

40CrNiMo合金钢锻件淬火冷却控制技术研究

■ 滕志强, 刘永, 李红梅, 胡胜天

热处理生产中使用全损耗系统用油淬火冷却存在两个主要问题: ①尺寸较大的工件, 油冷处理时出现硬度偏低, 力学性能不能满足技术条件的现象。②油冷处理劳动条件差、易引起火灾和污染环境。为了克服油冷处理的缺点和弊端, 出现了许多新型的淬火冷却介质, 其中以水基聚合物淬火冷却介质的应用最为广泛。从可持续发展和技术发展的角度看, 水基聚合物淬火冷却介质取代油也是一个必然趋势。

本文以40CrNiMo合金钢锻件为载体, 开展水基聚合物淬火冷却介质取代油冷的可行性研究。研究水基聚合物淬火冷却介质对锻件组织和性能的影响, 从而为其在热处理生产中的应用提供重要的技术参考。

一、试验材料及方法

1. 试验材料

(1) 40CrNiMo合金钢锻件 40CrNiMo合金钢的主要成分见表1, 采用模锻成形, 锻件最厚处为30mm。

(2) KR6480淬火冷却介质 KR6480淬火冷却介质是由聚烷撑乙二醇类有机聚合物(主要成

分)、抗腐蚀剂、杀菌剂和其他添加剂组成的高浓度溶液, 使用时稀释至合适的浓度。KR6480逆溶点为 $75^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。原液的特性数据, 如表2所示。

2. 试验设备

中温箱式电阻炉、KR智能型淬火介质冷却特性测试仪、手持式折光仪、50kN电子拉力试验机、持久试验机、金相显微镜等。

3. 试验方法

40CrNiMo锻件采用相同的正火和调质工艺, 只是淬火后采用不同淬火冷却介质冷却。测试各种状态锻件的组织和性能, 考察应用不同淬火冷却介质, 对锻件组织和性能的影响。

却特性数据, 如表3所示。

2. KR6480淬火冷却介质在不同液温下的冷却特性试验结果

测试8%、15%、30%、40%四种浓度的淬火冷却介质在 20°C 、 30°C 和 50°C 三种液温下的冷却特性数据, 如表4所示, 不同温度冷却曲线如图1所示。

3. 锻件组织和性能测试结果

(1) 锻件组织测试结果 不同热处理状态锻件的金相组织如图2~图6所示。各组锻件的组织均为典型的索氏体。

(2) 锻件性能测试结果 热处理后检测试件硬度和送检冲击和拉伸性能。检测结果如表5所示。

三、结果讨论与分析

1. 淬火冷却介质的冷却特性分析

随着KR6480淬火冷却介质浓度升高, 从8%升高到40%, 最大

二、试验结果

1. 不同浓度KR6480的冷却特性试验结果

不同浓度淬火冷却介质的冷

表1 40CrNiMo的化学成分(质量分数) (%)

元素	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Fe
含量	0.36~0.44	0.50~0.80	0.17~0.37	0.60~0.90	1.25~1.75	0.15~0.25	余

表2 KR6480水溶性淬火冷却介质(原液)特性数据

型号	pH值(5%)	外观(原液)	粘度典型值(10%)	使用温度/ $^{\circ}\text{C}$
KR6480	9.0~11.0	半透明粘稠液体	1.84	10~45

冷速从172.5℃/s降到80.0℃/s。300℃冷速也呈逐渐下降趋势，从71.49℃/s降到26.21℃/s，这说明浓度是影响KR6480冷却能力的主要因素之一，且随着浓度的增加，溶液的冷却能力逐渐下降。当浓度低于30%时，KR6480溶液在高温并没有出现明显的蒸汽膜阶段，随着浓度的增加，当溶液浓度达到40%时，在冷却特性曲线上才能观察到蒸汽膜阶段。浓度增加，冷却液的最大冷却速度和对流状态下的冷却速度降低。

当KR6480浓度为40%时，最大冷却速度为80.0℃/s，与淬火油的最大冷却速度78.9℃/s相当，但300℃时冷却速度为26.21℃/s，比油的9.5℃/s高出较多，这说明水溶性淬火冷却介质的低温冷速较快。

