

• 组织性能 •

超低碳贝氏体钢 DB800 的研制

陈忠伟 江雅民

(西北工业大学凝固技术国家重点实验室, 西安 710072)

摘要 测试和研究了 50 kg 真空感应炉熔炼、控轧控冷 16 mm 超低碳贝氏体 DB800 (% : 0.058C, 0.29Mo, 0.05Nb, 0.08V, 0.02Ti, 0.001B) 板材的连续冷却转变 (CCT) 曲线、组织转变和力学性能。结果表明, 该试验钢种在冷却速率约为 10 °C/s 的水冷条件下的组织为粒状贝氏体 (TEM 下呈板条状形貌)。试验钢种具有优良的综合力学性能: 抗拉强度 885 MPa, 屈服强度 733 MPa, 伸长率 15.2%, -20 °C 纵向冲击韧性值 46 J 和极优的冷弯性能。

关键词 超低碳贝氏体钢 DB800 显微组织 力学性能

Study on Ultra-Low Carbon Bainitic Steel DB800

Chen Zhongwei and Jiang Yamin

(State Key Laboratory of Solidification, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

Abstract The CCT (continuous cooling transformation) curves, microstructure transformation and mechanical properties of 16 mm plate of ultra-low carbon bainitic steel DB800 (% : 0.058C, 0.29Mo, 0.05Nb, 0.08V, 0.02Ti, 0.001B) melted by 50 kg vacuum induction furnace and control-rolled and cooled have been measured and studied. Results show that the structure of test steel water cooled with cooling rate 10 °C/s is globular bainite which presents lath morphology by TEM observation; the test steel has excellent comprehensive mechanical properties: tensile strength- 885 MPa, yield strength- 733 MPa, elongation- 15.2%, longitudinal impact energy at -20 °C - 46 J and nice cold-bending property.

Material Index Ultra-Low Carbon Bainitic Steel DB800, Microstructure, Mechanical Properties

低(超)低碳贝氏体钢^[1-4]是近年来具有发展潜力的一类高强度、高韧性、多用途钢,广泛应用于工程机械、油气管线、海洋设施及舰船等方面。

1 试验材料和方法

DB800 试验钢种(表 1)用 50 kg 真空感应炉熔炼,其连续冷却转变 (CCT) 曲线在北京科技大学的 Gleeble 1500 热模拟机上进行。

表 1 超低碳贝氏体钢 DB800 的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of ultra-low carbon bainitic steel DB800 / %

C	Si	Mn	Mo	B	Nb	V	Ti	P	S
0.058	0.16	1.57	0.29	0.001	0.05	0.08	0.02	0.008	0.006

将真空感应炉熔炼所得的 22 kg 钢液浇铸成圆锥状铸锭,上口直径为 130 mm,经锻造开坯,开坯温度在 1 050 ~ 1 080 °C,锻坯尺寸为 (mm) 100 × 100 × 150。在北京科技大学国家轧制中心通过两阶段控制轧制:奥氏体完全再结晶区 (在 1 000 ~ 1 180 °C) 轧制与奥氏体非再结晶区 (在 800 ~ 900 °C) 轧制。轧后喷水冷却,冷却速率约为 10 °C/s。道次压下率为 16%,成品板材厚度为 16 mm。

2 试验结果与讨论

2.1 试验钢种 CCT 曲线

CCT 曲线(图 1)表明,冷却速率为 1 °C/s 时开始形成贝氏体 + 铁素体组织,冷却速率为 10 °C/s 时

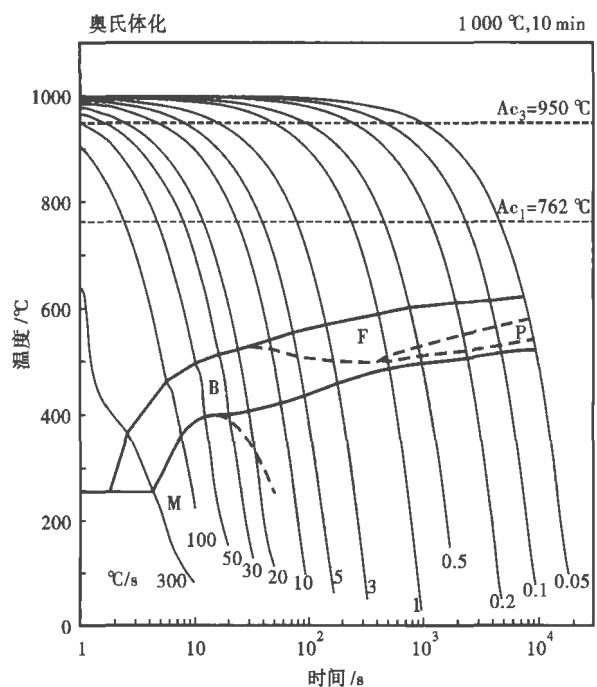


图 1 超低碳贝氏体钢 DB800 的 CCT 曲线
Fig. 1 CCT curves of ultra-low carbon bainitic steel DB800

形成大量的贝氏体,即随冷却速率增大,铁素体减少,贝氏体相对增加。冷却速率为 20 °C/s 时几乎全部为贝氏体。同时,由于加入了硼元素,贝氏体开始转变温度(B_s)与终了转变温度(B_f)都有所降低,冷却速率从 1 °C/s 到 50 °C/s, B_s 维持在 520 °C 左右, B_f 在 400 °C。试验钢种的相变点 Ac_3 、 Ac_1 分别为 950、762 °C。

