵向裂纹。

关键词 Mn 中碳钢 连铸坯 高温性能 纵向裂纹

Effect of Mn on Physical Properties of Concasting Bloom of Medium Carbon Steel at High Temperature

Liu Ping, Jiang Li and Li Feng

(Technology Center, Baotou Iron and Steel (Group) Corp, Baotou 014010)

Abstract The longitudinal crack of 37Mn5 steel 280 mm × 380 mm concasting bloom produced by 120 t converter-LF-VD-bloom caster process often occurs in production. The hot plasticity and mechanical properties of 280 mm × 380 mm concasting bloom of 37Mn5 steel (% : 0.34 ~ 0.38C, 1.30 ~ 1.55Mn) and 0.45C steel (% : 0.42 ~ 0.50C, 0.50 ~ 0.80Mn) at 1 300 ~ 800 °C and their dilatometric-shrinking effect during heating and cooling between ambient and 1 300 °C have been tested and analyzed by using Gleeble 1500D thermal simulation machine. It is obtained that as compared with 0.45C steel bloom, at ≤ 950 °C the hot plasticity of 37Mn5 steel bloom is lower and the change of volume at phase transformation range is larger than that of 0.45C steel bloom led to occurrence of longitudinal crack. Therefore heating and cooling speed of 37Mn5 steel bloom between 870 °C and 540 °C should be slowed down to avoid occurrence of longitudinal crack.

Material Index Mn, Medium Carbon Steel, Concasting Bloom, High Temperature Properties, Longitudinal Crack

在连铸生产中, 中碳含锰钢的裂纹敏感性较强, 典型钢种为 37Mn5, 其裂纹敏感性大于 45 钢。表 1 为 37Mn5、45 钢的主要成分。由表 1 可见, 与 45 钢相比, 37Mn5 钢的 [C] 减少 0.09%, [Mn] 增加 0.77%, 碳当量(CE)增加 0.04。

表 1 37Mn5、45 钢的化学成分

Table 1 Chemical composition of 37Mn5 steel and 0.45C steel

钢种	成分/%			CE
	C	Si	Mn	
37Mn5	0.34 ~ 0.38	0.17 ~ 0.35	1.30 ~ 1.55	0.60
45	0.42 ~ 0.50	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	0.56

采用“120 t 转炉-LF-VD-方坯连铸机”生产的 280 mm × 380 mm 规格 37Mn5 连铸坯, 易出现纵向裂纹。裂纹一般发生在铸坯的中部区域, 长短不等, 开口度在 1 ~ 3 mm, 最大深度可达中心。金相检查, 裂纹为沿晶断口, 枝晶较发达, 无脱碳层。

裂纹无脱碳层说明并非产生于结晶器和二冷区

高温段。沿晶断口说明晶界结合力较弱, 塑性较低。

1 中碳连铸坯的高温力学性能

1.1 试验方法

高温塑性测试在 Gleeble 1500D 试验机上进行, 测试在真空条件下进行。测试温度在 800 ~ 1 300 °C, 测试条件为试样以 10 °C/s 升温到 1 300 °C, 保温时间 2 min, 并以 3 °C/s 的温降速度降到目标温度, 试样加载速度为 $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 。

试样取自 280 mm × 380 mm 连铸坯, 沿纵向在距离表面 20 ~ 40 mm 区域。

1.2 37Mn5 与 45 钢的高温断面收缩率

按照常规连铸理论, 连铸坯在高温区有 3 个断面收缩率低谷段。即 1 300 °C 到固相线温度范围内的高温脆化区, 900 ~ 1 200 °C 脆化区, 700 ~ 900 °C 脆化区^[1]。

图 1 为 37Mn5 与 45 钢连铸坯的高温断面收缩率比较。可见, 在 800 ~ 1 300 °C, 37Mn5 与 45 钢存在第 1 和第 3 塑性低谷段, 未见第 2 塑性低谷段。

