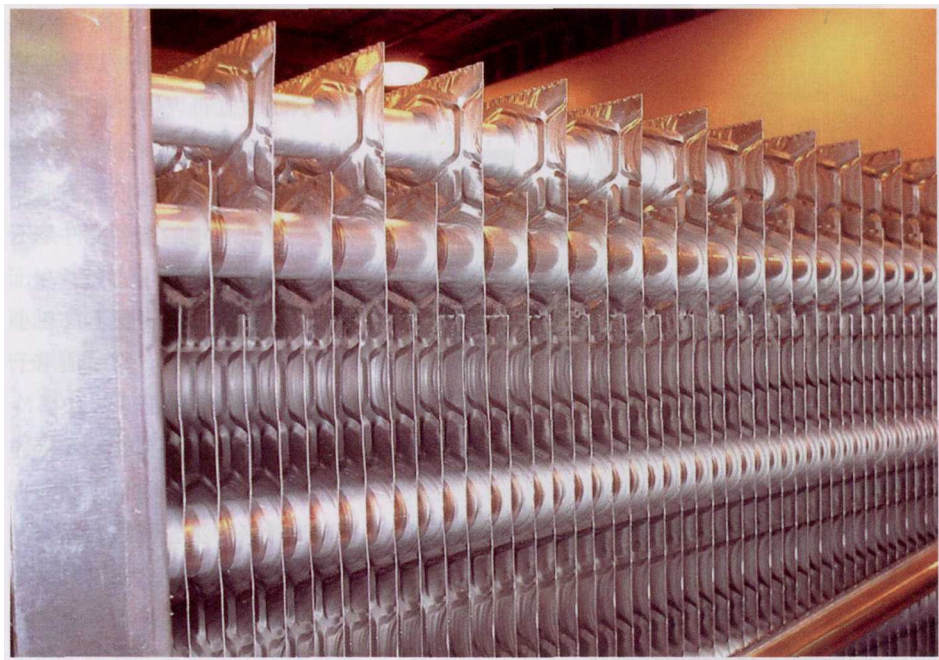




[钎焊]

空调制冷行业中的钎焊技术

钎焊技术可以实现同种或者异种、不等厚部件以及熔点差异较大的金属的连接，并具有很好的密封性，可广泛应用于供热系统、空调及制冷设备的生产加工中。

文 / 卢方焱 张亮 · 鲁科斯钎焊材料（苏州）有限公司

钎焊技术具有经济性、易于操作性、钎接头的高强度以及接头优异的密封性能，这些同样也是钎焊技术特有的优点，由于供热系统、空调以及制冷设备中含有用于加热或冷却用的液态或气态介质，因此，密封性对于此类部件显得尤为重要。金属与金属连接接头处的泄露将会导致介质的流失，从而导致设备不能发挥其正常的功能。

钎焊过程

钎焊过程为：加热母材至填充钎料的熔点，熔化的钎料通过“毛细”作用吸入并保持在母材间隙内，凝固后，钎接头中的母材与钎料之间形成牢固的冶金结合。优质钎接头的强度甚至可以超过被焊母材的强度。

技术方案

为了保证得到合理的钎焊接头，钎焊过程必须遵守以下6个注意事项：

1. 优良的装配以及合适的接头间隙

被钎焊金属部件的接头间隙一般最佳为 0.025~0.075 mm 之间，通常不超过 0.203 mm。如果接头间隙小于 0.025 mm 时，会由于间隙过小而导致钎料填充困难；如果接头间隙大于 0.203 mm 时，将会因缝隙毛细管作用减弱而导致钎料不能填满钎缝。

在制造供热系统、空调、制冷设备过程中，一般情况下，接头的间隙是比较易于控制以及把握的。因为在以上一系列制造中，所涉及到的钎焊接头的设计基本上就是 Cu 管以及 Cu 管的搭接，即将一根管材插入另一根管材的尾端。搭接处的毛刺必须处理掉，以便于使两部件能够更好地实现滑动装配。

2. 工件焊前清理

钎焊过程中的毛细作用一般发生在清洁的表面，如果被焊件表面被污染，将会阻碍钎料的润湿。

在制造管接头过程中，一般都是采用新出厂的装配管，通常不需要清洗。但是如果被焊部件表面有脏物或者油污，或者在后期管材弯曲过程中，浸上油污，都必须对管材进行清洗，以保证钎焊后得到致密的钎焊接头。

3. 添加助焊剂

助焊剂作为一种化学物质，可以防止钎焊过程中被焊金属在加热条件下被氧化，保证熔化钎料流动、填满钎缝。虽然一般来讲，助焊剂的作用在钎焊过程中是非常重要的，但其对供热系统、空调、制冷设备的钎焊影响不大。因为以上设备制造中所涉及到的钎焊过程基本上是 Cu 管以及 Cu 管的连接，在 Cu-Cu 钎焊时，



