

# 铜及铜合金的焊接

2016-07-01 焊接互联

## 铜及铜合金的焊接性

1.紫铜的导热率高。常温下紫铜的导热系数比碳钢约大 8 倍，要把紫铜焊件局部加热到熔化温度比较困难，因此在焊接时要采用能量集中的热源。

2.铜及铜合金焊接时常会出现裂缝。裂缝的位置在焊缝、熔合线及热影响区。裂缝呈晶间破坏，从断面上可看到明显的氧化色。

焊接结晶过程中，微量氧与铜形成  $\text{Cu}_2\text{O}$ ，并与  $\alpha$  铜组成低熔点共晶 ( $\alpha + \text{Cu}_2\text{O}$ )，其熔点为  $1064^\circ\text{C}$ 。铅不溶于固态铜，铅与铜生成熔点约  $326^\circ\text{C}$  的低熔点共晶体。高温下的铜及铜合金接头在焊接内应力的作用下，在焊接接头的脆弱部位形成裂纹。另外，焊缝中的氢也可导致裂纹。

3.铜及铜合金的焊缝中常会出现气孔。纯铜焊缝金属中的气孔主要是由氢气引起的。当纯铜中溶解有  $\text{CO}$  气体时，也可能由水汽及由一氧化碳和氧反应生成的  $\text{CO}_2$  气体引起气孔。铜合金焊接时的气孔形成倾向比纯铜要大得多。一般气孔分布在焊缝中心及接近熔合线处。

4.纯铜及铜合金焊接时，存在着接头力学性能降低的倾向。在铜合金的焊接过程中会发生铜的氧化及合金元素的蒸发、烧损现象。低熔点的共晶及各种焊接缺陷导致焊接接头强度、塑性、耐蚀性及导电性降低。

## 铜及铜合金种类

1.紫铜的导热率高。常温下紫铜的导热系数比碳钢约大 8 倍，要把紫铜焊件局部加热到熔化温度比较困难，因此在焊接时要采用能量集中的热源。

2.铜及铜合金焊接时常会出现裂缝。裂缝的位置在焊缝、熔合线及热影响区。裂缝呈晶间破坏，从断面上可看到明显的氧化色。

焊接结晶过程中，微量氧与铜形成  $\text{Cu}_2\text{O}$ ，并与  $\alpha$  铜组成低熔点共晶 ( $\alpha + \text{Cu}_2\text{O}$ )，其熔点为  $1064^\circ\text{C}$ 。铅不溶于固态铜，铅与铜生成熔点约  $326^\circ\text{C}$  的低熔点共晶体。高温下的铜及铜合金接头在焊接内应力的作用下，在焊接接头的脆弱部位形成裂纹。另外，焊缝中的氢也可导致裂纹。

3.铜及铜合金的焊缝中常会出现气孔。纯铜焊缝金属中的气孔主要是由氢气引起的。当纯

铜中溶解有 CO 气体时，也可能由水汽及由一氧化碳和氧反应生成的 CO<sub>2</sub> 气体引起气孔。铜合金焊接时的气孔形成倾向比纯铜要大得多。一般气孔分布在焊缝中心及接近熔合线处。

4. 纯铜及铜合金焊接时，存在着接头力学性能降低的倾向。在铜合金的焊接过程中会发生铜的氧化及合金元素的蒸发、烧损现象。低熔点的共晶及各种焊接缺陷导致焊接接头强度、塑性、耐蚀性及导电性降低。

#### 铜及铜合金的焊接方法

铜及铜合金的焊接方法很多，如气焊、碳弧焊、焊条手工焊、钨极氩弧焊、埋弧焊、等离子焊等。它们各有不同的应用场合，必须根据铜及铜合金的种类、焊件厚度、产品结构形状、生产条件、对焊接生产率、接头质量要求等加以选择。

#### 铜和铜合金的焊接材料选择

铜及铜合金的焊接材料，主要指填充焊丝、焊条及焊粉。

1. 填充焊丝 在气焊、碳弧焊、钨极氩弧焊时，需要手工添加填充焊丝。焊丝是按化学成分分类的，各种焊丝的编制方式是以“丝”字拼音的第一个字母“S”为牌号，“S”字后面用化学元素符号表示焊丝的主要成分，化学符号后面的数字表示顺序号。国产铜及铜合金焊丝的牌号及化学成分见表 1。

