

核电站设备管嘴与安全端的焊接工艺



在核电站反应堆压力壳、蒸汽发生器、稳压器的结构设计中，都有管嘴与安全端焊接接头。管嘴材料一般采用 Mn-Mo-Ni 型低合金高强度钢，而安全端与反应堆冷却剂管道相接，均采用 316L 奥氏体不锈钢。这两种材料的物理化学性能不同，接头的设计和焊接工艺的确定要保证接头具有良好的力学性能，严格控制接头中的危险性缺陷。

一、管嘴与安全端焊接要求

管嘴与安全端的焊接材料主要选用奥氏体不锈钢和镍基合金两种。由于镍基合金焊缝能抑制低合金钢一侧熔合区碳的扩散，使扩散层减薄，冲击韧性提高，而且镍基合金焊缝金属的热膨胀系数接近低合金钢，减小了接头的热应力。目前国内外常采用的焊条牌号有美国的 Inconel 82、Inconel 152、比利时 Soudonel 690、德国 Thermanit 690、日本的 Nic 703D、瑞典的 Sanicro 71。氩弧焊丝的牌号有美国的 InconeI 182、，德国 Thermanit 690、比利时 Soudotig 690 “Q 5”、Soudotig 690 AUTO “Q5”、日本的 TGS-701Ncb、瑞典的 Sanicro 72。一般选用的焊条直径为 3.2mm 和 4mm，焊丝直径为 0.9mm、1.2mm 和 1.6mm。

管嘴与安全端焊接采取先在低合金钢管嘴端部堆焊 8~10mm 厚镍基合金作为隔离层，经消除应力热处理后加工成焊接坡口，然后与不锈钢安全端对接，焊后不再进行热处理。接头形式见图 1。

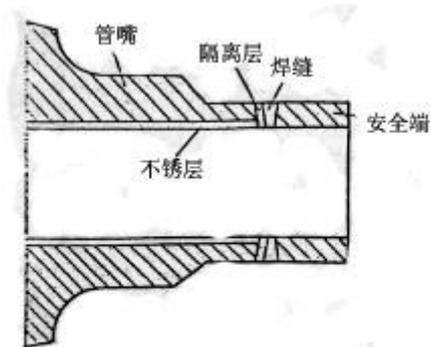
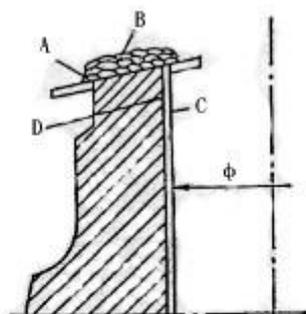


图1 管嘴与安全端接头形式

焊接方法主要采用手工电弧焊，法国近年来采用热丝 TIG 焊。手工电弧焊的优点是熔合比小、焊接操作方便灵活、不受工件形状限制，但生产率较低。热丝 TIG 焊的优点是熔合比小、焊缝金属杂质含量少、生产率高，但设备投资昂贵。

二、管嘴端部镍基合金堆焊工艺

在管嘴端部进行手工电弧堆焊镍基合金过渡层时，主要是控制堆焊层被稀释和熔合区性能。为此必须限制焊接线能量，一般焊接电流比焊低合金钢小 10~15%。在低合金钢中不产生淬硬组织的情况下，尽可能降低预热温度。进行多层堆焊时，应严格控制层间温度，加快熔化金属冷却速度，防止产生热裂纹。堆焊顺序见图 2。



A-镍基合金过渡层 B-镍基合金耐蚀层
C-管嘴内壁不锈钢堆焊层 D-堆焊方向
 ϕ -管嘴内径

图 2 管嘴端部堆焊顺序

三、管嘴与安全端对接焊工艺

根据不同的坡口形式，通常采用以下几种焊接工艺：

- (1) 先手工氩弧焊加填充丝打底，再用手工电弧焊焊妥，该工艺能保证焊缝根部质量，不必去除焊根。
- (2) 手工电弧焊直接焊妥，但焊缝根部质量较难保证，必须进行机械加工去除焊根。
- (3) 先自动氩弧焊不加填充丝封底，然后自动氩弧焊加填充丝直接焊妥。采用此方法可以用变位器进行水平俯焊，也可以工件固定进行横焊或全位置焊接。

由于镍基合金和不锈钢的线膨胀系数比低合金钢大，而热导率比低合金钢小，焊接时会

引起较大的应力和变形。同时镍基合金熔化后，液态金属表面张力较大，使湿润性差，熔深较浅。这些都给施焊带来不利因素，但可通过选择合适的坡口尺寸得到改善。具体的坡口尺寸见图 3。

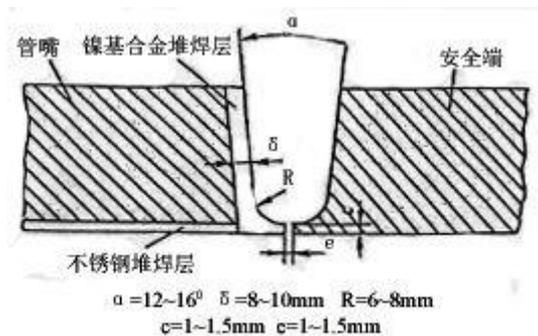


图 3 安全端焊缝坡口尺寸

坡口表面及焊接区域如有涂料、油污等杂物，不但会使焊缝金属中溶入 C、S、E、Pb 等元素，引起焊缝热裂纹，使耐腐蚀性变差，而且还会破坏熔池的保护气氛，形成难熔氧化物、气孔、夹杂等缺陷。因此，焊前必须用丙酮或酒精将坡口及其周围区域清洗干净，在施焊中用钢丝刷或砂轮磨削去除焊缝和坡口内的氧化物，并清除焊渣和飞溅等杂物。

为了减少不锈钢安全端金属对焊缝的稀释，应采取由管嘴镍基合金堆焊层坡口一侧向不锈钢安全端坡口一侧的焊接顺序。这种焊接顺序的优点是能保证焊缝金属化学成分和力学性能。

来源：摘自网络