A333 Gr. 6 低温用无缝钢管热处理工艺对比研究

邬占飞[1],郭志文[1],米永峰[1],孙文秀[1],崔利霞[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010;
2. 包头市钢兴实业(集团)华丰管业有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要:通过对比实验,研究分析了“正火+回火”和“正火”两种热处理工艺处理后A333 Gr. 6低温用无缝钢管的金相组织及力学性能指标,实验结果表明A333 Gr. 6低温用无缝钢管正火后能够满足标准要求,降低了制造成本,增强了企业竞争力。

关键词:A333 Gr. 6;低温用无缝钢管;正火
中图分类号:TG156 **文献标识码**:B **文章编号**:1009-5438(2020)04-0044-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.04.012

Comparative Study on Heat Treatment Process of A333 Gr. 6 Seamless Steel Tube at Low Temperature

Wu Zhan-fei[1], *Guo Zhi-wen*[1], *Mi Yong-feng*[1], *Sun Wen-xiu*[1], *Cui Li-xia*[2]

(1. *Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region*, *China*;
2. *Huafeng Pipe Co., Ltd. of Baotou Gangxing Industry (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region*, *China*)

Abstract: The metallographic structure and mechanical properties of A333 Gr. 6 seamless steel tube at low temperature with such two heat treatment processes as “normalizing + tempering” and “normalizing” are studied and analyzed through comparative experiments. The experimental results showed that the A333 Gr. 6 seamless steel tube at low temperature with normalizing could meet the standard requirements so that the manufacturing costs were reduced and competitiveness of enterprise was enhanced.

Key words: A333 Gr. 6; seamless steel tube at low temperature; normalizing

低温无缝钢管主要用于以石油、化工、天然气和煤炭为原料的乙烯、丙烯、尿素、合成氨、氮、磷、钾复合化肥及医药工业中的洗涤、净化、脱硫和脱脂等生产设备,以及深冷设备制造业、超低温冷库、输送超低温液化气体管道及其管部件。国际上低温无缝钢管体系以ASTM A333/A333M为代表,适用于低至-196 ℃的低温环境[1]。目前国际上低温无缝钢管的生产和验收多采用美标,国内设计也多参照美标。美标9个牌号低温管中,Gr. 6广泛用于石化行业及低温高寒地区的流体输送,美欧市场年需求量在2万t以上[2]。A333 Gr. 6钢属于美国ASTM A333/A333M标准,是无镍低温钢管,是一种采用铝脱氧的细晶粒

收稿日期:2020-05-08
作者简介:邬占飞(1984-),男,内蒙古包头市人,工程师,现从事无缝钢管技术研究工作。

中国知网 https://www.cnki.net

低温韧性钢,其金相组织为体心立方的铁素体。通常以正火或正火加回火状态交货。目前内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司(以下简称钢管公司)生产 A333 Gr. 6 钢级低温无缝钢管,以正火加回火状态交货,生产成本比较高,影响设备有效作业率。

1　试验材料及方法

1.1　试验材料

试验钢采用的原料为钢管公司 Φ460 mm 作业区轧制 5 种规格为 Φ273 mm × 9.27 mm、Φ355.6 mm × 9.53 mm、Φ323.8 mm × 10.31 mm、Φ406 mm × 10.5 mm、Φ457 mm × 19.05 mm 的 12Mn 热轧无缝管料,其制造工艺为铁水预处理→顶底复吹转炉冶炼→LF 炉精炼→VD真空处理→连铸缓冷→管坯加热→穿孔→连轧→张减机→冷床冷却,钢管化学成分要求见表 1。

表 1　12Mn 钢的化学成分(质量分数)　%

C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Mo	Ni
0.08 ~ 0.12	0.20 ~ 0.35	1.00 ~ 1.25	≤0.020	≤0.015	0.15 ~ 0.25	0.02 ~ 0.05	≤0.12	≤0.40

