27SiMn液压支架用无缝钢管热处理工艺研究*

贾冬梅,余泽金,康 虹,裴福莉,罗忠辉,石 龙

(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: 文章研究了不同调质工艺对27SiMn液压支架用无缝钢管力学性能的影响。结果表明,在580~680 ℃温度范围内回火,随着回火温度升高,27SiMn试验钢的屈服强度和抗拉强度逐渐下降,冲击功和延伸率呈上升趋势;在610~630 ℃回火时,综合力学性能满足用户技术协议要求,批量化生产,性能稳定。

关键词: 27SiMn; 调质工艺; 回火温度; 强度

中图分类号: TG162.8+4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)01-0066-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.01.019

Study on Heat Treatment Technology of 27SiMn Seamless Steel Tube for Hydraulic Support

Jia Dong-mei, Yu Ze-jin, Kang Hong, Pei Fu-li, Luo Zhong-hui, Shi Long

(*Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the effects of different hardening and tempering technologies on mechanical properties of 27SiMn seamless steel tube for hydraulic support are studied. The results showed that the yield strength and tensile strength of 27SiMn test steel were gradually decreasing as well as its impact work and elongation were on the rise with temper temperature increased within the range of 580~680 ℃; the comprehensive mechanical properties could meet the requirements of user's technology agreement, batch production was realized and performances were stable when temper temperature was 610~630 ℃.

Key words: 27SiMn; hardening and tempering technology; temper temperature; strength

我国煤炭储量丰富,产量居世界第一位。随着机械化采煤技术的不断进步,综合开采技术不断推广应用,液压支架需求量越来越大。液压支柱是用于支撑和控制煤矿井顶板,防止顶棚崩落,保证井下人员安全作业的支护设备,它的缸体和柱塞采用无缝钢管制作[1]。27SiMn钢是生产液压支架用无缝钢管的主要钢种,具有较高的强度和耐磨性,并有一定韧性,淬透性较高,切削加工性能良好。

1 力学性能

包钢近年来生产的液压支架用无缝钢管27SiMn,交货状态为轧态、退火态和调质态三种,以轧态交货较多[2]。27SiMn液压支柱用热轧无缝钢管执行标准为GB/T 17396—2009[3],某用户向包钢采购液压支架用27SiMn热轧无缝钢管,以调质态交货。GB/T 17396—2009标准及用户对力学性能要求见表1。

* 收稿日期: 2020-12-17

作者简介: 贾冬梅(1988-),女,河北省张家口市人,硕士,工程师,现从事无缝钢管新产品研发及相关工作。

表 1　27SiMn 钢管力学性能

要求	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	延伸率/%	冲击功/J	硬度 HBW
用户	750 ~ 830	650 ~ 730	≥16	≥39(-20 ℃)	210 ~ 260
GB/T 17396	≥980	≥835	≥12	≥39(室温)	≤217

2　试验材料和方法

2.1　试验材料

本试验所用的试验钢为包钢生产的 27SiMn 钢无缝管，规格 Φ159 mm × 12.5 mm。钢管的化学成分见表 2。

表 2　27SiMn 钢的成品化学成分(质量分数)　%

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo
试验钢	0.305	1.28	1.27	0.013	0.006	0.029			
GB/T 17396	0.24 ~ 0.32	1.10 ~ 1.40	1.10 ~ 1.40	≤0.035	≤0.035	≤0.30	≤0.30	≤0.20	≤0.15

2.2　热处理试验

根据用户的交货条件及力学性能要求，需对试验钢进行调质热处理试验，根据经验公式[4] Ac_3、Ac_1 计算得到 Ac_3 = 880 ℃、Ac_1 = 710 ℃，制定淬火温度为 920 ℃。920 ℃ 淬火可以使其完全奥氏体化，在不使奥氏体晶粒过分长大的前提下，使碳和其他合金元素充分固溶于奥氏体，保证试验钢的淬透性，截面性能均匀一致。回火温度分别 580 ℃、610 ℃、630 ℃、650 ℃ 及 680 ℃。根据实验室热处理炉况及试样尺寸，具体热处理工艺参数见表 3。

表 3　27SiMn 热处理工艺制度

编号	淬火温度 /℃	保温时间 /min	回火温度 /℃	保温时间 /min
工艺 1	920	40	580	70
工艺 2	920	40	610	70
工艺 3	920	40	630	70
工艺 4	920	40	650	70
工艺 5	920	40	680	70

