

# AQ251 水溶性淬火剂的应用

康希纯

(黑龙江北方工具有限公司北方双佳钻采机具有限公司, 黑龙江 牡丹江 157000)

**摘要:** 经油淬的大、中型合金钢钻具回火后力学性能达不到要求, 水淬工件易开裂, 水淬油冷又不易控制。通过试验, 采用 AQ251 水溶性淬火剂解决了问题。多年来的使用证明, AQ251 淬火剂性能稳定、耐用。

**关键词:** 合金钢钻具; 淬火介质; 力学性能

中图分类号: TG154.4

文献标识码: B

文章编号: 1008-1690(2008)06-0060-004

## Application of AQ251 Aqueous Soluble Quenchant

KANG Xi-chun

(North Shuangjia Boring Machine & Tool Co., Ltd., Heilongjiang North

Tool Co., Ltd., Mudanjiang 157000, Heilongjiang)

**Abstract:** With regard to the large or medium-size drilling rigs of alloy steels, if they are quenched in oil, their mechanical properties after being tempered will fail to meet the needs; if they are quenched in water, they are easy to crack; in addition, quenching them first in water and then in oil is difficult to be controlled. Based on trial, the problem has been solved by the utilization of AQ251 aqueous soluble quenchant. The utilization of AQ251 quenchant in years shows that it is stable in the performance and durable in the service.

**Key Words:** drilling rig of alloy steel; quenchant; mechanical property

### 1 淬火介质的选择

我公司以生产石油钻具为主, 工件外形如图 1 所示。石油钻具钻柱转换接头、稳定器等主要用钢为 40CrMnMo 和 4145H。在同系列钢中, 这两种钢都具有较高的淬透性, 但由于产品的尺寸、质量较大, 在采用传统的油淬时, 综合力学性能达不到技术要求, 同时易引起火灾。产品的技术要求和取样标准见表 1。如果水淬, 工件又极易开裂。水淬油冷工件质量不稳定。工件的淬透深度除取决于钢材的淬透性之外, 还与所采用的冷却介质、工件尺寸等有关<sup>[2]</sup>。

为解决调质件的综合力学性能和淬透深度及水淬易开裂等问题, 又配制了三乙醇胺、水玻璃和氯化钙等多种水溶液进行淬火试验, 但这些介质使用时易失效变质, 产品质量极不稳定, 经常出现淬裂现象。在这种情况下, 对好富顿有限公司生产的 AQ251 水溶性淬火介质进行了淬火试验, 取得了满

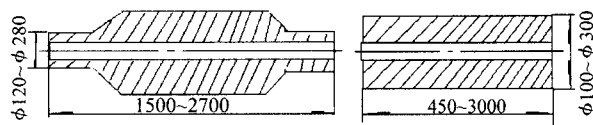


图 1 石油钻具示意图

Fig. 1 Sketch of drilling rig

表 1 石油钻具力学性能标准

Table 1 Mechanical property requirements for drilling rig

外径尺寸 /mm	$R_m$ /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	$A_4$ (%)	$A_{kv}$ /J	硬度 /HB
79.4 ~ 175	≥965	≥760	≥13	≥54	≥285
178 ~ 254	≥930	≥690	≥13	≥54	≥277

注: 力学性能拉伸试样和冲击试样均沿纵向切取, 试样中心线应距外表面 25 mm。或者在 D、Dt、Dn 区域内的中间壁厚处, 两者取小者

意的结果。这种淬火介质突出的优点是: 无毒、无腐蚀、不燃、冷速可调、淬裂倾向小。

### 2 在挖掘材料性能潜力中的作用

收稿日期: 2008-04-14

作者简介: 康希纯(1960-), 男, 河北安次人, 工程师, 主要从事热处理工艺、热处理生产及管理工作, 曾荣获国防科技技术二等奖。联系电话: 0453-6293742 13945328550

