热处理工艺对25CrMoRE钢组织及性能的影响

石晓霞[1]，张行刚[1]，田 伟[2]

（1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心，内蒙古 包头 014010；
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司，内蒙古 包头 014010）

摘 要： 文章制定了25CrMoRE钢热处理工艺方案，通过相关实验设备测定了热处理工艺对应下25CrMoRE屈服强度、抗拉强度、延伸率、冲击功、金相组织、夹杂物、晶粒度等技术指标，分析各项数据指标，探讨了热处理工艺对25CrMoRE钢组织及性能的影响规律。

关键词： 25CrMoRE；热处理；回火索氏体

中图分类号： TG113.25 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2017)03－0055－03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.03.016

Effect of Heat Treatment Process on Microstructure and Properties of 25CrMoRE Steel

SHI Xiao－xia[1], *ZHANG Xing－gang*[1], *TIAN Wei*[2]

(1. *Technical Center of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*;
2. *Steel Tube Co. of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*)

Abstract: In the paper, the heat treatment process scheme of 25CrMoRE steel is worked out. Under the corresponding of heat treatment process, the technical parameters of 25CrMoRE such as yield strength, tensile strength, elongation, impact energy, metallographic structure, inclusion and grain size are measured by the relevant experimental equipment; the data indicators are analyzed and the influence law of heat treatment process on microstructure and properties of 25CrMoRE steel is discussed.

Key words: 25CrMoRE; heat treatment; tempered sorbite

稠油是一种高粘度、高密度的原油[1]（国外将稠油统称为重质原油），常温下黏度很大，甚至为固体。稠油在我国石油资源储备中占30%以上，辽河油田、胜利油田、克拉玛依油田、中原油田及江汉油田稠油资源丰富[2]。国外加拿大、委内瑞拉、美国、印尼等国家稠油资源也非常丰富。由于稠油热采井的套损比率要远高于稀油开采过程中的套损率，大大增加了稠油开采的成本，API标准套管已远远不能满足稠油生产的需求，影响到油田的正常生产。近年来，油田倾向于采用专门针对稠油开采而特殊设计的非API稠油热采专用套管。目前国内天津钢管集团、宝钢、西姆莱斯等少数企业能够生产稠油热

收稿日期： 2017－02－06

作者简介： 石晓霞(1984－)，女，甘肃省陇南市人，硕士，高级工程师，现从事无缝管新产品开发及质量攻关工作。

中国知网 https://www.cnki.net

采专用套管。该类套管附加值较高、有较好市场前景。本文通过热处理工艺对25CrMoRE钢常规力学性能及组织影响的研究，进一步确定了能满足稠油热采工况条件要求的特殊级油套管。

1 实验材料及方法

材质为25CrMoRE，具体化学成分见表1。采用25 kg的中频炉冶炼，把冶炼的小钢锭切头切尾后一分为二，部分锻造成Φ25 mm的棒状(用于拉伸试验)，部分锻造成15 mm×80 mm的长条状板样(用于冲击试验及其它实验)。将锻造样进行去应力退火之后备用。

表1 化学成分(质量分数) %

钢种	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	RE
25CrMoRE	0.251	≤0.37	≤0.65	0.0160	0.007	≤1.0	≤0.2	适量

实验采用箱式电阻炉对试样进行加热及保温；淬火在水槽中进行，为保证试样淬火时能够均匀冷却，将试样快速放入水槽，同时进行搅动，并定期更换冷却水，保证冷却水温低于30 ℃。针对影响材料热处理后力学性能的4个参数，需对淬火加热温度、淬火保温时间、回火温度及回火保温时间进行确定。

2 实验室热处理工艺

淬火加热温度对于亚共析钢而言主要取决于钢的临界温度Ac_3，25CrMoRE淬火加热温度为(Ac_3 + 30) ~70 ℃。淬火保温时间是指工件热透时间和组织转变所需的时间，要保证工件内外各部分均完成组织转变。加热时间通常与钢的成分、原始组织、工件尺寸形状、加热介质及炉温等因素有关。根据经验公式$T = a \cdot K \cdot D$(T：加热保温时间，min；a：钢种系数，一般合金钢取1.5；K：装炉方式系数，箱式炉间隔装炉K = 1.3；D：试样的有效厚度)通过计算，试样保温时间为48 min。本试验中考虑到一是要达到奥氏体化温度，合金元素尽可能多的溶解以提高淬透性，二是为使实验室试验与生产接近，可考虑适当延长淬火保温时间。对调质钢而言，高温回火后可获得强度与韧性配合良好的综合性能，一般随着回火温度的升高，钢的强度、硬度降低，塑性增加，但考虑工业生产时对矫直温度的要求(矫直温度不低于450 ℃以保证套管的残余应力低)，回火温度设置在600 ~660 ℃以观察回火温度对性能的影响；回火时间不但要保证试样表里全部热透，而且要保证内部组织转变能充分进行，为保证性能的均匀及稳定，在不延长生产周期的同时，可适当加长回火时间，回火时间定为80 min。