3　试验结果与分析

根据热处理工艺在淬火炉及回火炉对试验钢进行调质处理，热处理后的 27SiMn 力学性能见表 4，回火温度对强度、延韧性及硬度影响见图 1、图 2 和图 3。

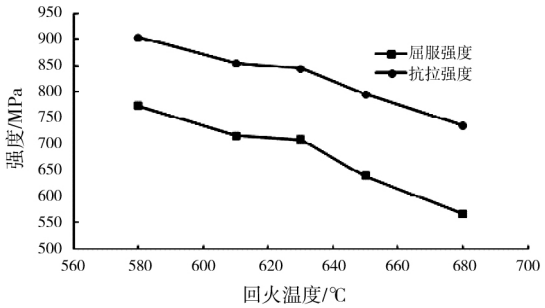


图 1　回火温度对强度的影响

表 4　试验钢 27SiMn 力学性能

编号	$R_{p0.2}$ /MPa	R_m /MPa	A/%	冲击功(-20 ℃) /J	硬度 HBW
1	750,795	883,922	19.0,17.0	64.8,62.7,61.0	272,274,274
2	712,720	853,854	19.5,19.5	73.6,72.1,72.7	244,246,249
3	707,710	840,847	21.0,20.0	81.7,75.8,76.4	245,241,241
4	651,627	803,786	18.0,18.5	86.1,89.2,94.3	239,240,241
5	577,557	741,730	20.0,21.0	98.9,81.7,89.7	226,228,228

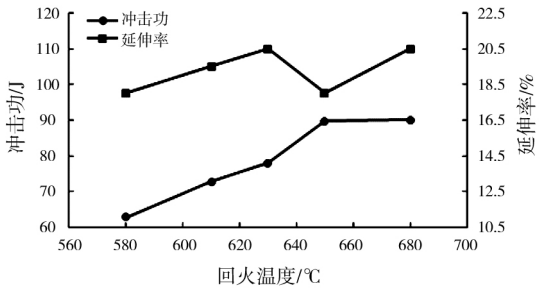


图2 回火温度对延韧性的影响

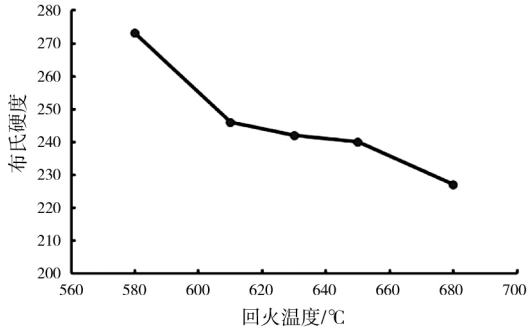


图3 回火温度对硬度的影响

从图1、图2和图3可以看出，随着回火温度升高，试验钢27SiMn的屈服强度和抗拉强度呈下降趋势，冲击功和延伸率呈小幅上升趋势。考虑用户对强度上下限范围为80 MPa，当回火温度过低(小于等于610 ℃)，抗拉强度就会超出用户协议要求的上限(屈服强度：730 MPa，抗拉强度：830 MPa)，当回火温度过高(大于等于650 ℃)，强度就会超出用户协议要求的下限(屈服强度：650 MPa，抗拉强度：750 MPa)。从图上看回火温度在610～630 ℃之间，强度基本满足用要求，回火温度调整窗口较窄。同时，在该温度区间内，延伸率、冲击功及硬度基本满足用户要求。

回火温度对强度产生这种影响主要是因为随着回火温度升高，过饱和C原子从α固溶体中不断析出，C原子的固溶强化效应不断下降，使得强度降低[5]；钢中合金碳化物数量增加并逐渐聚集、长大，对位错运动阻碍作用大大减弱，使强度急剧降低。回火过程中马氏体板条内部、板条边缘和奥氏体晶界上析出碳化物，其中在马氏体板条内部有大量弥散析出的ε－碳化物质点，并开始逐渐聚集为片状渗碳体。当回火温度逐渐升高的过程中，马氏体中析出的细小粒状渗碳体易于向马氏体晶界聚集，粒状渗碳体开始球化和聚集长大，加上α固溶体因回复、再结晶所引起的软化是屈服强度和抗拉强度降低而伸长率断面收缩率增加的主要原因[6-7]。

为了保证钢管经热处理后的拉伸性能、冲击性能和表面布氏硬度达到较好的匹配，同时满足用户技术协议要求以及批量化供货，试验用钢最佳的工业试制热处理工艺为：920 ℃保温50 min后水淬＋620 ℃保温70 min后空冷。