AQ251PAG 类高分子聚合物水溶性淬火介质,冷却曲线有三个阶段(见图 2):①蒸气膜阶段;②沸腾阶段;③对流阶段。可通过调节浓度来改变冷却曲线的特性温度,从而达到所需的冷却速度。最大冷速在 450~650℃ 之间,300℃ 以下的冷却速度较低。通过不同浓度的试验,确定了适合我公司产品淬火所需的浓度范围,在这个浓度范围内进行了不同尺寸试样的试验,试验结果见表 2,试样截面硬度分布见表 3,试样硬度检测点见图 3,试样材料均为 40CrMnMo 钢。

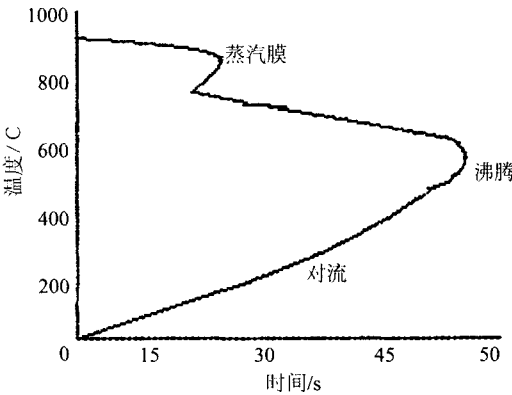


图 2 AQ251 淬火剂的冷却曲线图

Fig. 2 Cooling curve of AQ251 quenchant

表 2 40CrMnMo 钢钻具试样用 AQ251 水溶性介质淬火后的力学性能和显微组织  
Table 2 Mechanical properties and microstructures of specimens of 40CrMnMo steel quenched in AQ251 quenchant and tempered

序号	1	2	3	4	5	6	7
式样尺寸 /mm	φ174×φ89 ×600	φ270×φ75 ×600	φ260×φ76 ×600	φ249×φ76 ×600	φ135×φ50 ×600	φ235×400	φ145×500
淬火后表面 硬度/HRC	53~55	52~55	53~55	53~54	54~56	51~53	53~56
回火后表面 硬度/HB	331	302	320	315	308	340	307
回火工艺	590℃×3 h	590℃×6 h	590℃×5 h	590℃×5 h	590℃×2.5 h	590℃×5.5 h	590℃×3 h
回火后显 微组织	具有马氏体位向 的回火索氏体	均匀的回火 索氏体	均匀的回火 索氏体	均匀的回火 索氏体	均匀的回火 索氏体	均匀的回火 索氏体	均匀的回火 索氏体
力学 性能	$R_m$ /MPa	1120 950	995 1010	1020 1030	1070 1080	1010 1010	1030 1010
	$R_{p0.2}$ /MPa	1010 1010	865 870	865 875	940 955	860 855	890 870
	$A_{kv}$ /J	65 67	98 96	97 94	108 106	100 90	86 87
	$A_4$ (%)	18.0 18.5	19.5 19.5	19.5 20.0	21.0 21.5	19 19	21.0 19.5
	试样壁厚 中心硬度/HB	341	见表 3	301	310	325	见表 3

表 3 试样横截面硬度分布/HB

Table 3 Hardness profile in the cross section of specimens

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2 1	335	289	288	277	278	285	288	288	298
号 2	315	290	285	283	276	293	290	290	302
样 3	298	291	278	301	279	280	278	283	294
6 1	313	293	292	274	268	260	262		
号 2	297	298	290	274	265	259			
样 3	297	293	291	268	263	259			
4	311	297	286	269	264	265			
7 1	297	294	285	280	274				
号 2	298	297	296	286					
样 3	306	298	290	295					

试验结果表明,不同尺寸试样采用同一种浓度

AQ251 介质淬火时,按取样标准取样,检测各项力学性能均超过标准要求值,且没有开裂现象发生。所以,AQ251 淬火介质浓度选择恰当,适用于同钢种多种尺寸工件的淬火,能在使表面硬度达到较高值的同时,淬硬深度有很大的提高,且淬裂倾向小,较大程度地发挥出钢材的力学性能潜力。

