

回火温度对轧后直接水淬 15CrMoV 钢组织和力学性能的影响

关 婧¹ 蔡庆伍¹ 武会宾¹ 焦多田¹ 刘小林² 冉 旭¹

(1 北京科技大学高效轧制国家工程研究中心,北京 100083; 2 新余钢铁有限责任公司,新余 338001)

摘 要 试验用钢 15CrMoV (% : 0.15C, 0.29Si, 0.57Mn, 1.01Cr, 0.37Mo, 0.24V) 16 mm 板材的终轧温度为 900 ~ 950 °C, 轧后在 880 ~ 900 °C 水淬, 并经 670 ~ 800 °C 回火。结果表明, 试验钢在线淬火后的组织为马氏体 + 贝氏体, 随回火温度升高, 钢中碳化物析出量增加, 贝氏体板条束逐渐合并和减少, 最终转化为碳化物 + 多边形铁素体组织; 在 730 ~ 780 °C 回火, 15CrMoV 钢具有良好的综合力学性能, 抗拉强度 680 ~ 760 MPa, 冲击功 55 ~ 130 J。

关键词 15CrMoV 钢 在线淬火 回火 贝氏体

Effect of Tempering Temperature on Structure and Mechanical Properties of Steel 15CrMoV Direct-Water-Quenched after Finishing Rolling

Guan Jing¹, Cai Qingwu¹, Wu Huibin¹, Jiao Duotian¹, Liu Xiaolin² and Ran Xu¹

(1 National Engineering Research Center for Advanced Rolling Technology, University of Science and Technology, Beijing 100083; 2 Xinyu Iron and Steel Co Ltd, Xinyu 338001)

Abstract Finishing rolling temperature of 16 mm plate of test steel 15CrMoV (% : 0.15C, 0.29Si, 0.57Mn, 1.01Cr, 0.37Mo, 0.24V) was 900 ~ 950 °C, then the rolled plate was direct-water-quenched at 880 ~ 900 °C, and tempered at 670 ~ 800 °C. Results showed that the structure of test steel after in-line quenching was martensite + bainite, with increasing tempering temperature, amount of precipitated carbides increased, and bainite lath was gradually merged and finally transferred to carbide + polygonal ferrite structure; with tempered at 730 ~ 780 °C, the steel 15CrMoV had excellent comprehensive mechanical properties with tensile strength 680 ~ 760 MPa and impact energy 55 ~ 130 J.

Material Index Steel 15CrMoV, In-line Quenching, Tempering, Bainite

15CrMoV 钢主要用做高压、超高压锅炉管道及汽轮机部件, 长期工作温度为 480 ~ 580 °C。铬钼钢回火的主要目的是使固溶体中析出细小而弥散的碳化物相起沉淀强化作用, 并使不稳定组织趋向于稳定状态, 同时使合金元素在 α 固溶体和碳化物之间合理分配, 以便在钢中进一步发挥有益作用^[1,2]。

1 试验材料

试验用钢(表 1)轧制及热处理工艺在实验室进行, 轧制累计变形量为 82%, 开轧温度为 1 200 °C, 终轧温度为 900 ~ 950 °C, 终轧完后待温 20 s, 在 880 ~ 900 °C 水冷, 成品板厚为 16 mm。

表 1 试验钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of test steel / %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
0.15	0.29	0.57	0.007	0.004	1.01	0.37	0.24

