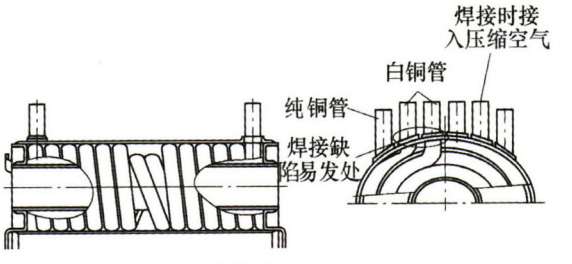
异种金属的手工钨极氩弧焊

中原油田采油三厂 （山东聊城 252429） 陈秋平

1. 概述

某公司开发的节能型CN－5冷热交换器工作性能数据如下：①钢壳体板材为08F，厚为3mm；齿片白铜管为Bfe10－1－1，ϕ25mm×2mm；齿片纯铜管为TUP，ϕ25mm×2mm。②齿片白铜和纯铜管与08F钢壳体冲孔翻边搭接焊。③工作介质为液体制冷剂；设计压力3.6MPa、工作压力2.8MPa；设计温度－40～50℃、工作温度－20～30℃。

在CN－5冷热交换器焊接制造中，08F钢与Bfe10－1－1（铁白铜）交换器在采用手工钨极氩弧焊后，出现焊缝金属热裂纹，靠近钢壳体近缝区因稀释而产生的低熔共晶引起的裂纹，以及内部与外部靠近白铜管焊接近缝区出现因高温引起的渗透裂纹现象，具体出现部位如附图所示。



焊接缺陷部位

这种产品源于美国所开发的节能设备核心部件，起初此公司均是采用进口，但因其进口价格过于昂贵，最后决定自行仿造开发此核心部件产品。

第二，BHM—4M/XUN123工艺性能测试，焊接参数如表11所示。焊接接头形式如图2所示。焊接顺序按照图2进行，严格控制焊接参数，清根采用碳弧气刨方式进行，焊接后测试的力学性能如表12所示。

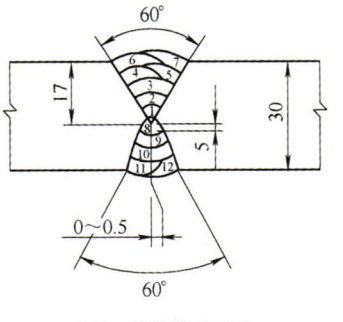


图2 焊接接头形式

表11 BHM—4M/XUN123焊接参数

焊道或焊层	方法	填充金属		焊丝干伸长度/mm	电流/A	电弧电压/V	焊接速度/mm·min^{-1}
		牌号	ϕ/mm				
1~13	SAW	BHM—4M	4.0	30	540	30	500

表12 BHM—4M/XUN123对接焊力学性能测试值

焊丝	R_{eL}/MPa	A（%）	弯曲性能（180°）	冲击吸收能量 A_{KV}（－40℃）/J
BHM—4M/XUN123	910	20	合格	90、85、92

四、结语

（1）从上述试验的实测结果可知，我公司的BHG—4M、BHM—4M/XUN123焊材完全能够满足相关工况的焊接性能要求。

（2）上述焊材已经在国内某些知名海洋工程装备企业中获得了批量使用，性能良好，替代了进口焊材的使用，降低了客户的制造成本。

（3）上述焊材已经通过美国、韩国的船级社认证，认证级别为：气体保护焊丝BHG—4M为4YQ690SA，埋弧焊材BHM—4M/XUN123为4Y690M。MW （20140208）

首先对进口的此种部件中三件有渗漏现象的部件进行了破坏性解剖。起初具体负责开发技术人员的精力主要集中在解决壳体模具制作和两种齿片铜管的缠绕、压缩等难题上，而在承压焊缝焊接上并没有作过多的考虑，只是采用气焊进行了火焰熔化焊接。但在水压试验时，焊缝及焊缝热影响区均渗漏不止，当时负责此项产品技术开发的工程技术人员经过分析，起初疑似焊接操作技术和焊接材料等问题，为此又聘请了多个厂家的高级气焊技师，并更换了相应的多种焊接材料，经过反复焊接试验，焊接问题依然没有得到有效的解决。如果焊接难题不能攻克，此项节能型交换器产品就会因其进口部件价格太高而让用户无法接受。