3 AQ251 淬火介质适用钢种

多年来的使用情况表明,根据主产品用钢确定的 AQ251 淬火介质浓度范围也适用于其他钢种工件的淬火。根据所处理钢材的化学成分,并对其 TTT 图和 CCT 图等相关资料进行分析,采取相应的冷却方法和控制措施,以保证在 AQ251 淬火介质中淬火处理的工件符合技术要求。

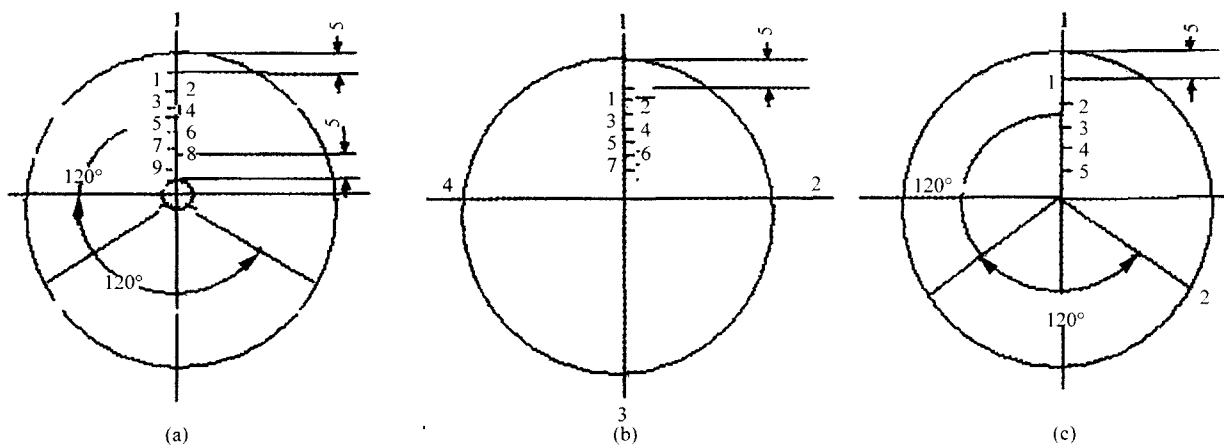


图3 试样的硬度测定点  
(a)2号试样 (b)3号试样 (c)7号试样

Fig. 3 Hardness test points in the specimens

(a) specimen No. 2 (b) specimen No. 3 (c) specimen No. 7

在过去的17年中,我公司用AQ251 淬火介质处理的产品批量较大的钢种有42CrMo、35CrMo、40CrNiMoA、40CrNiMoE、38CrMoAl、34CrNi3Mo、34CrNi4Mo、30Cr2Ni2Mo、25Cr2MoV、20Cr1Mo1VTiB、20CrMnSiNi2Mo、1Cr13、2Cr13、3Cr13,以及经渗碳的20CrMnMo 钢等。

### 3.1 40CrNiMoE 钢工件

表4 40CrNiMoE 钢工件用AQ251 介质淬火并回火后力学性能

Table 4 Mechanical properties of 40CrNiMoE steel quenched in AQ251 quenchant and tempered

热处理状态	$R_m$ /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	$A_4$ (%)	$A_{KV}$ / J	表面硬度/HB	淬火后表面硬度/HRC	试样尺寸/mm
回火 590 ℃ × 2 h	1080	975	20.5	94	342	54	$\phi 203 \times \phi 112 \times 400$
回火 590 ℃ × 2.5 h	1160	1030	19	82	342		$\phi 172 \times \phi 57 \times 600$
技术标准	$\geq 1050$	$\geq 910$	$\geq 14$	$\geq 64$	320 ~ 360		

### 3.2 20Cr1Mo1VTiB 钢工件

20Cr1Mo1VTiB 是高温螺栓用钢,资料介绍此钢都采用油淬。是否可以用AQ251 介质淬火,根据此钢的化学成分和连续冷却转变曲线(见图4,1~7 的冷却速度分别为20000℃/h、2000℃/h、1000℃/h、800℃/h、600℃/h、400℃/h 和200℃/h)分析此钢的特点:

(1)从碳和合金元素含量看,此钢属低碳、低合金钢,淬火组织绝大部分是板条马氏体。

(2)此钢  $M_s$  点较高(约350℃),淬火过程中可以做到减少畸变和防止开裂。

(3)从此钢 CCT 图可知,其珠光体转变曲线在750℃以上,且孕育期很长,即临界淬火冷却速

40CrNiMoE 钢具有较高的淬透性,一般资料都推荐油淬。与40CrMnMo 钢相比较,两种钢的含碳量,合金成分及含量,  $M_s$  点等基本相同。40CrNiMoE 钢的淬硬性稍逊于40CrMnMo 钢。因此,40CrMnMo 钢适用的浓度范围,40CrNiMoE 钢同样适用。试验结果见表4。

表4 40CrNiMoE 钢工件用AQ251 介质淬火并回火后力学性能

Table 4 Mechanical properties of 40CrNiMoE steel quenched in AQ251 quenchant and tempered

热处理状态	$R_m$ /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	$A_4$ (%)	$A_{KV}$ / J	表面硬度/HB	淬火后表面硬度/HRC	试样尺寸/mm
回火 590 ℃ × 2 h	1080	975	20.5	94	342	54	$\phi 203 \times \phi 112 \times 400$
回火 590 ℃ × 2.5 h	1160	1030	19	82	342		$\phi 172 \times \phi 57 \times 600$
技术标准	$\geq 1050$	$\geq 910$	$\geq 14$	$\geq 64$	320 ~ 360		

### 3.2 20Cr1Mo1VTiB 钢工件

20Cr1Mo1VTiB 是高温螺栓用钢,资料介绍此钢都采用油淬。是否可以用AQ251 介质淬火,根据此钢的化学成分和连续冷却转变曲线(见图4,1~7 的冷却速度分别为20000℃/h、2000℃/h、1000℃/h、800℃/h、600℃/h、400℃/h 和200℃/h)分析此钢的特点:

(1)从碳和合金元素含量看,此钢属低碳、低合金钢,淬火组织绝大部分是板条马氏体。

(2)此钢  $M_s$  点较高(约350℃),淬火过程中可以做到减少畸变和防止开裂。

(3)从此钢 CCT 图可知,其珠光体转变曲线在750℃以上,且孕育期很长,即临界淬火冷却速

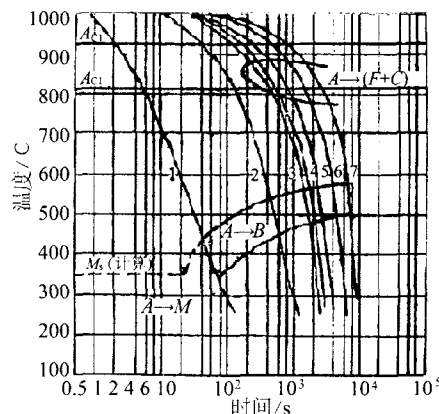


图4 20Cr1Mo1VTiB 钢连续冷却转变曲线<sup>[3]</sup>

Fig. 4 CCT diagram for 20Cr1Mo1VTiB steel<sup>[3]</sup>

度低,油淬即可得到马氏体和贝氏体组织。

如用 AQ251 介质代替油,提高冷却速度,增加淬火的马氏体量,有利于提高回火后的综合力学性能,这从表 5 的数据可以看出。

3.3 2Cr13 钢工件

2Cr13 属马氏体不锈钢,淬火组织为低碳板条马氏体,回火组织为保留马氏体位向的回火索氏体<sup>[4]</sup>。虽然空冷也可得到淬火马氏体组织,但回火抗力差,抗腐蚀能力降低,尤其是尺寸较大的工件。由过冷奥氏体连续冷却转变曲线图(图略)可知,此

钢的珠光体和贝氏体转变曲线远离纵坐标,而且珠光体转变曲线在 600℃ 以上。根据曲线图中的有关数据及对组织转变的分析,认为只要工件出液温度控制得当,用现有浓度的 AQ251 介质淬火,可避免工件开裂,取得良好结果。2Cr13 钢工件处理后的力学性能见表 6。

