

# 9万t/a制氢及配套空分项目用Inconel625合金焊接技术

甘继荣

南京化学工业9万t/a制氢及配套空分项目，由中国石化集团南京工程有限公司设计，建设地点在南京市六合区南化公司氮肥区内，采用美国GE水煤浆加压气流床煤气化技术和大型工业装备，利用高硫煤作为原料生产氢气，既符合《南京市城市总体规划》重点建设江北化工带的总体发展战略，又符合国家在煤化工产业上的政策。

工程项目管线较长，管道材质品种多，包含低碳钢、合金钢及不锈钢等材质的管道，管道特性复杂，焊接方法种类多，手工焊和自动焊均有采用，焊接材料较复杂。其中，氧气管道采用了Inconel625合金，具有较高的高温强度、良好的抗氧化和抗腐蚀性能、良好的疲劳性能及断裂韧性等综合性能。为了使Inconel625合金钢管在焊后保持其力学性能，必须在焊接过程中使用更有针对性的焊接工艺。本文结合项目现场施工状况，对Inconel625合金钢管的焊接工艺进行了叙述。

## 1. Inconel625合金焊接性

（1）Inconel625合金中，Cr，Mo的高含量为合金提供了较好的抗点腐蚀和裂变腐蚀的能力，即使是在高温状态下，依旧具有抗腐蚀的特性。

（2）Inconel625合金中，Cr含量高达22.2%，提高了合金的强度，一定量的Mo也使得合金的蠕变强度得到提高，同时，少量Al和Ti，使合金的时效硬化作用降至较低的程度，改善了合金的焊接性。

（3）Inconel625合金中，由于存在一定量的S和P，在各种元素中S和P的偏析系数最大，同时，S和P在钢中还能形成多种低熔化合物或共晶，并且，因为Ni是强烈稳定γ相的元素，降低S的溶解度，提高了低熔共晶形成的可能性，有利于形成热裂纹。

（4）Inconel625合金线膨胀系数比较大，但是热导率较小，致使合金加热和冷却不均匀，以致合金在高温阶段晶间发生的塑性应变量也较大，塑性应变量越大，越容易开裂。

（5）Inconel625合金是镍基合金，固液相温度间距小，凝固速度快，容易使液态熔池中的氧或水汽来不及逸出而形成气孔。

## 2. Inconel625合金焊接工艺

根据Inconel625合金的物理特性和焊接性，为了保留Inconel625合金的耐腐蚀性及其他优秀特性，并根据壁厚的不同选用钨极氩弧焊（GTAW）或氩电联焊(GTAW+SMAW)的焊接方法，并针对其焊接性做了如下有针对性的措施。

（1）焊前准备 做好防风、防潮措施，户外施工使用挡风棚，合理规划施工，尽量减少在现场施焊，未满足规范和设计规定的环境要求不得施焊。

将坡口角度加工成V形65°，大的坡口有利于熔池中气体逸出，并且，焊缝成形系数大于1，对电弧焊来说，减弱了焊缝金属结晶在焊缝中心线汇交的情况，减小了出现裂纹、气孔和夹杂物的可能性。

对管道、焊材、焊接工具等进行化学清洗，除去表面的氧化物或其他的低熔化合物，并保证焊缝及坡口两侧各20mm范围内清洁干燥，避免在熔池中加入杂质产生夹渣或其他的缺陷。

管道内部充氩气保护，减少空气中的氧气、水、磷、硫及氮

等溶解到熔池中。

（2）焊接注意事项 控制焊接热输入，为了防止焊缝及母材金属因为过热或加热时间过长导致晶粒粗大，采用多层多道焊接，每层厚度不≤5mm，并选择小电流，高速焊接，焊道与焊道之间错开10mm施焊，并且每焊完一道后间隔一定时间，待层间温度降至60～150℃后，再继续施焊。

