水电转轮室的组装焊接技术

天津赛瑞机器设备有限公司 （300301） 张永明 王 东

【摘要】本文探讨了采用工装组对，优化焊接工艺，防止产生未焊透、裂纹等缺陷，选择有效的控制焊接变形的方法，且焊后进行去应力退火工艺，从而保证了机加工面合理的加工余量，满足了设计尺寸偏差及几何公差，最终成功地完成了水电转轮室的制作任务，得到用户的好评。

1. 概述

在水轮机中，转轮室是连接底环与尾水管形成水力通道，并与转轮叶片外缘形成适当间隙，埋入混凝土内的环状壳体。某水电转轮室由一法兰圈和五个锥筒组对焊接而成，皆为厚板结构，重量达53t，材质主要是Q235B，另有两锥筒的1/4周长是0Cr18Ni9Ti不锈钢，这样就形成了数条Q235B－Q235B、0Cr18Ni9Ti－0Cr18Ni9Ti、Q235B－0Cr18Ni9Ti的纵缝和环缝的钢结构。如图1所示，沿把合板位置线气割转轮室整体为二，分别装焊把合板，把合板δ=90mm，材质为Q235B，上法兰圈内径达7755mm。

底部锥筒Ⅴ外径是7582 mm，整体高度为3380mm。锥筒Ⅱ分4段下料拼接组成，其中有2段（约1/4周长）材质为0Cr18Ni9Ti。锥筒Ⅲ分5段下料拼接组成，其中有2段（约1/4周长）材质为0Cr18Ni9Ti。锥筒Ⅰ、锥筒Ⅳ、锥筒Ⅴ分别由4段拼接成，材质为Q235B。除上法兰与锥筒Ⅰ之间焊缝等级为2级外，其余各锥筒间焊缝等级为3级，整体高度焊后的收缩控制在10～12mm之间，保证了组对焊接后的高度在（3400±4）mm，内部各处直径公差在焊后应该控制在－5mm左右才可保证机加工余量。其焊接难点为：①不锈钢0Cr18Ni9Ti及0Cr18Ni9Ti与碳钢Q235B异种金属的焊接，如何避免裂纹、气孔等焊接缺陷。②如何减少焊接变形引起转轮室径向和高度收缩所导致的尺寸变化。为此我们采取了一些有效的焊接措施。

图1 某水电转轮室结构

2. 上法兰的组对和焊接

（1）矫形 依图样尺寸在平台上放样，复核各部件尺寸，不合格处用氧乙炔焰加热矫形，用找圆样板核对。

（2）开坡口 按图2气割坡口，用角磨机修磨，坡口要规则，表面打磨出金属光泽，避免底部有尖角、轮廓突变及毛刺等。合缝板位置拼缝不开坡口，定位焊1/3厚度即可。

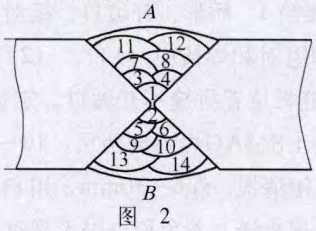

图 2

（3）组对　组对各部件，留间隙0～2mm。采用焊条电弧焊，焊条为J506或J507，ϕ3.2mm、ϕ4.0mm，放入保温桶烘干后，随用随取，

（4）焊前准备　为防止焊接变形，装焊“马铁”。为防止上法兰失稳，装焊临时“K”型支撑，要求连续角焊缝，焊角高10mm，焊缝要饱满、外观无裂纹、未熔合等缺陷。装焊引弧板、引出板。打磨坡口，焊工要培训合格，所有拼缝皆为2级焊缝。

（5）焊正面　平焊位置，GMAW焊对接缝正面两层10～15mm，焊丝ϕ1.2mm，焊接电流200～250A，电弧电压20～27V。

（6）清根　焊件翻转180°，用碳弧气刨清根，深6～10mm，用角磨机打磨干净，磨出金属光泽。着色检查以无裂纹、未熔合等缺陷为准。

（7）焊反面　平焊位置GMAW多层多道焊，焊接电流220～250A，电弧电压25～30V。打底层一定要熔透，摆动到坡口两边时，要稍作停顿，避免产生未熔合。施焊中注意观察铁液流动情况，发现气孔后及时铲除重焊，特别是在焊缝接头处一定要熔合良好，层与层之间接头要错开。使盖面焊道的前一层焊道低于母材1.5～2.5mm，并一定不能熔化坡口两侧的棱边，盖面时要将前一层凸起不平的地方磨平，焊枪摆动的幅度比填充层要大一些，摆动时幅度要一致，速度要均匀，要特别注意坡口两侧熔化情况，保证熔池边缘超过坡口两侧的棱边，并≤2mm。

（8）焊正面　焊件翻转180°，GMAW多层多道焊正面填充层及盖面层，注意事项同焊接反面要求。

（9）目测　此焊缝属ASME 2级焊缝，焊后自检外观合格为止。

（10）探伤　进行UT100%检查，执行ASME标准，缺陷返修次数不得超过三次。

3. 锥筒的组对和焊接：

（1）锥筒Ⅰ　矫形、开坡口、组对、焊前准备同上法兰的组对和焊接中（1）、（2）、（3）、（4），合缝板位置拼缝不开坡口，定位焊1/3厚度即可。立向上SMAG焊内侧两层，10～15mm，外侧用碳弧气刨清根，深6～10mm，用角磨机打磨干净，磨出金属光泽。着色检查以无裂纹、未熔合等缺陷为准。