2. 使用温度对KR6480淬火冷却介质冷却能力的影响分析

图1中各图为每一种浓度的介质在不同温度下的冷却曲线对

比。从图中可以看出，淬火冷却介质液温低时，冷却能力较高，随着液温的升高，介质的冷却能力降低。生产应用中，温度范围主要取决于浓度、硬度要求和搅拌程度。对于相同的硬度，浓度高则温度可稍低，搅拌程度稍

大；浓度低则温度可稍高，搅拌程度稍小。

3. 淬火冷却介质对锻件组织和性能的影响

40CrNiMo为中碳合金钢，调质后的组织为索氏体。从图2~

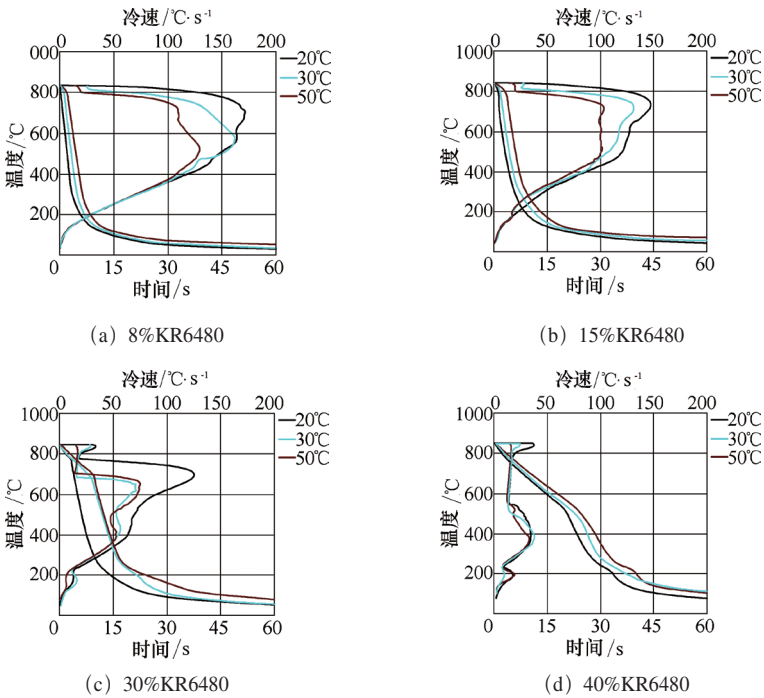


图1 8%、15%、30%、40%不同温度曲线

表3 不同浓度KR6480淬火冷却介质的冷却速度数据

温度/℃	淬火冷却介质											
	水		8% KR6480		15% KR6480		30% KR6480		40% KR6480		全损耗系统用油	
	时间/s	冷速/℃·s ⁻¹	时间/s	冷速/℃·s ⁻¹	时间/s	冷速/℃·s ⁻¹	时间/s	冷速/℃·s ⁻¹	时间/s	冷速/℃·s ⁻¹	时间/s	冷速/℃·s ⁻¹
600	3.8	201.85	2.3	172.34	2.1	125.68	5.3	96.78	12.7	77.93	12.7	32.2
500	4.4	202.31	3.0	141.51	2.9	132.46	6.5	74.00	14.2	50.74	14.4	77.4
400	5.0	157.81	3.6	128.24	3.8	88.22	7.9	68.85	16.9	35.56	16.2	53.0
300	5.8	93.2	4.8	71.49	5.4	47.01	9.8	39.59	20.1	26.21	20.2	9.5
200	7.4	41.66	6.9	28.79	8.5	23.80	13.9	20.30	29.7	6.04	48.1	2.4

注：不同浓度KR6480淬火冷却介质的液温均为30℃

表4 不同温度下淬火冷却介质的冷却特性数据

检测项目	检测结果											
浓度 (%)	8	15	30	40	8	15	30	40	8	15	30	40
温度/℃	20				30				50			
最大冷速/℃·s ⁻¹	173.6	147.6	125.4	37.1	163.7	132.1	71.2	38.2	131.7	102.8	74.9	32.7
300℃冷速/℃·s ⁻¹	70.41	47.47	36.77	26.43	69.96	39.68	33.65	26.22	69.09	37.33	33.81	24.70