2.2 试验钢种的微观组织

轧后经冷却速率为 10 °C/s 的连续冷却时,钢板

的最终组织为大量粒状贝氏体(灰色)分布于铁素体基体(白色)中,不含珠光体组织(图 2a)。

光学显微镜下的粒状贝氏体在 TEM(图 2b)中主要表现为板条状贝氏体。尤其较长时间保温后,在板条边界上,特别是板条内部存在大量尺寸细小且弥散分布的碳化物,且碳化物的存在形式主要是平行小片状,又与板条界面成一定夹角,其长度及宽度分别约为 45 nm 及 15 nm,而板条厚度约为 200 nm,因此具有良好的冲击韧性和极优的冷弯加工性能。

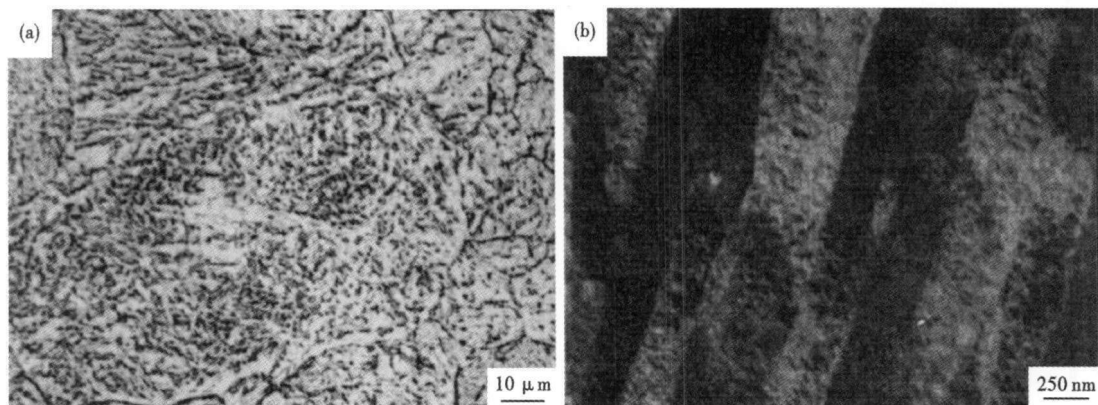


图 2 超低碳贝氏体钢 DB800 的组织形貌,轧后水冷:(a) OM; (b) TEM

Fig. 2 Microstructure morphology of ultra-low carbon bainitic steel DB800, water-cooling after rolling: (a) OM; (b) TEM

2.3 试验钢种的力学性能

试验钢种轧后水冷条件下力学性能的提高主要归纳为以下两个方面:(1)较细贝氏体束强化;(2)硼、微合金化作用。试验钢种的抗拉强度(σ_b)大于 885 MPa,屈服强度(σ_s)大于 733 MPa(表 2),而普通的铁素体-珠光体组织钢的抗拉强度在 600 MPa 左右^[5]。力学性能均达到国内同行 800 MPa 钢的性能要求^[6],强度仍有较大富余量,且伸长率(δ)为 15%。因而,新研制的 DB800 钢板除具有良好的成形性能外,还具有优越的低温韧性与冷弯加工性能。

表 2 16 mm 超低碳贝氏体钢 DB800 板的力学性能

Table 2 Mechanical properties of 16 mm plate of ultra-low carbon bainitic steel DB800

钢号	σ_b / MPa	σ_s / MPa	δ / %	冲击功 A_{KV} (-20 °C)/J	冷弯试验 $d =$ 0.5 a, 180°
DB800	885.24	733.33	15.20	46	完好
800 MPa 钢 性能要求 ^[6]	≥ 800	≥ 550	≥ 12	≥ 27 (0 °C)	完好 ($d = 3 a$)

3 结论

(1) CCT 曲线测试表明,超低碳贝氏体钢 DB800 轧后冷却速率在 1 °C/s 到 50 °C/s 时可形成条状或粒状贝氏体组织。 B_s 维持在 520 °C 左右, B_f

在 400 °C。

(2) 实验室研制的 16 mm 厚超低碳贝氏体钢 DB800 板材轧后水冷的冷却速率约为 10 °C/s,其微观组织为粒状贝氏体 + 铁素体组织。TEM 微观组织结果表明,该粒状贝氏体为富碳的板条状贝氏体,板条内部存在大量尺寸细小且弥散分布的碳化物。

(3) 研制的 16 mm 厚超低碳贝氏体钢 DB800 板材轧后经水冷,其力学性能与冲击韧性及冷弯加工性能良好,超过国内 800 MPa 钢的性能要求。

参考文献

- 1 陈忠伟,张玉柱,杨林浩,等. 低碳贝氏体钢的研究现状与发展前景. 材料导报,2006,20(10):84
- 2 Rodrigues PCM, Pereloma EV, Santos DB. Mechanical Properties of an HSLA Bainitic Steel Subjected to Controlled Rolling With Accelerated Cooling. Materials Science and Engineering, 2000, 283A:136
- 3 Andrzej K. Mechanical Properties and Microstructure of ULCB Steels Affected by Thermomechanical Rolling, Quenching and Tempering. Journal of Materials Processing Technology, 2000, 106(1-3):212
- 4 赵志平,康永林,丛津功. HQ590DB 超低碳贝氏体钢中厚板的研制. 特殊钢,2005,26(1):52
- 5 林大为,韩安昌,邱昱斌. 微合金低碳铁素体-珠光体钢力学性能预报. 上海金属,2005,27(2):52
- 6 济南钢铁公司. JB800 高强度贝氏体钢板,产品技术说明书,2006

陈忠伟(1970-),男,博士,副教授,金属材料凝固组织与控制。

收稿日期:2009-04-23