表 1 铜及铜合金焊丝牌号主要成分、性能及用途

| 焊丝<br>牌号 | 相当部<br>标型号 | 焊丝名<br>称   | 焊丝主要成份 (%)                        | 焊接接头抗拉强度 |           | 焊丝熔点<br>(°C) |
|----------|------------|------------|-----------------------------------|----------|-----------|--------------|
|          |            |            |                                   | 母材       | (MPa)     |              |
| HS201    | Scu-2      | 特制紫<br>铜焊丝 | 锡 1.1, 硅 0.4<br>锰 0.4, 铜余量        | 紫铜       | ≥1960     | 1050         |
| HS202    | Scu-1      | 低磷铜<br>焊丝  | 磷 0.3, 铜余量                        | 紫铜       | 1470~1770 | 1060         |
| HS221    | ScuZn-3    | 锡黄铜<br>焊丝  | 铜 60, 锡 1<br>硅 0.3, 锌余量           | H62      | ≥3330     | 890          |
| HS222    | ScuZn-4    | 铁黄铜<br>焊丝  | 铜 58, 锡 0.9, 硅<br>0.1, 铁 0.8, 锌余量 | H62      | ≥3330     | 860          |
| HS224    | ScuZn-5    | 硅黄铜<br>焊丝  | 铜 62, 硅 0.5,<br>锌余量               | H62      | ≥3330     | 905          |

| 焊丝<br>牌号 | 性能及用途  |
|----------|--|
| HS201    | 焊接工艺性能优良，焊缝成型良好，机械性能较高，抗裂性能好，适用于亚弧焊、氧-乙炔气焊紫铜（纯铜）。    |
| HS202    | 流动性较一般紫铜好，适用于氧乙炔气焊、亚弧焊紫铜。                            |
| HS221    | 流动性能和机械性能均较好，适用于氧-乙炔气焊黄铜和钎焊铜、铜镍合金、灰铸铁和钢，也用于镶嵌硬质合金刀具。 |
| HS222    | 焊时烟雾较小，其它性能、用途与“HS221”同。                             |
| HS224    | 能有效地消除气孔，机械性能良好，用途与“HS221”同。                         |

2.焊粉 在气焊、碳弧焊时，熔池金属的表面容易氧化生成  $\text{Cu}_2\text{O}$ ，由于氧化亚铜的存在，往往引起焊缝气孔、裂纹、夹渣等缺陷。

向焊缝熔池导入铜焊粉后，由铜焊粉中的化合物与氧化亚铜反应，促使氧化亚铜还原成易熔的液体熔渣，它浮于熔池及热影响区表面，以防止焊缝金属免受氧化。

常用铜焊粉的牌号是气剂 301，焊缝的组成为硼酸 76~79%、硼砂 16.5~18.5%、磷酸铝 4~5.5%，熔点 650℃。

铝青铜气焊、碳弧焊时可采用气剂 401，其熔点为 560℃。气剂 401 呈碱性反应，能有效破坏  $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜，但该焊粉吸湿、潮解性强，容易引起接头腐蚀，因此在焊后必须将焊缝表面及其两侧的熔渣、残留的焊粉彻底清洗干净。

3.焊条 铜焊条分为紫铜、青铜两类，目前应用较多的是青铜焊条。青铜焊条除了可以用来焊接各种青铜、黄铜外，还可以用来堆焊轴承等承受金属间摩擦、磨损和耐海水腐蚀的零件，以及容易产生裂缝的铸铁件的焊补等。

铜 107 为紫铜焊条。这种焊条对大气及海水等介质具有良好的耐腐蚀性，常用于脱氧紫铜及无氧紫铜的焊接。

青铜焊条的种类有铜 207、铜 227、铜 237 等。铜 207 是焊接硅青铜用的焊条，也可用以焊接黄铜，其强度、耐腐蚀性及耐磨性均比铜 107 好，但在 350℃ 以上的温度下，有热脆性倾向，容易引起焊缝裂纹。

铜 227 是比较通用的一种铜焊条，它可用于磷青铜、黄铜等材料的焊接，又可用于耐腐蚀、耐磨工件（如磷青铜轴衬、船舶螺旋桨叶片等）的堆焊。

铜 237 可用于焊接铝青铜，用这种焊条焊材的焊缝中合金元素含量高，可以说是强度、耐磨性及耐腐蚀性最高的一种铜焊条。其焊条的通用性也比较大，主要用于铜合金制的各种化工机械、海水散热器、阀门的焊接，水泵、气缸堆焊及船舶螺旋桨的修补上。