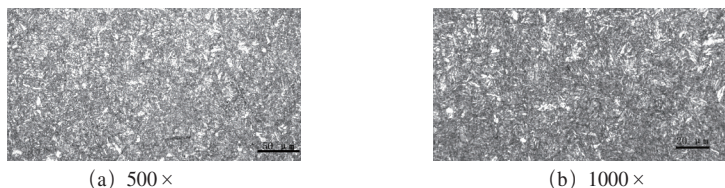


图2 油冷40CrNiMoA材料试件金相组织

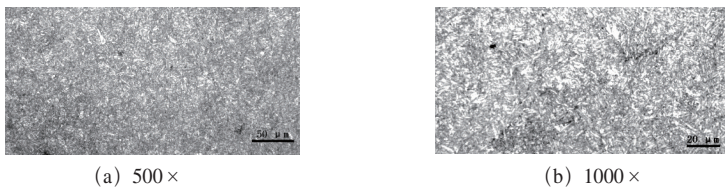


图3 8%KR6480冷却40CrNiMoA材料试件金相组织

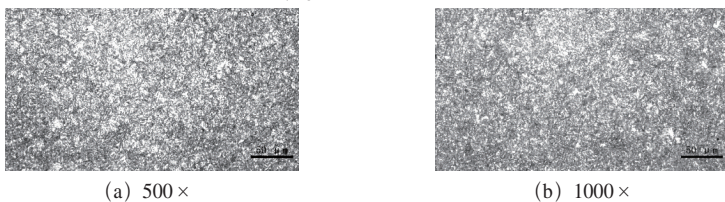


图4 15%KR6480冷却40CrNiMoA材料试件金相组织

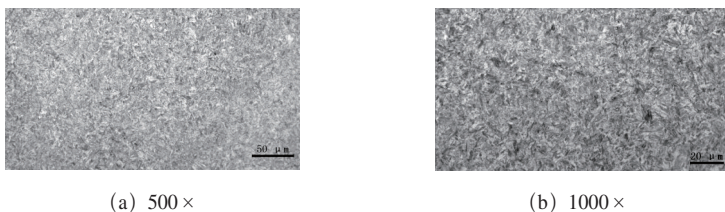


图5 30%KR6480冷却40CrNiMoA材料试件金相组织

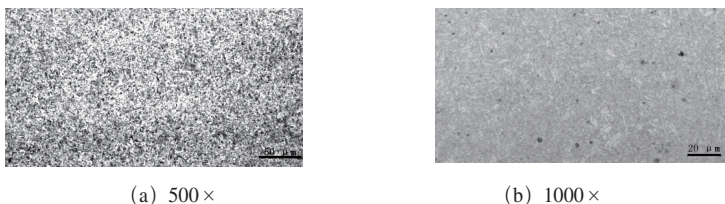


图6 40%KR6480冷却40CrNiMoA材料试件金相组织

图6可以看出,采用不同冷却方式淬火冷却后的锻件高温回火后的组织都为索氏体。从表5可以看出,淬火后不同冷却方式的锻件的各性能没有明显差别。这是因为材料的淬透性较好,并且试验过程中的装炉量少,试件都能完全淬透,所以试件组织和性能的差别不大。

四、结语

(1) KR6480淬火冷却介质的低温冷速较快,调节KR6480的浓度到40%,其最大冷速与油相当,但300℃冷速是油冷速的2.7倍。

(2) 8%、15%、30%和40%四种浓度的KR6480淬火冷却介质的冷却能力均高于全损耗系统用油的冷却能力。

(3) 锻件淬火后采用8%~40%的KR6480淬火冷却介质冷却,淬火冷却介质使用温度在20~30℃内,其他工艺参数不变,锻件性能与淬火后油冷时的力学性能相当。

表5 锻件拉伸和冲击试验结果

试样状态	抗拉强度 R_m /MPa	屈服强度 $R_{p0.2}$ /MPa	断后伸长率 A (%)	断面收缩率 Z (%)	硬度HB'D	冲击吸收能量 A_{KV} /J
油冷	1145	1055	16.5	62	3.26	97.0
	1144	1059	17.0	62	3.41	111.2
8%KR6480 冷却	1135	1037	17.0	64	3.30	91.8
	1160	1066	18.0	64	3.26	86.8
15% KR6480 冷却	1137	1053	17.0	62	3.29	86.8
	1196	1106	16.0	62	3.21	73.2
30% KR6480 冷却	1102	996	18.5	64	3.32	100.2
	1107	1010	18.5	62	3.32	97.2
40% KR6480 冷却	1102	1007	17.5	64	3.29	103.5
	1126	1027	16.5	62	3.30	93.4

作者简介:滕志强,高工,主要从事航空热处理技术工作。刘东,李红梅、胡胜天,中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司。