注意打底层一定要熔透，摆动到坡口两边时，要稍作停顿，避免产生未熔合。外侧成形后交替焊内侧成形，焊后自检合格，进行探伤，缺陷返修次数不得超过三次。

（2）锥筒Ⅱ　包括不锈钢一起同组，开坡口、组对、焊前准备同锥筒Ⅰ，0Cr18Ni9Ti与Q235B对接焊缝采用焊条电弧焊，立向上焊法，焊条采用ϕ3.2m/ϕ4.0mm，A132或A137，烘干150～200℃，保温1.5h，放入保温筒内，随用随取。焊前清理打磨干净坡口20mm范围内油锈等污物。焊工要培训合格，持有该项目合格证。施焊电流要小，采用ϕ3.2mm焊条时，焊接电流80～110A；采用ϕ4.0mm焊条时，焊接电流140～180A。采用短弧多层焊法，可用半圆弧的横向摆动跳弧方法，第一层焊缝时，可顶住电弧用均匀的速度向上运条，同时作较小的摆动，坡口两侧要熔合好，合格后转机加工。不锈钢拼缝做100%PT探伤。

（3）锥筒Ⅲ　包括不锈钢一起同组，矫形、开坡口、组对、焊前准备、焊接同锥筒Ⅱ，合格后转机加工，合缝板位置拼缝不开坡口，定位焊1/3厚度即可。不锈钢拼缝做100%PT探伤。

（4）锥筒Ⅳ　矫形、开坡口、组对、焊前准备、焊接同锥筒Ⅱ。

（5）锥筒Ⅴ　矫形、开坡口、组对、焊前准备、焊接同锥筒Ⅱ，合缝板位置拼缝不开坡口，定位焊1/3厚度即可。

4. 整体组对

复验各锥筒圆度及高度尺寸，装焊临时吊耳，其焊缝为连续角焊缝，以确保在吊装时人员及设备安全。平台上放样上法兰件尺寸线，复核后就位，依次就位锥筒Ⅰ、锥筒Ⅱ、锥筒Ⅲ、锥筒Ⅳ和锥筒Ⅴ，各锥筒之间对称均布“马铁”定位，不得损伤坡口，且不得影响环缝焊接。依图复验各锥筒组对后半径及对角线，偏差要控制在3mm以内。

5. 焊接

环缝Ⅰ为2级焊缝；环缝Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ里面为2级焊缝，外面为3级焊缝。预热100～150℃，各环缝里面先焊两层。

（1）焊接环缝Ⅰ、Ⅳ　横焊，采用多层

变压器油箱低磁钢板焊缝的检验

山东省电力学校 （泰安 271000） 曲 趵

1. 概述

变压器是电网安全运行中的重要部件，随着电压等级的不断提高，为了防止漏磁场，降低损耗，防止发热，在设计制造过程中大量采用了隔磁性能良好的低磁钢板。这种钢型号为20Mn23Al，属于合金钢，为稳定的纯奥氏体组织，有良好的低磁性能，但焊接性能较差。焊接时使用A202奥氏体不锈钢焊条，若焊接操作不当，容易产生淬硬倾向，加上焊接接头中存在的焊接残余应力较大，易产生热影响区冷裂纹，另外在焊缝表面和内部还易出现气孔、夹渣等缺陷，尤其是表面开口性缺陷是导致变压器油箱焊缝渗漏油的主要原因。因该钢板无磁性，无法采用磁粉探伤，故使用着色渗透法探伤。

2. 检验工艺

采用JB/T4730.5—2005标准推荐的铝合金淬火裂纹试块（A型对比试块）做对比试验，选择灵敏度较高的溶剂去除型着色渗透剂进行探伤检验，探伤工艺如下。

（1）预清理 用磨光机等机械设备清除焊缝表面及两侧的焊渣、飞溅及焊瘤等污物，然后用清洗剂预清洗一遍，清洗范围包括焊缝表面及其两侧各100mm，彻底清除油污、铁锈。清洗后，检测面上遗留的清洗剂、水分必须干燥处理，而且保证施加渗透剂之前不被污染。

（2）渗透 要求渗透剂完全覆盖检测面，为充分渗透，要反复施加渗透剂3～4次，每隔3～5min喷涂一次，保持润湿状态，渗透时间为10～15min。

（3）清洗 渗透时间达到后，先用干净不脱毛的纱布依次擦拭，直至焊缝表面大部分多余的渗透液去除，再用喷有清洗剂的干净不脱毛的布或纸沿一个方向擦净，直至焊缝和热影响区清洗干净为止。注意不得往复擦拭，不得用清洗液直接在被检面上冲洗。

（4）显像 将喷灌充分摇晃，防止显像剂沉淀。喷洒要均匀，喷涂时喷灌喷嘴与焊缝纵向呈30°～45°，做扇面喷洒，使显像剂均匀覆盖整个被检区域。

（5）观察 待显像剂干后，对焊缝及热影响区进行观察，对显示的线形缺陷、点状缺陷做出标识，必要时可用5～10倍的放大镜进行观察。

（6）记录 缺陷的显示记录可采用照相、录像等方式记录，同时应画出草图进行标记。

（下转第66页）

炉冷却至室温，一定要把转轮室垫平。

（3）进行UT复探，2级焊缝，100%探伤 。

9. 结语

此水电转轮室采取上法兰、锥筒单独组对拼接，然后整体组装，每条拼接缝交替焊接，每条环缝四人对称施焊。碳钢-碳钢焊缝采用ER50—6焊丝、碳钢-不锈钢焊缝采用ER309焊丝、不锈钢-不锈钢焊缝采用ER321焊丝，严格控制电流大小，多层多道焊接，同时调整焊枪的角度，避免了未熔合、未焊透等缺陷，把焊接变形控制到了最小。另外，辅以锤击焊道和去应力退火工艺，把焊缝残余应力降到最低。此组装焊接技术实用性较强，可以广泛推广应用。 **MW**

（20110810）