

doi:10.3969/j.issn.1008-6218.2015.03.017

P91 钢管硬度检测值偏低原因分析

董 鹏

(内蒙古电力科学研究院,呼和浩特 010020)

摘要:针对某火电厂超临界机组检修过程中发现的P91钢管硬度偏低的问题进行了化学成分分析、力学性能及硬度检测、金相检测等试验,结合现场检测中多例P91管硬度偏低的情况,总结发现表面脱碳造成P91钢管硬度检测值偏低的现象普遍存在。针对此现象提出了对检测中硬度偏低的P91钢管进行综合检验的建议,以避免误判。

关键词:P91钢管;硬度低;脱碳;铁素体;金相检测

文献标志码:B

中图分类号:TM621.7

文章编号:1008-6218(2015)03-0074-03

Lower Hardness Measured Value Analysis of P91 Steel Pipes in Thermal Power Plants

DONG Peng

(Inner Mongolia Power Research Institute, Hohhot 010020, China)

Abstract: Make an analysis of the causes for lower hardness in P91 steel pipes, which was found in a thermal power plant. Through the analysis of chemical components, mechanical property, hardness test and metallographic examination, combining some similar cases with the lower hardness P91 steel pipes, the author summerized that the surface decarburization of the pipes existed widely. Therefore the author put forward that the comprehensive examination should be carried out to the steel pipes with lower hardness to prevent the misjudgment.

Key words: P91; lower hardness; decarburization; ferrite; metallographic examination

0 引言

作为火电厂锅炉钢管用钢,P91钢管具有良好的高温持久性、抗蠕变性和冲击韧性,焊接性能和工艺性能优良,抗氧化性、抗高温蒸汽腐蚀性强,且热膨胀系数低、导热性和组织稳定性好,综合性能优良^[1]。若P91钢管硬度低,会导致其持久强度不足,直接影响管道使用寿命及机组运行的安全性。在现场检验过程中,发现P91钢管外表面存在脱碳层,导致硬度测试值偏低,若不进行正确的综合检验而直接判废,易导致误判,带来较大的经济损失。本文结合近2 a检测中硬度偏低的P91钢管的

检测结果,对某电厂超临界机组检修过程中发现的P91钢管表面硬度偏低现象进行分析,以防发生检验误判,造成不必要的经济损失。

1 现场检测

在某超临界机组检修过程中,对主蒸汽管道进行硬度检测时,发现1根内径273 mm,壁厚30 mm的P91直管硬度值低于《DL/T 438—2009 火力发电厂金属技术监督规程》^[2]要求值。检验依照《GB/T 17394—1998 金属里氏硬度试验方法》^[3]进行,分别使用3种不同型号的里氏硬度计对该钢管3个截面

[收稿日期] 2015-04-20

[作者简介] 董 鹏(1985),男,内蒙古人,学士,助理工程师,从事金相及失效分析工作。

不同方向进行测试,测试数值见表1。表1中数据显示,不同硬度计对钢管不同截面、不同方向测试所得数据,数值均匀,离散性较小。根据DL/T 438—2009,P91 钢管布氏硬度值范围应为180~250^[2],因此初步判定此根钢管硬度值低于标准值。

表1 P91 主汽直管3个截面不同方向布氏硬度值(平均值)

测试位置	试验表面打磨量	HT2000A型硬度计	bambino型硬度计	TH110型硬度计
0°方向	0.6 mm	138/136/139	140/140/141	147/143/140
90°方向	0.5 mm	137/145/137	139/138/139	130/133/136
180°方向	0.5 mm	130/133/135	137/139/136	127/131/128
270°方向	0.7 mm	132/141/139	135/138/137	129/130/132

2 实验室检测及分析

2.1 化学成分分析

对上述硬度值偏低管道取样进行化学成分分析,分析数据见表2。由表中数据可知,该钢管化学成分中各化学元素质量分数均符合《ASTM 335/335M—2010 Standard Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe For High-Temperature Service》^[4]标准要求,未见异常。