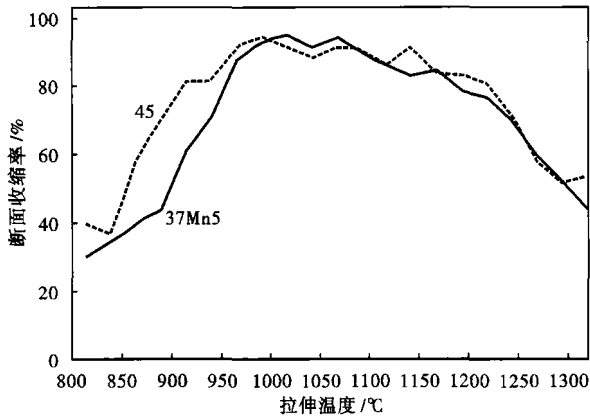


图1 37Mn5、45 钢的高温断面收缩率

Fig. 1 Reduction of area of 37Mn5 steel and 0.45C steel at high temperature

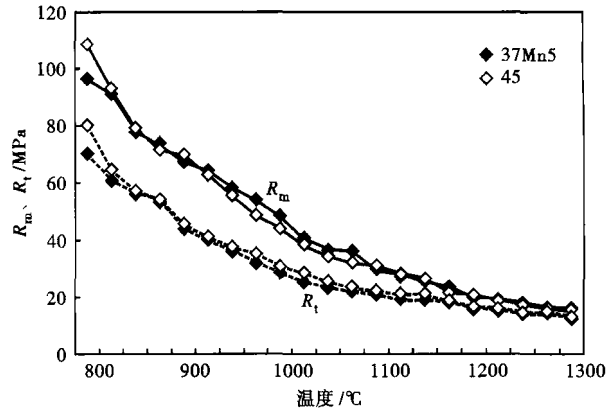


图2 37Mn5、45 钢的高温拉伸和屈服强度

Fig. 2 Tensile and yield strength of 37Mn5 steel and 0.45C steel at high temperature

在1 000 ~ 1 100 °C 钢的塑性最好达 90% 以上;从 1 100 ~ 1 300 °C, 二者塑性的下降趋势一致, 在 1 250 °C 以上, 断面收缩率下降到 60% 以下。在 1 000 ~ 800 °C, 二者塑性的下降趋势不一致, 37Mn5 钢的下降斜率较陡, 在 900 °C 以下断面收缩率下降到 60% 以下; 45 钢在 850 °C 以下断面收缩率下降到 60% 以下, 且在 825 °C 到 800 °C 时断面收缩率又开始上升。在 800 °C 时, 二者的断面收缩率分别为 29.6%、38.9%。

1.3 37Mn5 与 45 钢的高温力学性能

在高温拉伸变形过程中, 分别对 37Mn5、45 钢的屈服强度 (R_t) 和抗拉强度 (R_m) 进行了测量, 图 2 为两钢种的屈服强度、抗拉强度随温度变化的曲线。

由图 2 可见, 在 825 ~ 1 300 °C, 两钢种的抗拉强度和屈服强度变化规律一致, 且数值比较接近, 曲线趋于重合。从 825 °C 到 800 °C, 45 钢的强度值超过 37Mn5。

2 37Mn5 与 45 钢随温度的体积变化和相变

2.1 试验方法

将试样加工成规定尺寸的薄型圆片, 在膨胀仪上测定 37Mn5、45 钢的膨胀曲线。其测量范围从常温升高到 1 300 °C, 再从 1 300 °C 降低到常温。

2.2 37Mn5 与 45 钢在升温过程中的体积变化

图 3 为在升温过程中两钢种的膨胀量随温度变化曲线。图 3 可见, 从常温到 1 300 °C, 体积发生 2 次突变, 37Mn5 钢在 540 °C 时膨胀量陡然增大, 从 790 °C 到 870 °C 体积没有变化, 以后又逐渐增大; 45 钢在 500 °C 时膨胀量陡然增大, 从 750 °C 到 830 °C 体积没有变化, 以后又逐渐增大。

图 4 为在降温过程中两钢种的体积收缩量随温度变化曲线。图 4 可见, 从 1 300 °C 到常温, 体积发生 1 次突变, 37Mn5 钢在 620 °C 时体积从收缩变为增大, 在 580 °C 时结束; 45 钢在 700 °C 时体积收缩

