

铝合金焊接工艺

1 铝合金的焊接技术特点

由于铝合金所具有的独特的物理、化学性能，使其在焊接过程中有以下几大特点：

1.1 极强的氧化能力

铝合金与氧的亲合力很大，在空气中极易与氧化合在其表面生成致密的、厚度约为 $0.1\mu\text{m}$ 的氧化膜(Al_2O_3)，其熔点极高（约 2050°C ）、密度大($3.95\sim 4.10\text{kg}/\text{m}^3$)，属于难熔物质，焊接时会阻碍金属之间的良好结合，导致未焊透“焊缝夹渣”不熔合现象，且由于氧化膜吸附大量水分，容易使焊缝产生气孔。

1.2 高的热导率和导电性

铝合金具有较大的导热系数和比热容，比热容比钢约大2倍，导热性约大3倍。因此焊接时为保证良好熔合，必须采用能量集中、功率大的热源，有时需采用预热等工艺措施。经验表明：相同焊接速度下，焊接铝合金的热输入量要比焊接钢材大2~3倍。

1.3 线膨胀系数大

铝的线膨胀系数约比钢大2倍，因此，在拘束条件下焊接时易产生较大的焊接应力和变形!或在脆性温度区间内导致热裂纹，生产中常采用调整焊丝成分的方法防止裂纹的产生。

1.4 高温下的强度和塑性低

铝合金焊接接头强度低于母材，即有软化现象。焊接接头力学性能较难保证，抗拉强度低，塑性不足，是铝合金应用的一大障碍。

1.5 加热时无色泽变化

铝合金从固态变为液态时，无明显的颜色变化，这给焊接操作者带来不少困难。

2 压焊

压焊是在加压条件下，使两工件在固态下实现原子间结合，又称固态焊接。

常用的压焊工艺是电阻对焊，当电流通过两工件的连接端时，该处因电阻很大而温度上升，当加热至塑性状态时，在轴向压力作用下连接成为一体。压焊可分为：电阻焊、凸焊、**电阻点焊**、缝焊、热压焊、冷压焊、**爆炸焊**等。

此次我以**电阻点焊**为对象，简单介绍其焊接工艺。

2.1 清洗

清洗是表面准备的第一步，可以使用工业溶液去除材料表面上的油类、污物或标记。无论是点焊、缝焊或凸焊，在焊前必须进行工件表面清理，以保证接头质量稳定。铝合金表面进行除油处理时，可以利用稀释剂、汽油、石油醚、三氯乙烯和全氯乙烯等有机溶剂将其浸泡清洗，或用浸有这些溶剂的清洁布擦洗。

2.2 氧化膜的清除

材料表面上的氧化膜不能用上述有机溶剂清除，必须用机械或化学的方法进行清除。

机械方法:

当产量很小,或组合件的尺寸不允许用化学方法还原氧化物时,使用机械的方法去除氧化物。

机械方法有机械切削、吹砂处理或用于铸件的喷丸处理和锉刀、细钢丝刷以及铝丝绒清理等方法。

为防止损伤工件表面,钢丝直径不得超过0.2mm,钢丝长度不得短于40mm,刷子压紧于工件的力不得超过5~20N,而且清理后须在不超过2~3h内进行焊接。手工或电动的细钢丝刷清理方法是最常用的方法。

化学方法:

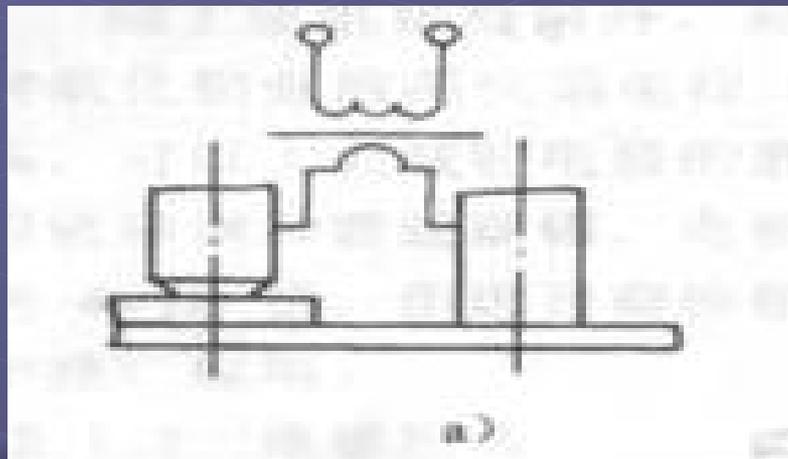
用酸或碱溶解材料表面,也可以与除油工序同时进行。最常用的方法是在5%~10%的氢氧化钠溶液(约7℃)中浸泡30~60s后用清水冲洗,然后在约15%的硝酸水溶液(常温)中浸泡约2min,用清水冲洗后,再用温水冲洗干净,最后进行干燥处理。最好在临焊前进行化学清理,即使集中清理,也应只清理当天能够焊完的预定数量。在这种情况下。材料的坡口表面临焊前最好也用钢丝刷进行清理。

