

裂解炉辐射炉管焊缝返修工艺

石广湖

2007年5月份，在某项目8×15万t/a乙烯裂解炉施工中发现，到货的辐射炉管焊缝存在大面积裂纹等缺陷。当时的具体情况为，在对CAF1和CAF2炉炉管焊缝进行5%RT抽检时，发现炉管焊缝存在质量问题，抽检的32道口共有：1道口有裂纹，3道口有条渣、未熔合等缺陷，按JB4730—2005评片为Ⅳ级。后面对其他炉子的炉管进行射线检测，发现总计有辐射炉管136道存在需要返修的缺陷。经查原制造厂无损检测底片，并与现场无损检测底片相对比后得出结论，此裂纹为焊接过程中产生的热裂纹，当时无损检测人员在评片过程中漏判。

按规范要求，此部分炉管应返回制造厂或者由制造厂到现场来进行返修，因施工周期有限和实际情况，制造厂委托我公司对此管焊缝进行修复。本文以此次高铬镍焊缝返修为例，全面介绍高铬镍辐射炉管焊接及返修的相关问题。

1. 材质说明

裂解炉炉管材质分别是X40NiCrSiNb35—25和X45NiCrSiNb45—35，两种材料是耐高温、抗氧化和抗渗碳的特种合金，富含有Al、Ti、Ni、Nb等合金，母材的化学成分和力学性能分别如表1、表2所示。

从表1看出，该种材料焊接时主要考虑焊缝的高温耐热强度，因为该种材料化学成分中的Ni含量较高，主要是为了提高材料的耐高温性能，同时在焊接过程中Si可以起到一定润湿焊缝熔融金属的作用。

2. 返修工艺

（1）焊接方法　为了避免X40NiCrSiNb35—25和X45NiCrSiNb45—35在焊接过程中出现热裂纹，应采用热输入相对集中且较小的钨极氩弧焊的焊接方法。

（2）焊接材料的选用　在特殊材料的焊接施工中选用正确合适的焊接材料极为重要，焊接材料应保证熔敷金属的C、Cr、Ni、Co、Mo、W及Nb等含量分别与母材成分相当。X40NiCrSiNb35—25焊接选用25.35Nb TIG，X45NiCrSiNb45—35的焊接选用35.45Nb TIG。

（3）焊接工艺制定　从X40NiCrSiNb35—25和X45NiCrSiNb45—35材料的焊接性分析可知，该种材料的焊接过程中主要存在以下问题。因此，在制定焊接工艺时应考虑如何解决这些问题。

第一，焊接热裂纹问题。解决办法：一是严格控制有害杂质，尽量选用S、P含量相对较少的焊接材料。同时在焊接前彻底清理坡口，必要时可采用丙酮清洗坡口两侧，以防油污、杂质等熔入焊缝金属，引起热裂纹；二

表1　化学成分（质量分数）　（%）

材料	C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb	Mo	P	S
X45NiCrSiNb45—35	0.40~0.45	1.3~1.6	≤1.5	34~37	42~43	0.7~0.9	≤1.5	≤0.03	≤0.03
X40NiCrSiNb35—25	0.30~0.45	1.8~2.2	0.5~1.5	24~27	33~35	0.8~1.5	≤0.5	≤0.03	≤0.03

表　2

材料	力学性能		
	抗拉强度/ MPa	屈服强度/ MPa	伸长率（%）
X45NiCrSiNb45—35	≥480	≥250	≥4
X40NiCrSiNb35—25	≥440	≥220	≥8

是应尽量减小焊缝过热，避免形成粗大的柱状晶，焊接时应采用小的热输入和小截面焊道，采用多道焊接，严格控制层间温度在100℃以下，以防止焊缝及热影响区晶界组织成分增大，造成焊接接头的高温韧性下降。

第二，化学成分偏析问题。产生原因：一是X40NiCrSiNb35—25和X45NiCrSiNb45—35含碳量高；二是为了提高炉管的抗氧化性能，在材料中加入较多的Si元素。由于Si元素含量的提高，使焊接时极易造成化学成分偏析，从而产生焊接热裂纹。