2 试验结果与分析

2.1 回火温度对拉伸性能的影响

由图1可见, 回火温度在 700 °C 试验钢的强度

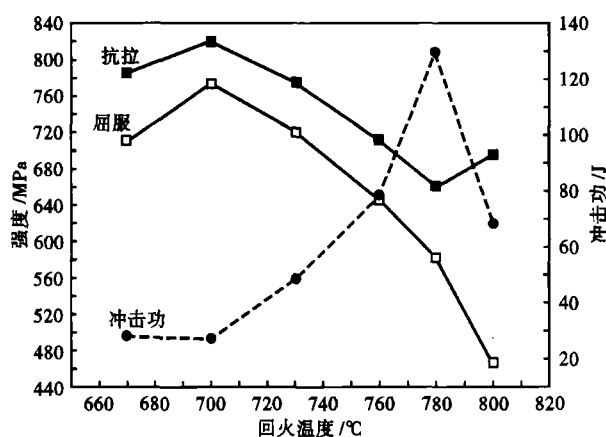


图 1 回火温度对轧后水淬 15CrMoV 钢板力学性能的影响
Fig. 1 Effect of tempering temperature on mechanical properties of plate of steel 15CrMoV water quenching after finishing rolling

达到最高值。在 700 °C 之后随回火温度的升高, 钢的强度略有下降。在 700 ~ 780 °C, 冲击功随回火温度的升高大幅度上升, 并在 780 °C 达到最大值, 而在 800 °C 时, 冲击功急剧下降。因此在 730 ~ 780 °C 回火时, 试验钢具有较好的综合力学性能。

2.2 回火温度对显微组织的影响

图2(a)为淬火后组织-马氏体和贝氏体, 图2

(b) ~ (f) 分别为加热至 670 ~ 800 °C 保温 2 h 后的组织扫描电镜照片, 图 3(a, b) 分别为图 2(c, e) 的局部放大图。从图 2(b) 中可以看出, 670 °C 回火后, 组织不够均匀, 碳化物析出不充分; 从图 2(c) ~ (e) 可以看出, 在 700 ~ 780 °C 进行回火时, 随着回火温度

的上升, 贝氏体板条束部分合并在一起, 板条束逐渐变宽, 多边形铁素体随之增多; 比较图 3(a, b) 可以发现, 700 °C 回火时, 有大量细小碳化物颗粒析出, 弥散分布于铁素体和板条内部; 在 780 °C 回火时, 碳化物大多于板条间析出, 且在原奥氏体晶界上及