3 电阻点焊方法

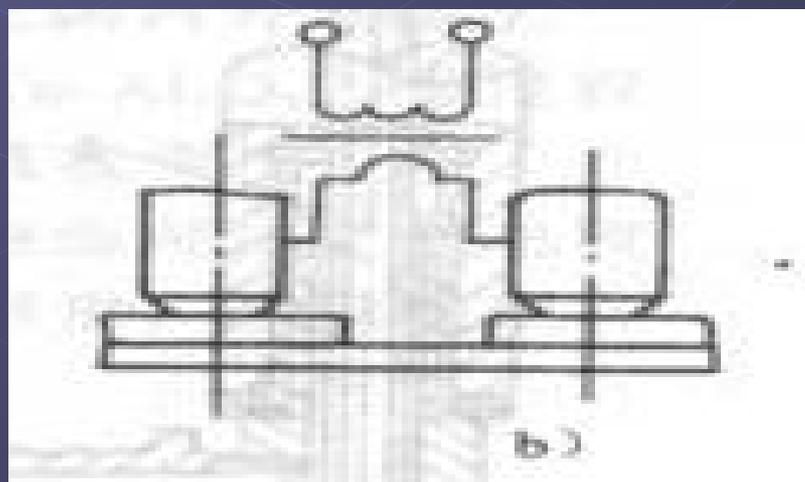
点焊通常分为双面点焊和单面点焊两大类。

3.1 单面点焊：

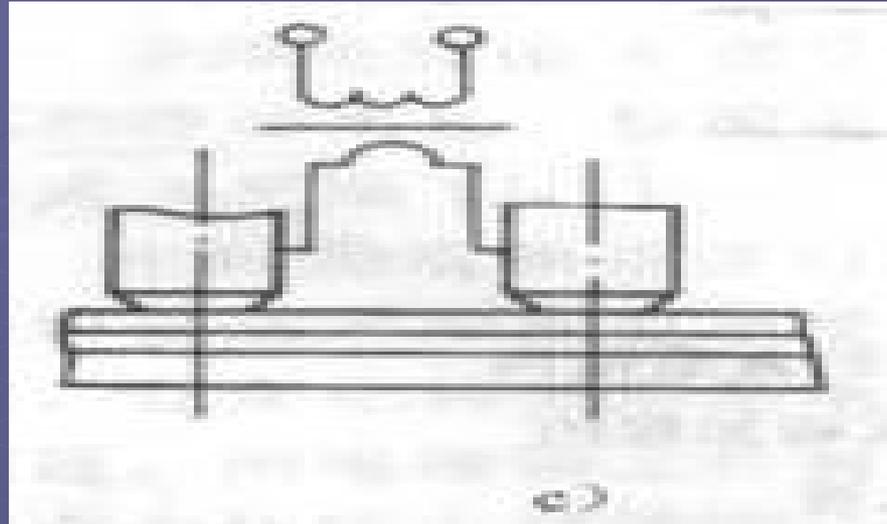
电极由工件的同一侧向焊接处馈电。典型的单面点焊方式如图2所示。图中1a为单面单点点焊，不形成焊点的电极采用大直径和大接触面以减小电流密度。



