

超 声 焊 接

超声焊接是一种借助于超声振动使两种硬材料连结起来的方法。

金属的焊接

为了把同样金属或不同金属的零件不经熔化就能连结在一起，这就要采用超声焊接。在被连结的两零件的接触面上施加垂直压力 N ，以使两者夹紧。然后，沿着与接触面相切的方向上激励频率在10至100千赫的超声频率。图1是超声焊接的原理图。其中4为超声焊头，1、2为两个待要焊接的零件。焊接时，超声焊头的振动引起零件1以频率 f 、振幅 ζ_1 振动；并且，焊头4在垂直轴 z 方上向零件1施以恒定的压力 N 。焊头4同时还以交变力 $T_x \sin \omega t$ （其中 $\omega = 2\pi f$ ）作用于零件1，它是平行于 x 轴的。由零件1作用于零件2上的交变力略小于 T_x 。如图1中

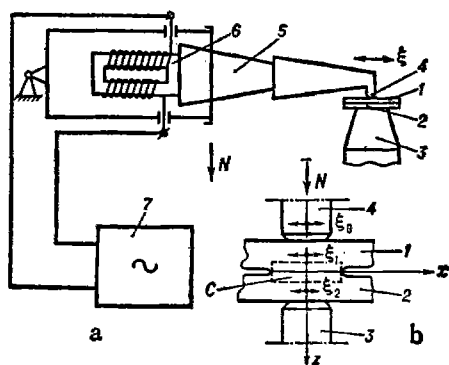


图1 a——纵向振动式超声焊接设备简图

b——焊接区用虚线标出

1, 2——被焊零件

3——底座

4——焊头

5——纵向波导聚能器

6——磁致伸缩换能器

7——电振动发生器

所示，在两零件的交接面附近的区域 C 内，由于 N 和 T_x 所引起的垂直应力 σ_x 和切向应力 τ_x 的共同作用结果，可能会在该区域内造成塑性的极限状态，或者说造成可流动性的状态。在这种状态下，由于零件振动运动的结果，使它们发生了连结的过程，可以在数十毫秒至秒的量级时间内达到连结的效果。

焊接过程取决于力 $T_x \sin \omega t$ 和 N ，两力之间的关系式为 $T_x = \mu N$ ，其中 μ 为摩擦系数。压力 N 与被焊材料的可流动性极限值 σ_s 有关，即 $N = S \sigma_s$ ， S ——焊头的接触面（对于圆柱形平焊头来说 $S = \pi a^2$ ， a 为圆柱的半径）。为了保证在区域 C 内能够保持均匀压力的状态（见图1b），应当满足条件 $a \geq 3\delta$ ，这里 δ 为零件1的厚度。设在区域 C 内焊头4的振动幅度为 ζ_0 ，则所要求的 ζ_0 的大小应与被焊材料的特性有关，即与在某种切变与切变系数之下材料变成流动性的极限有关。力 T_x 与焊接材料的弹性以及振动系统的参数有关。

在区域 C 内当出现 $T_x > \mu N$ 时，发生了类似于滑动干摩擦的过程：在两个零件的接触表面上，微观不平整起伏的尖峰在接触点上互相“抓紧”在一起；然后，由于干摩擦的作用，使这些微观尖峰受到磨损。这种“抓”在一起与磨损破坏作用是快速地交替进行的，磨损一次之后，又有新的“抓在一起”的点出现，随着时间的推进，可以想象两零件之间的接触点越来越多，摩擦使得接触点周围的金属呈高度的塑性状态直至发生可流动性，这就促使了接触面之间的连结。在连结的过程中被焊好的金属较之原来的金属有了一些变性，还由于剩余应力的关系，其牢度也有所降低。

