

制冷设备中钎焊质量的控制

毛徐凤

(上海冷气机厂)

摘 要 本文介绍了大中型制冷设备中钎焊质量控制的各个要点,指出应先从提高焊工技能入手,改进钎焊工考核标准;根据制冷设备本身对系统的特殊要求而采用的与之相适合的钎焊材料、新工艺,以及相关的检验方法。

关键词 制冷设备 钎焊工艺 焊工考核

HIGH-QUALITY BRAZE CONTROL ON REFRIGERATION EQUIPMENT

Mao Xufeng

ABSTRACT This paper describes essential of high-quality brazed-joint processing in large-scale and middle-scale refrigeration equipment manufacture industry. To point out that brazed-quality control lies in the aspects: First, ability of torch-brazing workers will be advance and testing standards of ability for torch-brazing workers must be amended; and finally, Selecting suitable brazing-materials and new torch-brazing processing techniques and advanced testing method according to characteristic system of refrigeration equipment.

KEY WORDS refrigeration equipment brazing processing techniques advanced testing method to torch-brazing workers

1 前言

近年来,随着改革开放的不断深入,中国加入WTO后国际上知名品牌的空调设备源源不断地进入中国市场,为了在市场上使国内品牌空调机能与国外产品相抗衡,除了更新和完善原产品结构外,还需在工艺制造上保证产品质量,才能提高产品性能,增强产品的竞争力。而制冷系统各部件间的连接需要依靠焊接来实现。因此焊接对保证产品质量有着十分重要的作用。作为现代焊接技术的三大主要组成部分之一的钎焊,由于具有焊接温度低、焊接引起的应力和变形小、焊件原组织和机械性能相对变化小等优点。所以被广泛应用于制冷机系统各部件间的连接。一般说空调设备常见的不制冷或制冷效果差等故障往往是由于焊接质量差或钎焊过程中产生负面影响导致制冷剂泄漏、系统脏堵等。因此要得到一个优质的焊缝及控制钎焊过程中对系统产生负面影响是空调机制造过程中难度最大、最为重要的问题。ISO9001中也强

调了这一重要的控制点。

2 钎料与钎剂的确定

(1) 钎料的选择

钎料的选择在很大程度上决定了钎焊接头的性能,选择合适的钎料是一个重要而复杂的问题,应从钎料和母材相匹配、焊接性、使用要求、设计要求和价格因素等综合考虑。目前市场上紫铜、黄铜、低碳钢之间的钎焊钎料有银钎料、铜磷银钎料、铜磷钎料。

对于如系统中的:压缩机、储液器、气液分离器、四通换向阀等进出口的焊缝因其受振动载荷大、塑性要求高而选用银钎料 BAg45CuZn/BAg25CuZn。这是因为银钎料的润湿性好、填充性好、有良好的综合性能,但价格较贵、钎焊时需加入钎剂。

对于如系统中的干燥过滤器等进出口的焊缝因其所处的位置承受冲击、振动载荷较小,塑性要求一般而选用铜银磷钎料 BCu89PAg,这是因为铜

银磷钎料的润湿性好、填充性好、具有一定的塑性和抗拉强度,但较之银钎料价格一般,钎焊时无需加入钎剂。

对于如钎焊翅片式换热器的 U 型弯头,因该处的焊缝不承受冲击及弯曲载荷、无塑性要求而选用铜磷钎料 BCu93P 焊。这是因为铜磷钎料的机械性能差,但润湿性好、填充性好、价格低廉、钎焊时无需加入钎剂。

(2) 钎剂的选择

钎剂的作用是清除焊件及钎料表面的氧化物,防止焊件在高温下继续氧化,改善钎料对钎焊金属表面的润湿性及填缝能力。经过数十次试验结果的反复比较,最后在实际应用中选用美国 STAYSILV。该产品的综合性能好,焊后又便于清洗。

3 钎焊接头的形式

由于钎料的强度低于母材强度,焊缝的强度也就低于母材的强度,因此依靠增大搭接面积来实现接头强度与焊件具有相等承载能力。基于这原理,钎焊接头采用搭接形式。图 1 为制冷机械中常见型式。