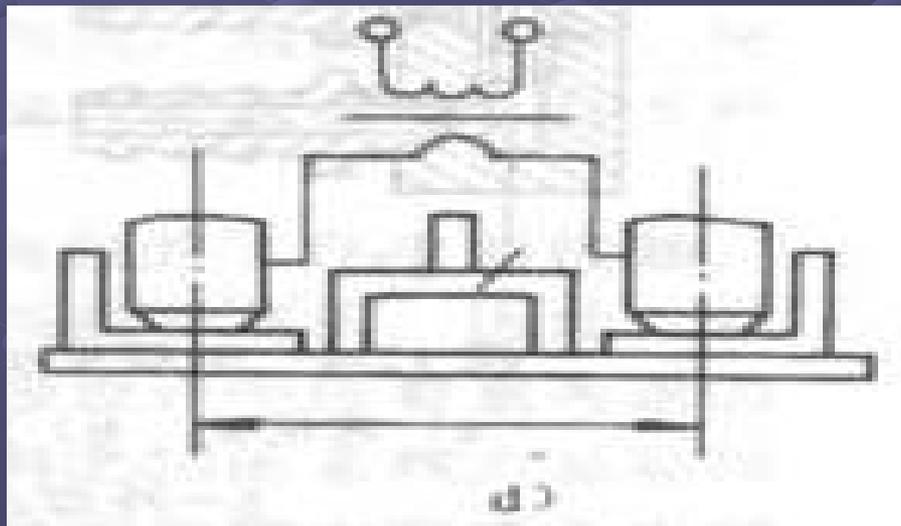
图中1b为无分流的单面双点点焊，此时焊接电流全部流经焊接区。



图中1c为有分流的单面双点点焊，流经上面工件的电流不经过焊接区，形成分流。为了给焊接电流提供低电阻的通路，在工件下面垫有铜垫板。

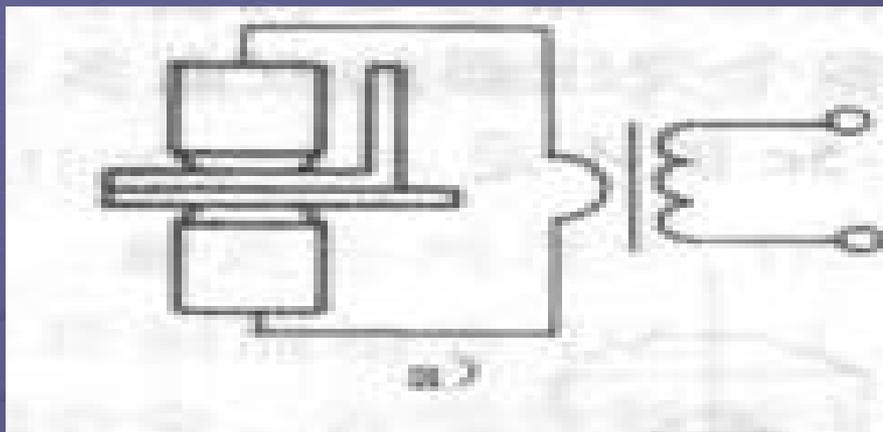


图中1d为当两焊点的间距 l 很大，例如在进行骨架构件和复板的焊接时，为了避免不适当的加热引起复板翘曲和减小两电极间电阻，采用了特殊的铜桥A与电极同时压紧在工件上。



3.2 双面点焊:

电极由工件的两侧向焊接处馈电。典型的双面点焊方式如图2所示。图中2a是最常用的方式。这时，工件的两侧均有电极压痕。



图中2b表示用大接触面积的导电板做下电极，这样可以消除或减轻下面工作的压痕，常用于装饰性面板的点焊。

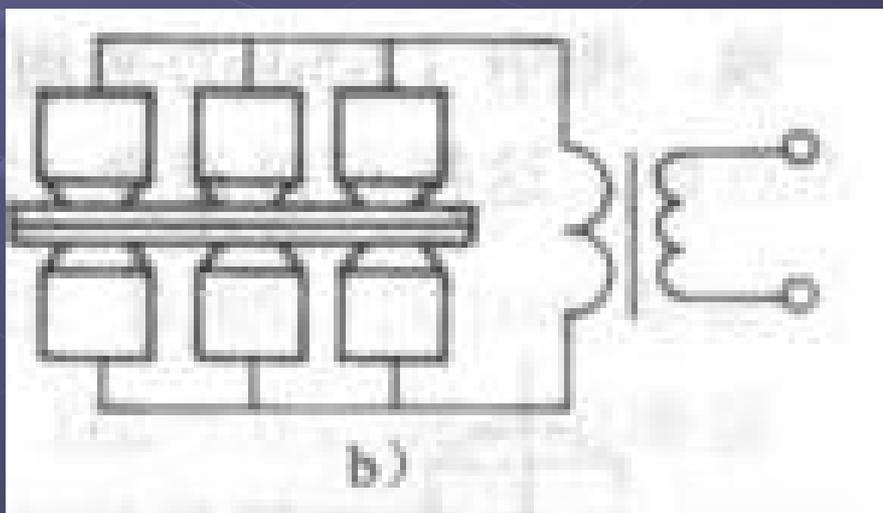
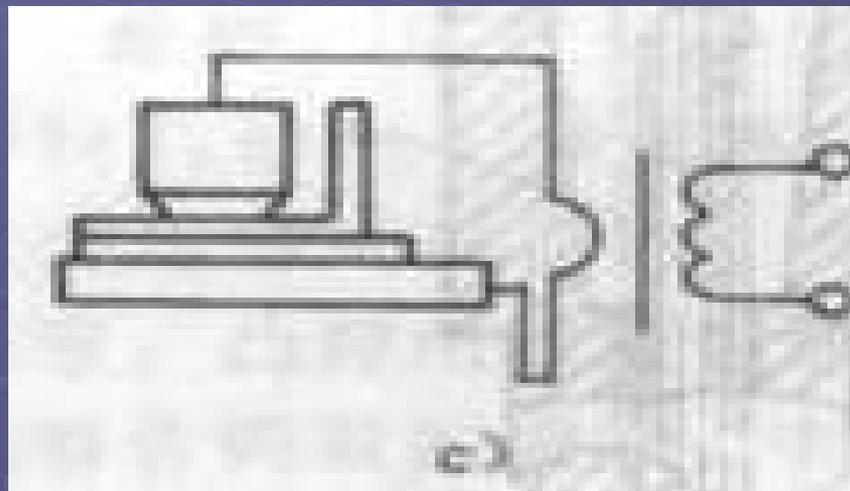
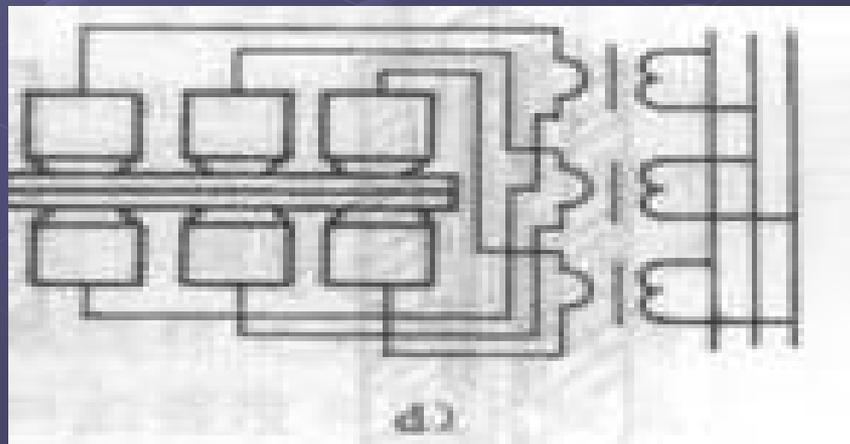


图2c为，同时焊接两个或多个焊点的双面点焊，使用一个变压器而将各电极并联。这时，所有电流通路的阻抗必须基本相等，而且每一焊接部位的表面状态，材料厚度、电极压力都必须相同，才能保证通过各个焊点的电流基本一致。