如果在区域 C 内有 $T_x \leq \mu N$, 则接触面上微观不平整性起伏的峰在无滑动的情况下发生形变, 即不出现干滑动摩擦的特征。在应力 σ_x 和 T_x 的作用下, 只发生微观不平整尖峰的塑性流动, 它使被连接的表面更加接近。其结果是使两零件的金属得到扩散式的连结。这种连结使焊接区 C 内的材料构造与原来的金属基本一样, 不引起明显的畸变 (例如, 对同样金属的零件来说即是这样)。关于焊接后的牢度, 通过切割与断裂试验表明, 对于不同的零件与材料在 $T_x > \mu N$ 之下, 比原来的材料强度差了 60% 至 20%; 在 $T_x \leq \mu N$ 之下, 与原来的材料强度相差 80% 至 50%。但是, 对某一种具体的焊接来说, 其焊接强度的离散度约在 5% 至 10% 之间。

超声焊接是靠圆棒振动系统来实现的。它可以是纵向振动式的 (如图1), 弯曲振动式的 (图2) 和圆振动式的 (图3)。振动系统需要有磁致伸缩 (或压电陶瓷) 的共振换能器, 以

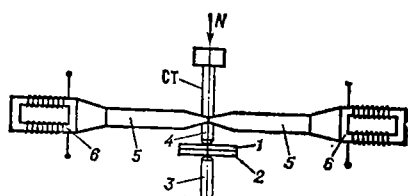


图2. 弯曲振动式超声焊接设备简图

1—6 所示与图1同

换能器在相反的相位下工作

CT——弯曲振动棒

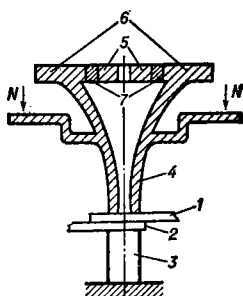


图3. 圆振动式超声焊接设备简图

1—3所示与图1同

4——波导, 5, 6——换能器的被动镶板

7——换能器的主动元件—压电环

及带有焊头的超声聚能器 (多数情况下使用双半波长线)。焊接设备的底座也具有弯曲与圆振动, 底座长度宜选择为四分之一波长的奇数倍, 此处的波长系指底座材料中选定振动方式 (弯曲的或圆的) 振动波长。超声波焊接机可分点焊与缝焊两类, 这两类焊接设备都是通过上述三种振动形式来完成焊接作用的。

超声焊接中所耗功率 W 取决于焊头 4 的振动速度幅度 $\dot{\zeta}_0$, 力 T_x 的大小和两者之间的相角 φ : $W = T_x \dot{\zeta}_0 \cos \varphi$; 焊接所需的能量为 $E = W \tau$ 。一般地说, 超声设备的功率约由 1 瓦至数千瓦。

焊接系统的声学参数是压力 N , 力 T_x , 焊头振动速度 $\dot{\zeta}$ 和焊接时间 τ 。关于头三个参数的选择, 上面已谈过了。关于 τ 的选择, 可通过实验或根据完成焊接所需的能量来确定。例如, 当欲将一直径为 25 微米的细铝丝与一厚度为 1 微米的贴于石英片上的铝膜焊接起来时, 使用的声学参数为 $N = 0.3 \sim 0.4$ 牛顿, $\zeta_0 = 2 \sim 5$ 微米, $f = 60$ 千赫, $\tau = 0.1 \sim 0.2$ 秒, 所耗功率为 $W_e = 20 \sim 50$ 瓦。利用以上参数基本上可以对铝丝、金丝与半导体晶体的清洁表面进行焊接。焊接厚度为 2 毫米铜箔时的参数为 $f = 20$ 千赫, $N = 900$ 牛顿, $\zeta_0 = 7$ 微米, $\tau = 0.3 \sim 0.5$ 秒, 耗电功率 $W_e = 1.2$ 千瓦。焊接厚度为 1 毫米的铜片时, $N = 4400$ 牛顿, $\zeta_0 = 13 \sim 15$ 微米, $f = 20$ 千赫, $\tau = 1.2 \sim 1.3$ 秒, $W_e = 4$ 千瓦。