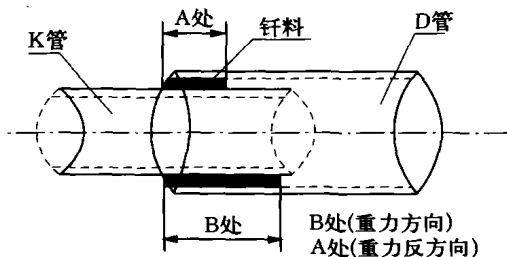


图 1

而且规定钎焊搭接长度值为 $L_j = F\sigma_b / 2\pi R\tau_j$ (管-管接)、 $L_j = (\sigma_b / \tau_j) \cdot H$ (板件搭接, H 为板厚); 焊缝间隙值一般取 $\delta = (0.05 \sim 0.2) \text{ mm}$ 为宜。

4 焊件的表面要求

焊件在钎焊前的加工和存放过程中会产生氧化膜和沾上污垢,这会影响焊接质量,因此焊件必需在焊前进行清洁处理。

(1) 表面氧化膜的清除

单件和数量较少的部件(包括一些不可拆元件如:储液器、过滤器、膨胀阀等用砂布打磨钎焊面的氧化膜。)

成批量的系统管子如:紫铜管、集管、毛细管等

用 5%~15% 的 H_2SO_4 水溶液酸洗 20~25 分钟,完毕,用热水和冷水将焊件上的残留酸液冲洗干净,随即放在洁净的房内凉 10~15 分钟,最后用 99.99% 的氮气吹尽残余水份或直接放在 100~120℃ 烘房内烘干。

经酸洗合格并吹干或烘干的铜管立即放入清洁干燥的封闭容器内,不接触脏物,12 小时内完成钎焊。

(2) 表面油脂的清除

不可拆元件、钎料及少数酸洗合格后其表面不小心沾上油垢的铜管,对其钎焊面用三氯乙烷擦洗。

5 施焊过程

(1) 焊前冲氮

系统管路的铜管当被氧乙炔火焰加热至高温时其表面被氧化,产生许多氧化膜,当系统进入正常工作状态时这些氧化膜脱落致使堵塞毛细管、过滤器等,并使压缩机气缸孔内表面拉毛,使制冷设备不能正常运行,因此必须在焊前预通 6 L/min 氮气,直到所有被焊焊缝冷却近室温时才停止通气,从而杜绝系统中氧化膜的存在。

(2) 钎焊燃气中加助焊剂

气体助焊剂的功能是在金属表面覆盖一层化学薄膜,从而起到了防止金属在高温下与空气中的氧气、水发生化学反应,生成金属氧化物。而钎焊过程中产生的副作用之一是钎焊接头附近的母材高温氧化,呈现发黑现象。因此在火焰钎焊的燃气中加入气体助焊剂,有效地解决了这一问题。

(3) 钎焊火焰的选择

钎焊紫铜与紫铜时采用中性焰。钎焊紫铜与碳钢时采用碳化焰。钎焊黄铜时采用氧化焰。

(4) 钎焊接头的冷却与清洗

钎焊完毕停留约 1 分钟左右,用水冷却(仅适于使用钎剂钎焊时),利用金属与钎剂热膨胀系数不同,使钎剂在金属表面自然分离解除钎剂对金属的腐蚀。

(5) 钎焊接头的检验

(a) 外观检验

焊缝接头表面无裂纹、夹渣、气孔、母材熔蚀等缺陷,接头表面无钎剂残留。

(b) 气密性检验

在空调管路系统内冲入氮气,用氮质谱仪检测,合格后系统充 R22 工质,再用高灵敏度的电子

检漏仪进行最终检漏。

6 钎焊工考核标准的改进

国内目前制冷业中许多管路的钎焊大部分处于手工操作状态。因此要获得一个优良的焊缝接头除确定正确钎焊工艺外,正确选择和培训一批优秀的钎焊工是获得优良焊缝接头的必要条件,也是保证焊缝接头性能合格的关键之一。