图中2d为采用多个变压器的双面多点焊，这样可以避免1c的不足。

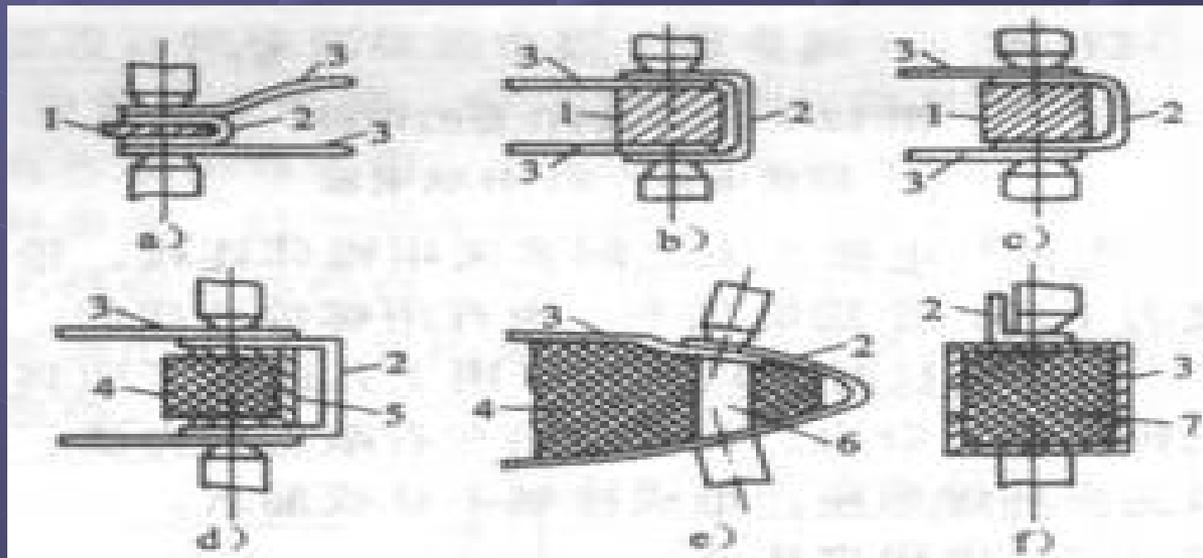


3.3 铜芯棒的点焊：

采用铜芯棒的点焊是**单面点焊**的特殊形一个点，也可焊两个点。这种形式特别适于点焊结构空间狭小，电极难于或根本不能接近的工件。

图3a中的**芯棒实际是一块几毫米厚的铜板**。图3b、c是同类工件的两种结构，结构b不如结构c，因为前者通过工件2的分流，不经过两工件的接触面，会减少焊接区的产热，因而需要增大焊接电流，这样就会增加工件2与两电极间接触面的产热，并且可能使工件烧穿。当芯棒断面较大时，为了节约铜料和制作方便，可以在夹布胶木或硬木制成的芯棒上包覆铜板或嵌入铜棒(图3d、e)。

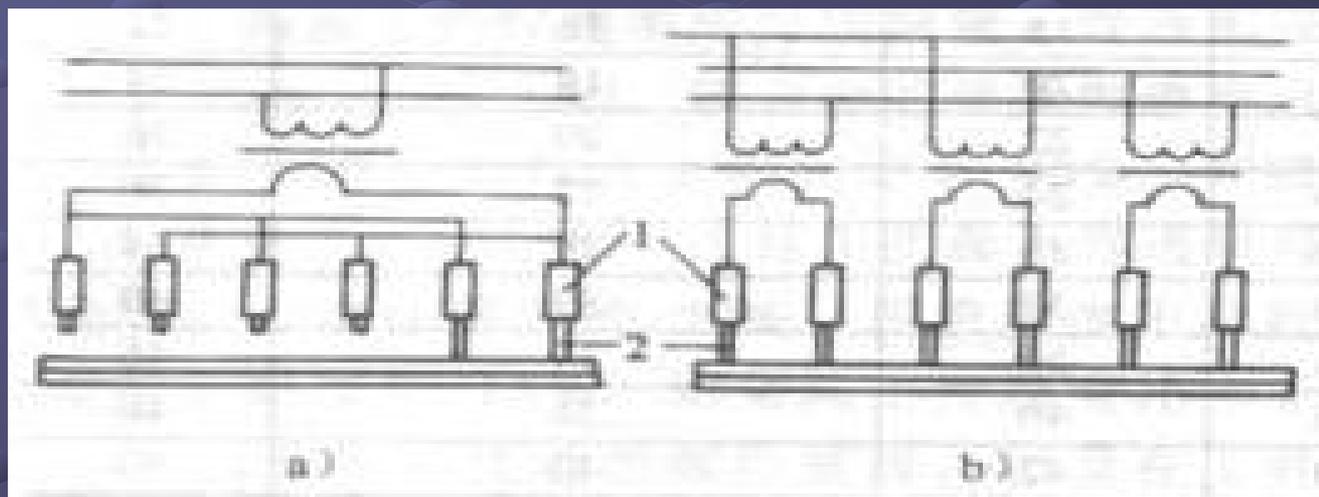
由于芯棒与工件的接触面远大于电极与工件的接触面，熔核将偏向与电极接触的工件一侧。如果两工件的厚度不同，将厚件置于芯棒接触的一侧，则可减轻熔核偏移程度。



由于芯棒与工件的接触面远大于电极与工件的接触面，熔核将偏向与电极接触的工件一侧。如果两工件的厚度不同，将厚件置于芯棒接触的一侧，则可减轻熔核偏移程度。

当需要在封闭容器上焊接工件，而芯棒又无法伸入容器时，可以用Zn、Pb、Al或其他较被焊金属熔点低的金属填满整个容器后进行焊接(图3f)。当容器壁厚较大时，也可以用砂子或石蜡等不导电材料作为填料。焊接应采用强条件，以免长时间加热使低熔点金属或石蜡熔化，导致电极压塌工件。

