

钛含量对 Nb-Ti 微合金化 Q345A 钢热轧板力学性能的影响

刘丽霞¹ 王世俊¹ 周云¹ 彭军²

(1 安徽工业大学冶金与资源学院, 马鞍山 243002; 2 北京科技大学冶金与生态学院, 北京 100083)

摘要 试验研究了钛含量对 Q345A 钢(% : 0.08 ~ 0.10C, 1.19 ~ 1.46Mn, 0.017 ~ 0.029Nb, 0.02 ~ 0.08Ti) 14 ~ 20 mm 热轧板力学性能的影响。结果表明, Ti = 0.02% 时, 钢板的强度无显著变化, Ti 为 0.02% ~ 0.04% 时, 钢板强度随 Ti 含量增加而增加; Ti ≥ 0.04% 时, 钢板强度随 Ti 含量增加而下降。控制 Nb-Ti 微合金化重型汽车板用钢 Q345A 的 Ti 含量为 0.02% ~ 0.04%, 可获得最佳强塑性配合。

关键词 Nb-Ti 微合金化 Q345A 钢板 钛含量 力学性能

Effect of Titanium Content on Mechanical Properties of Hot Rolled Plate of Nb-Ti Microalloying Q345A Steel

Liu Lixia¹, Wang Shijun¹, Zhou Yun¹ and Peng Jun²

(School of Metallurgy and Resource, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002;
2 Metallurgy and Ecology School, University of Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract The effect of titanium content on mechanical properties of 14 ~ 20 mm hot rolled plate of Q345A steel (0.08 ~ 0.10C, 1.19 ~ 1.46Mn, 0.017 ~ 0.029Nb, 0.02 ~ 0.08Ti) has been studied. Results showed that as Ti = 0.02%, the strength of steel plate was not obvious change, as Ti content was 0.02 ~ 0.04%, with increasing Ti content the strength of steel plate increased, and as Ti ≥ 0.04%, with increasing Ti content the strength of steel plate decreased. With controlling Ti content within 0.02% ~ 0.04% in Nb-Ti microalloying Q345A steel for heavy truck plate, the optimum combined strength and plasticity shall be got.

Material Index Nb-Ti Microalloying, Q345A Steel Plate, Titanium Content, Mechanical Properties

近年来, 添加钒、钛、铌的微合金化技术, 在低碳钢产品中得到了广泛应用^[1,2]。我国重型汽车专用钢板主要使用 Q345A、B 钢, 该钢的生产存在性能不稳、冷弯易开裂等问题。本文研究了不同钛含量对微合金化 Q345A 钢力学性能的影响规律, 以改善重型汽车专用钢板冷弯性能。

1 生产工艺

1.1 冶炼

试验用钢冶炼工艺为: 30 t 转炉-钢包吹氩、喂丝-板坯连铸, 以 Q345A、B 钢国标为基础, 加入 Ti、

Nb 微合金化元素, 冶炼过程化学成分按表 1 控制。

铁水[S] ≤ 0.035%, 冶炼过程采用一次成渣法操作。高拉 C 一次补吹法, 正常工作氧压 0.7 ~ 0.9 MPa, 氧枪枪位 800 ~ 1 000 mm, 终点前降枪吹炼 ≥ 30 s。出钢时, 要求 [C] 0.04% ~ 0.08%、[P] ≤ 0.015%、[S] ≤ 0.030%, 出钢温度控制在 1 650 ~ 1 680 °C, 出钢时间 ≥ 1.5 min。待出钢 1/3 时开始加入合金 FeMnSi、FeAl、NbFe、TiFe, 至出钢 2/3 前须加完, 钛的回收率为 50% ~ 75%; FeAl 加入量按 0.5 kg/t_钢 加入。出钢采用挡渣塞和挡渣球的工艺。

表 1 试验用钢的化学成分和力学性能
Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of test steel

编号	化学成分/%							抗拉强度/ MPa	屈服强度/ MPa	伸长率/ %
	C	Si	Mn	P	S	Nb	Ti			
1	0.08	0.33	1.19	0.017	0.023	0.019	0.02	490	390	28
2	0.08	0.28	1.27	0.028	0.015	0.017	0.03	525	400	28
3	0.12	0.28	1.38	0.014	0.014	0.025	0.04	525	425	27.5
4	0.10	0.36	1.37	0.017	0.014	0.018	0.05	510	410	26
5	0.09	0.36	1.40	0.021	0.021	0.029	0.06	505	410	26
6	0.10	0.43	1.46	0.023	0.023	0.027	0.07	500	410	26
7	0.10	0.35	1.39	0.017	0.017	0.026	0.08	500	410	26
设计要求	≤0.12	0.20 ~ 0.50	1.30 ~ 1.60	≤0.030	≤0.030	0.010 ~ 0.045	≤0.10	470 ~ 630	≥345	≥21

采用钢包底吹氩工艺,氩气压力 > 0.2 MPa。吹氩同时喂入 Si-Ba-Ca 包芯线,确保喂入量 100 m/炉。到站测温,以控制吹氩时间,时间 ≥ 3 min。吹氩后钢包温度 1 560 ~ 1 580 ℃。出站前加钢包覆盖剂。

连铸时采用浸入式水口,使用预熔渣保护渣,拉速控制在 1.2 m/min 以下,中间包温度 1 520 ~ 1 540 ℃,浇铸断面为 180 mm × 1 200 mm 的板坯。

