

非调质易切削钢 38MnVS 连铸坯的高温延塑性

赵艳宇¹ 李国忠^{1,2} 王福明¹

(1 北京科技大学冶金与生态工程学院,北京 100083; 2 兴澄特钢公司,江阴 214429)

摘要 应用 Gleeble 1500D 热模拟试验机,研究了非调质易切削钢 38MnVS (% : 0.42C、1.29Mn、0.09V、0.067S) 370 mm × 490 mm 连铸坯的高温延塑性及变形断裂机理。结果表明:38MnVS 钢的零强度温度(ZST)为 1 370 °C 和零塑性温度(ZDT)为 1 335 °C; 38MnVS 钢在熔点(T_s)到 600 °C 的温度区间内存在 2 个脆性区,第 I 脆性温度区为 $T_s \sim 1 250$ °C,第 III 脆性温度区为 875 ~ 600 °C,因此,该钢连铸坯的矫直温度应在 875 °C 以上。

关键词 非调质钢 38MnVS 连铸坯 高温延塑性

Elevated Temperature Ductility of Cast Bloom of Non-Quenched and Tempered Free Cutting Steel 38MnVS

Zhao Yanyu¹, Li Guozhong^{1,2}, Wang Fuming¹

(1 School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083; 2 Xingcheng Special Steel Co., Jiangyin 214429)

Abstract Elevated temperature ductility and deformed fracture mechanism of 370 mm × 490 mm cast bloom of non-quenched and tempered free cutting steel 38MnVS (% : 0.42C, 1.29Mn, 0.09V, 0.067S) have been studied by Gleeble 1500D thermal simulator. Results showed that the Zero Strength Temperature (ZST) and Zero Ductility Temperature (ZDT) of steel 38MnVS were respectively 1 370 °C and 1 335 °C; there were two brittle zones for steel 38MnVS in temperature range from melting point T_s to 600 °C i. e. brittle zone I - $T_s \sim 1 250$ °C and brittle zone III 875 ~ 600 °C, therefore the straightening temperature of cast bloom of the steel should be more than 875 °C.

Material Index Non-Quenched and Tempered Steel 38MnVS, Cast Bloom, Elevated Temperature Ductility

易切削钢的浇铸目前大多数采用连铸的方法,但在实际连铸过程中经常出现诸如表面裂纹或角横裂等问题^[1]。而连铸坯的表面及内部裂纹缺陷与钢的高温延塑性有密切的关系,只有充分认识钢的高温力学性能,才能在设备设计及工艺操作上采用正确的方法以减轻和防止裂纹的产生^[2]。通过在 Gleeble-1500D 热模拟试验机上对中硫易切削 38MnVS 钢的高温延塑性进行了测试,并通过试样断口和组织变化等情况分析了所测钢的高温脆性行为。

1 实验材料与方法

本试验所用试样取自兴澄特钢生产的 38MnVS 钢(表 1) 370 mm × 490 mm 连铸方坯,横截面的 1/4 处,试样的长度方向与铸坯的长度方向垂直,试样尺寸 $\Phi 10$ mm × 120 mm。

将试样在恒定拉杆速率(15 mm/s,即应变速率为 4×10^{-4} /s)下,加热到 1 315、1 325、1 335、1 345、

1 355 °C,将其拉断,试样断面收缩率为 0 的温度就是零塑性温度(ZDT)。将试样在一个很微小的拉力作用下升温,试样被拉断时的温度就是零强度温度(ZST)。

力学性能测试在 Gleeble-1500D 试验机上进行,测试时试样处于真空状态,试样的有效加热长度为 20 mm,以 10 °C/s 的速率升温到 1 300 °C 保持 5 min,然后以 3 °C/s 的速率降温(或升温)至变形温度,保温 2 min 后以 1×10^{-3} /s 的应变速率对试样进行拉伸,试样拉断后立即对拉断部位大量喷水冷却。

2 实验结果与讨论

2.1 零强度温度(ZST)与零塑性温度(ZDT)检测

测定 ZST 为 1 370 °C, ZDT 为 1 335 °C。在 ZST 至 ZDT 钢具有一定强度,但无抵抗塑性形变的能力,是裂纹敏感区。

2.2 高温力学性能的特征曲线

实验钢在应变速率为 1×10^{-3} /s 的条件下试样的抗拉强度(R_m)和断面收缩率(Z)与温度的关系如图 1 所示。由图 1 可见,随着温度的上升,铸坯所能承受的拉伸力逐渐减小, R_m 表现出减弱的趋势。

表 1 38MnVS 钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of steel 38MnVS / %

C	Si	Mn	P	S	T[O]	T[N]	[Al] _s	Ti	V
0.42	0.25	1.29	0.026	0.067	0.0011	0.012	0.018	0.02	0.09

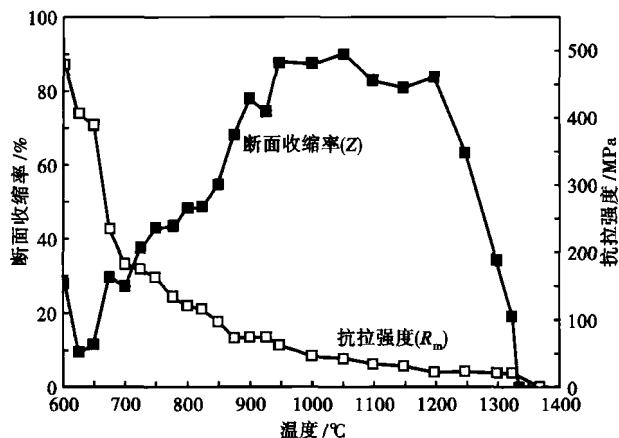


图1 温度对 38MnVS 钢断面收缩率及抗拉强度的影响
Fig.1 Effect of temperature on reduction of area and tensile strength of steel 38MnVS