铜 307 可用于焊接镍青铜，它具有良好的耐热、耐腐蚀性能，常用于热交换器、锅炉及化

工设备等产品的焊接、堆焊上。

表 2 铜及铜合金焊条的牌号及用途

| 焊条牌<br>号 | 相当国际<br>型号 | 焊芯<br>材质 | 焊缝金属               |             |                  | 主要用途                                     |
|----------|------------|----------|--------------------|-------------|------------------|--|
|          |            |          | 主要成分 (%)           | 抗拉强度<br>(%) | 延伸率<br>(%)       |  |
| T107     | TCu        | 纯铜       | 铜 > 99             | ≥ 1770      | 冷变角<br>≥<br>120° | 焊接铜零件，也可用于堆焊耐海水腐蚀的碳钢零件。                  |
| T227     | TCuSnB     | 锡磷青铜     | 锡 ≈ 8, 磷 ≤ 0.3 铜余量 | ≥ 2750      | ≥ 20             | 焊接锡磷青铜、铜、黄铜、铸铁及钢零件；广泛应用于堆焊锡磷铜轴衬、船舶推进器片等。 |
| T237     | TCuAl      | 铝锰青铜     | 铝 ≈ 3, 锰 ≤ 2, 铜余量  | ≥ 3920      | ≥ 15             | 焊接铝青铜及其它铜合金，铜合金与钢的焊接，补焊铸铁件等。             |

## 紫铜的焊接

### 1. 紫铜的气焊

紫铜气焊的接头形式以对接为最好。因清除焊件缝隙中的熔渣、残留焊缝很困难，尽量不采用搭接、角接、T 接。

气焊 5mm 以上厚度的紫铜板时要开坡口。

紫铜气焊时，常采用 SCu-1（丝 202）、SCu-2（丝 201）焊丝及铜焊粉。

紫铜气焊时要预热，薄板、小尺寸焊件的预热温度为 400~500℃，厚度、体积比较大的焊件，预热温度为 600~700℃。

紫铜气焊时，常采用左焊法，这有利于防止金属过热和晶粒长大的倾向；但是，当焊件厚度大于 6mm 时，则采用右焊法。右焊法能以较高的温度加热紫铜焊件，此外便于观察熔池、操作方便。

紫铜气焊时，采用比较快的速度单面、单层焊，即使比较厚的焊件，也不要采用过多的焊接层数，因为多次焊接加热容易引起热影响区晶粒长大，且增大焊接变形量。焊接过程中偶尔中断时，焊枪应缓慢地离开熔池，防止焊缝突然冷却而产生裂缝、气孔等缺陷。

为获得细晶粒、高韧性的紫铜焊接接头，焊后可以对紫铜件进行锤击及局部、整体退火处理。

残留在焊缝表面及附近两侧的熔渣、焊粉会引起焊接接头的腐蚀，所以要在焊后的 3~6 小时内，仔细地清洗掉。



图1 气焊时焊炬、焊丝与焊件间的角度

焊接互联

表3 磷脱氧紫铜的气焊规范

| 板厚<br>(毫米) | 填充焊丝直径<br>(毫米) | 根部间隙<br>(毫米) | 乙炔气流量<br>(升/分) | 预热气流量<br>(升/分) | 焊炬及喷嘴号码          |
|------------|----------------|--------------|----------------|----------------|------------------|
| 1.5        | 1.6            | 无            | 4              | 无              | H01~2 焊炬, 4~5号喷嘴 |
| 3.0        | 2.0            | 1.5          | 6              | 无              | H01~6 焊炬, 3~4号喷嘴 |
| 4.5        | 3.0            | 2.0          | 8              | 12             | H01~12焊炬, 1~2号喷嘴 |
| 6.0        | 4.0            | 3.0          | 12             | 12             | H01~12焊炬, 2~3号喷嘴 |
| 9.0        | 5.0            | 4.5          | 16             | 16             | H01~12焊炬, 3~4号喷嘴 |
| 12.0       | 6.0            | 4.5          | 16             | 16             | H01~12焊炬, 3~4号喷嘴 |

## 2. 紫铜的钨极氩弧焊

紫铜的钨极氩弧焊操作灵活方便，焊接变形小，接头质量高，因此特别适用于中、薄板紫铜结构的焊接。

紫铜氩弧焊用的焊丝有 SCu-2 (丝 201)、SCu-1 (丝 202) 铜焊丝，SCuSi 硅青铜焊丝，锡磷青铜丝 (QSn4-0.3)。对于焊接质量不高的产品，也可用不含脱氧元素的普通紫铜丝，但需添加气剂 301 铜焊粉。