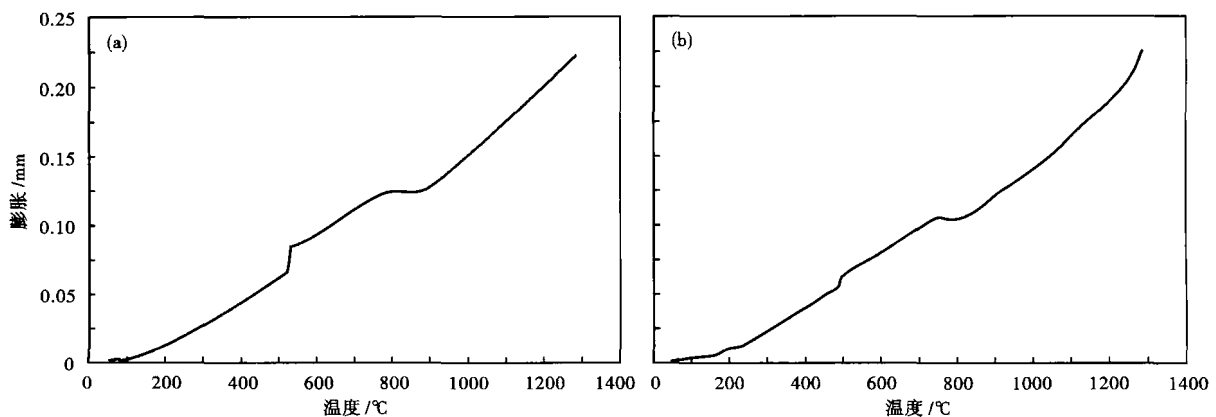


图3 升温过程 37Mn5 钢(a)和 45 钢(b)膨胀量的变化

Fig. 3 Dilatometric change of 37Mn5 steel (a) and 0.45C steel (b) during heating

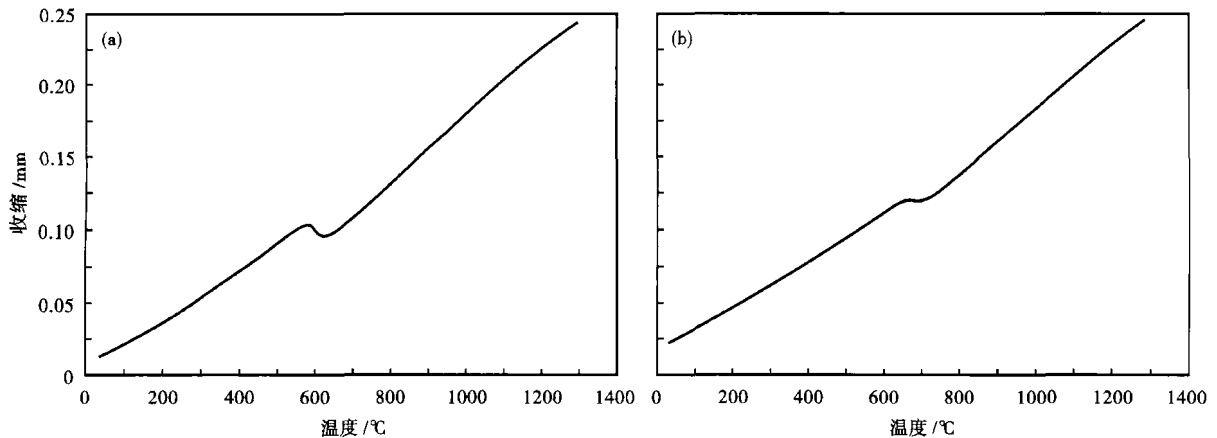


图 4 降温过程 37Mn5 钢(a)和 45 钢(b)收缩量的变化
 Fig.4 Shrink change of 37Mn5 steel (a) and 0.45C steel (b) during cooling

停止,650 °C 时体积又正常下降。

3 分析与讨论

在 1 300 ~ 800 °C, 37Mn5 与 45 钢的高温抗拉强度、屈服强度变化趋势基本一致;二者的高温塑性变化值在 950 °C 以上基本一致,但是从 950 ~ 800 °C, 37Mn5 的塑性下降幅度明显大于 45 钢,如果以 60% 断面收缩率指标为好和差的分界线,那么, 37Mn5 钢在 925 °C 塑性开始变差,45 钢在 875 °C 塑性开始变差。这说明,连铸坯在经过矫直机时, 37Mn5 钢更容易出现内裂纹。

比较 37Mn5 与 45 钢常温加热到 1 300 °C 过程中的相变和体积变化。可见,37Mn5 在 540 °C 时有明显的体积增大过程,高于 45 钢在 500 °C 时的体积增大幅度;37Mn5 钢在 790 ~ 870 °C 体积变化停止,45 钢在 750 ~ 830 °C 体积变化停止。这说明,37Mn5 钢连铸坯在加热过程中从 540 ~ 870 °C 要缓慢加热,45 钢连铸坯在加热过程中从 500 ~ 830 °C 要缓慢加热,并且 37Mn5 钢在中温段更容易出现裂纹。

比较 37Mn5 与 45 钢从 1 300 °C 冷却到常温过程中的相变和体积变化,可见 37Mn5 钢在 640 °C 时有明显的体积增大过程,而 45 钢在 700 °C 时体积收缩停止。这说明,37Mn5 钢连铸坯在中温(600 °C 左右)冷却过程中更容易出现裂纹,因此,连铸坯要进

行保温缓冷。

根据铁碳相图,37Mn5 与 45 钢为亚共析钢,组织转变温度区间在 $A_1 \sim A_3$ 线,由于加热和冷却速度不同,存在过热临界温度和过冷临界温度,因此这两个钢种的升降温过程膨胀曲线出现不同的拐点。

文献[2]显示,含 Mn 钢在生产中连铸坯在 500 ~ 700 °C 常出现激冷裂纹和凤季裂纹。这是由钢种本身特性造成的。

4 结论

与 45 钢相比,37Mn5 钢连铸坯在加热和冷却过程中更容易产生裂纹。37Mn5 钢连铸坯从 540 ~ 870 °C 要缓慢加热,在 600 °C 左右要保温冷却;45 钢连铸坯从 500 ~ 830 °C 要缓慢加热,在 600 ~ 700 °C 要缓慢冷却。

参考文献

- 1 史震兴. 实用连铸冶金技术. 北京:冶金工业出版社,2003
- 2 赵世忠. 天津钢管公司连铸圆坯表面裂纹特征和预防措施. 特殊钢,2004,25(1):56

刘 平(1964-),男,硕士,正高级工程师,1987 年包头钢铁学院毕业,炼钢连铸技术研究。

收稿日期:2011-02-20

欢迎订阅 2012 年《特殊钢》杂志

邮发代号:38-183

定价:16.00 元/期 96.00 元/年

全国各地邮局订阅