

正火预处理对调质 26CrMoV 钢 Φ195 mm 棒材横向 -20 °C 冲击功的改善

曾云^{1,2} 张越^{1,2} 李博鹏^{1,2} 彭峰^{1,2} 胡瑞海^{1,2} 郑锦锋^{1,2} 段松^{1,2} 廖凯³

(1 大冶特殊钢有限公司技术中心,黄石 435001;2 高品质特殊钢湖北省重点实验室,
黄石 435001;3 黄石市产品质量监督检验所,黄石 435000)

摘要 对直径为 Φ195 mm 的 Ti-V 微合金化 26CrMoV 钢(成分:0.27C,0.45Mn,0.25Si,0.006P,0.004S,0.97Cr,0.78Mo,0.002Ti,0.043V)热轧棒材取样后在热处理实验室分别按 880 °C 淬火 + 645 °C 回火和 925 °C 正火 + 880 °C 淬火 + 645 °C 回火两种工艺进行热处理。通过检测其皮下 25.4 mm 处力学性能,发现两种热处理工艺试样的屈服及抗拉强度相近,淬火 + 回火处理的 -20 °C 横向冲击功为 46 ~ 47 J,而正火 + 淬火 + 回火处理的 -20 °C 横向冲击功为 79 ~ 86 J,改善效果明显。对比观察发现经正火预处理后钢的回火索氏体及铁素体组织更加均匀、细小。

关键词 正火预处理 调质棒材 横向低温冲击

Improvement of -20 °C Transverse Impact of 26CrMoV Steel Quenched and Tempered Φ195 mm Bars by Normalizing Pretreatment

Zeng Yun^{1,2}, Zhang Yue^{1,2}, Li Bopeng^{1,2}, Peng Feng^{1,2}, Hu Ruihai^{1,2},
Zheng Jinfeng^{1,2}, Duan Song^{1,2} and Liao Kai³

(1 Technology Center, Daye Special Steel Co Ltd, Huangshi 435001; 2 Hubei Key Laboratory of High Quality Special Steel, Huangshi 435001; 3 Huangshi Product Quality Supervision and Inspection Institution, Huangshi 435000)

Abstract The Ti-V microalloying 26CrMoV steel (成分:0.27C,0.45Mn,0.25Si,0.006P,0.004S,0.97Cr,0.78Mo,0.002Ti,0.043V) Φ195 mm hot-rolled bar is treated at laboratory by two processes:880 °C quenching + 645 °C tempering and 925 °C normalizing + 880 °C quenching + 645 °C tempering. It is found that at the subsurface 25.4 mm of bar the yield and tensile strength of the bar by the two heat treatment processes are similar, the -20 °C transverse impact energy of the bar treated by quenching + tempering is 46 ~ 47 J, but that treated by normalizing + quenching + tempering is 79 ~ 86 J, the improvement effect is obvious. It is found that the microstructure of tempered sorbite and ferrite in steel with normalizing pretreatment is more uniform and smaller than that with out normalizing pretreatment.

Material Index Normalizing Pretreatment, Quenched and Tempered Bar, Low Temperature Transverse Impact

由于 26CrMoV 钢的 DI 值(钢的理想临界直径,就是在淬火烈度为无限大的假想的淬火介质中淬火时的临界直径。理想临界直径的大小可直接表征钢淬透性的高低。)约为 127 mm,淬透性不高。因此本文研究在淬透性不高的情况下,通过正火预处理均匀、细化材料组织提高大规格(直径 D ≥ 150 mm)调质棒材皮下 25.4 mm 处检验部位的横向低温冲击。

1 试验材料及方法

1.1 化学成分设计

标准要求及试验钢成品化学成分如表 1。

1.2 试验材料冶炼及轧钢工艺

工艺流程:120 t 转炉 → LF 精炼 → RH 真空脱气 → 连铸 410 mm × 530 mm 方坯 → 750 连轧机成 Φ195 mm 圆钢。

具体轧制工艺参数为:加热温度 1 220 ~ 1 240 °C 保温时间 3 h,开轧温度 990 °C,终轧温度 940 °C,锯切分段后坑冷至 100 °C 后出坑(入坑温度约 670 °C)。

表 1 试验钢 26CrMoV 的成品化学成分/%

Table 1 Product chemical composition of 26CrMoV test steel/%

项目	C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	Ni	Cu	Ti	V
标准要求	0.25 ~ 0.32	0.40 ~ 0.75	≤0.010	≤0.005	0.15 ~ 0.35	0.90 ~ 1.20	0.60 ~ 0.80	≤0.15	≤0.15	≤0.003	0.030 ~ 0.050
成品成分	0.27	0.45	0.006	0.004	0.25	0.97	0.78	0.06	0.03	0.002	0.043

表 2 试验钢热处理工艺参数

Table 2 Heat treatment parameters of the test steels

工艺	热处理参数
淬火 + 回火(对比组)	880 °C 淬火(水冷) + 645 °C 回火(空冷)
正火 + 淬火 + 回火(试验组)	925 °C 正火(空冷) + 880 °C 淬火(水冷) + 645 °C 回火(空冷)

