手工钨极氩弧焊钨极形状优化试验研究

华南理工大学电力学院(广州市 510640) 艾志虎 刘定平
广东省粤电集团有限公司(广州市 510630) 方江涛 车佩星

摘要 针对高合金耐热钢在手工钨极氩弧焊(TIG焊)焊接过程存在的焊接质量问题,对钨极形状进行了优化试验研究。通过对磨制成不同长度的钨极锥尖进行试验,在一定的焊接工艺参数下,研究了其对焊缝外观、内在质量和力学性能的影响。结果表明,采用4*d*钨极锥尖时,试件的焊缝综合质量最优。

关键词: TIG焊 优化试验 钨极形状 4*d*钨极
中图分类号: TG444.74

0 前 言

随着大型火力发电机组参数由亚临界向超临界乃至超超临界方向发展,T91/P91、T92/P92、TP347H等高合金耐热钢[1~2]得到广泛应用。在现场安装检修条件下,受焊接位置及操作空间限制,普遍采用的工艺方法是TIG焊[3]。如何确保TIG焊焊接质量已成为保证大型火力发电机组设备安全的重要课题。

手工钨极氩弧焊有别于焊条电弧焊,需要焊工用双手同时操作,其在焊前准备、焊接参数选择、焊接工艺技术等[4]方面存在许多技术难题。

国内已有学者做过钨极因素对TIG焊焊接工艺性影响的研究,文献[5~6]从钨极的不同属性对TIG焊工艺影响进行了分析,但钨极锥尖长度与焊缝质量的定量研究,鲜有报道。文中对钨极形状进行了TIG焊工艺试验优化,得出了最优的4*d*钨极磨制技术工艺,为提高焊接质量提供了基础。

1 试验方案

1.1 试验设备

试验采用ZX7-315A逆变焊机,焊缝的综合质量测试采用焊缝外观检测仪、理光300EG-S3定向X射线机和WE-100力学性能试验机。

1.2 试验材料

试验以大型火力发电机组中常用的T91/TP347H为母材,在纯度≥99.95%的氩气保护下进行TIG焊。对于以T91/TP347H为母材的异种高合金耐热钢焊接时,选用与母材性能相近的镍铬焊丝ERNiCr-3作为填充材料,焊丝直径为2.4 mm。选用WCe-20铈钨电极,直径为2.4 mm,氩气纯度≥99.95%,其正面流量为6~9 L/min,背面流量为5~7 L/min,试验材料的技术参数见表1。

表1 试验材料的技术参数

母材牌号	规格		级别	类别
	管径 *d*/mm	壁厚 *δ*/ mm		
T91	42	6	III	B
TP347H	42	6	III	C

1.3 试验内容

1.3.1 试验钨极锥尖的选择

钨极磨制技术是指将钨极锥尖长度磨制成不同长度的工艺技术,实质上表示钨极磨削的角度。当钨极锥尖小时,焊接电弧区域小,钨极端部的电弧集中、电流密度大,熔深较大,熔宽较窄,焊缝成形稳定,但是钨极容易因端部电流密度过大而烧损;当钨极锥尖较大时,钨极端部承受的热量小,电极不容易烧损,然而电弧容易飘摆,导致电弧燃烧不稳定,影响焊接质量。

针对钨极锥尖对焊接质量的影响,选择实际焊接工作中可能采用的五组不同钨极形状,在相同的焊接材料、工艺参数和焊工操作下进行手工钨极氩弧焊试验。其5种不同钨极锥尖长度所对应试件编号见表2。

表2 不同钨极锥尖长度对应试件编号①

1*d*	2*d*	3*d*	4*d*	5*d*
WG-01	WG-02	WG-03	WG-04	WG-05

注①*d*为钨极直径

收稿日期: 2009-08-07

1.3.2 焊接工艺参数的确定

根据 T91/TP347H 异种钢 TIG 焊的特点，采用 V 形坡口对接接头形式和 3 层 3 道的焊道设计方案，施行摆动连弧的氩弧焊技术和月牙形或锯齿形的运条方式，钨极与试件距离为 10 mm。

焊前采用远红外加热的方式对焊件进行预热，预热温度为 100 ~ 150 ℃，层间温度为 100 ~ 150 ℃，预热宽度为 200 mm；焊后利用远红外线对试件进行热处理，加热温度为 750 ℃ ±10 ℃，保持时间为 0.75 h，升温、降温速度均≤150 ℃/h，电源极性为正接，具体的焊接工艺参数见表 3。

