# 冷凝器0Cr18Ni9换热管与Q345R管板的焊接工艺

江苏双良锅炉有限公司 （江阴 214444） 陶 鑫 谢国良 陆全岗 华佳良

【摘要】针对0Cr18Ni9换热管与Q345R管板的异种钢焊接接头的焊接特点，制定出相应的焊接工艺。并通过焊接试验，进行了金相检验，其结果均满足产品技术条件和相关标准的要求。从而证明，制定的焊接参数可以满足该产品的焊接要求。

## 1. 概述

我公司为某氨纶制造企业生产了一台大型冷凝器，其管程的最高工作压力为0.3MPa，工作温度为45℃。壳程的最高工作压力为0.55MPa，工作温度为60℃。冷凝器的工作介质分别为水和腐蚀性气体。因管程介质的腐蚀性强，所以选用了$\phi$19mm×2mm，材质为0Cr18Ni9 的换热管；管板材质是Q345R， 厚度为40mm。因此形成了换热管与管板为异种材质的焊接接头。

由于这种异种材质的焊接接头焊接时容易出现大量的焊接裂纹，可能导致焊接失败。为了保证获得可靠的焊接接头，我们查阅了有关资料，并根据以往其他类似材料的焊接经验，初步制定出预焊接工艺规程表：决定管板与换热管采用手工氩弧焊点固焊，焊接接头的第一层采用全自动自熔TIG直流/脉冲焊；经检验合格后，焊接接头的第二层再使用全自动送丝TIG直流/脉冲焊进行焊接；填充焊丝选用H12Cr24Ni13Si。为验证该焊接工艺能否达到产品要求，在产品正式焊接前，进行了焊接工艺试验。

## 2. 管板焊接过程中的主要问题

（1）Q345R管板与0Cr18Ni9换热管是不同的材质，两种材质的力学性能和化学性能差异比较大，与同种材质的焊接相比，进行不同材质之间的焊接，无论从焊接机理和操作方法上都比相同材质的焊接要复杂的多。在焊接过程中，这两种金属相连接，必定会产生与母材性能不同的过渡层，产生的合金元素和结晶的条件都会发生变化。焊接接头热影响区中可能在晶界上析出Cr的碳化物及由焊接残余应力而引起的焊接接头晶间腐蚀，同时在焊缝冷却过程中，容易出现裂纹和较大的焊接残余应力。这些影响因素对良好焊接接头的形成和焊接质量都有着密切的关系。

（2）异种材质的焊接时焊接接头可能会产生一些问题 第一，焊接区、熔合区塑性降低，会导致焊接接头的力学性能降低。

第二，易产生裂纹、气孔等缺陷。

第三，焊接接头的热裂纹。不锈钢材料的热导率小，线膨胀系数大，具有较高的热裂纹敏感性，在焊接接头处及接头区都有产生热裂纹的可能。

第四，焊接接头的脆化。不锈钢与碳钢焊接时，由于焊接材料不匹配或焊接参数选择不当，易造成焊接接头金属的脆化。

第五，熔合比的变化，对耐蚀性的影响。

（3）防止异种材质的焊接接头产生焊接缺陷的措施：第一，进行焊接时，管孔和换热管的焊接表面应清理干净，不得有影响焊接的毛刺、铁屑、锈斑、油污等，以防止产生裂纹、气孔等缺陷。

第二，提高保护气体的纯度。

第三，采用过渡层，以防止碳的迁移。

第四，合理选用焊接材料及焊接参数。

### 3. 焊接工艺试验

（1）按照GB/T151—1999《管壳式换热器》附录B的有关规定和产品图样的要求制作焊接试板。试板材料Q345R，换热管材料0Cr18Ni9，焊接试板如图1所示。