(1) 目前状况

长期从事制冷焊接的钎焊工,普遍认为只要焊缝外形好、熔入接头的钎料量多则该焊缝就是一个完美的焊缝。对于那些处于水平固定位置且操作人员又无法自然站立着施焊的工件钎焊接头,如大型风冷热泵机组上的系统总装接头,许多钎焊工对该接头过分地加热、保温、使填充金属量剧增,想借此来弥补钎料渗透深度不足的区域,结果这一操作反而导致已经均匀渗透到一定深度的钎料,在过热条件下沿重力方向重新进行不均匀分布,最终,沿重力方向钎料填充量是相反方向的几倍,以致最浅处达不到规定渗透深度,如图 2:

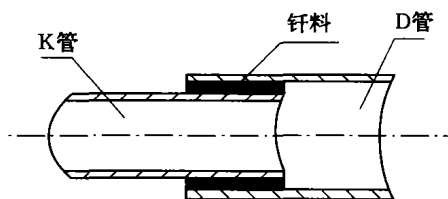


图 2 轴向随机解剖

另外还导致母材晶粒长大、脆性化合物生成等,产生大量缺陷,整个接头性能降低,产品加工成本提高。而且,系统管路中的许多焊缝难以用无损检测技术测定焊缝内存在的缺陷及钎料渗透的深度。因此,针对这一情况对钎焊工的技术考核标准必须作出相应的改进。

(2) 钎焊工考核标准

一般认为只要焊缝表面无裂纹、夹渣、气孔、母材熔蚀等缺陷即可。

美国制冷业的考核要求是除了上述内容相同外对同径搭接焊的紫铜管焊缝进行轴向随机解剖如图 3:

本人经过试验研究后在我厂推行如下考核标准:除了与上述一般认为内容相同外还应增加对同径搭接焊的紫铜管焊缝进行周向解剖(如图 4)该周向的解剖位置 L 值由下式确定。

$$L = L_j + (1.5 \sim 2) * \quad \text{且 } L < 14 \text{ mm}$$

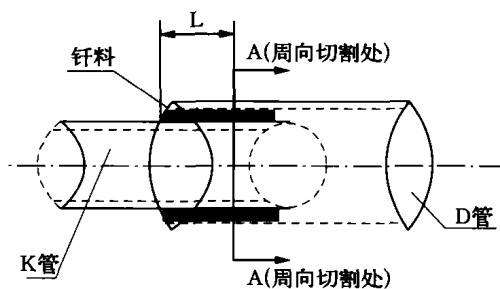


图 3 周向解剖

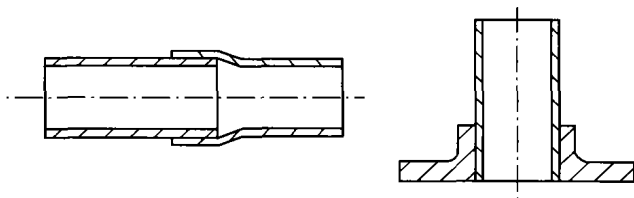


图 4 常见型式

其中: L_j 为钎焊接头长度,并且

$$L_j = F \sigma_b / 2 \pi R \tau_j$$

式中: F —管中的横截面积

R —管件的半径

τ_j —钎焊接头的抗拉强度

σ_b —焊件材料的抗拉强度

* (1.5~2) mm 作为对钎焊工特殊要求常数

此外将钎焊接头的合格标准定为:被周向解剖的横截面上同时出现三层金属,即除了内、外二层为紫铜管金属之外,中间层为均匀无缺陷的钎料金属。

周向解剖的优点是有利于直观检验钎焊工是否将钎料填到规定深度,该规定深度的整个圆周上是否都填满钎料。而且与美国制冷业标准存在的随机性大的不足之处相比周向解剖减少了缺陷漏检的几率。

7 钎焊工考核标准的推广

以上推行的考核标准原本仅适用于钎焊中央大型空调机组的焊工,后来发现经这一标准考核合格的焊工,在以后产品抽样检查中的焊缝合格率几乎为 100 %。由此得出考核标准对保证产品质量、减少返修率及降低产品生产成本起到了至关重要的作用。并将此标准推广到对柜机车间、OAK 车间钎焊工的考核,取得了令人满意的结果。由此可以得到下面两条结论:

(1) 钎焊工考核标准的改进是提高制冷设备钎焊质量的必要条件;

(2) 钎焊工艺的改进对控制焊缝质量、制冷设备性能具有重要作用。