1.3.3 焊接质量的评分标准

表 3 氩弧焊焊接工艺参数

焊道序号	焊缝尺寸 宽×高/mm×mm	焊接电流 I/A	电弧电压 U/V	焊接速度 v/(mm·min^{-1})	焊嘴尺寸/mm
1	4×2.5	80 ~ 120	10 ~ 15	45 ~ 65	8
2	6×2.5	80 ~ 120	10 ~ 15	45 ~ 65	8
3	8×2.5	80 ~ 120	10 ~ 15	45 ~ 65	8

为了对试验的焊接质量进行统一的评价，根据 DL/T869—2004《火力发电厂焊接技术规程》、DL/T679—1999《焊工技术考核规程》、DL/T 752—2001《火力发电厂异种钢焊接技术规程》、DL/T 868—2004《焊接工艺评定规程》、DL/T 821—2002《钢制承压管道对接焊接接头射线检验技术规范》，制定出了《手工钨极氩弧焊焊接质量评分标准》，见表 4。其中内部射线检验中Ⅰ、Ⅱ级片评定区外所有缺陷均折算点数相加，按照每点 1 分扣分，最多扣至该级的标准分数，评定区内缺陷不扣分。

表 4 手工钨极氩弧焊焊接质量评分标准

内在质量(射线探伤总分 50 分)/分					外观质量(总分 50 分)/分											
					焊缝余高 H/mm				余高差 ΔH/mm				焊缝增宽 ΔL/mm			
Ⅰ级片无缺陷	Ⅰ级片有缺陷	Ⅱ级片无缺陷	Ⅱ级片有缺陷	Ⅲ级片以上	0 ~ 1	1 ~ 2	2 ~ 3	>3	≤1	1 ~ 1.5	1.5 ~ 3	>3	0 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	>4
50	36	30	16	0	8	6	5	0	4	3	1	0	4	2	1	0

外观质量(总分 50 分)/分																
单侧增宽 ΔL_1/mm				角变形量 $\Delta\alpha$(°)				表面成形				通球率 η(%)		咬边/mm		
0 ~ 1	1 ~ 2	2 ~ 3	>3	0	≤2	≤3	>3	优	良	中	差	≥90,合格	<90,不合格	无咬边	深度<0.5	深度>0.5
6	4	2	0	3	2	1	0	7	5	3	0	10	0	10	每2 mm扣1分	0

2 试验结果与分析

2.1 外观质量

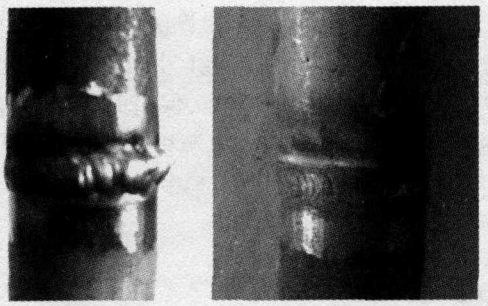
使用焊缝外观检测仪对以上 5 组试件进行外观测量，按照表 4 的《手工钨极氩弧焊焊接质量评分标准》对试件焊缝外观质量进行评分。

采用 4d 钨极所焊试件 WG-04 焊缝外观质量得分最高(46 分)，焊缝外观成形最好；采用 1d 钨极所焊试件 WG-01、5d 钨极所焊试件 WG-05 焊缝外观成形较差，其焊缝外观质量得分在 20 ~ 30 之间；采用 2d 钨极所焊试件 WG-02、3d 钨极所焊试件 WG-03 焊缝外观质量居中。

钨极锥尖长度太短或过长，焊接质量均不理想，焊缝外观质量不佳；采用 4d 钨极所焊试件 WG-04 焊缝外观质量最优、得分最高。图 1a、b 分别为采用 2d 和 4d 钨极所焊试件的焊接质量图。其中应用 2d 钨极所焊试件的焊缝成形不好，而应用 4d 钨极所焊试件的焊缝成形较好。

2.2 内在质量

使用理光 300EG-S3 定向 X 射线机对以上 5 组试件进行无损检测，结果表明：试件 WG-01 有 ϕ1.0 mm×1 mm 的气孔，试件 WG-02、WG-03 有 1 点夹钨，试件 WG-04 有 ϕ0.5 mm×1 mm 的气孔，试件 WG-05 有 2 点夹钨。



