

Nb-Ti 微合金化船板钢 CCSD36 连铸板坯的高温力学性能

赵俊花 朱立光 孙 亮
(河北理工大学冶金与能源学院,唐山 063009)

摘要 用 Gleeble-1500 热模拟试验机测试了 CCSD36 钢(% :0.14C、1.31Mn、0.02Nb、0.02Ti)250 mm × 2 100 mm 铸坯 600 ~ 1 350 °C 的强度(R_m)和断面收缩率(Z),并分析了 600 ~ 1 150 °C 拉伸试样断口的显微组织。得出该钢在 1 300 ~ 900 °C Z 值 $\geq 80\%$,具有高的延塑性;850 ~ 720 °C Z 值降至 52% ~ 55% (Ⅲ脆性区),因此 CCSD36 钢铸坯的矫直温度应 ≥ 900 °C。

关键词 船板钢 CCSD36 连铸板坯 矫直温度

Mechanical Properties of Cast Slab of Nb-Ti Microalloy Steel CCSD36 for Ship Plate at Elevated Temperature

Zhao Junhua, Zhu Liguang and Sun Liang
(College of Metallurgy and Energy Source, Hebei Polytechnic University, Tangshan 063009)

Abstract The tensile strength (R_m) and reduction of area (Z) of 250 mm × 2 100 mm cast slab of steel CCSD36 (% :0.14C, 1.31Mn, 0.02Nb, 0.02Ti) at 600 ~ 1 350 °C has been measured by using Gleeble-1500 thermal simulation testing machine and the structure of fracture of tensile specimen tested at 600 ~ 1 150 °C was analyzed. It was obtained that the steel had high plasticity at 1 300 ~ 900 °C, of which the Z value at this temperature range was $\geq 80\%$, and the Z value of steel decreased to 52% ~ 55% at 850 ~ 720 °C (Ⅲ brittle zone), therefore the strengthening temperature of cast slab of steel CCSD36 should be ≥ 900 °C.

Material Index Ship Plate Steel CCSD36, Cast Slab, Strengthening Temperature

1 试验方法

试验选用的钢种取自唐山中厚板公司生产的船板钢(CCSD36,表1),铸坯为 250 mm × 2 100 mm。

表1 CCSD36 钢的化学成分/%
Table 1 Chemical composition of steel CCSD36 /%

C	Si	Mn	S	P	Nb	Ti	Als
0.14	0.30	1.31	0.004	0.011	0.02	0.02	0.029

用 Gleeble-1500 试验机将试样按 10 °C/s 加热至 1 300 °C (1 350 °C),保温 60 s,降至试验温度的冷却速度为 3 °C/s,拉伸前在试验温度下保持 1 min。试件均温区的长度取 10 mm,根据连铸生产实际,热塑性试验选取的应变速率为 10^{-3} /s。

2 试验结果及分析

2.1 高温力学性能

钢从熔点到 600 °C 存在熔点 ~ 1 200 °C 的第 I 脆性温度区,1 200 ~ 900 °C 的第 II 脆性温度区和 900 ~ 700 °C 的第 III 脆性温度区,其中第 II 脆性温度

区只在 $\dot{\epsilon} > 10^{-2}$ /s 时才出现^[1]。在本试验 $\dot{\epsilon} = 1 \times 10^{-3}$ /s 的情况下,没有出现第 II 脆性区(图 1a)。

由图 1(a)可见,CCSD36 钢的零塑性温度在 1 370 °C 左右。随着温度的降低,试样的断面收缩率迅速上升。在 1 350 °C 时,横纵试样的断面收缩率(Z)为 40.6% 和 42.3%,1 250 °C 时横纵试样的 Z 值快速提高到 87.12% 和 83.38%。在 1 250 ~ 900 °C, Z 值都在 80% 以上。在 900 ~ 750 °C,试样的断面收缩率随温度的降低迅速减少。纵向试样由 80.5% 降到 55.12%,横向试样由 88.74% 降到 52.44%,当温度由 750 °C 降至 700 °C 时, Z 值又有所回升。可见,钢 CCSD36 的第 I 脆性温度区域为凝固温度 ~ 1 350 °C,第 III 脆性区为 850 ~ 720 °C,因形变速率较低,没有出现第 II 脆性区。拉伸试样断口形貌示于图 2。

由图 1(b)可见,CCSD36 钢的零强度温度在 1 400 °C 左右。零强度温度和零塑性温度之间的温度区内,强度和塑性非常小,是一个裂纹敏感区。其产生裂纹的临界强度为 1 ~ 3 N/mm²,临界应变为 0.2% ~ 0.4%。