表2 钢管各化学元素质量分数检测数据 %

项目	C	Si	Mn	S	P	Cr
检测结果	0.10	0.22	0.39	0.008	0.010	9.24
ASTM A335/335M	0.08~0.12	0.20~0.50	0.30~0.60	≤0.010	≤0.020	8.00~9.50
项目	Mo	V	Nb	Al	Ni	
检测结果	0.91	0.20	0.08	0.010	0.19	
ASTM A335/335M	0.85~1.05	0.18~0.25	0.06~0.10	≤0.020	≤0.40	

2.2 力学性能检测

对该钢管切管制样,纵向和横向分别取3个拉

伸和冲击试样,进行室温力学试验(结果见表3),管道的室温力学性能皆符合标准^[4],冲击韧性良好。

表3 室温力学性能(平均值)

项目	屈服强度/MPa	拉伸强度/MPa	断后伸长率/%	冲击韧性/J
钢管试样(纵向)	519	688	23	93
钢管试样(横向)	514	681	24.5	79
ASTM A335/335M 标准规定	≥415	≥585	≥20	

2.3 硬度检测

将钢管沿横截面取样,抛光并腐蚀,使用Wilson TUKON2500型自动维氏硬度计沿径向从外表面面向内测试,试验数据见图1。

图1显示,试样外表面维氏硬度约为150,随着由表及里深度的增加,硬度值增大,当深度大于1.72 mm时,硬度值趋于稳定,为255。根据标准ASTM A335/335M要求,P91 钢管维氏硬度值范围应为196~265^[4],结合现场检验数据,可以判定钢管基体硬度符合标准要求,但外表面硬度偏低。

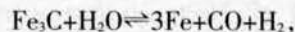
2.4 金相检测

2.4.1 检测结果

对管道横截面和外表面进行金相分析,结果如图2,其靠近外表面的组织为铁素体加回火马氏体,属于外表面脱碳现象。

2.4.2 原因分析

(1) 钢在加热或保温过程中,由于周围氧化气氛的作用,钢材表面会发生脱碳,造成表面碳质量分数降低,其化学反应式如下:



(2) 影响钢脱碳的因素有钢料的化学成分、加

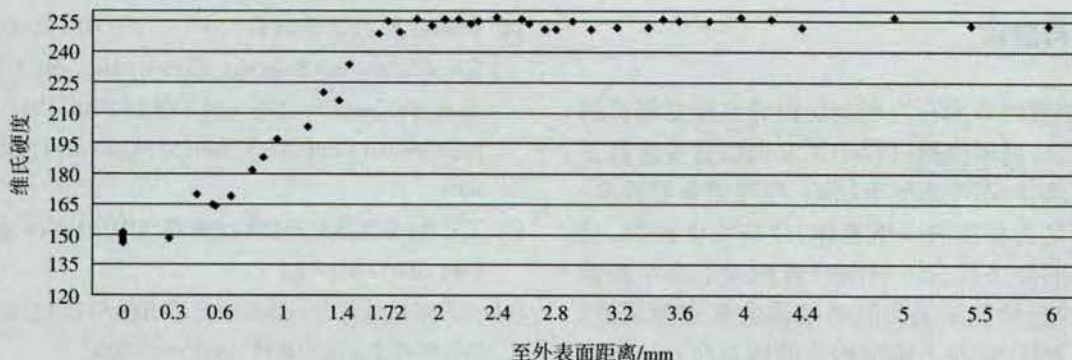


图1 试样截面维氏硬度分布图

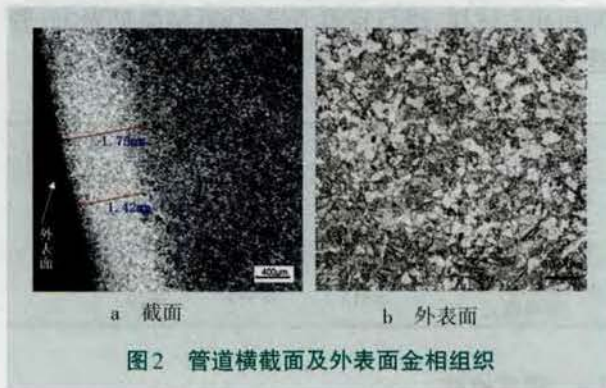


图2 管道横截面及外表面金相组织

热温度、保温时间和煤气成分等。钢表层脱碳将大大降低材料的表面硬度^[5-6]。

(3) 在钢管的生产加工过程中,脱碳层会作为表面缺陷以切削加工余量的方法去除。但若加工余量设计不足,可能会使表面脱碳层残留,影响表面力学性能。结合维氏硬度测试数据,确定该钢管的脱碳层深度约为1.7 mm。

综上所述,此P91钢管基体硬度符合标准,但由于表面存在脱碳层,造成检测结果低于标准值。

3 P91钢管硬度低案例

在近2 a的检验过程中,硬度值低于标准值的P91钢管共19根,具体如表4。对每根钢管都做了金相检验,发现均存在铁素体组织。对每根钢管重新打磨,根据不同的钢管壁厚打磨厚度为1.5~2.2 mm,分数次打磨,每次打磨0.5 mm左右;每打磨1次,进行1次硬度检验。结果为管道硬度值随打磨深度增加而增大,打磨至一定深度后硬度值符合标准要求,铁素体组织消失。

通过表4,可以推断P91钢管因表面脱碳导致硬度偏低的现象比较普遍,将表面脱碳层打磨掉,硬度值一般会符合标准要求。

4 结论与建议

P91钢管因表面存在脱碳层而导致硬度降低的现象较普遍,现场检验过程中如发现钢管硬度低于标准值要求时,不可急于下结论,应先做金相检验,判别表面是否存在脱碳铁素体,以防发生误判,造成不必要的经济损失。检测时若钢管不存在脱碳现象,可判定检测结果为管道基体的真实测试值。若存在铁素体,应在不影响钢管使用寿命的情况下向深处打磨;若随深度增加硬度值增大,且显微镜

表4 硬度值低于标准值的P91钢管检测结果

初检布氏硬度	复检打磨量/mm	复检布氏硬度
150	1.6	195
147	1.5	202
134	1.6	197
146	1.9	210
147	2.2	216
140	2.1	187
146	2.2	213
137	2.0	217
141	1.9	199
136	2.0	220
140	2.2	201
142	2.2	207
145	2.1	200
137	2.0	219
136	1.7	218
132	1.5	193
140	1.7	202
145	1.6	206
139	1.5	211

下观察铁素体区域减小,则此钢管存在表面脱碳层,除掉脱碳层后硬度可能会符合标准要求;若随深度增加钢管硬度值和铁素体区域变化不大,则此根钢管可能是由于热处理不当导致硬度偏低。

参考文献:

- [1] 严泽生,刘永长,宁保群.高Cr铁素体耐热钢相变过程及强化[M].北京:科学出版社,2009:11-18.
- [2] 电力行业电站金属材料标准化技术委员会.DL/T 438—2009火力发电厂金属技术监督规程[S].北京:中国电力出版社,2010.
- [3] 全国钢标准化技术委员会.GB/T 17394—1998金属里氏硬度试验方法[S].北京:中国标准出版社,2000.
- [4] 美国材料与试验协会.ASTM 335/335M—2010 Standard Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe For High-Temperature Service[EB/OL].(2010)[2015-04-20].<http://wenku.baidu.com/view/f653341efc4ffe473368ab3f.html>.
- [5] 王广生.金属热处理缺陷分析案例[M].北京:机械工业出版社,2007:100-102.
- [6] 上海市机械制造工艺研究所.金相分析技术[M].上海:上海科学技术文献出版社,1987:325-326.

编辑:王红