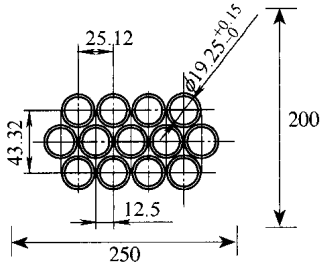


图1 焊接试板

（2）根据母材的化学成分和焊丝的选用原则，在保证焊缝金属的抗裂性能和力学性能的前提下，一般会选用铬、镍含量较高的焊接材料。结合以往的经验，决定选用 H12Cr24Ni13Si 焊丝进行填充焊接，焊丝直径为0.8mm。母材熔敷金属化学成分如表1所示，焊丝熔敷金属化学成分如表2所示。

表1 母材的化学成分（质量分数） （%）

| 项目 | C | Mn | Si | P | S | Cr | Ni | Cu | V | Mo | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 换热管 | 0.054 | 0.54 | 0.32 | 0.032 | 0.002 | 18.34 | 8.07 | — | — | — | — |
| 管板 | 0.16 | 1.46 | 0.29 | 0.014 | 0.003 | 0.03 | 0.02 | 0.05 | 0.005 | 0.005 | 0.004 |

表2 焊材的化学成分（质量分数） （%）

| 焊材 | 规格 | C | Mn | Si | P | S | Cr | Ni | Cu | Mo | Nb |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H12Cr24Ni13Si | φ0.8 | 0.022 | 1.93 | 0.614 | 0.02 | 0.012 | 23.2 | 13.7 | 0.154 | — | — |

（3）管板焊接工艺试验。进行焊接工艺试验前，应将试板表面和换热管管头及附近区域打磨干净，不能有影响焊接质量的油、水、锈等污物。管板焊接坡口形式的选择应考虑焊枪、钨极的可达性，保证焊接接头的熔深和焊缝的表面形状。换热管与管板的焊接，首先采用手工氩弧焊点焊时要严格控制焊接热输入，防止点焊时损坏管头，以便影响焊接接头质量，钨极直径2.4mm，喷嘴直径14mm。正式焊接时，使用全自动TIG直流/脉冲焊，采用自熔的方法焊接第一道。经检验合格后，再采用全自动送丝TIG直流/脉冲焊焊接第二道。第二道焊缝的起弧点应与第一道焊接接头错开180°；焊接终了时，应多加些焊丝，然后慢慢拉开，防止产生过深的弧坑。焊接过程应选用较小的热输入，以防止裂纹等缺陷的产生。焊接操作必须严格按焊接工艺执行。焊接参数如表3所示。焊接接头形式如图2 所示。

表3 焊接参数

| 焊道/焊层 | 焊接方法 | 填充材料 | | 焊接电流 | | 电弧电压/V | 焊接速度/cm·min$^{-1}$ | 热输入/kJ·cm$^{-1}$ | 保护气体氩气纯度（%） | 气体流量/L·min$^{-1}$ | 焊接设备 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 牌号 | 直径/mm | 极性 | 电流/A | | | | | | |
| 点固焊 | GTAW | — | — | 直流正接 | 90~110 | 14~16 | 5~10 | 7.56~21.12 | 99.99 | 8~12 | 手氩焊机 |
| 1 自熔 | A-GTAW | — | — | 直流正接 | 130~150 | 10.5~11.5 | 12~13 | 6.78~8.63 | 99.99 | 8~12 | 自动TIG焊机 |
| 2 | A-GTAW | H12Cr24Ni13Si | 0.8 | 直流正接 | 140~160 | 10.5~11.5 | 12~13 | 6.78~9.2 | 99.99 | 8~12 | 自动TIG焊机 |

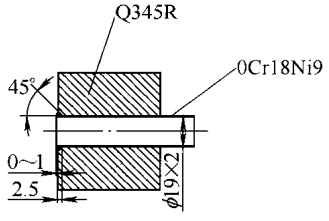


图 2

### 4. 焊接试板的检验

（1）渗透探伤 试板焊后进行表面渗透检测，未发现裂纹，表面气孔等缺陷，按JB/T4730.5—2005《承压设备无损检测》标准I 级的规定，该试件渗透检测结果合格。