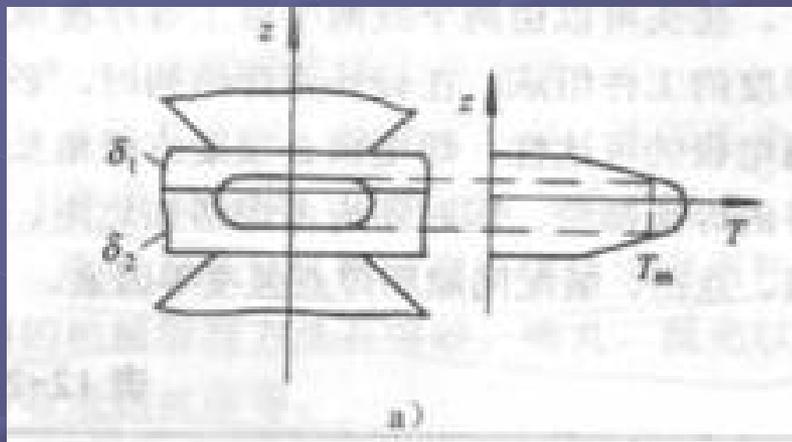
在大量生产中，单面多点点焊获得广泛应用。这时可采用由一个变压器供电，各对电极轮流压住工件的形式(图4a)，也可采用各对电极均由单独的变压器供电，全部电极同时压住工件的形式(图4b)。后一形式具有较多优点，应用也较广泛。其优点有：各变压器可以安置得离所连电极最近，因而其功率及尺寸能显著减小；各个焊点的工艺参数可以单独调节；全部焊点可能同时焊接，生产率高；全部电极同时压住工件，可减少变形；多台变压器同时通电，能保证三相负载平衡。



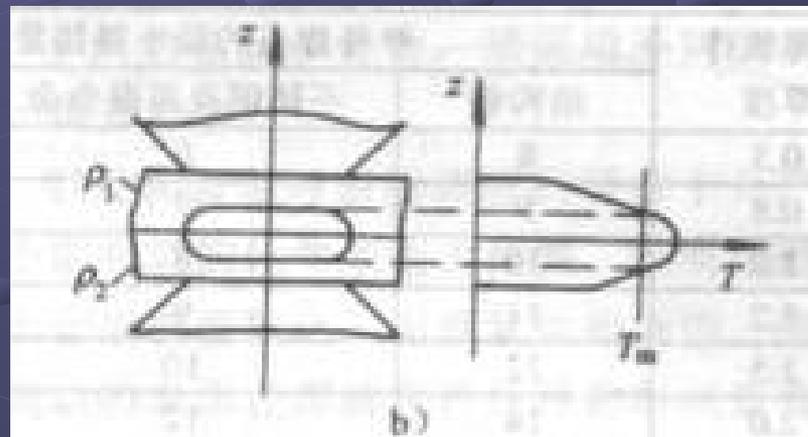
3.4 不等厚度和不同材料的点焊

熔核偏移：当进行不等厚度或不同材料的点焊时，熔核将不对称于其交界面，而是向厚件或导电、导热性差的一边偏移。

偏移的结果将使薄件或导电、导热性好的工件焊透率减小，焊点强度降低。**熔核偏移是由两工件产热和散热条件不相同引起的**。厚度不等时，厚件一边电阻大、交界面离电极远，故产热多而散热少，致使熔核偏向厚件；材料不同时，导电、导热性差的材料**产热易而散热难**，故熔核也偏向这种材料，见图5，图中 ρ 为电阻率。



a) 不等厚度 ($\delta_1 < \delta_2$)