根据上述 3 种钢在 AQ251 淬火介质中淬火的结果,可以认为只要浓度选择得当,操作得当,这种淬火介质有着很广泛的应用范围。

表 5 20Cr1Mo1VTiB 钢用 AQ251 淬火介质淬火并回火后的力学性能

Table 5 Mechanical properties of 20Cr1Mo1VTiB steel quenched in AQ251 quenchant and tempered

热处理状态	$R_m$ /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	$A$ (%)	$Z$ (%)	$A_{kv}$ /J	表面硬度/HB	试样尺寸/mm
	930	790	18	66	73	286	
回火 700℃ × 7h	925	800	16	68	80	269	φ130 × 2000
	930	820	17	66	71		
技术标准	≥785	≥690	≥14	≥50	≥39	255 ~ 293	

表 6 2Cr13 钢用 AQ251 淬火介质淬火并回火后的力学性能

Table 6 Mechanical properties of 2Cr13 steel quenched in AQ251 quenchant and tempered

热处理状态	$R_m$ /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	$A$ (%)	$Z$ (%)	$A_{kv}$ /J	淬火后表面硬度/HRC	表面硬度/HB	试样尺寸/mm
回火 660℃ × 3.5h	815	675	24	66	76	47.5	249	φ126 × φ53 × 530
	815	680	23	63	100		246	
技术标准	≥800	≥650	≥21	≥60	≥50			

4 使用中应注意的问题

(1)要综合考虑主产品用钢的特点来选择适当的淬火介质浓度范围。

(2)若其他钢种要在已选定浓度范围的 AQ251 介质中淬火,则要对钢的化学成分及 TTT 图和 CCT 图等相关资料进行分析,了解这些钢的特点,采取相应的冷却方法和控制措施。

(3)了解和掌握淬火介质的特性温度和冷却特点,转变那种工件淬火时的终冷温度与淬火介质温度相同,才能充分发挥淬火介质优势的观念。

(4)淬火介质在使用过程中冷却性能会发生变化,这是因为淬火介质的有效成分的带出及聚合物断链而成为非有效成分。另外,外来物的污染及添加剂的增多都会影响折光仪的折光率。因此仅靠折光仪测量浓度并添加淬火剂原液进行调整是不够的,文献[5]中介绍了有效控制浓度的方法。我公司采用的措施是定期送样由供应商检测运动粘度和折光系数等数据,同控制淬火时工件的终冷温度相结合,从而有效地避免了冷却性能变化造成的影响。

(5)文献介绍,PAG 淬火介质不管如何使用和维护,都有必须做整槽更换的寿命周期,多数工厂是一年左右一换。长的是几年一换。我公司使用 AQ251

淬火介质已有 17 年之久,从使用至今,都是根据供应商提供的折光系数等数据,根据浓度需要添加淬火剂原液,从未整槽更换。为了防止淬火介质腐败变质,应加强管理,防止矿物油等污染物进入,保持淬火介质每日循环,定期清理淬火槽内氧化皮等杂物,使淬火介质保持清洁。

5 小结

大中型工件的淬火冷却,是制约钢材性能不能充分发挥的关键环节,AQ251 水溶性淬火介质在保证工件淬硬性的同时,能大大增加工件的淬硬深度,使较大尺寸工件的综合力学性能有很大程度的提高,而且工件淬火开裂倾向小,适用的钢种多,因此 AQ251 水溶性淬火介质是大中型工件淬火冷却的最佳选择之一。

参考文献

[1] 安运铮. 热处理工艺学[M]. 北京:机械工业出版社,1982.  
[2] 万嘉礼. 机电工程金属材料手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1990.  
[3] 王笑天. 金属材料学[M]. 北京:机械工业出版社,1988.  
[4] 康大钢,郭成熊. 工程用钢的组织转变与性能图册[M]. 北京:机械工业出版社,1992.  
[5] 张克俭,等. PAG 淬火液使用的变化规律[J]. 金属热处理, 1999,24(5):39-40.