(a) 应用 2*d* 钨极试件焊缝外观　　(b) 应用 4*d* 钨极试件焊缝外观

图 1　不同钨极锥尖焊缝质量对比

根据手工钨极氩弧焊焊接质量评分标准对 5 组试件焊缝内在质量进行评价。

采用 1*d* 钨极所焊试件 WG－01、2*d* 钨极所焊试件 WG－02、3*d* 钨极所焊试件 WG－03、4*d* 钨极所焊试件 WG－04 得分均为 36 分，评定等级均为Ⅰ级；采用 5*d* 钨极所焊试件 WG－05 的焊缝内在质量得分只有 30 分，评定等级为Ⅱ级。

采用 1*d*、2*d*、3*d*、4*d* 钨极焊接的四个试件焊缝内在质量较好，而用 5d 钨极所焊试件焊缝内在质量最差。

2.3　力学性能

使用 WE－100 力学性能试验机对 5 组试件进行测试，将测试数据进行对比评分，结果分析表明：

5 组试件的断裂面积均为 72 mm^2，断裂位置均位于母材；应用 4*d* 钨极所焊试件 WG－04 力学性能比分最高，抗拉强度为 523 MPa，其余 4 种钨极所焊试件力学性能差别不大，抗拉强度分布如图 2 所示。

2.4　综合分析

为了更直观地表示不同钨极锥尖长度试件的焊接性能测试结果的差异，便于发现最佳钨极锥尖长度，将不同钨极锥尖长度技术试验结果绘制成折线图，如图 3 所示。

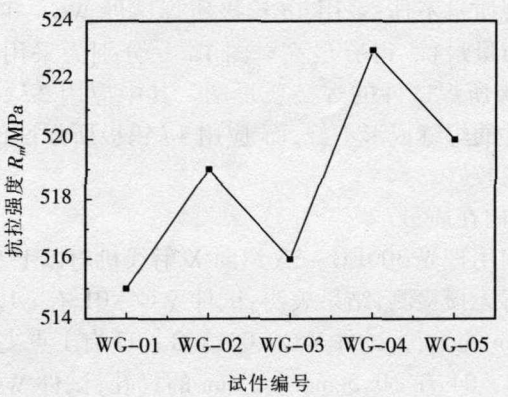


图 2　试件抗拉强度分布

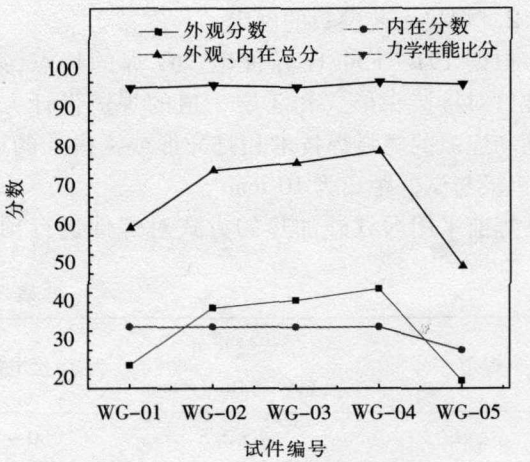


图 3　不同钨极锥尖长度技术试验结果图

3　结　论

(1)不同的钨极锥尖长度对焊接质量有较大的影响。随着钨极长度的增大，焊缝的内在质量逐步变差；钨极锥尖长度对焊缝的力学性能影响不大；钨极锥尖长度过长与过短，试件得到的焊缝成形均不理想。

(2)在保持其它工艺参数一定的情况下，应用 4*d* 钨极磨制技术，所焊试件(WG－04)的焊缝综合质量最优。

(3)应用优化的 4*d* 钨极对于大型火力发电机组中常用的 T91/TP347H 异种高合金耐热钢的焊接具有指导意义。

参　考　文　献

[1] 边彩霞，周克毅，胥建群，等. 蒸汽侧氧化膜对超临界机组 T92 钢管壁温的影响[J]. 动力工程，2009，29(5)：502－506.

[2] Charles J A, Crane F AA, Furness J AG. Selection and use of engneering materials [M]. World Books, Publishing Company, 2000.

[3] Parikshit Dutta, Dilip Kumar Pratihar. Modeling of TIG welding process using conventional regression analysis and neural network－based approaches[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2007, 184: 56－68.

[4] 曹军辉，葛智海，王东坡. UNS S31803 双相不锈钢的焊接工艺[J]. 焊接技术. 2009, 38(5): 29－31.

[5] 冯英超，石爱强，刘丽丽，等. 钨极对不添丝自动 TIG 焊工艺的影响[J]. 电焊机，2009，39(4)：151－152.

[6] 张　凌. 电极因素对钨极氩弧焊焊接工艺性的影响[J]. 焊接，2003(2)：29－31.

作者简介： 艾志虎，1986 年出生，硕士研究生，主要从事大型火电机组的安全运行和经济运行。