

热处理对 DT300 低合金超高强度钢组织和性能的影响

赵 磊^{1,2} 刘宪民² 雍岐龙^{1,2} 王春旭²

(1 昆明理工大学材料与冶金学院, 昆明 650093; 2 钢铁研究总院结构材料研究所, 北京 100081)

摘 要 试验和分析了 840~960 °C 油淬的 DT300 钢(0.33C、1.78Si、0.76Mn、5.78Ni、1.10Cr、0.65Mo、0.12V) 的马氏体转变和 ε-碳化物的析出以及淬火温度对 300 °C 回火后钢的机械性能的影响。结果表明,DT300 钢经 860~920 °C 1 h 油淬+300 °C 2 h 回火可获得较完全的板条马氏体和优良的强韧性(R_m 1 860 MPa, R_{p0.2} 1 500 MPa, A 12%, A_{KU2} 58 J)。

关键词 DT300 低合金超高强度钢 热处理 组织 力学性能

Effect of Heat Treatment on Structure and Properties of Low Alloying Ultra-high Strength Steel DT300

Zhao Lei^{1,2}, Liu Xianmin², Yong Qilong^{1,2} and Wang Chunxu²

(1 School of Materials and Metallurgical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093; 2 Institute for Materials, Central Iron and Steel Research Institute, Beijing 100081)

Abstract Martensite transformation and ε-carbide precipitation in the steel DT300 - 0.33C, 1.78Si, 0.76Mn, 5.78Ni, 1.10Cr, 0.65Mo, 0.12V oil quenched at 840~960 °C and effect of quenching temperature on mechanical properties of 300 °C tempered steel have been tested and analyzed. Results showed that complete lath martensite and excellent strength-toughness of steel DT300 were obtained by 860~920 °C 1 h oil cooling + 300 °C 2 h tempering. The mechanical properties of heat treated steel were R_m 1 860 MPa, R_{p0.2} 1 500 MPa, A 12% and A_{KU2} 58 J.

Material Index DT300 Low Alloying Ultra-high Strength Steel, Heat Treatment, Structure, Mechanical Properties

DT300 钢是一种中低碳的 Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V 系并添加微量元素的多元低合金超高强度钢,其使用状态主要为低碳的板条马氏体组织。板条马氏体不仅具有较高的强度和硬度,而且还具有良好的塑性和韧性^[1]。

1 试验材料

试验用钢取自工业化生产的 DT300 锻造棒材。其化学成分为(%)：0.33C、1.78Si、0.76Mn、

0.003S、0.005P、5.78Ni、1.10Cr、0.65Mo、0.12V、0.0003O、0.0024N。已知 DT300 钢的 Ac₁ 点为 670 °C, Ac₃ 点为 810 °C, Ms 点为 265 °C。

2 试验结果及分析

2.1 淬火温度对 DT300 钢性能的影响

随淬火温度升高,强度略有下降,冲击韧性提高(图 1a),同时断面收缩率和断后伸长率均稍有提高(图 1b),在 900 °C 淬火达到最佳的强韧性能配合

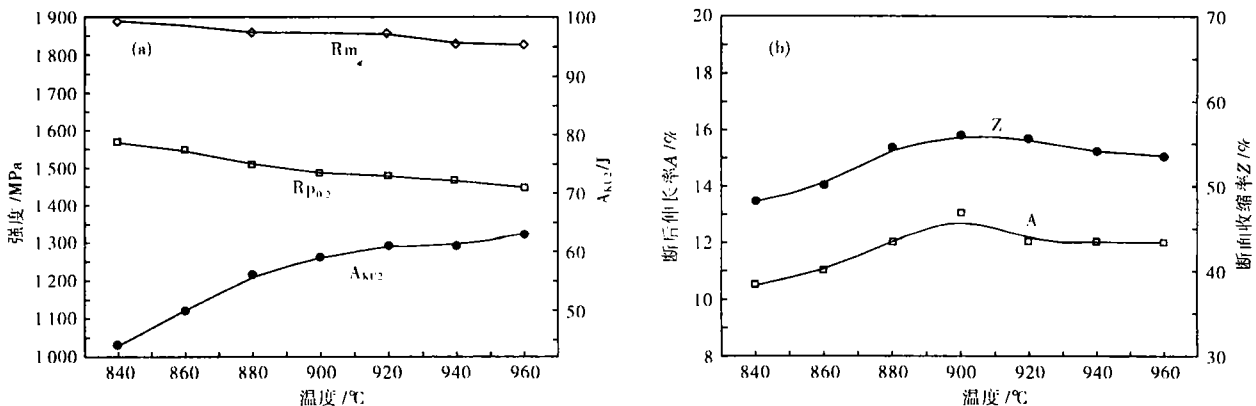


图 1 淬火温度对 DT300 钢强度、韧性(a)和塑性(b)的影响,300 °C 2 h 回火

Fig. 1 Effect of quenching temperature on strength and toughness (a) and plasticity (b) of steel DT300, 300 °C 2 h tempering

(R_m 1 860 MPa, $R_{p0.2}$ 1 500 MPa, A_{KU2} 58 J)。

2.2 淬火温度对 DT300 钢组织的影响

不同淬火处理试样对应的显微组织见图 2。

钢经淬火后的显微组织以板条马氏体为主,在原奥氏体晶粒内部形成大小不等、位向不同的马氏体板条束,束内的马氏体板条近似平行排列。低温

淬火加热时,在回火过程中会析出少量的棒状 ϵ 碳化物颗粒,因而试样的组织中产生了贫碳区域。随淬火温度升高, ϵ 碳化物增多,并在 920 °C 以上淬火及相应回火处理后析出大量细小的粒状碳化物,这种状态在更高温淬火情况下保持不变。

