Q345B高压化肥管中魏氏组织消除的实践应用*

康 虹,邬占飞,郭志文,姜海龙,詹 飞,张程远

(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: 文章针对Q345B高压化肥管纵向冲击性能不合格的问题,采用金相显微镜对其组织进行微观分析,发现造成冲击性能不合的原因是组织中存在大量的魏氏组织。采用正火热处理工艺对样管进行处理,结果表明:采用正火处理可以将钢中的魏氏组织消除,且纵向冲击功大于120 J,达到GB 6479—2013标准中冲击下限值的3倍。

关键词: Q345B高压化肥管;魏氏组织;正火;冲击性能

中图分类号: TG142.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)03-0054-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.03.015

Practical Application of Eliminating Widmanstatten Structure in Q345B High Pressure Fertilizer Pipe

Kang Hong, Wu Zhan-fei, Guo Zhi-wen, Jiang Hai-long, Zhan Fei, Zhang Cheng-yuan

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

Abstract: In this paper, it is introduced the micro analysis of microstructure for Q345B high pressure fertilizer pipe with metalloscope aiming at the problem of its unqualified longitudinal impact property and found out its cause is the existence of a large number of Widmanstatten structure. The sample tube was treated with the heat treatment of normalizing process and the results showed that the Widmanstatten structure in steel could be eliminated by normalizing treatment as well as the longitudinal impact energy is greater than 120 J, reaching 3 times of the lower limit value of impact in standard GB 6479-2013.

Key words: Q345B high pressure fertilizer pipe; Widmanstatten structure; normalizing; impact properties

高压化肥管为优质碳素钢和合金钢无缝管,主要用于工作温度为-40~400 ℃、工作压力为10~32 MPa的化工设备和管道,应具有良好的综合力学性能。目前内蒙古包钢钢联股份有限公司按GB 6479—2013标准[1]生产的Q345B高压化肥管,以正火态交货,经常出现产品纵向冲击性能不合格、冲击功波动大等问题。针对该问题,对产品的各项性能进行分析研究,发现组织中存在的魏氏组织是造成纵向冲击性能不合、冲击功波动大的主要原因[2]。因此,本文重点研究性能不合钢管的显微组织形貌,采用合理的热处理工艺消除魏氏组织,使钢管的综合力学性能满足标准要求。

1 试验方法

1.1 试验材料

文章选用冲击性能不合格、冲击功波动大的样

* 收稿日期:2021-05-06

作者简介:康 虹(1989-),女,内蒙古包头市人,硕士,工程师,主要从事钢管产品研发和工艺优化工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

管为试验用管，批号为 1912410771，炉号为 19709308，规格为 Φ457 mm × 17 mm 的 Q345B(16MnTi－2)高压化肥管，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→定径→冷床冷却。样管化学成分要求见表 1。

表 1　Q345B(16MnTi－2)钢的化学成分(质量分数)　　%

标准	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Nb	Ni	P	S
GB/T 6479—2013	0.12～0.20	0.20～0.50	1.20～1.70	≤0.030	≤0.01	≤0.15	≤0.07	≤0.50	≤0.025	≤0.015

1.2　试验样管初始性能分析与讨论

选取 2 根冲击性能不合样管，试样编号分别为 1#、2#。其热处理工艺为 900 ℃正火处理，对其取样进行力学性能、金相组织分析。

试验样管的力学性能与标准要求对比数据见表 2，可以看出，除纵向冲击功波动大且低于标准值外，其余力学性能均能满足标准要求。史小荣、汤海芳等指出材料内部魏氏组织的存在是造成冲击韧性不合格的主要原因[3-4]。这是因为珠光体基体上分布的针状铁素体，不但切割了基体组织，形成许多脆弱面，并且会造成应力集中，形成裂纹核心，并沿铁素体扩展，使钢材的冲击韧性降低[5-6]。

表 2　试验样管的力学性能

编号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	纵向冲击功(20 ℃)/J		
GB/T 6479—2013	≥335	490～670	≥21	≥40		
1#	385.2	571.8	31.62	9.0	36.0	34.0
2#	385.7	576.3	26.34	47.0	40.0	16.0

对试验样管 1#和 2#进行显微组织分析，如图 1、图 2 所示，样管显微组织为铁素体＋珠光体，存在明显的魏氏组织，呈三角形状。对于碳含量低于 0.6%的亚共析钢，魏氏组织常伴随着奥氏体晶粒长大而出现。生产该批次钢管过程中，管坯在环形炉中滞留时间较长，导致先共析铁素体会沿着奥氏体的一定晶面呈针片状析出，形成魏氏组织[3]。

