

Q345E 钢风力发电机座的焊接

陕西重型机械制造有限公司 (西安 710032) 曹晓民
风润新能源设备有限公司 (陕西咸阳 712044) 童永刚

【摘要】 试验确定了 GMAW 焊接 Q345E 钢用焊接材料,并应用于风力发电机座焊接,施焊过程中采取了一定的措施,使机座一次焊接成功。

随着国家能源战略政策的调整,风力发电作为清洁和可再生能源越来越受到国家的重视,风力发电设备制造行业亦蒸蒸日上,蓬勃发展。为了占领风电设备制造市场,我公司先后开发了 1.0MW、1.5MW、2.0MW 风力发电机座产品。机座产品焊接加工,选用适合的焊接材料,采取高效合理的工艺措施,是成功制造机座的关键。为此,我们通过多项焊接试验,确定了焊接材料及焊接参数,并在风力发电机座上应用,取得了理想的效果。

一、Q345E 钢的性能

风力发电机座其原材料一般选用 S275NL、Q345E 等,我公司产品机座原材料为 Q345E,按照 GB/T1591—1994 标准, Q345E 其化学成分及力学性能分别见表 1、表 2。

表 1 Q345E 钢化学成分 (质量分数) (%)

C	Mn	Si	P	S	V	Nb	Ti	Al
≤0.20	1.0 ~ 1.6	≤0.55	≤0.025	≤0.025	0.02 ~ 0.15	0.015 ~ 0.06	0.02 ~ 0.20	≥0.015

表 2 Q345E 钢力学性能

板厚 /mm	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 (%)	冲击吸收功 A_{kv} /J (-40℃)
≤16	470~630	345	≥22	≥27
16~35		325		
35~50		295		
50~100		275		

二、焊接性试验

从表 1、表 2 中可以看出, Q345E 钢属于低合金高强度钢,要求其在 -40℃ 时其冲击吸收功不低于 27J。在选用焊接材料时除考虑其他性能外,应特别重视低温冲击吸收功的匹配。按照等强度的原则选择了几种焊丝分别进行了以下试验。

1. 熔敷金属力学性能试验

试验选用标准为 GB/T8110—1995《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》附录 A,严格按照标准进行试验、检验和验收。试板尺寸及取样位置如图 1 所示。

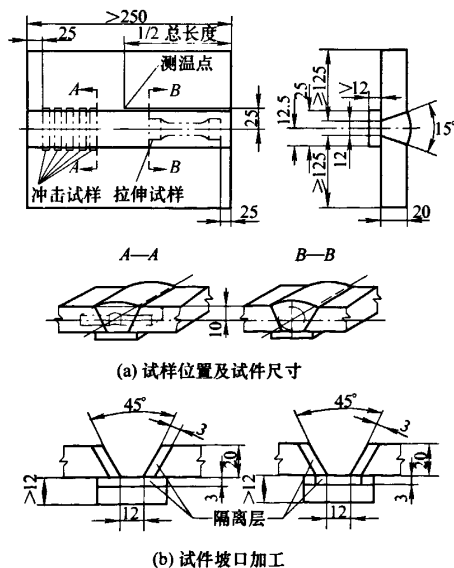


图 1

(1) 试验用焊丝 为了选择出符合原材料性能的焊丝,我们分别选择了不同厂家的5种焊丝进行了试验,焊丝分别标记为:1[#]、2[#]、3[#]、4[#]、5[#]。

(2) 施焊参数 施焊试板时的参数如下:

焊接方法:GMAW。

施焊用焊丝:1[#]、2[#]、3[#]、4[#]、5[#];焊丝直径:1.2mm。

焊接电流:280~310A;电弧电压:28~36V。

焊接速度:250~550mm/min。

使用气体:80% Ar + 20% CO₂;气体流量:15~22L/min。

(3) 试验结果 见表3。

表3 熔敷金属力学性能试验结果

焊丝 序号	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ (%)	ψ (%)	冲击吸收功 (-40℃) /J		
1	550	435	33	75.5	48	134	78
2	525	400	25	57	33	42	22
3	570	700	17.5	48	44	45	36
4	530	400	30	67	40	30	15
5	578	345	25	71	91.6	92.1	93.7