解决上述焊接难题是节能型CN－5冷热交换器产品研制成功的关键。当看到被解剖的进口产品时，笔者发现美国所采用的是专用填料电阻固溶焊，并根据多年积累的焊接理论知识和实际焊接经验，否定了该单位所采用的气焊方法，因为从最基本的焊接技术理论而言，对异种金属熔焊（$A+B+C$）相溶性的分析，采用气焊这种焊接方法是不可能获得满意的焊接接头的。因此建议采用手工钨极氩弧焊或熔化极惰性气体保护焊方法。

2. 焊接工艺措施

异种金属熔焊时，由于焊缝金属与母材金属在成分、组织及性能上的明显差别，会引起一系列在同种金属熔焊时所不存在的问题，这在选择焊接方法、焊接材料以及确定组焊工序和焊接工艺规范时都需加以考虑。为了使母材和焊接材料必须都熔化并共同组成焊缝金属，因此要严格控制焊缝金属的成分，根据母材和焊接材料的熔点、比电阻、热导率及比热容等物理性能确定所需热源的种类和强度，以及适宜的焊接位置等工艺措施，确保必要的熔合比。具体的焊接参数如附表所示。

组焊前用砂布将壳体和铜管焊缝周围擦亮，达到去除表面氧化物等目的；施焊前再用丙酮将被焊焊缝清洗干净，去除表面油、锈、水等有害杂质。

采用上述工艺措施后，经水压试验并稳压30min达到了满意的焊接接头效果。但当进入批量生产焊接时又暴露出了焊接合格率问题，其中有10%左右产品焊后壳体内部靠近铜管热影响近缝区出现渗透裂纹现象，而这种焊接缺陷有些是出现在

焊接参数

焊接方法	焊接层数	焊丝类型	电源极性	钨极类型	钨极伸长度/mm
手工钨极氩弧焊	一层	前期：进口的“蒙乃尔”高镍合金焊丝 后期：国产QSi3－1，ϕ2mm（硅青铜）焊丝	直流正接	铈钨极ϕ2mm	4～6
喷嘴直径/mm	氩气纯度	气体流量/L·min^{-1}	电弧电压/V	焊接电流/A	环境温度/℃
10	99.96%以上	9～12	9～12	95～100	15～20

壳体内部，因此几乎无法修复。如果不解决这10%左右的渗透裂纹现象，将会增大成本。

经过认真分析和反复进行焊接性试验，找出了以下几种原因：

（1）焊接工艺与技术操作的影响　每一种焊接方法都有自身工艺特点，例如热源集中程度、焊接速度、对焊接区的保护程度等，都会对被焊金属产生不同的影响。尤其是在这种异种金属焊接中，如果不能从技术理论上很好地了解手工钨极氩弧焊方法的性质、规范及熟练地掌握操作要点等，就容易在焊接过程中因母材的过多熔入而产生稀释现象，尤其是在这种异种高、低合金金属焊接时，稀释现象更为严重。选择合理焊接顺序、焊接电流参数是避免产生焊后缺陷的重要因素之一。当遇到焊缝间隙较大时，应先在靠近钢的一侧补焊过渡层，以防止因稀释而引起焊缝金属化学成分含量降低以及碳、硫等对白铜一侧的不良影响。另外，钢与白铜之间的线膨胀系数差异相近，焊接时应尽量采用稍小焊接电流快速焊，严格控制其焊接热输入过大，这是因为白铜管化学成分较为复杂，当焊接热输入过大时，易在靠白铜管近缝区产生热裂纹和渗透裂纹。另外由于焊道之间相隔较近（15mm），因此焊接时严格控制各焊道的温度≤60℃。

（2）焊接材料的选择　众所周知，针对异种金属的熔焊往往是三种金属材料的相熔（$A+B+C$），也就是说在选择焊丝时，要综合两种母材通过添加焊丝熔焊后三者应有良好的互熔性。手工钨极氩弧焊（TIG），在具体设计或选用什么牌号的焊材金属时，却忽略这一点，只是一味地相信当时从美国进口的“蒙乃尔”高镍合金焊丝，因为从美

