

亚临界热处理对 40SiMnCrNiMo 高强度钎钢组织和性能的影响

徐翔 季克进 王斌 高林 方军
(大冶特殊钢股份有限公司,黄石 435001)

摘要 为简化 40SiMnCrNiMo 钢钎具的热处理工艺,试验了 880 ℃ 30 min 油冷 + 600 ℃ 60 min 空冷的调质处理,860 ℃ 30 min 空冷的正火和 780 ℃ 30 min 空冷的两相区亚临界热处理后钢的组织 and 性能。结果表明,亚临界热处理后钢中贝氏体区 HV 显微硬度值低于正火钢,钢的 V-型冲击功为 30 J,高于正火后钢 V-型冲击功(12 J),接近调质后的 V-型冲击功(40 J)。钎杆寿命试验得出,正火钢钎具平均钻孔进尺 10.78 m,亚临界热处理钢钎具平均钻孔进尺 108.30 m,可满足使用要求和替代调质处理钎杆。

关键词 40SiMnCrNiMo 高强度钢 钎具 亚温热处理 组织 机械性能

Effect of Subcritical Treatment on Structure and Properties of High Strength Steel 40SiMnCrNiMo for Rock Drill Tools

Xu Xiang, Ji Kejin, Wang Bin, Gao Lin and Fang Jun
(Daye Special Steel Co Ltd, Huangshi 435001)

Abstract The structure and properties of steel with three kinds heat treatment processes – quenched at 880 ℃ for 30 min oil cooling + tempered at 600 ℃ for 60 min air cooling, normalized at 860 ℃ for 30 min air cooling and two-phase region subcritical treated at 780 ℃ for 30 min air cooling, in order to get a simplified heat treatment process of 40SiMnCrNiMo for rock drill tools. The results showed that the HV microhardness value at bainite region of subcritical heat treated steel lowed than that of normalized steel and V- notched impact energy was 30 J higher than that of normalized steel (12 J) and approached to that of quenched and tempered steel (40 J). The test for service life of rock drill tools indicated that as compared with average 10.78 m drill pace of advance of normalized steel tool, the average drill pace of advance of subcritical treated steel tools was 108.30 m to meet the requirement of use and to be available to replace quenched and tempered drill tools.

Material Index High Strength Steel 40SiMnCrNiMo, Rock Drill Tool, Subcritical Heat Treatment, Structure, Mechanical Properties

新型高强度优质钎钢 40SiMnCrNiMo,在适当降低碳含量,代以多元合金为强化相^[1],使其具有优越的综合性能,但同时也增加了生产成本。本文从热处理工艺方面探讨一种高效简便的亚临界(亚温)热处理工艺,可在保证钎钢具有良好性能的前提下有效地降低生产成本。

1 40SiMnCrNiMo 钢的显微组织

试验钢由 430 kg 感应炉冶炼(表 1)。铸锭经开坯及轧制成 B22 中空钢管后供试验使用。在 Formastor-F 全自动相变仪上测定 40SiMnCrNiMo 钢的等温转变曲线,临界点为: $Ac_1 = 743 \text{ }^\circ\text{C}$; $Ac_3 = 824 \text{ }^\circ\text{C}$; $M_s = 297 \text{ }^\circ\text{C}$; $M_f = 182 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

从组织特征分析,40SiMnCrNiMo 钢调质后的组

织为回火索氏体,正火及亚温热处理后的组织均为马氏体 + 贝氏体(图 1)。后 2 种工艺(图 1b、c)的组织粗略划分虽属同一类型,但其形貌和马氏体与贝氏体所占比例各不相同,正火为片状马氏体和竹叶针状 + 少量粒状的贝氏体,亚温热处理为板条状马氏体 + 粒状贝氏体。测试 3 种工艺获得的不同组织的显微硬度值,见表 2。

正火、亚临界热处理 2 种工艺获得马氏体的 HV 显微硬度基本处于同一水平,所不同的是贝氏体的 HV 显微硬度。亚临界热处理贝氏体细小是提高韧性的主要原因。

调质处理后钢的断口以韧性断裂为主,伴有准解理;正火后钢的断口以准解理为主,伴有少量韧窝;亚温热处理后钢的断口形貌是穿晶韧性断裂,少数视场有塑性韧窝。

2 热处理对机械性能的影响

从常规机械性能试验结果(表 3)可见:正火工

表 1 试验用钢化学成分/%

Table 1 Chemical composition of test steel /%

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu
0.39	0.97	1.38	0.012	0.016	0.73	0.64	0.32	0.11