在 1350 °C 附近, 试样的 Z 值很低, 随温度的降低, Z 值上升很快, 在 1200 ~ 900 °C 实验钢具有很好的塑性, Z 值均在 80% 以上。温度降至 900 °C 后, Z 值开始急剧降低, 625 °C 时 Z 值降到最低点(9.18%), 其后随温度的降低 Z 值又回升。

从钢的熔点 T_s 到 600 °C 的温度区间存在 3 个

脆性区, 其中第 II 脆性温度区只在应变速率大于 $10^{-2}/s$ 时出现^[3]。本次实验采用低应变速率条件(应变速率为 $1 \times 10^{-3}/s$), 所以没有出现第 II 脆性温度区。根据半熔化后凝固钢的研究结果^[4], 将 Z 值高于 60% 定义为高塑性, 低于 60% 定义为低塑性, 则 38MnVS 钢的第 I 脆性温度区为 $T_s \sim 1250$ °C, 第 III 脆性温度区为 875 ~ 600 °C。由于此钢中含有较多的 S 元素使其塑性温度区很窄。

2.3 不同脆性温度区间的断口分析

2.3.1 第 I 脆性温度区

在 $T_s \sim 1250$ °C 温度区间内, 所有试样均是沿晶脆性断裂, 如图 2(a) 所示, 可观察到沿晶断裂的晶粒面非常光滑, 这是由于晶界在高温下几乎全部熔化所导致的特征; 也可观察到局部晶界过烧而导致的“深壑”。

2.3.2 第 III 脆性温度区

所有试样在第 III 脆性区间(875 ~ 600 °C) 均呈沿晶断裂形貌, Z 值均小于 60%。当变形温度处于 $\gamma + \alpha$ 两相区时, 在奥氏体晶界上形成了铁素体网膜, 对应的在沿晶断裂面上可观察到大量深浅不一

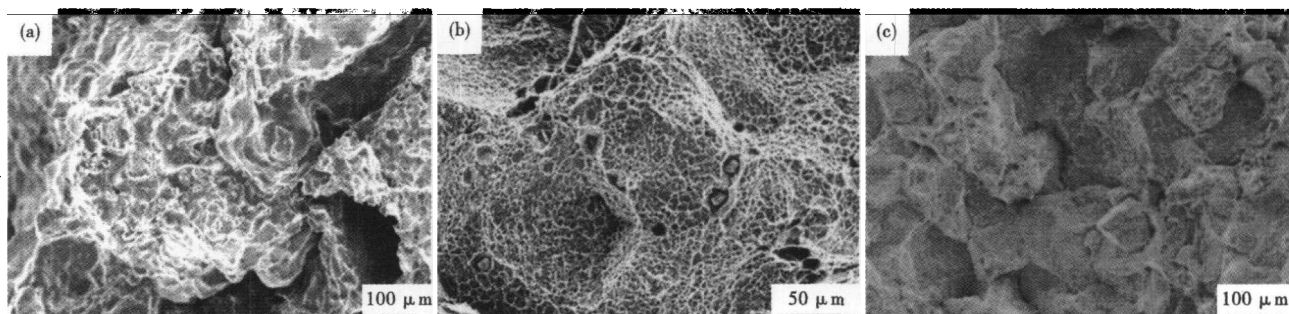


图2 38MnVS 钢铸坯拉伸试样断口形貌: (a) I 脆性区, 1300 °C; (b) III 脆性区, 625 °C; (c) III 脆性区, 700 °C
Fig.2 Fracture morphology of tensile specimen of steel 38MnVS cast bloom: (a) at 1300 °C in brittle zone I; (b) at 625 °C in brittle zone III; (c) at 700 °C in brittle zone III

的韧窝状形貌, 如图 2(b) 所示。

当温度升高至奥氏体温度区时, 裂纹在垂直于拉伸方向的奥氏体晶界处萌发, 并在应力作用下扩展至沿晶断裂, 沿晶断裂面上的韧窝几乎消失, 趋于光滑、平坦, 如图 2(c) 所示。

3 结论

非调质易切削钢 38MnVS 的 ZST 为 1370 °C, ZDT 为 1335 °C; 在应变速率为 $1 \times 10^{-3}/s$ 下, 38MnVS 钢的第 I 脆性温度区为熔点 $T_s \sim 1250$ °C, 第 III 脆性温度区为 875 ~ 600 °C; 38MnVS 钢连铸时, 采用弱冷、高温矫直工艺, 以避免在低脆性温度区间矫直, 降低矫直时的裂纹倾向。

参考文献

- 1 王小红, 谢兵, 冯仲渝. 国内外易切削钢的现状和研究进展. 特殊钢, 2005, 26(4): 26
- 2 吴冬梅, 王新华, 刘新宇, 等. 中碳铝硅镇定钢连铸坯的高温延塑性. 北京科技大学学报, 1996, 18(4): 325
- 3 Suzuki H G, Nishimura S, Yamaguchi S. Physical Simulation of the Continuous Casting of Steel. Physical Simulation of Welding, Hot Forming and Continuous Casting, 1988: 1
- 4 Suzuki H G, Satoshi Nishimura, Shigchiro Yamaguchi. Characteristics of Embrittlement in Steels Above 600 °C. TETSU-TO-HAGANE, 1979, 65: 2038

赵艳宇(1983-), 男, 研究生, 特殊钢品种开发。

收稿日期: 2009-01-04