图1 Lucas-Milhaupt 半自动钎焊设备

可以通过使用含 P 钎料，如我公司生产的 Sil-Fos 或者 Fos Flo 钎料来实现无钎剂钎焊，因为 Sil-Fos 以及 Fos Flo 钎料中的 P 元素可以充当助焊剂的角色。虽然 Cu-Cu 接头钎焊在无钎剂条件下就可以保证钎料在钎缝中正常发挥其毛细作用，但是，如果额外添加钎剂的应用可以获得更为优质的钎焊接头。因此，可以根据被焊组件来选择是否使用钎剂，如果需要，可以推荐使用 Lucas-Milhaupt 生产的 Therma Flux。

Therma Flux 作为一种液态钎料可以直接应用于火焰钎焊中。钎焊过程中，助焊剂的应用可以保证被焊件在加热过程中的氧化，使得钎焊接头更加干净。

4. 工件的装配

供热系统、空调以及制冷设备中的被焊部分基本是属于管状的滑动装配件，其在装配过程中具有自对准以及自支撑功能。

该种装配件在钎焊过程中需要注意两点：

(1) 保证被焊件中的一根管要完全插入到另一只管中。

(2) 如果装配过程中用到钎料环，保证钎料环放在合理的位置，以确保其熔化后能够完全填充到焊缝中。

5. 工件的钎焊

无论使用何种加热设备进行钎焊——手工还是自动的，所有母材都必须保证能够被快速、均匀地加热。快速、均匀的加热方式能够保证熔化的钎料快速流动并润湿整个钎缝。钎焊过程中将加热源平稳地在管材以及装配接头处来回移动，使大部分热输入施加在接头处。不要将钎焊热源直接施加于接头处，防止接头处截面产生过热现象。

加热装配件至钎焊温度，一般达到钎焊温度以后，被焊件呈现暗红色，材料颜色可以作为预测被焊件是否达到钎焊温度的一个经验之策。被焊装配件达到钎焊温度以后，将火焰枪稍微后移，在紧靠管装配接头处置放钎料（含 P 钎料在钎焊过程中容易出现流动缓慢的现象）。如果接头加热适当，钎料能够向母材渗透并完全填满钎缝，通常情况下，

钎料更易于向接头中高温区流动。钎焊结束后，在钎焊接头根部一合适位置将火焰枪撤回。

6. 焊后钎焊接头的清洗

总体来讲，供热系统、空调以及制冷设备中的钎焊部件是不需要 post-braze 清洗的。

以上 6 大钎焊步骤不仅在小数量钎焊件中应用，同时适用于传统供热系统、空调以及制冷设备中大量相同接头的批量化钎焊。此外，在大批量钎焊生产中，可以设计钎焊工艺使其发挥钎焊操作灵活性的优点。使用预成型钎料环便可以实现自动钎焊，鉴于普遍的应用特点，对于批量化生产可使用预成型件钎料和半自动或自动钎焊设备（见图 1）。

钎料环

钎焊材料可制造成多种不同的样式以及形状以适应实际生产应用。在供热系统、空调以及制冷设备中应用最为广泛的就是钎料环。

在使用钎料环进行钎焊时，钎料环通过手工或者自动置于钎焊接头处。当接头被加热至钎焊温度，钎料环熔化并填充整个钎焊接头区域，实现了金属与金属的冶金连接。

钎料环的使用可以对钎焊接

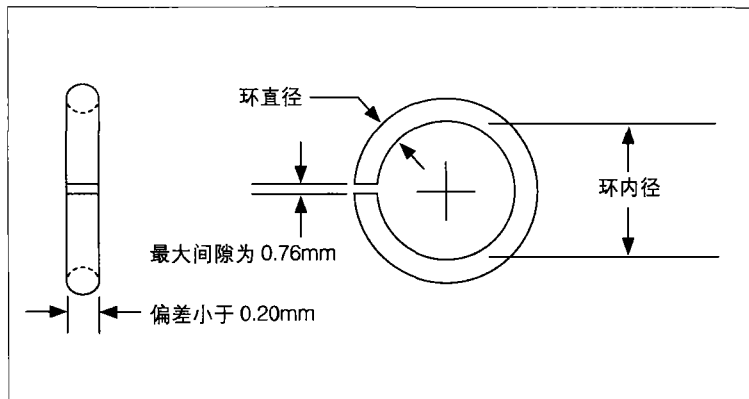


图2 空调行业常用钎料环规格尺寸

头处使用钎料量进行准确、定量的控制。从而可以使得每一钎焊接头处均有足够的钎料量来保证钎焊接头的强度以及密封性。具体规格尺寸见图 2。另一方面，钎焊中使用钎料量如果为能够保证接头整体性的下限钎料量，长期制造过程中，可以节省大量的钎焊材料。