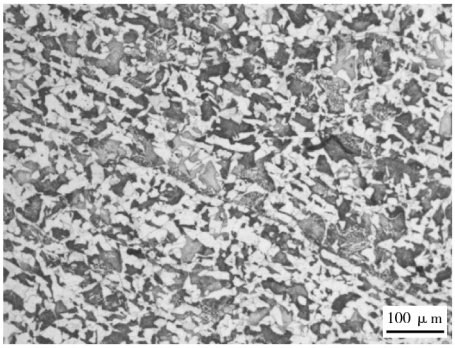


图 1　1#试样显微组织

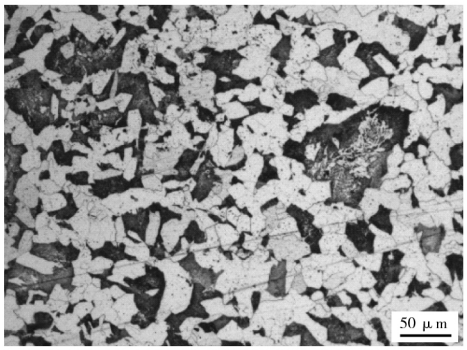


图 2　2#试样显微组织

2　试验方案与结果

2.1　试验方案

程巨强等[2]指出，正火处理可以消除钢中的魏氏组织，但是采用正火消除魏氏组织时，只有加热到比相变温度高很多的某一奥氏体自发再结晶温度后，组织才会发生再结晶而细化[7]。正火热处理工艺设计思路如图 3 所示。正火处理采用的试验设备为在线步进式加热炉，加热温度可以达到1 100 ℃。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

正火炉主要尺寸为炉内长度12 700 mm，炉子内宽14 000 mm，炉温控制精度±5 ℃。

工艺1：选取同批次样管进行小炉试验，试验编号为3#。正火温度设计为980 ℃。

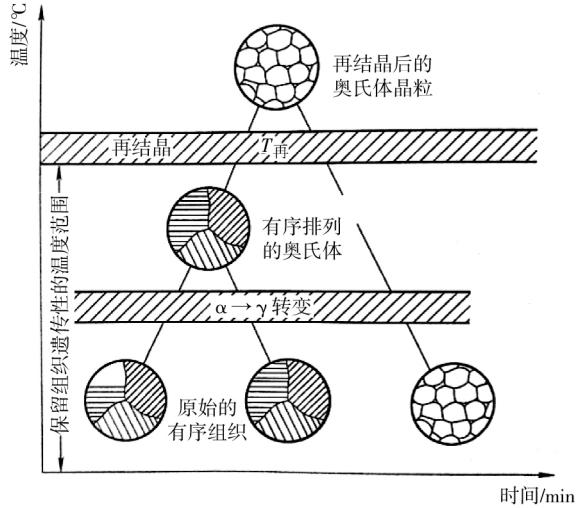


图3 钢在不同加热温度后的组织变化

2.2 试验结果

工艺1处理后样管的显微组织如图4所示。其魏氏组织几乎全部被消除，是因为正火处理改善了钢中奥氏体晶粒的均匀性[8]，抑制奥氏体晶粒的过度长大。但是此处理方式仍存在晶粒粗大的现象，这是由于钢在一定的热处理条件下具有组织遗传性，钢的组织遗传性是指原始为过热非平衡组织（魏氏组织等），经过一定的施热后，所形成的晶粒恢复了原始粗大晶粒组织的特性[9-10]。即使将管料加热到A_{C_3}后所得到的组织仍然是粗大的。

工艺2选取同批次样管进行小炉试验，试验编号为4#。热处理工艺为980 ℃正火+900 ℃正火。因为980 ℃已经可以消除钢中魏氏组织，所以二次正火[11]的温度选择GB 6479—2013的标准要求，标准要求热处理制度为880～940 ℃正火。

采用工艺2对管样进行处理，解决组织粗大的问题。处理后管料的显微组织如图5所示，可以看到组织中无魏氏组织存在，且组织晶粒细小，晶粒度为6级，无混晶现象。

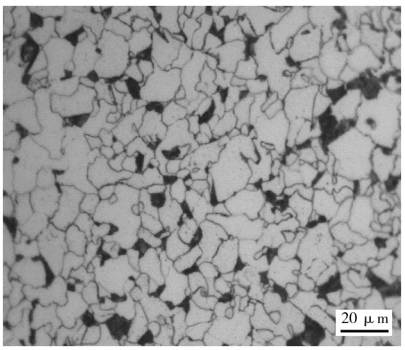


图4 3#试样显微组织

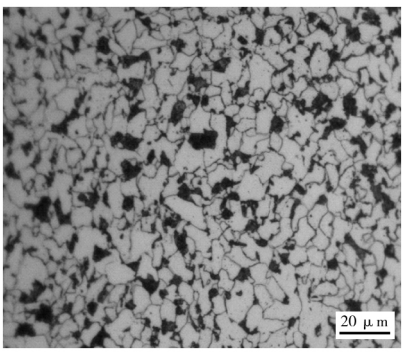


图5 4#试样显微组织

对3#和4#分别取样进行力学性能检测，检测结果见表3。由检测结果可以看出，采用工艺1和工艺2处理后的样管纵向冲击值都大于120 J，达到GB 6479—2013标准中冲击值下限的3倍，且其他力学性能指标均满足标准要求。