另外,在淬火温度升高的过程中,晶粒度逐渐增

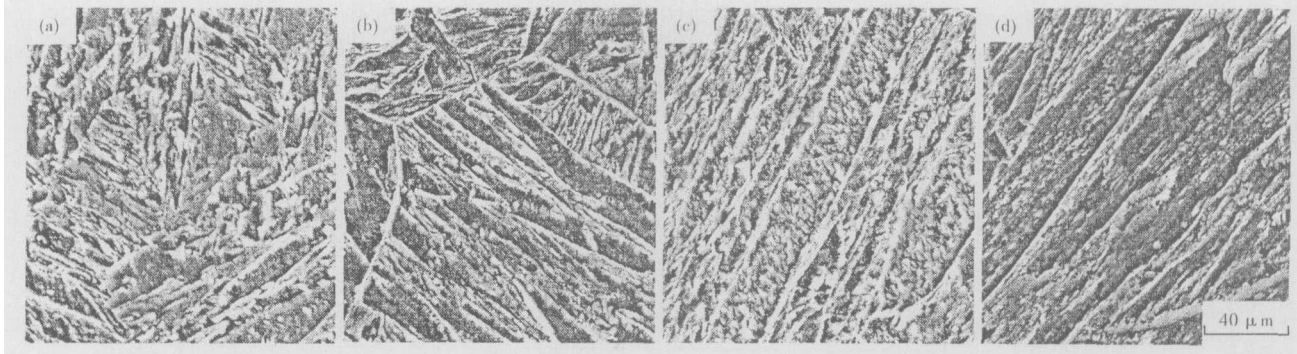


图 2 淬火温度对 DT300 钢组织的影响 (SEM): (a) 840 °C; (b) 860 °C; (c) 920 °C; (d) 960 °C
Fig. 2 Effect of quenching temperature on structure of steel DT300; 840 °C (a); 860 °C (b); 920 °C (c); 960 °C (d)

大,板条马氏体增多、增大, ϵ 碳化物颗粒和板条马氏体的增多,在一定程度上抵消了因奥氏体晶粒长大及析出脱碳而产生强度降低的影响,使强度下降的程度较小。

2.3 淬火温度对 DT300 钢断口形貌的影响

由图 3 可见,各试样的断口为孔洞聚合形成的韧窝型断口,深浅、大小不一,偶尔伴有部分准解

理面。

较低温淬火对应的试样断口特征是:韧窝大而浅,并有不少准解理面;淬火温度升高,断口中的准解理逐渐消失,韧窝增多,变得小而深。当淬火温度上升到 860 °C 时,准解理已基本消失,韧窝变深。继续升高淬火温度,对应的冲击断口形貌中,韧窝变得大而深,这种撕裂情况必将消耗更多的能量^[2,3]。

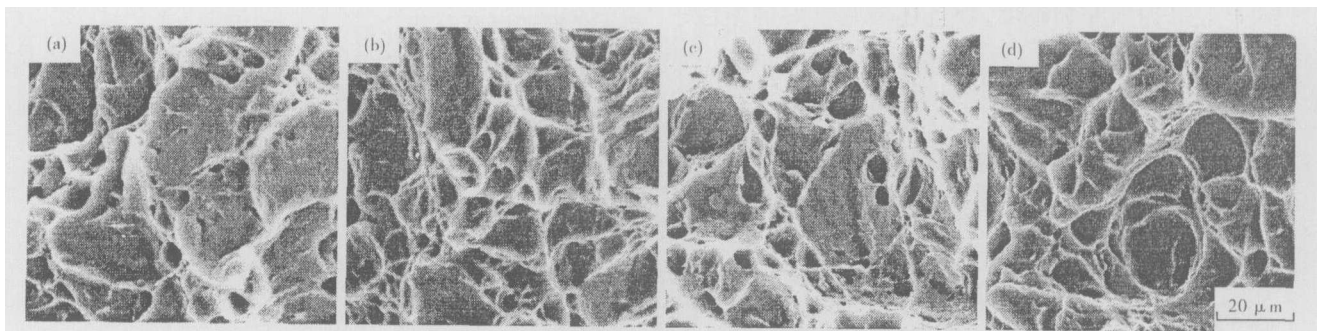


图 3 DT300 钢冲击断口的形貌,淬火温度:(a) 840 °C; (b) 880 °C; (c) 920 °C; (d) 960 °C
Fig. 3 Morphology of impact fracture of steel DT300, quenching at 840 °C (a); 880 °C (b); 920 °C (c); 960 °C (d)

3 结论

DT300 钢经 860 ~ 920 °C 1 h 油淬 + 300 °C 2 h 回火,可获得以板条马氏体和少量析出碳化物的强韧化匹配。

参考文献

1 刘劲松. 板条马氏体淬火在模具强韧化处理中的应用. 模具制

造, 2003, 25(8): 61

2 Henry G., Horstmann D. 宏观断口学及显微断口学. 曾祥华, 田继丰, 柯伟, 等译. 北京: 机械工业出版社, 1990

3 郑长卿, 周利, 张克实. 金属韧性破坏的微观力学及其应用研究. 北京: 国防工业出版社, 1995

赵磊 (1980-), 男, 硕士研究生, 低合金高强度钢的组织 and 性能。

收稿日期: 2006-09-25