1.2　试验设备及方法

1.2.1　试验设备

试验设备选用的华丰管业步进式加热炉,正火炉最高加热温度 1 100 ℃,回火炉最高加热温度 850 ℃。正火炉炉子主要尺寸为炉内长度 12 700 mm,炉子内宽 14 000 mm,正火炉沿炉长分为加热段和保温段,加热段和保温段沿炉宽方向又分为 4 个区段进行燃烧和温度控制,共计 8 个控制端,炉温控制精度 ±5 ℃;回火炉炉子主要尺寸为炉内长度19 900 mm,炉子内宽 14 000 mm,回火炉沿炉长分为加热一段、加热二段和保温段供热,沿炉宽方向每段布置 16 套烧嘴进行燃烧控制和温度控制,炉温控制精度 ±5 ℃。

1.2.2　试验方法

设计正火工艺以替代正火加回火工艺,从热处理后所得的试验数据分析与目标值比对,以试验结果判断工艺制度是否满足生产要求,力学性能目标值见表 2。

表 2　A333 Gr. 6 力学性能目标值

屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	冲击功(45 ℃)/J
≥240	≥415	≥30	≥18

2　试验结果及分析讨论

2.1　正火加回火

正火温度 900 ℃,回火温度 595 ℃,5 种规格在不同的加热保温时间下,回火出炉空冷后分别在两支钢管上取样,不同规格的加热保温时间及试样编号见表 3,力学性能值见表 4。

表 3　不同规格加热保温时间及试样编号

试样编号	规格/(mm × mm)	正火加热保温时间/min	回火加热保温时间/min
1#、2#	Φ273 × 9.27	55	80
3#、4#	Φ355.6 × 9.53	55	83
5#、6#	Φ323.8 × 10.31	60	96
7#、8#	Φ406 × 10.5	55	83
9#、10#	Φ457 × 19.05	100	150

中国知网　https://www.cnki.net

表4 A333 Cr.6 力学性能结果

试样编号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	冲击试验温度/℃	冲击功/J
1#	319	464	44	-48	202 184 195
2#	321	457	46	-48	200 182 195
3#	309	450	39	-48	172 174 177
4#	328	463	44	-48	154 184 169
5#	304	449	46	-45	176 198 182
6#	314	458	47	-45	170 164 178
7#	324	477	46	-45	194 212 191
8#	316	472	47	-45	220 218 218
9#	294	462	37	-45	270 258 265
10#	312	476	36	-45	224 226 246

从表4可以看出,材质12Mn,规格外径从273~457 mm,壁厚从9.27~19.05 mm,在正火加回火热处理工艺下,各项性能指标均符合ASTM A333/A333M标准要求。

2.2 正火

正火温度900 ℃,5种规格在不同的加热保温时间下,正火出炉空冷后分别在两支钢管上取样,不同规格的加热保温时间及试样编号见表5,力学性能值见表6。

表5 不同规格加热保温时间及试样编号

试样编号	规格/(mm×mm)	正火加热保温时间/min
11#、12#	Φ273×9.27	55
13#、14#	Φ355.6×9.53	55
15#、16#	Φ323.8×10.31	60
17#、18#	Φ406×10.5	55
19#、20#	Φ457×19.05	100

表6 A333 Cr.6 力学性能结果

试样编号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	冲击试验温度/℃	冲击功/J
11#	311	455	44	-48	200 202 184
12#	301	438	43	-48	202 200 182
13#	314	459	43	-48	196 198 194
14#	349	476	44	-48	200 196 190
15#	302	453	50	-45	274 238 226
16#	319	454	49	-45	284 278 252
17#	299	441	46	-45	230 228 238
18#	308	450	47	-45	246 218 274
19#	309	457	55	-45	143 120 147
20#	296	453	54	-45	138 136 218

从表6可以看出,材质12Mn,规格外径从273~457 mm,壁厚从9.27~19.05 mm,在正火热处理工艺下,各项性能指标均符合ASTM A333/A333M标准要求,且屈服强度、抗拉强度及延伸率略高于正火加回火态,部分规格冲击值远远高于正火加回火态。