在焊接前，先检查设备状况，再根据焊件厚度、喷嘴孔径调节好氩气流量、钨极伸出长度（一般在 6~10mm 之间）、焊接电流等参数，焊枪喷嘴与焊件距离约在 8~15mm 之间。

焊炬与焊件的角度，应便于观察熔池及添加填充焊丝。平对接焊时，焊炬与焊件间的夹角为 70~80°，角接焊时则为 35~45°。焊丝与焊件间的夹角为 10~20°。

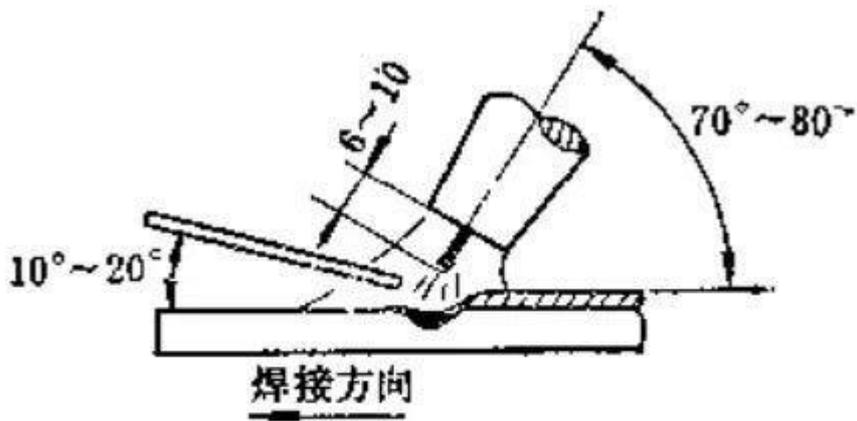


图2 钨极手工氩弧焊时，焊炬、焊丝与焊件间的角度 焊接互联

钨极手工氩弧焊时，一般采用左向焊法。焊炬应均匀、平稳地向前做直线运动，并保持恒定的电弧长度。在不添加焊丝的对焊时，弧长为1.0~2.0mm；添加焊丝的对焊时，弧长在4~7mm之间。焊炬移动时，可作简短的停留，当达到一定的熔深后，再添加焊丝、向前移动。

焊丝送进过程中，应严防触及钨极。如发现熔池中混入较多杂质时，应停止再填丝，并将电弧适当拉长，用焊丝挑去熔池表面的杂质。

若在装配好的接头中发现局部处有较大的间隙时，应快速地向熔池中添加焊丝，然后移动焊炬。

表 4 紫铜钨极手工氩弧焊的规范参数

| 板厚<br>(毫米) | 预热温度<br>(°C) | 钨极<br>直径<br>(毫米) | 喷嘴<br>孔径<br>(毫米) | 焊丝直径<br>(毫米) | 焊接电流<br>(安) | 氩气<br>流量<br>(升/分) | 备 注            |
|------------|--------------|------------------|------------------|--------------|-------------|-------------------|----------------|
| 1          | 不预热          | 2                | 10               | 1.6~2.0      | 120~160     | 10~12             |                |
| 1.5        | 不预热          | 2~3              | 10               | 1.6~2.0      | 140~180     | 10~12             |                |
| 2.0        | 不预热          | 2~3              | 12               | 2            | 160~200     | 14~16             |                |
| 3.0        | 不预热          | 3~4              | 12               | 2            | 200~240     | 14~16             | 可单面焊双面成形       |
| 4.0        | 300~350      | 4                | 10~14            | 3            | 220~260     | 16~20             | 正面焊一至二层, 反面焊一层 |
| 5.0        | 350~400      | 4                | 10~14            | 3~4          | 240~320     | 16~20             |                |
| 6.0        | 400~450      | 4~5              | 14~18            | 3~4          | 280~360     | 20~22             |                |
| 10.0       | 450~500      | 6                | 16~20            | 4~5          | 340~440     | 20~22             | 正面焊二层, 反面焊一层   |
| 12.0       | 450~600      | 6                | 16~20            | 4~5          | 360~420     | 20~24             |                |
| 20.0       | 500~700      | 6                | 20~22            | 4~5          | 400~450     | 20~24             | 正面焊三层, 反面焊一层   |

焊接互联