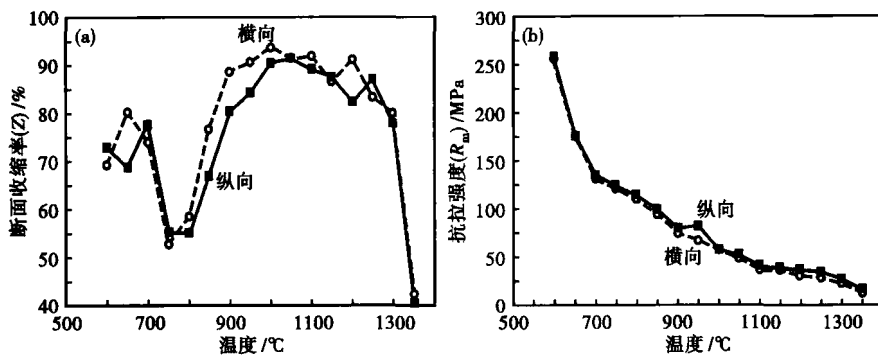


图1 温度对CCSD36钢铸坯断面收缩率(a)和抗拉强度(b)的影响, $\varepsilon-1 \times 10^{-3} \cdot s^{-1}$
Fig. 1 Effect of temperature on reduction of area (a) and tensile strength (b) of cast slab of steel CCSD36, $\varepsilon-1 \times 10^{-3} \cdot s^{-1}$

在1350~800℃,随温度的降低,CCSD36钢强度逐渐提高,当温度低于750℃时,试样的强度迅速上升,600℃时,横纵试样的强度分别达到254 MPa和259 MPa。

2.2 脆化机理分析

2.2.1 第I脆性区

在1200~1500℃,影响第I脆性区的因素主要是杂质元素,随着杂质元素含量的增加,将使ZDT、ZST降低,

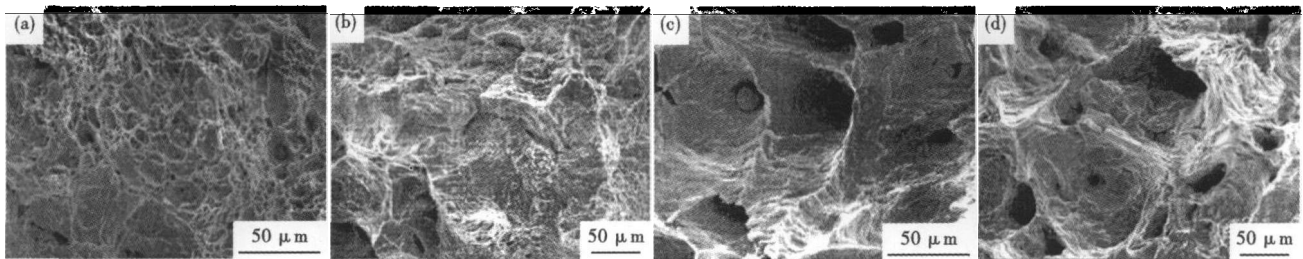


图2 不同温度下CCSD36钢铸坯拉伸试样断口形貌:(a)600℃;(b)800℃;(c)1000℃;(d)1150℃

Fig. 2 Morphology of tensile specimen fracture of steel CCSD36 cast slab at different temperature: (a) 600 °C; (b) 800 °C; (c) 1000 °C; (d) 1150 °C

并且第I脆性区向低温移动。研究表明,在1200~1500℃,当 $Z < 20\%$ 时,试样几乎为沿晶间断裂;当 $Z > 60\%$ 时,均为穿晶断裂。

2.2.2 第III脆性区

III区中钢的脆化与铸坯表面裂纹密切相关,在拉伸应力作用下,在奥氏体晶界上的硫化物、碳化物及氮化物等析出物变成了应力集中源,使孔洞形成、长大并聚集。如果出现晶界滑移,会大大加速孔洞的长大。由于先共析铁素体的拉伸强度只有奥氏体的几分之一,因而加剧了晶界的局部变形。这些都是引起钢的脆化的重要原因。

3 钢的高温力学性能在连铸生产中的应用

如果低合金钢断面收缩率低于40%,铸坯很容易发生表面裂纹^[2]。结合钢的高温特性,对连铸过程的冷却方式进行控制,使连铸坯在矫直和弯曲过程中避开钢的脆性温度区,从而获得良好的铸坯质量^[3]。

对于本试验钢种,由于第III脆性温度区偏向低温侧,且区间相对较窄,所以应该避开低温侧,角部温度要尽量控制在第III脆性温度区间的上限附近,

矫直温度应控制在900℃以上,以保证其内部质量。为此可以采用矫直强冷的冷却工艺,以确保其质量。

4 结论

(1)在1300~900℃温度范围内,CCSD36钢试样具有很高的延塑性,Z值都在80%以上。没有出现第II脆性区,第III脆性区温度范围为850~720℃。

(2)铸坯矫直温度应避开低温脆性区,CCSD36钢的矫直温度应控制在900℃以上。

参考文献

- 1 铃木洋夫,西村哲,今村淳,等. Hot Ductility in Steels in the Temperature Range Between 900 and 600 °C. 铁と钢,1981(67):1180
- 2 Mintz B. The Influence of Composition on the Hot Ductility of Steels and to the Problem of Transverse Cracking. ISIJ International,1999, 39(9):833
- 3 潘艳华,陈登福,董凌燕,等. 20CrMo连铸坯高温力学性能和热物理性能分析. 重庆大学学报,2006,29(9):68

赵俊花(1982-),女,研究生,2006年河北理工大学毕业,钢的连铸和质量控制。