*理化试验委托兵器工业西北地区理化检测中心进行。

表3与表2对照发现,只有1[#]、5[#]焊丝的综合性能可以满足母材的各项性能要求,为了进一步判定焊丝与母材性能的性能匹配问题,又进行了以下工艺评定试验。

2. 工艺评定试验

(1) 试验依据及试板尺寸。试验选用标准为DL/T868—2004《焊接工艺评定规程》,严格按照标准进行试验、检验和验收。试板尺寸及取样位置如图2所示。

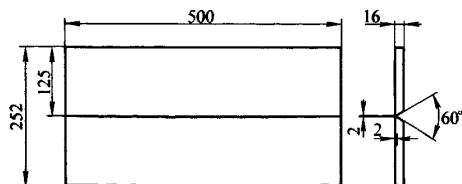


图2

(2) 试验用焊丝及焊接参数。

(3) 组装试板时应预变形,保证焊接后试板的平整度。焊完正面后,背面采用碳弧气刨清根再焊接,焊完

后分别进行拉伸、弯曲试验和-40℃冲击试验,其结果见表5。

表5 工艺评定试验结果

焊丝 序号	抗拉强度 /MPa	焊缝冲击吸收功 A_{kv} (-40℃) /J			弯曲 180°	
					面弯	背弯
1	580	64	64	50	无裂纹	无裂纹
2	590	46	42	21	无裂纹	无裂纹
3	645	27	8	9	无裂纹	无裂纹
4	590	24	40	21	无裂纹	无裂纹
5	490	105	117	109	无裂纹	无裂纹

*理化试验委托兵器工业西北地区理化检测中心进行。

对照表5与表2,可以发现,只有1[#]、5[#]焊丝试验的结果符合Q345E钢材的性能要求,为了进一步确定焊丝实用性,在实际中进行了应用,发现1[#]焊丝焊后微裂纹比较严重,可能是其合金元素含量低,抗裂性差。而5[#]焊丝则不然。

综合以上试验结果,焊接Q345E钢风力发电机座的焊接材料选用5[#]焊丝,可以满足性能要求。

三、风力发电机座的焊接

1. 焊接材料及焊接参数

风力发电机座材质为Q345E,板厚12mm到100mm不等,其形状结构如图3所示。

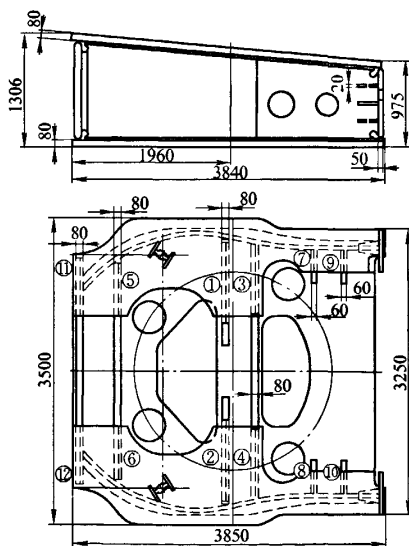


图3 风力发电机座形状结构

①~⑫为焊接顺序

为使焊道具有与母材匹配的低温韧性,采用耐蚀性和抗裂性能良好的5[#]焊丝($\phi 1.2\text{mm}$)作为焊接机座的焊接材料。焊接方法为富氩混合气体保护焊。焊接参数如下:

电流: $I=280\sim 310\text{A}$ 。

电压: $U=28\sim 36\text{V}$ 。

焊接速度: $250\sim 550\text{mm/min}$ 。

保护气体: $80\%\text{Ar}+20\%\text{CO}_2$ 。

气体流量: $15\sim 20\text{L/min}$ 。

2. 焊接工艺措施

(1) 选择合理的焊接方法 焊接时采用多层多道焊,以便最大限度地减少过热,并利用后续焊道的回火作用使晶粒细化。同时,采用小电流、高速焊增加焊道数量以减少每条焊道的热输入。为控制热输入,运枪时不做摆动,以免引起晶粒粗化和避免焊缝保护不良而侵入空气。