解决办法：采取合理的焊接工艺，控制焊接热输入，同时应提高焊接的合格率，减少焊缝的返修，避免焊缝金属二次过热，从而降低焊缝化学成分的偏析程度。在焊接施工中，必须首先确定焊缝缺陷的具体位置，清除缺陷时要尽可能减小开口面积。开口面积越大，补焊热影响区越大，产生热裂纹的倾向就越大；反之亦然。补焊缺陷时应采用小电流，快速焊。

第三，母材的微裂纹。应尽量采用坡口机加工，避免等离子切割时母材受热产生缺陷。组对焊接前，必须对坡口认真清理，并进行严格的外观和渗透检查，坡口表面不得有裂纹、夹渣、分层等缺陷。氩弧焊完成后，待焊缝冷却至室温后，做渗透检查，其他焊层之间应进行目视检查，认真清理层间焊道。焊接完成后，还应对焊缝母材及热影响区进行渗透检测，确认无裂纹为合格。

（4）具体返修焊接工艺 第一，需要返修部位在整个管排的下部（焊口号1~24），具体如图1所示。修磨时在U型弯管下部垫上支撑物并对进出口直管上的夹具进行检查，确保在返修时炉管不会产生相对位移。管束间距约为80mm，需要将下部的固定支撑拆卸，用小方木将管束向左右各撑开50mm，这样间距达到180mm，可以满足砂轮修磨和焊接操作。由于焊接部位距上面固定部位约10m，一侧撑开50mm，炉管变形率约0.5%，在弹性变形范围内，所以不会对管子本身造成影响。如果缺陷不在管束内侧，则不用将管束撑开。

第二，根据底片所示缺陷部位，准确定位缺陷位置，用砂轮打磨，直至将缺陷清除干净，然后做PT检测，确认无缺陷后进行焊接修补。如果缺陷为裂纹，为防止裂纹扩展，打磨时要从距离裂纹的两侧各20mm处开始向裂纹中间进行，如图2所示。

第三，充氩时采用整个管束整体充氩，胶管从辐射段出口伸到U型管根部，并对炉管入口用胶布封死。开始时氩气流量12~20L/min，待氩气从焊缝流出来以后，氩气流量可以适当的调小。

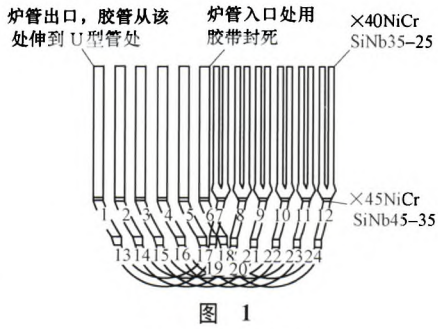


图 1

注：1~24为焊口号。

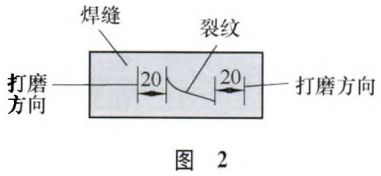


图 2

第四，在焊接时应将炉管间撑开的木块松开，对管排的位置复查后再进行焊接。

3. 检测

返修完毕后进行外观检测，合格标准为表面不得有裂纹、气孔、咬边和熔合性飞溅，余高应≤2mm以及凹陷≤0.5mm。外观检测合格后焊缝表面做PT检测，JB4730—2005 标准I级合格；最后进行射线检测，JB4730—2005标准II级合格。

4. 结语

该项目8台裂解炉总计136道焊缝返修，从2008年3月28日开始，2008年5月3日全部返修完，返修后的RT一次合格率为100%。2009年8月裂解炉一次投产成功到目前一切正常。

此次返修结果表明，只要选用正确的焊接材料，采用合理的返修工艺，严格控制返修过程，就能提高焊接返修率。我公司对裂解炉辐射炉管进行如此大面积返修尚属第一次，在高铬镍材料的焊接安装中，此类问题还会再次出现，但在不断的施工和经验总结中，我们将会对高铬镍材料的焊接和返修有更深层的了解。

作者简介：石广湖，中国石油天然气第六建设公司，现从事石油化工项目建设施工管理工作。

MW 20140520