打底焊时，焊丝从焊缝中间缓慢送入，观察坡口根部，当坡口两侧出现圆形熔孔时，表示根部已经焊透，焊接遇到定位焊熔敷金属时，需先把熔敷金属打磨干净后再施焊。

焊道与焊道之间的焊渣、杂物必须清除干净后再继续施焊，如果因为耽误，导致焊缝无法完全焊完，再重新施焊时，必须按照工艺要求，重新对焊缝表面进行处理后再继续施焊。

使用划擦法在坡口内引弧，不得在坡口外引弧，避免造成母材污染和焊疤引起裂纹和气孔；采用短弧焊，减少飞溅和气孔，用月牙形运条法进行盖面焊接，均匀摆动焊条至距离坡口面约1mm处，并用回焊收弧法或划圆收弧法进行收弧，避免弧坑出现气孔和裂纹，氩弧焊接收弧时，待弧坑冷却后再撤去保护气体。

（3）焊接后注意事项 焊后检测焊缝表面成形，焊缝余高控制在1～1.5mm以下，过高的余高会导致焊缝内应力向焊脚位置集中，使焊脚处容易出现裂纹，当余高过高时，用磨光机打磨降低余高。

小焊接电流和均匀焊接法，能减少咬边缺陷，但当焊缝出现咬边时，需要根据咬边的深浅度进行补焊和打磨至平滑过渡。

焊接完成后注意对焊缝的保护，避免焊缝在未完全冷却至常温时被雨水或其他物质急速冷却和污染。

在管道水压试验结束后，再次对管道进行化学清洗，使焊缝金属拥有良好的耐腐蚀性。

### 3. 焊接设备选用

因为选用氩电联焊的焊接方法，为了减小工作人员的劳动强度，选择一种同时满足氩弧和手弧两种焊接的逆变焊机（型号：ZX7—315S/ST），氩弧焊时选择直流正接，焊条电弧焊时选择直流反接。

### 4. 焊接材料选用

由于选择钨极氩弧焊或氩电联焊的焊接方法，根据多种因素进行考虑，选择焊丝ERNiCrMo—3、焊条ENiCrMo—3进行施焊。根据焊材的化学成分与母材的化学成分对比，ERNiCrMo—3焊丝和ENiCrMo—3焊条有着与母材相近的成分，并且，在Mn或Si元素的含量比母材略大，这两种元素对熔池金属脱氧或脱硫起着积极的作用，有助于较少气孔和裂纹倾向，Ni、Cr、Co、Mo等元素也对熔池金属中的合金元素起到补充作用，减少母材合金元素稀释导致的不良影响。

（1）ENiCrMo—3焊条和ERNiCrMo—3焊丝的强度级别与母材处于同一等级，抗拉强度均＞760MPa，由于母材具有热裂纹敏感性，需要选择抗裂性能好的低氢焊条，ENiCrMo—3焊条和ERNiCrMo—3焊丝满足要求。

（2）管道使用环境和使用性能。Inconel625合金钢管输送氧气处于一种易腐蚀的工作环境，需要选择耐腐蚀焊材，ENiCrMo —3焊条和ERNiCrMo—3焊丝属于镍基焊材，成分中的Cr元素含量较大，能为熔敷金属补充Cr元素，使Inconel625合金的耐腐蚀性能在焊缝金属中得到延续。

（3）为了保证焊缝质量，选择进口ENiCrMo—3焊条和ERNiCrMo—3焊丝，可以减少焊接作业中的返工，在一定程度上也减少了施工成本。

### 5. 结语

（1）钨极氩弧焊或氩电联焊是焊接Inconel625合金此类镍基合金的高效高质量的焊接方法。

（2）焊接Inconel625合金，必须充分了解它的焊接性，并根据它的使用特性，制定合理的有针对性的焊接工艺进行施焊。

（3）良好的焊接工艺，必须在焊接作业中得到认真执行，才能保证焊缝的焊接质量。

作者简介：甘继荣，南京南化建设有限公工程师。

友情提示：

本文Inconel625的焊接工艺过程请扫描二维码了解详情！

MW 201401211