

外配水环焊接变形的分析与过程控制

天津赛瑞机器设备有限公司 (300301) 王天德 罗福军 阎 询

【摘要】 外配水环是水电的主要设备，它的加工尺寸及精度要求十分严格。由于水环的焊接量大，并且涉及到不锈钢与碳钢异种金属的焊接，因此容易产生较大的变形。对工件的后序加工及使用性能都将产生重大的影响。我们通过严格的过程控制，以及采用正确的装配和焊接，成功地完成了大型水电设备外配水环的焊接。

一、概述

我公司在承揽某国外大型水电设备外配水环制作时，为防止工件的焊接变形，而采取一系列措施。本文对此工件的焊接变形产生的原因加以分析，采取相应的工艺措施。外配水环外形如图1所示。

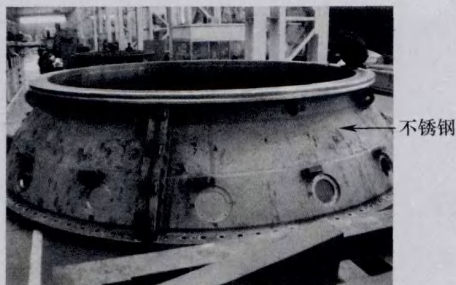


图1 外配水环

水环由三圈锥筒及上下法兰组成，中间锥筒材质为 1Cr18Ni9Ti，其余为 Q345C，底口最大直径 10.19m，上口最小直径为 7.49m，锥筒厚 80mm，上下法兰厚 100mm，工件垂直高度 2500mm，焊后工件的上下法兰及锥筒的里表面进行机械加工，坡口形式如图2所示。

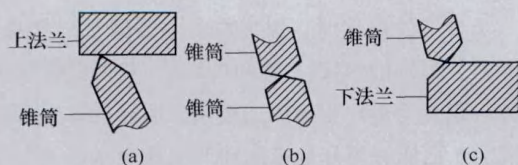


图2 水环坡口形式

二、变形分析

外配水环的焊接过程也是对其不均匀加热的过程。焊接热输入会引起金属不均匀的局部加热，被加热的金属受周围常温金属的限制，不能自由的膨胀，从而产生不均匀的压缩塑性变形。在冷却过程中已被压缩变形的这部分金属，又受周围金属的约束而不能自由的收缩，从而产生相应收缩拉应力与变形。根据外配水环结构特点分析，焊后易造成直径变小、椭圆、局部内凹外凸、法兰平面度变差及总高尺寸减小等变形，现分述如下。

1. 焊后直径变小

水环的环焊缝共四圈，先焊接的焊缝在冷却时要对后边的焊缝产生压缩，使其不能自由的膨胀和收缩，产生压缩塑性变形，使每圈焊缝焊后周长都会有相应的减小。在四圈环焊缝焊接应力共同作用下，将会使工件的整体变形，即工件的整体直径变小。造成在最后机械加工时壁厚减薄，强度下降。

2. 椭圆

由于水环的焊接量大，需要多人同时焊接，所以应力的方向变得比较复杂，当应力集中在某一区域时，易使水环发生整体变形，即椭圆。直径大的部位没加工量，直径小的部位加工后壁厚减薄，造成水环的壁厚薄厚不均，从而影响设备在发电过程中的安全性及使用寿命。

3. 局部内凹外凸

焊接立缝时, 如果内外坡口收缩应力不对等或局部焊缝因质量问题而返修时, 易造成工件局部内凹或外凸等变形。

4. 高度尺寸的变化

在水环焊接过程中, 环焊缝纵向发生收缩的同时, 横向也将发生改变, 造成水环的高度变小。机械加工时法兰的上下端面没有加工量。

5. 法兰的变形

上下法兰与锥筒焊接时, 如果坡口内外填充金属收缩应力不相等, 法兰的平面度变差, 即发生角变形。

三、工艺措施

1. 焊后直径变小

(1) 反变形 铆工在装配外配水环时, 通过计算和经验预测对工件做反变形处理, 即组对时把工件直径尺寸放大, 根据结构的特点和我们长期积累的经验, 做法是把直径放大 10mm。由于不锈钢膨胀系数是碳钢的 1.5 倍, 热导率是碳钢的 1/3, 所以不锈钢锥筒的直径要略大于碳钢。

(2) 减小应力 操作者每焊完一层或一道, 都要用风镐对焊缝进行敲击, 使焊缝表面伸展, 减小焊接应力及变形。

(3) 制定合理的焊接顺序 环焊缝的焊接顺序是分段退焊, 即每焊 250mm 左右时, 退焊第二段, 以此类推, 目的在于减小前段焊缝对后段焊缝的压缩作用。

2. 椭圆

当多人同时焊接时, 焊接参数及填充每一圈焊缝坡口的厚度均要保持一致, 避免造成水环局部应力过大或过小。

3. 局部内凹外凸

焊接立缝时, 坡口的内外要对称施焊, 以减小焊后锥筒弧度的变化。要选用成熟的焊工以避免因质量问题而产生返修变形。立焊缝焊接结束后, 把环焊缝的定位焊点磨开释放焊接应力, 调整每个锥筒的弧度, 然后重新恢复环缝的装配再进行焊接。

4. 高度变小

(1) 铆工装配时对高度做反变形处理 即装配

时对每圈环焊缝加反变形收缩量。根据我们的经验预测和计算, 做法是碳钢的环焊缝每道横向加 2.5mm, 由于不锈钢的热导率是碳钢的 1/3, 膨胀系数是碳钢的 1.5 倍, 所以对于两圈不锈钢的焊缝, 每圈横向加 3.5mm 左右。

(2) 上法兰的调整 水环的上法兰要保留到最后焊接, 其目的是待三圈环焊缝焊完收缩后, 对工件的总高度进行测量, 以调整上法兰与锥筒的间隙, 以保证工件焊后总高尺寸达到图样要求。

(3) 焊接坡口时要采用多层多道焊, 以减小焊缝横向收缩 由于不锈钢焊缝在 600℃ 去应力退火时作用不明显, 所以每焊一道或一层都要用锥形风镐头对焊缝进行锤击, 使焊缝表面伸展, 减小焊接应力与变形。

5. 法兰变形

(1) 上下法兰与锥筒焊接时, 要做到坡口内外对称施焊, 以保证坡口内外收缩应力相等。

(2) 在法兰的外径边缘与锥筒加斜支撑, 用以提高结构的刚性, 防止法兰在焊接时平面度变差, 如图 3 所示。

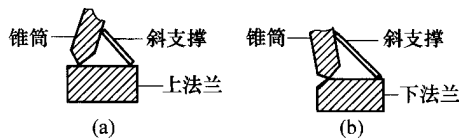


图3 斜支撑

四、外配水环焊接参数

焊接过程中要严格控制热输入, 以减小焊接变形, 焊接参数如附表所示。

外配水环 MIG 焊接参数

焊接层数	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /mm · min ⁻¹
打底层	1.2	220 ~ 250	22 ~ 26	200 ~ 230
填充层	1.2	250 ~ 280	24 ~ 28	220 ~ 250
盖面层	1.2	200 ~ 230	20 ~ 24	230 ~ 300

五、结语

大型工件焊接时, 焊接应力与变形比较复杂。如果是异种钢的焊接, 将更加复杂。我们经过长期对水环焊接变形产生原因的摸索, 通过计算和预测相结合, 已能够很好地控制和调整外配水环的焊接应力和变形。MW (20120425)