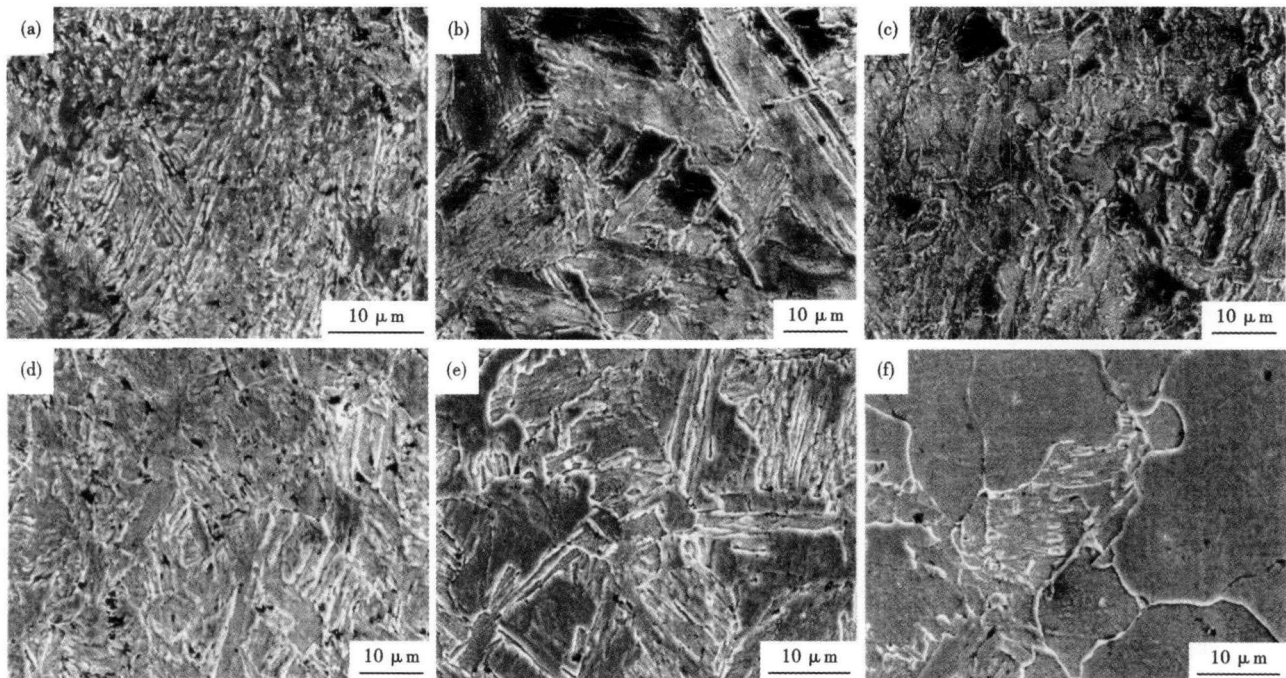


图 2 15CrMoV 钢的组织形貌, SEM: 直接淬火(a); 回火-670 °C (b), 700 °C (c), 760 °C (d), 780 °C (e), 800 °C (f)

Fig. 2 Morphology of structure of steel 15CrMoV, SEM: Direct-quenched (a); tempered at 670 °C (b), 700 °C (c), 760 °C (d), 780 °C (e) and 800 °C (f)

板条间出现了颗粒较大的析出。而随着回火温度的进一步上升, 即 800 °C 回火时, 从图 2(f) 可以看到, 贝氏体板条束完全消失, 多边形铁素体也聚集长大, 组织极不均匀, 而弥散分布的碳化物在此温度下发生了回溶^[3,4]。

3 结论

15CrMoV 钢在线淬火后的组织为贝氏体 + 马氏体的复合组织, 在 730 ~ 780 °C 回火时, 贝氏体板条束逐渐合并减少, 并最终转化为多边形铁素体组织, 此时钢具有良好的综合性能。

国家自然科学基金资助项目(50671016)

参考文献

- 1 韩佳泉. 电站锅炉用钢管的发展趋势. 黑龙江电力, 2005, 27(5): 321
- 2 刘树云. 12Cr1MoV 钢管热处理工艺与组织性能的关系. 钢铁研

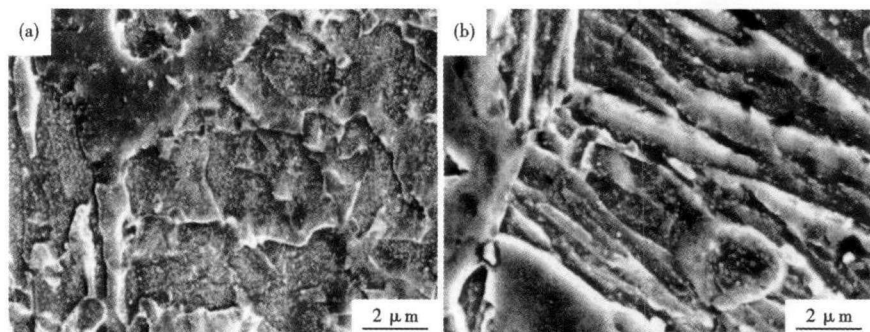


图 3 直接淬火-回火 15CrMoV 钢析出碳化物形貌: 700 °C (a) 和 780 °C (b) 回火

Fig. 3 Morphology of precipitated carbide in direct-quenched and tempered steel 15CrMoV: tempered at 700 °C (a) and 780 °C (b)

究, 1995, 23(1): 25

- 3 李维娟, 李胜利, 王 方. 奥氏体变形条件下低碳微合金钢中的贝氏体相变. 金属热处理, 2005, 30(6): 70
- 4 Andrzej K Lis. Mechanical Properties and Microstructure of ULCCB Steels Affected by Thermo Mechanical Rolling, Quenching and Tempering. Journal of Materials Processing Technology, 2000, 106: 212

关 婧(1984-), 女, 硕士研究生, 耐热钢热处理与组织研究。

收稿日期: 2008-09-29