Lucas-Milhaupt 为全球多家空调制造厂家提供多种不同规格的钎料环，主要标准规格尺寸见图 2。如果弯管的外径被确定，则可以轻易的确定所需焊环的尺寸。

只有使用高质量钎料环对组件进行钎焊，才能保证得到的钎焊接头具有高的质量以及低的成本。Lucas-Milhaupt 可以生产不同规格尺寸的焊环。适当的钎焊间隙配合可以保证钎料的熔化和流动性的完美结合。可以以精确的钎料用量完成接头的钎焊。使用预成型钎料环的另一个优点就是，钎料环的使用可以实现自动钎焊。Lucas-Milhaupt 已经设计并制造出了半自动化钎焊设备。

钎料的应用范围

目前，已经有多种标准规格的含 P 钎料在供热、空调以及制冷行业中广泛应用。因此，可以依据被钎焊件应用领域、钎焊加热方式以及接头强度要求来为被焊组件选择合适的钎焊材料。表 1 所示的所有钎料合金均为对 Cu 母材具有自钎剂 self-fluxing 作用的含 P 钎料（铜磷钎料）。

1. 最为广泛推荐的钎料之一就是 Fos Flo 6，该规格钎料含磷量较低，使其在钎焊过程中具有合适的流动性，同时接头强度以及延展性能优于含磷

表 1 Fos Flo 系列钎料性能

合金牌号	成分	熔化温度	凝固温度	钎焊温度	AWS 牌号
Fos Flo 6	6%P 94%Cu	1310°F 710°C	1570°F 854°C	375°F ~ 1575°F 746° ~ 857°C	N/A
Fos Flo 7	7%P 93%Cu	1185°F 640°C	1460°F 793°C	1350° ~ 1550°F 732° ~ 843°C	BCuP-2
Fos Flo 5	6%P 89%Cu 5%Ag	1185°F 640°C	1300°F 705°C	1300° ~ 1500°F 705° ~ 815°C	BCuP-3
Fos Flo 2	7%P 91%Cu 2%Ag	1185°F 640°C	1438°F 780°C	1350° ~ 1500°F 732° ~ 815°C	BCuP-6

表 2 铝药芯钎料性能

钎料	固相点		液相点		成分				AWS	注释
	°F	°C	°F	°C	Al	Cu	Si	Zn		
1192	1070	576	1080	582	88		12		BAISi-4	流动性最好的铝钎料
9802	710	376	725	385	2			98		用于连接铝的高温软钎料
7822	800	426	900	482	22			78		用于铝对铜的低温钎料

量高的钎料。

其他在供热系统、空调以及制冷行业中最为常见的钎料主要包括：

Fos Flo 7 经济型钎料，用于连接铜以及铜合金，不适用于承受冲击或振动的关键组件。该种合金在快速加热时流动速度非常快。

与 Fos Flo 7 钎料相类似，同样为经济型钎料，但 Fos Flo 6 钎料降低的磷含量获得了更多的韧性，其流动性一般，熔化温度范围较宽，能够连接间隙较大、延展性更高的接头。

Sil Fos 5 是在较低温度下即可快速流动的钎料，并具有一定的韧性和强度。但由于其含银量，因此成本高于 Fos Flo 系列钎料。

Sil Fos 2 是含银的铜磷钎料，由于磷含量较高，因此具有很好的流动性。生产的接头强度高于 Fos Flo 系列钎料产生的钎焊接

头，但其成本也较高。由于高的含磷量，推荐使用该合金钎焊紧密连接的组件，并承受低的震动载荷。

2. 铝药芯钎料。Handy One 系列是 Lucas Milhaupt 自主开发的一种药芯钎料，相比传统的金属连接之处有着很多的优越性（见表 2）。药芯钎料可以用来简化和改善绝大多数金属连接过程，因为它可以省去涂敷钎剂的操作，以及减少钎焊的时间。另外，我们的实验表明，由于使用药芯钎料可以使钎剂的用量始终保持一致，从而获得质量更好，强度更高的连接，而且在连接界面处钎剂的残留液大大减少甚至几乎没有。

目前在家用空调领域，以铝代铜已成为一种趋势，Lucas Milhaupt 生产的 Handy One 铝药芯钎料系列产品可很好地应用于该领域。[1][2]