国进口的此种CN—5交换器产品所选用的电阻固溶焊是采用的这种“蒙乃尔”高镍合金填料焊丝。而这种焊丝并不适应手工钨极氩弧焊对异种金属的焊接，因为这两种焊接方法有着本质上的区别，“蒙乃尔”高镍合金作为填料焊丝应用在专用电阻固溶焊是理想的，而应用在手工钨极氩弧焊上其可靠性不能确定，这是因为手工钨极氩弧焊热源集中程度较高，与电阻固溶焊相比焊缝所接收的焊接热输入大且熔深大，而“蒙乃尔”高镍合金焊丝对焊缝的润湿和成形有利，但镍与钢中碳和硫以及其他低熔点合金在熔焊时易产生对焊缝的不良作用。为此，选用了国产的QSi3－1，ϕ2mm（硅青铜）焊丝，后经实际应用证明焊接效果良好。

（3）避免预制及组装结构应力的影响　因为钢壳体和齿片白铜合金管在冲压、盘绕、压缩及组装后，强制在结构中的应力对焊缝也会产生不利的影响，特别是在各铜管间距尺寸校正时，极易在白铜管焊缝热影响近缝区产生裂纹。因此，对各铜管间距尺寸的校正应在钢壳体焊成后再进行，这是因为通过钢壳体焊接所产生的热量能消除一部分因预制、冲压、盘绕、压缩及组装时所强制产生的内在应力，这时再进行钢壳体与白合金铜管的焊接就能避免应力对焊接所产生的不利影响。

（4）防止再热裂纹的产生　当进行外管碰头焊接时，白铜合金管与壳体焊缝离外管碰头焊接处仅为80mm，起初没有采取任何措施，再进行外管碰头焊接时（采用气焊），致使白铜管与壳体焊缝热影响区靠白铜管一侧产生再热裂纹。为此，后来再进行外管碰头焊接时，采用棉纱沾水先将白铜管与壳体焊缝区包裹起来，避免了因外管碰头焊接对白铜合金管与壳体焊缝再次热影响而产生再热裂纹。

综上所述，从以下三个环节能验证当时分析和判断的结果：

第一，对组焊工序及焊接工艺进行了相应的调整和细化，具体补充措施是：用压缩空气接入被焊白铜合金管，起到了在靠白铜管焊缝一侧由内向外强制冷却作用，从而有效控制了靠白铜管近缝区及焊缝热影响区温度过高而引起的合金烧损，避免了热裂纹和渗透裂纹现象。另外由于焊道之间相隔较近（15mm），因此焊接时严格控制各焊道的温度≤60℃，焊后焊缝金属表面应呈青铜颜色。

第二，通过反复进行实际焊后水压试验和实际安装生产的应用，最后经多批次1100套生产焊接达到了100%的合格率。而从美国进口的CN－5型冷热交换器电阻压焊合格率也不过是97%而已，在进口的一些不合格CN－5型冷热交换器补焊痕迹来看，大致判断是采用的手工钨极氩弧焊或是高频脉冲熔化极混合气体保护焊方法进行补焊的，但后来经使用验证其补焊的效果并不理想。

第三，开发此项节能设备公司是和澳大利亚合作的，CN－5型冷热交换器此部件是通过澳方转手进口的，当澳方得知该部件在公司能够生产后，提出要从几百件产品中任意提取三件带回澳大利亚进行严格的性能检测，结果各项技术检测都达到了合格要求，后来澳方主管技术人员同意CN－5型冷热交换器此部件在中国进行生产。

3.结语

综上所述，针对某些特殊产品焊接时，在没有专用设备情况下，只要能切实制定出较为完善和详细的焊接工艺，并充分利用和发挥较高超的焊接技术操作水准，就能弥补某些特殊焊接产品因没有专用焊接设备的不足，从而大大降低焊接生产成本。

MW（20131215）

《金属加工（冷加工）》2014年第4期要目

升船机螺母柱国产批量化生产工艺开发
异形零件加工精度提升探索
油量调节套端面加工工装设计
旋转接头固定装置的设计
变速箱带轮处密封结构改进设计
万能钻孔转胎
浅析浮动镗刀镗削质量及改进措施
新型智能功率模块ASIPM的功能与应用
铸造机活塞内芯加工工艺改进
镶嵌块蜂窝网格零件电火花加工技术研究
高精度孔距无定位间隙测量夹具设计
燕尾槽测量方法
ERP管理实施过程实践
NC数字计算机控制模拟应用
拉刀磨床技术改造
磨机主轴承现场漏油问题分析及解决办法