

核电站主管道窄间隙自动焊常见问题及其调整方法

核工业工程技术研究设计有限公司 (北京 101300) 王 健 冯英超

1. 概述

核电站主冷却剂回路管道(简称主管道)连接反应堆压力容器、蒸汽发生器及主泵,构成一回路压力边界。福清、方家山核电站主回路管道现场的安装施工使用了纯氩保护窄间隙自动焊焊接工艺(以下简称“窄间隙自动焊”),以缩短建造周期、提高施工质量、降低建造成本。

窄间隙自动焊工艺作为一种新工艺应用于核电站主回路管道的焊接工作中,以自动焊机为主体,依靠自动焊操作工进行操作,降低了人为因素造成质量缺陷的可能性,并且一定程度上改变了对主回路管道焊工的超高要求,焊接操作工经过专门培训,取证合格后即可上岗工作。

对于窄间隙自动焊,具有焊接效率高,焊接质量好的优点,但也容易出现一些诸如频繁粘钨、熔池下坠、侧壁熔合不良等问题。

本文就上述问题出现的原因进行详细描述,并从可能引起该问题的多方面因素给出调整方法。

2. 窄间隙自动焊焊接工艺

(1) 焊接方法 主管道的现场焊接是核电站建造中的难题和关键点之一。以往国内核电站现场安装施工中,主管道的焊接工艺为传统焊条电弧焊,接头质量在很大程度上受焊工的技能水平、情绪和身体状况等影响,并且焊工劳动强度大,焊接效率低,工期长。自2004年开始,我公司开始了核电站主回路管道窄间隙自动焊技术的研究,并于2009年获得国家发明专利,后续又与中国核动力研究设计院、中国核电工程有限公司联合开展工程实际应用工作。

与传统的焊条电弧焊工艺相比,窄间隙自动焊具有如下优点:①熔敷金属填充量少:自动焊坡口属

于窄间隙坡口,填充空间小。②焊接效率高:自动焊的填充空间小,间隔时间短(属于360°的连续焊接),可连续作业。③焊接接头质量好:自动焊焊接过程依靠的是标准的焊接参数且由自动焊设备来执行,使得整体焊缝的焊接热输入合理、稳定,焊缝的晶间组织较为理想(晶粒小、均匀)。④焊接操作简单:自动焊主要依靠的是自动焊设备和焊接参数,而对人工的依赖程度低,使得整体操作流程简单化。⑤焊接过程具有可视性、可追溯性:自动焊实施的过程中拥有全程的视频监控及记录,可以进行焊接过程观察,也可以对整个过程进行记录。

(2) 焊接设备 窄间隙自动焊设备即自动焊焊机,最终确定选用加拿大LIBURDY公司的产品。通过福清自动焊试验室的系列试验,可以确认采用LIBURDY公司的设备以及目前开发的焊接参数,可以焊接出质量稳定、合格的焊缝。

(3) 填充材料 焊接填充材料为不锈钢焊丝,有两种:自动焊丝为ER 316L ϕ 0.8mm和ER 316LSi ϕ 1.0mm,其中ER 316L ϕ 0.8mm用于熔透焊道、支撑焊道的焊接,ER 316LSi ϕ 1.0mm用于后续填充焊道、盖面焊道的焊接。

3. 问题描述及解决途径

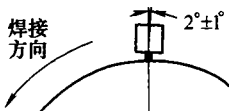
窄间隙自动焊工艺在福清核电站、方家山核电站的主回路管道已经成功应用,在施焊过程中,出现了频繁沾污、侧壁熔合不良、熔孔等问题,上述问题对焊接质量有可能形成影响,下面就上述问题的成因及解决措施进行描述。

(1) 频繁粘钨 粘钨,指在起弧或施焊过程中钨极部分接触熔池形成短路,造成焊接过程停止的情况。

出现频繁粘钨的主要原因包括:

第一, 冷却水循环不畅。自动焊焊机机头与焊机间线缆较长, 在反复使用中易出现冷却水循环不畅, 对机头的冷却作用降低, 易出现粘钨。经过调整焊机机头与焊机间的连线可解决粘钨问题。