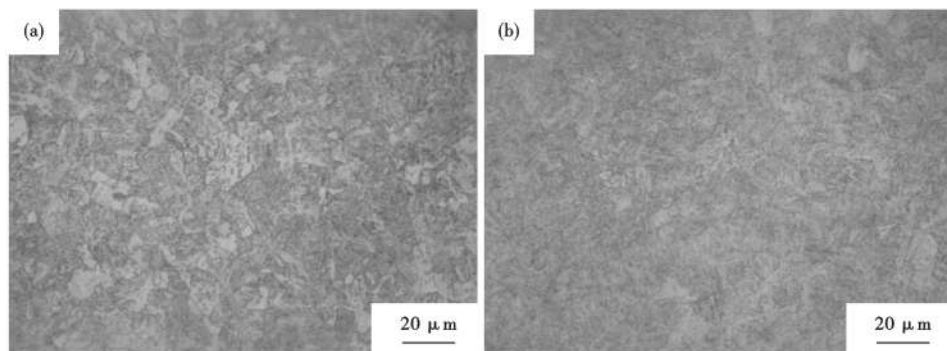


图 1 淬火 + 回火(a)和正火 + 淬火 + 回火(b)处理 26CrMoV 钢 Φ195 mm 材皮下 25.4 mm 处组织形貌

Fig. 1 Morphology of structure of 26CrMoV steel Φ195 mm bar at subsurface 25.4 mm treated by quenching + tempering (a) and normalizing + quenching + tempering (b)

表 3 26CrMoV 钢 Φ195 mm 材试验热处理力学性能对比

Table 3 Comparison of mechanical properties of the 26CrMoV steel Φ195 mm bar tested heat-treated

项目	$R_{p0.2}/\text{MPa}$	R_m/MPa	$A/\%$	$Z/\%$	-20 °C 横向冲击 KV8/J
淬火 + 回火(对比组)	773	887	23	68	47/47/46
正火 + 淬火 + 回火(试验组)	772	882	23	72	86/81/79
标准要求	758 ~ 862	≥862	≥18.6	≥64	均值 ≥75, 单值 ≥54

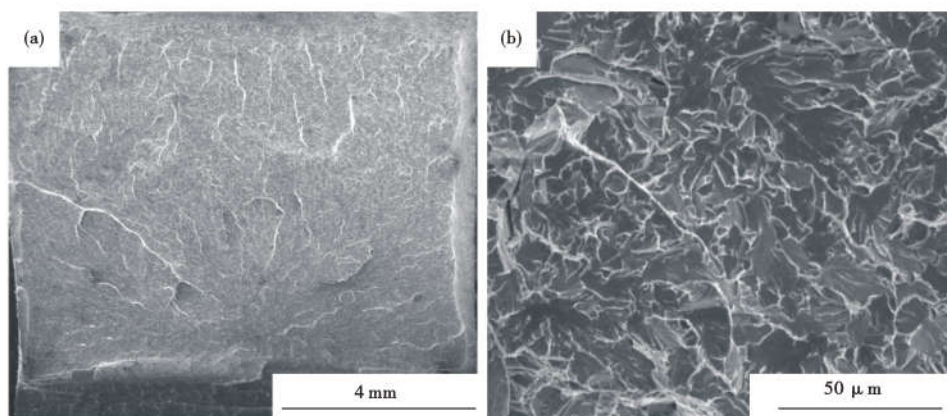


图 2 淬火 + 回火处理的 26CrMoV 钢 Φ195 mm 材皮下 25.4 mm 处 -20 °C 横向冲击断口宏观(a)和微观(b)组织形貌

Fig. 2 Morphology of macro-(a) and macro-(b) structure of -20 °C transverse impact fracture of 26CrMoV steel Φ195 mm bar at subsurface 25.4 mm treated by quenching + tempering

1.3 热处理工艺参数

截取 2 个 400 mm 长 Φ195 mm 棒材试样在 RTF-80-12 箱式电阻炉内按表 2 热处理工艺进行整体热处理。对比组奥氏体化保温 380 min 后立即在 10 °C 水槽中冷却至室温,最后回火保温 500 min 后空冷

至室温。试验组先正火保温 300 min 后空冷至室温,随后奥氏体化保温 380 min 后立即在 10 °C 水槽中冷却至室温,最后回火保温 500 min 后空冷至室温^[1-2]。

1.4 检验方法

金相组织按 GB/T 13320-2007 《钢质模锻件金相组织评级图及评定方法》进行制样,并在 Scope. A1 金相显微镜下观察,取样部位分别为皮下 5、15、25.4 mm 处。按 ASTM E8 / E8M-16ae1 《金属材料拉伸试验方法》在 INSTRON 5500R1186 型万能电子拉伸试验机上进行拉伸试验,取样部位为皮下 25.4 mm 处。按 ASTM E23-2018 《金属材料切口试棒冲击试验的试验方法》在 NCSI-500 型智能仪器化冲击试验机进行 -20 °C 的横向低温冲击试验,取样部位为皮下 25.4 mm 处。冲击断口在 QUANTA 400F 扫描电镜下进行观察。