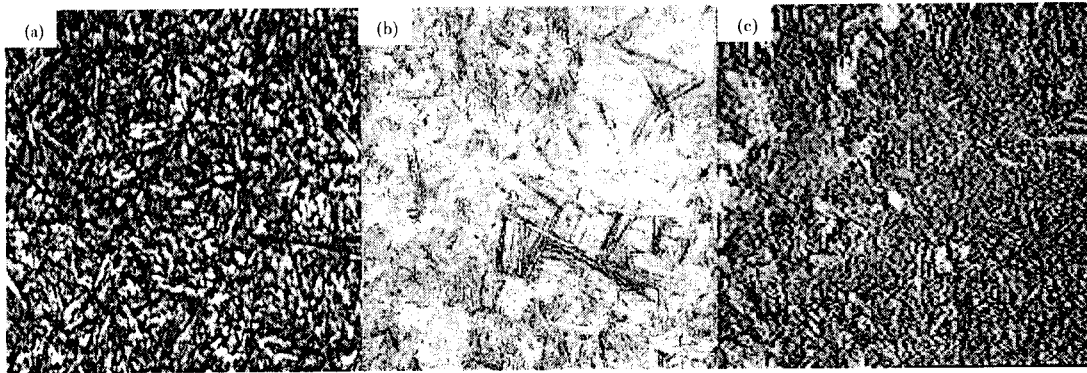


图 1 40SiMnCrNiMo 钢的显微组织 ×500:(a) 860 °C 30 min 油冷 + 600 °C 60 min 空冷;(b) 860 °C 30 min 空冷;(c) 780 °C 30 min 空冷
Fig. 1 Structure morphology of 40SiMnCrNiMo steel, ×500: (a) 860 °C 30 min oil cooling + 600 °C 60 min air cooling; (b) 860 °C 30 min air cooling; (c) 780 °C 30 min air cooling

表 2 不同工艺热处理的 40SiMnCrNiMo 高强度钢各组织的显微硬度

Table 2 Microhardness of each phase structure in high strength steel 40SiMnCrNiMo with different heat treatment process

热处理工艺	显微硬度(HV)		
	马氏体区	贝氏体区	索氏体
调质 860 °C 30 min 油冷, 600 °C 60 min 空冷			376.1
正火 860 °C 30 min 空冷	619.9	442.4	
亚温 780 °C 30 min 空冷	609.5	395.9	

表 3 不同工艺热处理的 40SiMnCrNiMo 高强度钢的机械性能

Table 3 Mechanical properties of high strength steel 40SiMnCrNiMo with different heat treatment processes

热处理工艺	σ_s / MPa	σ_b / MPa	δ / %	ψ / %	U 型冲 击功/J	V 型冲 击功/J	HRC 硬度值
860 °C 30 min 油冷 600 °C 60 min 空冷	1 085	1 210	15.0	50.8	52	40	37.5
880 °C 30 min 油冷 540 °C 60 min 水冷	1 280	1 480	13.0	39.0	30	18	44.5
860 °C 30 min 空冷	1 335	1 575	11.0	32.2	25	12	47.5
780 °C 30 min 空冷	1 090	1 290	14.0	32.5	44	30	40.0

艺处理后钢的强度和硬度高,相对应的塑性和韧性低,尤其是 V 型冲击韧性低,调质工艺处理后钢的强度和塑性、韧性指标好,具有最佳的综合性能,但中、小型钎具厂没有大型热处理设备,又因制钎工艺复杂、成本高,使小型钎具厂的钎杆调质工艺难以实施。通过亚温热处理工艺,即 780 °C 30 min 空冷的亚温处理工艺,40SiMnCrNiMo 钢的强度、冲击韧性均在调质和正火工艺之间,特别是钢的 V 型冲击功,比正火工艺提高 150%,可见,亚温热处理工艺可使该钢的强度处于最佳区间,具有良好的韧性。

3 热处理工艺对钎杆使用寿命的影响

同一炉钢材生产的钎杆,经正火和亚温热处理

后,在同一地点试钻,钎杆使用试验结果见表 4。

表 4 正火和亚临界处理的 40SiMnCrNiMo 高强度钢钎具寿命对比

Table 4 Service life comparison between normalized and subcritical treated high strength steel 40SiMnCrNiMo for drill tools

热处理工艺	岩石 坚固性 系数 f	单轴抗压 强度 σ_0 / MPa	平均钻孔 进尺/ m	断裂形式
860 °C 60 min 空冷	14 ~ 16	183.8	10.78	钎肩前非正常脆断
780 °C 60 min 空冷	14 ~ 16	183.8	108.30	疲劳断裂,部分钎杆仍可使用

由表 4 可见,经亚温热处理后的钎杆取得了最佳使用效果,平均钻孔进尺由普通正火 10.78 m 提高到 108.30 m,可替代淬-回火调质处理工艺。

4 结论

(1)780 °C 亚温热处理的 40SiMnCrNiMo 钢钎杆的冲击韧性接近调质钎杆,优于正火钎杆。亚温热处理的 B22 钎杆,平均钻进尺为 108.30 m,高于正火钎杆的平均进尺 10.78 m。

(2)亚温热处理工艺简化了 40SiMnCrNiMo 钢的工艺操作,降低了生产成本。

参考文献

1 方 军. 新型高强度优质钎杆的研制及工业试验. 冶钢科技,1998 (1):20

徐 翔(1966-),男,工程师,1990 年北京科技大学毕业,从事材料理化检测方法的试验和应用。

收稿日期:2006-06-05