第二, 钨极偏转。在窄间隙焊接工艺中规定了钨极的纵向偏转角度, 如附图所示, 对于5GT、6GT位置来说, 如果在施焊过程中对应相应的焊道及其焊接参数, 出现了钨极偏转角度不足甚至钨极偏转角度相反的情况, 极易在90°、270°位置出现粘钨。如在上述位置出现频繁粘钨的情况, 可考虑对钨极纵向偏转角度进行调整, 调整范围应在焊接数据包所允许的范围内。



钨极纵向偏转示意

第三, 层间温度较高。在5GT位置管道施焊过程中, 在连续焊接若干道后, 在270°附近易出现因熔池过大而出现粘钨的情况, 原因为焊接热输入量过大, 熔池由于自身重力原因拉长, 突然变形, 导致自动焊弧压跟踪失去调节作用, 出现了粘钨的情况。

调整方法: 出现此问题后, 首先尽量将层间温度控制在较低水平, 在施焊过程中实时观察熔池, 在5GT位置焊接180°~360°区间内, 在确保侧壁熔合良好的前提下, 压低弧压、降低基值电流, 视熔池与侧壁熔合情况降低峰值电流, 尽量减小热输入量并将熔池控制在较小范围内, 避免出现自动焊机弧压跟踪失效的情况。

(2) 侧壁熔合不良 问题描述: 在5GT位置180°~270°焊缝根部两侧, 6GT位置180°~270°焊缝根部下侧, 以及部分焊道由于电弧偏吹问题导致的单侧熔合不良。

调整方法: 此问题属于在爬坡位置出现侧壁熔合不良, 原因有如下两方面:

第一, 热输入量不足。使用在主管道现场的焊接工艺均经过工艺评定及车间评定的验证, 即焊接所使用的参数已经过验证, 热输入量不足不是出现此问题的主要原因。但可通过降低钨极行走速度、增加峰值电流同时降低基值电流来缓解出现侧壁熔

合不良的情况, 以上焊接参数的调节均应在焊接数据包允许范围内进行。

第二, 电弧张开角度不足。影响电弧张开角度的因素有电流的大小、钨极的锥度、钨极平台的大小。电流大小在焊接参数的范围内, 经过工艺评定的验证可确定电流大小不是侧壁熔合不良的原因; 钨极的锥度, 福清、方家山现场所使用的钨极均使用专用钨极磨削器进行打磨, 钨极的锥度为固定的30°, 可确定不是侧壁熔合不良的原因。另外, 在工艺评定过程中, 对于钨极平台的描述为钨极平台直径为0.8~1.2mm, 钨极平台尺寸为0.8mm时电弧张开角度大于1.2mm时的电弧张开角度, 钨极平台越大, 钨极越不易烧损。但在出现焊缝两侧熔合不良的情况或电弧偏吹导致单侧熔合不良的情况下, 可使用在数据包中规定的钨极平台最小尺寸进行施焊, 可有效缓解侧壁熔合不良的情况。

(3) 熔孔 在5GT位置180°~270°之间易出现此问题, 表现为熔池无法稳定的挂在焊缝上, 出现熔孔。

调整方法: 5GT爬坡位置出现熔孔的原因主要有如下两方面:

第一, 电弧打开角度不足。峰值电流时, 电弧没有打在焊缝根部两侧与母材交接位置, 而是全部打在焊缝上, 热量全部集中于焊缝上, 导致焊缝受热过多出现熔孔。通常情况下, 通过更换钨极平台更小的钨极可解决此问题, 相同焊接参数下, 更小的钨极平台尺寸会获得更大的熔宽。电弧打开角度不足是此问题出现的原因之一。

第二, 热输入量过大。熔孔易出现于连续焊接若干道后, 即焊缝的层间温度已升高, 对于焊缝无需使用过大的焊接参数, 在保证焊缝根部熔合良好的前提下, 可通过减小基值电流, 降低弧压, 视熔合情况减小峰值电流, 加快钨极行走速度, 最终降低整体热输入量来避免熔孔的出现。重点是要根据焊缝根部宽度以及焊缝的层间温度选择适合的焊接参数进行施焊。

4. 结语

本文对窄间隙自动焊在主管道施工过程中出现的一些常见问题进行了描述并给出了调整方法, 在保证后续窄间隙工艺的顺利实施方面起到了积极作用。MW (20130109)