2 试验结果及分析

2.1 金相组织对比分析

由于 26CrMoV 钢 Φ195 mm 大规格实心棒材淬火过程中距离表面越深,冷却速度越慢,调质后表面至皮下 10 mm 左右主要为回火索氏体,皮下 10 mm 至圆心陆续出现白色铁素体,且越靠近心部铁素体占比越大、

块状越大。

对比图 1(a,b)可以发现,经过正火预处理的试验组皮下 25.4 mm 处金相组织较对比组回火索氏体分布更加均匀,铁素体占比明显减少,铁素体块状

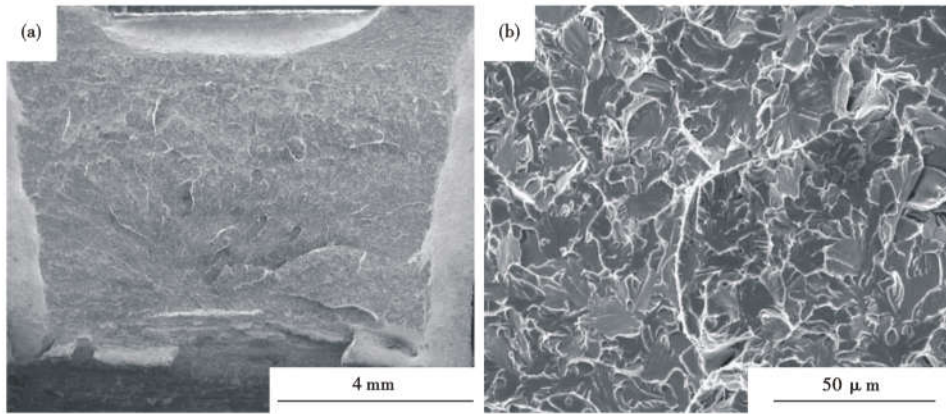


图 3 正火 + 淬火 + 回火处理后的 26CrMoV 钢 Φ195 mm 材皮下 25.4 mm 处 -20 ℃ 横向冲击断口宏观 (a) 和微观 (b) 组织形貌

Fig. 3 Morphology of macro-(a) and micro-(b) structure of -20 ℃ transverse impact fracture of 26CrMoV steel Φ195 mm bar at subsurface 25.4 mm treated by quenching + tempering

3 结论

(1) 对比两种不同热处理工艺对 26CrMoV 钢调质棒材金相组织发现, 试验组“925 ℃ 正火 (空冷) + 880 ℃ 淬火 (水冷) + 645 ℃ 回火 (空冷)”较对比组“880 ℃ 淬火 (水冷) + 645 ℃ 回火 (空冷)”回火索氏体基体更加均匀、细小, 基体中铁素体占比明显减少, 且分布和尺寸更加均匀、细小。

(2) 调质前增加正火预处理能有效均匀、细化 26CrMoV 钢调质后的组织, 进而显著提升皮下 25.4 mm 处 -20 ℃ 横向低温冲击值。

尺寸明显减小, 且分布更加均匀^[3]。

2.2 力学性能

两组不同热处理的试验钢皮下 25.4 mm 处检验部位的力学性能如表 3 所示。从表 3 可以看出, 对比组与试验组屈服强度及抗拉强度相近, 而增加正火预处理的试验组 -20 ℃ 横向低温冲击均值为 82 J, 较对比组均值 47 J 高 35 J, 性能改善明显, 满足标准要求。

2.3 冲击断口形貌观察

对比图 2 (a) 和图 3 (a), 可以发现对比组 (淬火 + 回火) 剪切率为 20%, 试验组 (正火 + 淬火 + 回火) 剪切率为 40% (冲击值越大剪切率越高); 对比图 2 (b) 和图 3 (b) 可以发现, 试验组较对比组白色韧窝状断口占比较多, 脆性解理断口尺寸较小, 进一步证明了正火预处理对横向冲击的改善^[4-5]。

参考文献

- [1] 杨新武, 宛 农, 周 许. 正火和淬火温度对 30CrMoA 钢除砂器大型锻件 -40 ℃ 冲击韧性的影响[J]. 特殊钢, 2013, 34 (4): 56-58.
- [2] 张淑平, 邵 玉, 张景海. 双重正火热处理工艺对 30CrMoA 钢力学性能的影响[J]. 钢铁, 1998, 33 (12): 44-47.
- [3] 李康丽, 李永志, 孙国栋. 正火预处理对 42CrMo 曲轴钢调质后的组织与性能影响[J]. 特殊钢, 2020, 41 (4): 26-29.
- [4] 张 越, 郑锦峰, 陈 君. 热处理工艺对 40CrMnMo 钢低温冲击韧性的影响[J]. 特殊钢, 2020, 41 (5): 68-70.
- [5] 束德林, 陈九磅, 凤 仪. 工程材料力学性能 (第 2 版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 63-64.

曾 云 (1988-), 男, 工程师, 2012 年重庆科技学院 (本科) 毕业, 材料热处理研究。E-mail: zengyun@citicsteel.com

收稿日期: 2021-02-08

“讲文明树新风”公益广告

绿 色 环 保
爱 我 家 园