2.1 CCT曲线测定

测定CCT曲线的试样取自15 mm×80 mm的长条状板样上，尺寸为Φ3 mm×10 mm的小圆柱体20个。通过FORMASTOR－F全自动相变仪进行测定，具体见图1所示。

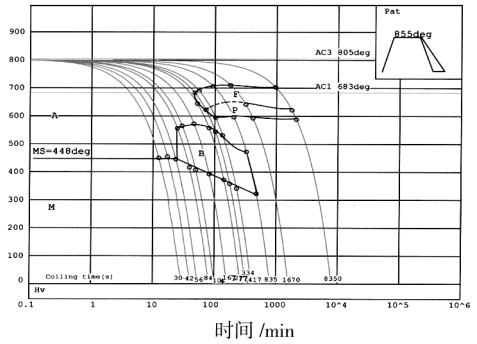


图1 25CrMoRE钢CCT曲线

2.2 热处理工艺

从图1可以得出，25CrMoRE钢的Ac_1为683 ℃，Ac_3为805 ℃，因此25CrMoRE的淬火温度应为880 ℃，保温60 min，回火温度为600 ~660 ℃，保温时间为80 min，具体热处理工艺见表2。

表2 实验钢的热处理工艺

编号	淬火温度/℃	加热时间/min	回火温度/℃	保温时间/min
1	880	60	600	80
2	880	60	620	80
3	880	60	640	80
4	880	60	660	80

中国知网 https://www.cnki.net

2.3　力学性能检验

将 Φ25 mm 的棒状样加工成标距(50 ± 0.13) mm的棒状拉伸试样,在规格为 15 mm × 80 mm的长条状板样上加工尺寸为 55 mm × 10 mm × 10 mm 的全尺寸冲击试样,拉伸试样在型号为 WAW - 600C 拉伸试验机上进行,冲击试验在 JBD - 300A 冲击试验机上进行,具体实验检验结果见表 3。

表 3　力学性能检验结果

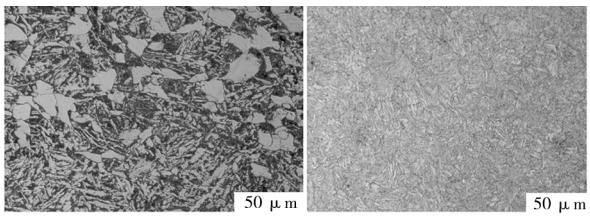
编号	$R_{t0.5}$/MPa	R_m/MPa	A/%	A_{KV}(纵向,0℃)/J			强塑积
1	915	985	16.5	80.0	78.0	98.0	16 253
2	880	955	17.5	88.0	104	84.0	16 713
3	825	905	18.5	115	133	106	16 743
4	795	870	18.5	96	78	80	16 095
技术要求[3]	800 ~ 980	≥880	≥16		≥83		

2.4　金相组织检验

调质处理后的试样用蔡司显微镜进行金相检验,其检验结果见表 4,轧态及调质后的金相组织见图 2 所示。

表 4　试验钢的金相检验结果

编号	夹杂/级				组织	晶粒度/级
	A	B	C	D		
1	0.5	1.5	0.5	0.5	索氏体	11
2	0.5	1.5	0.5	0.5	索氏体	11
3	1.0	2.5	2.5	0.5	索氏体	11
4	0.5	1.0	0.5	1.5	索氏体	11



(a) 轧态的金相组织　　(b) 调质处理后的金相组织

图 2　金相组织照片

3　结果分析与讨论

(1) 热处理后力学性能分析。在 880 ℃加热保温 60 min 水冷后,在 600 ℃回火时强度能达到技术要求,但冲击韧性偏低,在 620 ~ 640 ℃回火能达到钢种性能的设计要求,在 640 ℃回火时材料的综合性能较好,但是屈服强度略偏低。强塑积在 640 ℃回火时达到最大值,表明 25CrMoRE 钢在此温度下有良好的强韧比,再有考虑到实际生产钢管回火后需要进行热矫直以降低矫直后管子的残余应力,所以材料在 640 ℃回火较合理;

(2) 热处理后金相组织的分析。从表 4 检验结果看,晶粒度细小,说明淬火温度和淬火时间合理,在给定的回火工艺下能够获得回火索氏体;但是夹杂物特别是氧化物夹杂较严重,这主要是由于小炉冶炼设备局限导致夹杂物控制技术实施困难。轧态的 25CrMoRE 组织为铁素体 + 珠光体 + 贝氏体,调质后的金相组织为回火索氏体。

4　结束语

回火温度升高,屈服强度与抗拉强度明显走低,塑性增加,冲击韧性变化规律不太明显,640 ℃回火时强塑积达到最大值,因此该回火温度被认为是最佳回火温度;回火温度对组织、晶粒度影响不太明显,但相较于轧态组织,调质后可获得性能稳定良好的回火索氏体组织。

参　考　文　献

[1] 卢小庆. 高强度热采井专用套管 TP100H 的开发[J]. 钢管,2001,36(10):30 - 31.
[2] 路利军. 稠油热采井套管柱强度设计方法研究[J]. 石油天然气学报,2009,31(2):364.
[3] API SPEC 5CT,套管和油管规范(9 版)[S].

中国知网　https://www.cnki.net