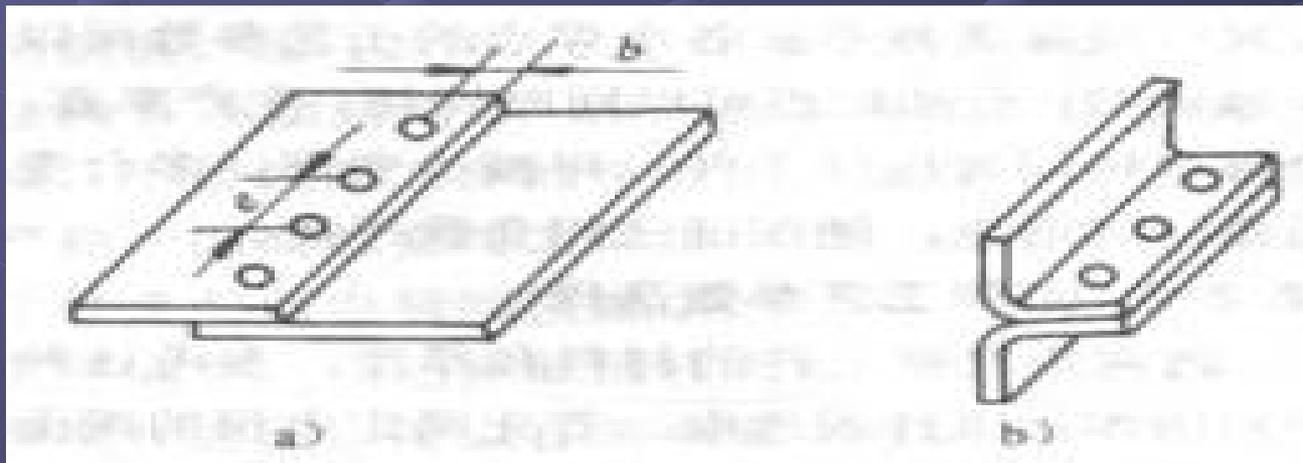
b) 不同材料 ($\rho_1 < \rho_2$)

调整熔核偏移的原则：增加薄件或导电、导热性好的工件的产热面减少其散热，常用的方法有

- 1) 采用不同接触表面直径或球面半径的电极在薄件或导电、导热性好的工件。
- 2) 采用不同的电极材料薄件或导电，导热性好的工件一侧采用导热性较差的铜合金，以减少这一侧的热损失。
- 3) 采用工艺垫片在薄件或导电、导热性好的工件一侧垫一块由导热性较差的金属制成的垫片(厚度为0.2~0.3mm)，以减少这一侧的散热。
- 4) 采用强条件-因通电时间短，使工件间接触电阻产热的影响增大，电极散热的影响降低，有利于克服核心偏移。

3.5 点焊接头形式

点焊通常采用**搭接接头**和**折边接头**（图6）。接头可以由两个或两个以上等厚度或不等厚度的工件组。在设计点焊结构时，必须考虑电极的可达性，即电极必须能方便地抵达构件的焊接部位。同时还应考虑诸如边距、搭接量、点距、装配间隙和焊点强度等因素。



广州蓝能电子中频点焊机
a) 搭接接头 b) 折边接头 e-点距 b-边距

表1 接头的最小搭接量（单位：mm）

最薄板件 厚度	单排焊点的最小搭接量			双排焊点的最小搭接量		
	结构钢	不锈钢及高温合金	轻合金	结构钢	不锈钢及高温合金	轻合金
0.5	8	6	12	16	14	22
0.8	9	7	12	18	16	22
1.0	10	8	14	20	18	24
1.2	11	9	14	22	20	26
1.5	12	10	16	24	22	30
2.0	14	12	20	28	26	34
2.5	16	14	24	32	30	40
3.0	18	16	26	36	34	46
3.5	20	18	28	40	38	48
4.0	22	20	30	42	40	50

表2 焊点的最小点距（单位：mm）

最薄板件厚度	最小点距		
	结构钢	不锈钢及高温合金	轻合金
0.5	10	8	15
0.8	12	10	15
1.0	12	10	15
1.2	14	12	15
1.5	14	12	20
2.0	16	14	25
2.5	18	16	25
3.0	20	18	30
3.5	22	20	35
4.0	24	22	35

4 铝合金的电阻点焊原理

铝合金的电阻点焊过程如图6所示。在一个焊接循环中，首先将工件装配好并施加电极压力；然后通以电流，由于电流流经工件时产生电阻热，两工件间界面上的材料受热发生熔化形成熔核；一段时间后，撤去电流，熔核凝固形成焊点实现连接，电极压力需继续保持一段时间以保证焊接质量；最后，撤去电极压力，焊接循环结束。由于电极发热，铝合金电阻点焊过程中，电极需冷却。