2.3 金相组织对比分析

选取规格Φ323.8 mm×10.31 mm钢管在以上工艺制度正火后及正火加回火后分别取样分析金相组织,显微电镜下见图1、图2,扫描电镜下见图3、图4。

中国知网 https://www.cnki.net

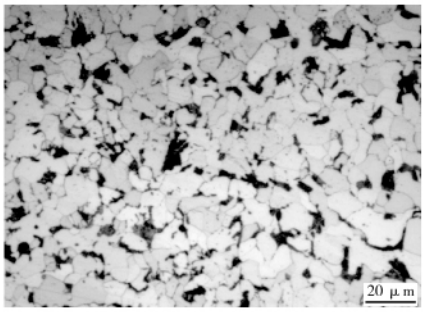


图 1　正火加回火态电子显微组织

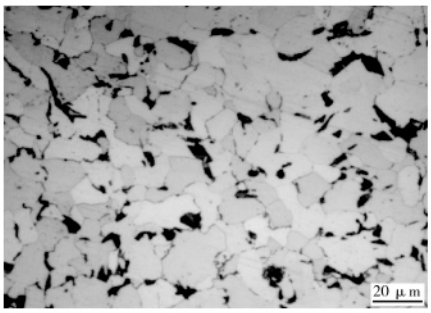


图 2　正火态电子显微组织

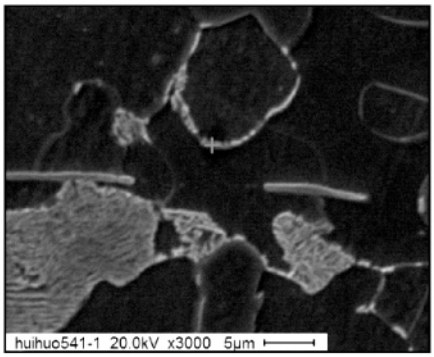


图 3　正火加回火态 SEM 照片

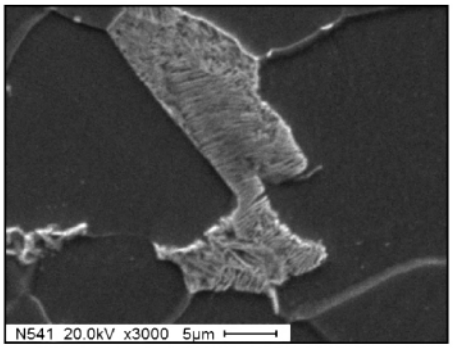


图 4　正火态 SEM 照片

从图 1、图 2 可以看到，正火态及正火加回火态的显微组织晶粒度明显有差异，正火加回火态的晶粒比较细小，组织均为 F + P。从图 3、图 4 可以看到，正火加回火态组织，在晶界处有部分碳化物析出，使材料强度增加，冲击性能有所降低。

A333 Gr. 6 钢级低温用无缝钢管在 ASTM A333/A333M标准中规定，加热温度不低于 815 ℃在空气中或在可控气氛炉冷却正火后，按制造厂的意见可以进行回火，并没有强制规定必须进行回火。通过以上试验数据证明，A333 Gr. 6 钢级低温用无缝钢管正火后性能已经满足 ASTM A333/A333M标准要求，可以不进行回火处理。

3　结论

(1) 900 ℃正火或 900 ℃正火加 595 ℃回火，材质为 12Mn 低温用无缝钢管组织均为 F + P，比较均匀，正火加回火态的晶粒比较细小。

(2) 低温用 A333 Gr. 6 钢级无缝钢管，在 900 ℃下正火，各项性能指标均可满足 ASTM A333/A333M 标准要求，不需要再进行回火处理，降低了制造成本，提高市场竞争力。

参　考　文　献

[1] ASME 锅炉及压力容器委员会压力容器分委员会. ASME 锅炉及压力容器规范，国际型规范材料 A 篇[M]. 北京: 中石化出版社，2004.

[2] GB/T 8163—2008，输送流体用无缝钢管[S].

中国知网　https://www.cnki.net