（2）宏观检查 按照GB/T 151—1999《管壳式换热器》附录B的相关要求，对管板试件的4个剖面进行了宏观检查，8个观察面未发现裂纹、未熔合等缺陷；焊接接头填充饱满，$H$值满足标准要求（$H \geqslant 1.42 \times 2 = 2.84$mm），宏观检查结果如表4所示。

# 粉冶齿环与钢制齿轮激光焊接工艺研究与应用

神龙汽车有限公司 （湖南襄阳 441004） 杨月华 冯德学

## 一、概述

随着汽车产业的高速发展，市场竞争也日趋激烈，在满足产品使用要求的前提下，有效控制制造成本是汽车及零部件制造业努力的方向，国产化之旅也势在必行。2009年，我公司启动了变速箱中四、五档从动齿轮总成件上啮合齿环零件的国产化项目，即用国产粉末冶金啮合齿环（以下简称粉冶齿环）替代进口钢件啮合齿环。

本文结合该国产化项目研发过程，就粉冶齿环与钢件齿轮激光焊接形成零件总成的工艺设计及应用情况进行阐述，供读者参考。

## 二、产品结构与工艺简介

（1）齿轮总成原设计 变速箱中的四、五档（高速档）从动齿轮总成采用齿环和齿轮分体设计方案，由于功能要求增加用于保证换档行程的垫片，所以四、五档齿轮总成由齿环、垫片、齿轮通过激光焊接工序完成结合，随后齿轮总成进行碳氮共渗热处理。齿轮、垫片、齿环均为钢质零件，其中齿环和齿轮材料均为结构钢，化学成分接近，两者通过激光焊接工艺结合，生产历史近十年，工艺成熟，焊缝质量稳定可靠，满足产品的使用要求。

（2）齿轮总成产品技术要求 ①激光焊接工序：焊缝静态扭矩≥3000N·m，焊缝表面状态平整光滑，焊缝表面和内部无气孔与裂纹。②碳氮共渗+淬火工序。齿轮：层深EC650=0.35±0.10mm，心部硬度（455±75）HV，表面硬度（800±50）HV；粉冶齿环：心部硬度（390±70）HV；热处

表4 宏观检查结果

| 观察面号 | H值/mm | 宏观检验结果（10×） | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 裂纹 | 未熔合 | 其他缺陷 | 宏观组织 |
| 1 | 3.2 | 无 | 无 | 无 | 正常 |
| 2 | 3.7 | 无 | 无 | 无 | 正常 |
| 3 | 3.8 | 无 | 无 | 无 | 正常 |
| 4 | 4.1 | 无 | 无 | 无 | 正常 |
| 5 | 3.9 | 无 | 无 | 无 | 正常 |
| 6 | 3.3 | 无 | 无 | 无 | 正常 |
| 7 | 4.2 | 无 | 无 | 无 | 正常 |
| 8 | 3.6 | 无 | 无 | 无 | 正常 |

**5. 结语**

通过对0Cr18Ni9换热管与Q345R管板的异种材质焊接接头的焊接试验，采用H12Cr24Ni13Si焊丝，全自动TIG直流/脉冲焊焊接，焊接试件经宏观检查试验，焊接接头可以满足产品技术条件及相关标准的要求。解决了管板焊接过程中的主要问题，经过焊接性分析和焊接工艺评定，确定了合理的焊接参数和工艺措施，实际焊接中获得了优良的焊接接头。

采用上述工艺对冷凝器管束进行焊接，焊接接头表面成形良好；按图样规定对管束进行水压试验，试验压力2.6MPa，试压过程中无渗漏，试压一次合格。所焊管束投产至今两年来一直运行正常，从而证明按试验所得的焊接工艺是可行的，完全能够满足产品的焊接质量要求。

MW（20120708）