(2) 严格清理焊道 组装前对机座的待焊处两侧用砂轮打磨至露出金属光泽再进行焊接。每焊一条焊道后,手锤锤击焊道,并彻底清理气孔、飞溅物、焊瘤和夹渣,以达到既清除熔渣又可消除部分应力的目的,为下一焊道的施焊创造有利条件。

(3) 预热 预热是焊接机座的重要措施,对减少焊接热影响区淬硬组织、减少焊接应力及氢的逸出都有利,焊前对预焊处预热 $200\sim 250^\circ\text{C}$ 。

(4) 保持层间温度 为了保证热影响区的韧性,防止热影响区晶粒粗大,焊接时焊工每焊一道,始终保持焊道层间温度 $200\sim 250^\circ\text{C}$ 时由另一名焊工继续施焊。这样焊接时不但控制了层间温度,提高了工效,而且可保证在第一层焊缝尚未出现根部裂纹时完成第二层的焊接,第二层焊接时的热量促使第一层焊道中的氢迅速逸出,并使焊缝附近的热影响区淬硬组织软化。

3. 焊接变形的控制

机座的焊接中,除了防止焊缝缺陷外,还需要重视的问题就是焊接变形的控制。机座要求焊后其底面的平面度 $\leq 5\text{mm}$ 。

为了防止和减少变形,采取了以下措施:

(1) 预留焊接收缩量 机座组装时,按照以往的经验,分别在高度方向上留 $3\sim 5\text{mm}$,在宽度方向上留 $3\sim$

4mm 收缩量,弥补了焊后焊接收缩变形,保证了整体机座的尺寸稳定。

(2) 增加刚性支撑 机座组装时,为减小变形在其上下两大平面上,采用20型H钢按照“目”字形结构进行加固,待整体焊完后去除,增加了刚性,较好地控制了变形。

(3) 焊接顺序 为减小变形,原则上采用两人对称施焊,焊接顺序见图3。

(4) 锤击焊道 每焊完一道焊缝立即用渣锤锤击焊道,并清理干净焊渣、飞溅物等。

四、结语

机座焊后进行100%超声波探伤检查,符合GB11345—1989 I级标准,总返修率不超过10%;焊后测量各种尺寸及平面度均符合要求。

(1) 使用5[#]焊丝焊接Q345E钢可以满足其要求。

(2) 焊接Q345E大厚板钢结构件中,增加刚性支撑、控制焊接顺序可以较好地控制焊接变形。

(3) 焊接Q345E大厚板钢结构件时,预热是防止裂纹的有效措施。MW (20100302)

宝钢开发出深海海底 钢管填补国内空白

日前,宝钢股份直缝焊管生产线成功试制出直径 $762\text{mm}\times 30.2\text{mm}$ 及 $762\text{mm}\times 31.8\text{mm}$ 规格直缝焊管,成为国内首家具备生产此规格深海海底管线的钢铁企业,为我国的深海开发项目作出了强有力的支撑。

相比陆地用管,海洋用管处于低温、高压、强腐蚀的工作环境,因此对管线的强度与韧性、抗压性能、尺寸精度等指标都有着严格的要求。这两种规格的直缝焊管专用于深海天然气开发项目,由于其制造难度较大,对设备能力及原料质量均有极大的考验。国内此前只能依靠进口,从未有过成功试制的经验。

宝钢从炼钢成分、厚板生产工艺及UOE焊管成形、焊接、扩径工艺设计等入手,克服了炼钢纯净度要求高、板坯质量控制等难题,保证了试制焊管产品的质量。权威评价机构检验后,认为宝钢试生产的该规格海底管线焊管性能优良、焊接韧性好、管型良好、残余应力小而均匀、抗挤毁能力强,符合海底管线用管要求,具备批量生产能力。