1.2 轧制

板坯的加热段温度 ≤ 1 320 ℃;出钢温度 1 160 ~ 1 180 ℃(加热时间保证在 2.5 h);三辊开轧温度 1 120 ~ 1 160 ℃;四辊开轧温度为 950 ~ 980 ℃;终轧温度 830 ~ 910 ℃(不同厚度板材的最佳终轧温度均控制在 860 ℃ 以下);各道次变形率 ≥ 10%,最后三道次变形率累计 ≥ 40%,冷却速度 < 5 ℃/s;矫直温度 650 ~ 750 ℃。

试验钢坯轧成断面为 (14 ~ 20 mm) × 2 500 mm 的热轧钢板。7 炉钢 16 mm 板的化学成分和机械性能列于表 1。

2 讨论和分析

由图 1 可见,当钛含量 ≤ 0.02% 时,强度增加不明显,钛的沉淀析出强化作用很小;钛含量为 0.02% ~ 0.04% 时,因析出稳定的细小 TiN,有效地阻止奥氏体晶粒长大^[1,2],该钢的铁素体晶粒直径由 14.8 μm 降至 8.5 μm,以及 TiC 的析出强化作用^[3-5],使该钢随钛含量增加,屈服强度和抗拉强度显著升高,在钛含量为 0.04% 时,屈服强度和抗

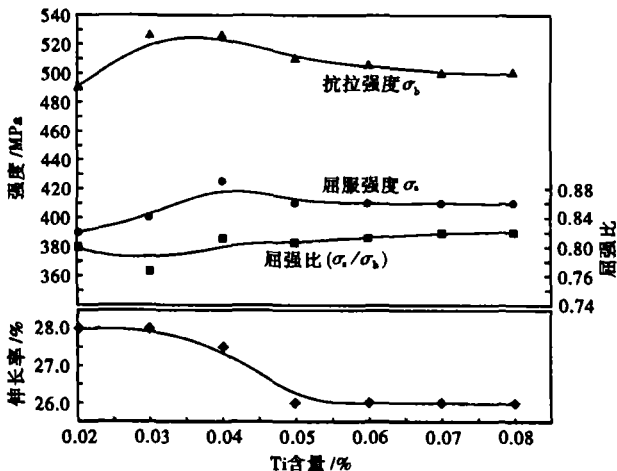


图 1 钛含量对 Q345A 钢板力学性能的影响
Fig. 1 Effect of titanium content on mechanical properties of Q345A steel plate

拉强度达到最大峰值,且所有纵横向冷弯试样 $d = a$ 的 180° 冷弯性能良好,伸长率保持较高值;当钛含量 > 0.04% 时,非共格析出物数量增加,减弱了析出强化效果,并且生成的粗大 TiC 颗粒可能会增加,使钢中夹杂物增多^[6],钢的强度随钛含量增加趋于平缓甚至降低,伸长率也明显降低。

由图 2 可看到,当钛含量为 0.02% ~ 0.04% 时,出现 $\sigma_b \times \delta_s$ 的最大峰值,即试验钢有最佳的强塑性配合,同时屈强比值较低,但其绝对数值保持较高值,屈强比高达 0.76 ~ 0.82。

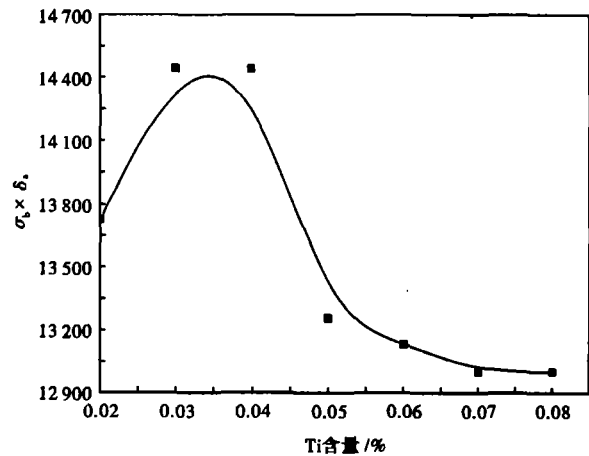


图 2 钛含量对 Q345A 钢板抗拉强度与伸长率乘积的影响
Fig. 2 Effect of titanium content on product of tensile strength and elongation of Q345A steel plate

3 结论

在钛含量为 0.02% ~ 0.04% 时,钛微合金化重型汽车板用钢 Q345A 可获得最佳强塑性配合;具体操作时,可按该成分范围上限控制钛含量。

参考文献

- 胡恒法. 板坯质量和工艺对热轧板卷冷弯性能的影响. 轧钢, 2000, 17(2): 20
- 郑香增, 苗 钊. 16 mm 汽车用 20 号优质碳素结构钢板的试制. 山东冶金, 2003, 25(2): 42
- 林滋泉, 敖列哥, 郝 森. 鞍钢钒、钛、铌微合金钢的应用与开发. 钢铁钒钛, 2001, 22(1): 1
- 曲彦平, 杜鹤桂. 钛在钢水中的行为. 沈阳工业大学学报, 2000, 22(4): 281
- 杨才福, 张永权, 王宇杰. 钛含量对热轧带钢力学性能的影响. 钢铁, 1995, 30(8): 48
- 刘清友, 陈红桔, 张永权, 等. 钛对汽车车轮用钢组织和性能的影响. 钢铁研究学报, 1994, 6(1): 49

刘丽霞(1976-), 女, 讲师, 1998 年包头钢铁学院毕业, 炼钢新工艺研究。

收稿日期: 2007-05-21