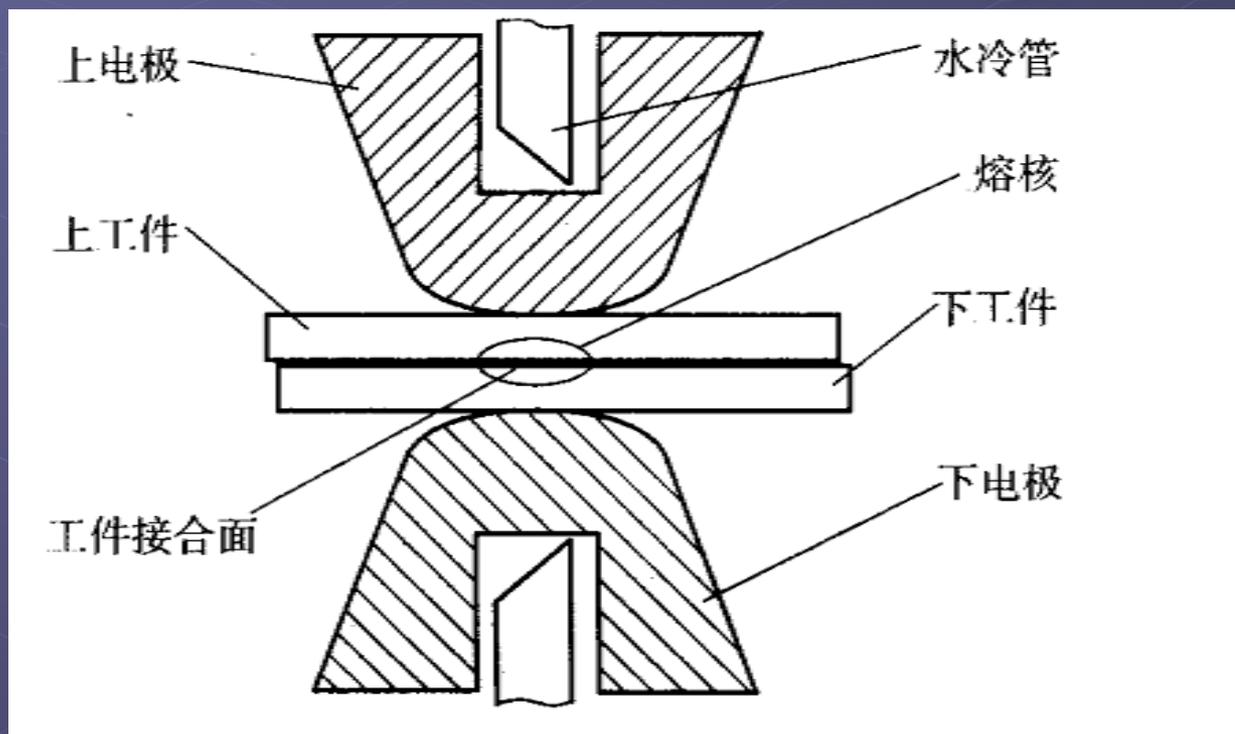


图6电阻点焊示意图
广州蓝能电子中频点焊机

5 焊接特性

与电弧焊相比，**电阻点焊**具有残余应力低、焊接变形小、焊接速度快、操作简便易掌握、产生的飞溅、烟尘及气体少等优点。但铝合金的以下特点会使得其焊接规范的选择较困难。

- a. 导热和导电性好,必须采用大电流、短时间 通电的方法。
- b. 凝固收缩率大（约6%~7%）有些合金易产生缩孔和裂纹等缺陷。
- c. 表面氧化膜的电阻高，当通入大的焊接电流时，往往会导致飞溅的产生。
- d. 在高温下会急剧软化。

6 检查和试验

为了保证点焊的质量，要制定并遵守正确的焊接程序和焊接规范，在生产过程中，还要有常规的检查程序。

a 剥离试验。焊接参数要周期性地进行检查，用与工件相同材质和厚度的试样，像工件一样进行焊接来核实焊机的调整是否正确。

b 目视。通过目视来确定电极粘连、表面烧熔、裂纹、滑移和过大的压痕等缺陷，这是主要的检查方法。还可用塞尺来确定板材的分离情况。

c 破坏性试验。主要用于焊接现场准备和核实。通过放大小于10倍的宏观检查来确定焊点直径和焊透情况。

d 此外，射线可以检查内部缺陷，确定焊接熔核的形状和尺寸，也能确定焊接结构；抗拉、剪试验，可以用来确定焊接强度的定量数值；对于焊点横面的检查，通过对点焊试样进行抛光、腐蚀并在较高放大倍数下进行检查，以确定内部裂纹、气孔以及焊接组织。在一般情况下，以上方法主要用来确定建立焊接规范、设计点焊结构，**而不是生产试验方法。**