4 批量生产供货情况

根据实验室不同回火温度热处理工艺研究，现场对液压支架用27SiMn钢进行了批量化生产，生产规格为Φ133 mm×10 mm和Φ178 mm×12 mm。轧态管在包钢钢管公司Φ180 mm机组热处理炉进行调质处理，根据试验研究结果将现场热处理工艺参数制定为：淬火炉加热段温度890 ℃，淬火炉保温段温度920 ℃，生产节奏为50 min，淬火采用内喷＋外淋的水冷方式进行，内喷水量不低于850 m^3/h，外淋水量不低于2 200 m^3/h，内喷时间为20 s，外淋时间为24 s，要求内喷开始时间需延后外淋开始时间5 s；回火炉加热段温度为610 ℃，保温段温度为620 ℃，生产节奏为70 min，出炉后空冷。为了保证加热均匀性，淬火炉和回火炉采用隔一装一的布料方式。热处理后对现场3批样管进行检测，力学性能见表5，非金属夹杂物及组织见表6，金相组织见图4。

表5 试验钢27SiMn力学性能

编号	$R_{p0.2}$/MPa	R_m/MPa	A/%	冲击功(－20 ℃)/J	硬度HBW
054批	680,676	821,820	20.0,20.5	64.0,62.0,64.0	247,245,247
053批	675,675	818,818	19.5,19.5	82.0,72.0,78.0	243,246,246
043批	685,685	819,819	21.0,21.0	60.0,64.0,62.0	240,241,241

表 6　工业试制钢管的金相组织

编号	A 类		B 类		C 类		D 类		晶粒度	金相
	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系
054 批	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	9.0	$S_{回}$
053 批	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	9.0	$S_{回}$
043 批	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.5	$S_{回}$

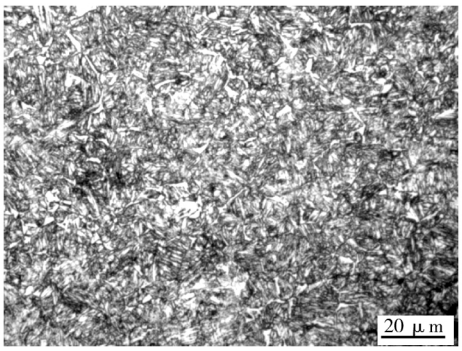


图 4　金相组织

从表 5 和表 6 看出，工业试制钢管的各项性能均满足用户协议要求。强度均在上下限范围内，延伸率均大于 12%，钢管晶粒度细小组织均匀，为回火索氏体。

5　结论

(1) 随着回火温度升高，强度呈逐渐下降趋势，延伸率和冲击功呈上升趋势；当温度在 610 ~ 630 ℃ 内，屈服强度在 650 ~ 730 MPa，抗拉强度在 750 ~ 830 MPa，延伸率均大于 12%，- 20 ℃ 冲击功大于 39 J。

(2) 试验研究结果表明，最佳热处理工艺制度为 920 ℃(保温 50 min) 水淬 + 620 ℃(保温70 min) 空冷。

(3) 工业试制及批量生产结果表明，实验室研究与现场热处理工艺匹配性较好，现场批量化生产的产品性能稳定，组织均匀细小，非金属夹杂物含量低，晶粒度为 9.0 级。

参　考　文　献

[1] 张太超，彭竹琴. 27SiMn 钢临界温度淬火高温回火后的力学性能 [J]. 金属热处理，2003，(5)：32 - 34.

[2] 李安铭，王向杰，黄丽娟，等. 淬火工艺对 27SiMn 钢组织和性能的影响 [J]. 矿冶工程，2007，27(4)：81 - 83.

[3] GB/T 17396—2009，液压支柱用热轧无缝钢管 [S].

[4] 林慧国，付代直. 现代热处理技术 [M]. 北京：兵器工业出版社，1996.

[5] 张朝磊，蒋波，赵帆，等. 27SiMn 钢相变规律与强韧化热处理 [J]. 材料热处理学报，2014，35(S2)：107 - 111.

[6] 强强，麻永林，王文君，等. 热处理工艺对 27SiMn 钢组织及力学性能的影响 [J]. 内蒙古科技大学学报，2014，33(2)：136 - 139.

[7] 惠卫军，董瀚，翁宇庆，等. 回火温度对 Cr - Mo - V 系高强度钢力学性能的影响 [J]. 金属学报，2002，38(10)：1009.