表3 处理后管料的力学性能

试样编号	纵向冲击功（20 ℃）/J			延伸率/%	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa
3#	126.0	120.0	120.0	26.5	413	584
4#	142.0	140.0	138.0	28.5	424	600

3 结论

（1）魏氏组织是造成Q345B高压化肥管冲击性能不合格、冲击功波动大的主要原因。经过980 ℃正火处理后，魏氏组织消除，但是存在组织粗大的现象。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(2) 经过 980 ℃正火 +900 ℃正火处理可消除魏氏组织,且组织晶粒细小,晶粒度为 6 级,无混晶现象。钢管的纵向冲击功大于 120 J,达到 GB 6479—2013标准中冲击值下限的 3 倍,且其他力学性能指标均满足标准要求。

参 考 文 献

[1] GB/T 6479—2013,高压化肥设备用无缝钢管[S].

[2] 程巨强. 正火消除准贝氏体铸钢组织遗传性的研究[J]. 铸造技术,2002,23(3):187 – 188,192.

[3] 史小荣. 无缝钢管组织缺陷及对力学性能的影响[J]. 轧钢,2000,17(5):24 – 25.

[4] 汤海芳. Q345R 钢板断后伸长率不合格原因分析[J]. 理化检验物理分册,2016,52(4):287 – 290.

[5] 田君. 27SiMn 钢管中魏氏组织的防止措施[J]. 金属热处理,2006,31(12):87 – 88.

[6] 宁玫. 魏氏组织形成机理及对钢管性能影响的分析研究[J]. 天津冶金,2008,(5):118 – 124.

[7] 王荣. 失效分析应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社,2020.

[8] 张志慧. Q355C 热轧 H 型钢低温冲击性能不合格的原因分析与对策[J]. 热加工工艺,2020,49(13):156 – 158,162.

[9] 李智超. 亚共析钢魏氏组织的组织遗传现象研究[J]. 兵器材料科学与工程,2004,27(2):12 – 14.

[10] 朱天寿. 魏氏组织对 20# 碳钢 H_2S 应力腐蚀开裂性能的影响[J]. 天然气工业,2006,26(9):122 – 124.

[11] 崔忠圻. 金属学及热处理[M]. 北京: 机械工业出版社,2008.

(上接第 48 页)

表 6　试验钢不同温度淬火并 700 ℃回火后的洛氏硬度检验结果

热处理制度	外表面				中间				内表面				最大值	最小值	判定
	单值			平均	单值			平均	单值			平均			
870 ℃淬火	16.7	15.3	14.9	15.63	24.7	25.3	25.1	25.03	23.7	22.9	20.9	22.50	25.03	15.63	不合格
700 ℃回火	19.1	19.8	19.5	19.47	23.4	23.9	22.4	23.23	25.1	24.1	25.4	24.87	24.87	19.47	不合格
880 ℃淬火	20.1	20.5	21.4	20.67	23.5	23.8	24.5	23.93	23.4	23.5	23.1	23.33	23.93	20.67	合格
700 ℃回火	19.1	19.6	20.4	19.70	23.2	23.7	24.6	23.83	22.1	22.5	22.2	22.27	23.83	19.70	不合格
900 ℃淬火	22.1	22.0	21.0	21.70	24.0	24.5	24.6	24.37	25.1	26.3	25.0	25.47	25.47	21.70	合格
700 ℃回火	22.0	21.8	22.1	21.97	22.8	23.4	22.6	22.93	24.8	24.7	25.3	24.93	24.93	21.97	合格
920 ℃淬火	23.1	24.0	23.4	23.50	24.4	24.4	25.4	24.73	26.1	26.7	26.0	26.27	26.27	23.50	合格
700 ℃回火	20.9	21.9	21.2	21.33	23.3	22.1	22.1	22.50	23.0	22.8	22.9	22.90	22.90	21.33	合格

3　结论

(1) 随着回火温度的升高,试验钢的抗拉强度、伸长率和冲击功变化不大。屈服强度对于回火温度较为敏感,随温度的升高屈服强度明显下降。

(2) 根据小炉热处理后性能分析,建议用该设计钢种铬钼钢调试 C90 钢级钢管采用合适的淬火温度为 900 ~ 920 ℃,回火温度为 690 ~ 710 ℃,加热时间应根据现场实际管批的规格进行计算。

参 考 文 献

[1] API Spec 5CT. Specification for Casing and Tubing[S].

[2] 赵品,谢辅洲,孙振国. 材料科学基础教程[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社,2003.

[3] 刘瑞堂,刘文博. 工程材料力学性能[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社,2001.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net