在金属的超声焊接时必须避免焊头与被焊元件的粘着, 焊头应能经受交替的机械振动与热负载, 具有较高的牢度, 导热性能低的合金可以满足这些要求。

在微电子学、精密仪表、电子工业等领域中常采用超声焊接, 也常用来连续地缝合铜箔、铝箔卷成的圆辊, 缝焊速度可达每分钟 2 米, 箔片的厚度最大约 1 毫米。与焊头有着互作用的被焊零件, 有一个极限厚度, 即使对于塑性较大的铜与铝, 也不超过 1—3

毫米。

图4是各种可以焊接的金属的组合表。图中的黑方格表示能够使用超声焊接的各种组合。超声焊接可以使材料的温度效应降到最低（焊接区的温度不超过被焊金属绝对熔化温度的0.5），从而不致引起被焊金属的结构变化。超声焊接的这种优点最适宜于在微电子学中应用，已取代了热压焊接方法。在很多情况下，只有用超声焊接才能保证所希望的连接质量。例如，对非常薄的金属箔的焊接，对薄膜或细丝往大零件上的焊接，做电容器时对氧化铝箔的焊接，半导体仪器中的焊接，集成电路输出线的连接等等，均需超声焊接。通过超声焊接所连结起来的材料，牢度高，塑性大，剩余应力小，质量稳定，有良好的抗疲劳性以及焊点密封性能好等特点。

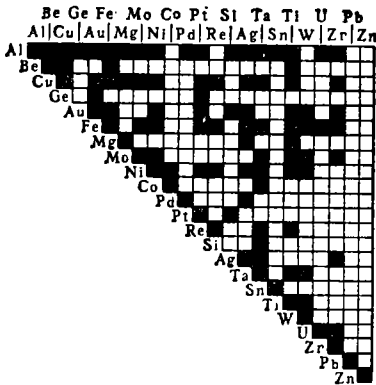


图4. 能够利用超声焊接的各种金属材料的组合表

聚合物材料的焊接

焊接聚碳酸酯、聚丙烯、聚氯乙烯等材料也可采用超声方法，这时不需熔化被焊材料。焊头4（见图5）施加于被焊薄片（或零件）1和2的压力 N ，其振动频率可选在 $f=20\sim100$ 千赫之间。振动方向通常与作用力 N 的方向一致，亦即垂直于被焊的薄片。当然，也可使用一种定向振动方式，如同在金属焊接中一样使焊接只局限于某一方向，不一定

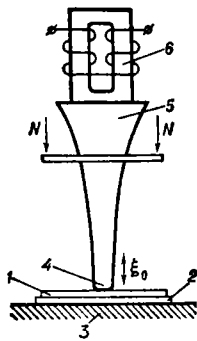


图5. 聚合物材料超声焊接设备简图
1,2——被连接的材料
3——底座 4——焊头
5——半波长或全波长波导聚能器
6——磁致伸缩换能器

保持在垂直方向。在压力 N 和超声振动的共同作用下，使焊接的聚合材料片达到连结的效果。焊接过程所费的时间视材料的厚薄而不同，约在0.1秒至5—10秒之间。聚合物的焊接参数与金属的相同，即 N, ζ_0, τ 。但对聚合物来说，压力 N 可以比对金属的超声焊接要小。例如，只需数十至数百牛顿，而振幅却要大，约为25—70微米。

对于焊接薄片的情况，在焊点与底座之间整个体积内聚合物的塑性有所增加，对于焊接具有一定体积的零件来说，只能使焊点周围体积内的塑性增加，并在焊点附近引起材料表面的微小不平整性。在聚合物的焊接时，最初是在表面上发生声学振动，使表面聚合物的分子受到激活，从而破裂了材料的化学分子联系，然后发生材料之间的化学的互相结合，这一作用区域逐渐扩大到一定的体积范围。聚合物在超声波作用下，材料的形变与声振动之间的滞后损耗使材料产生温升，直到使得材料达到粘滞流动状态（无定形的聚合物）或熔化的晶体状态（部分晶体聚合物）。当达到呈高弹性状态的温度时，被焊聚合物材料发生碎屑扩散现象，在某些情况下，还会引起粘滞流动使材料得到混合。当两种不同类型的热塑材料做超声焊接时，将发生化学变化，大分子碎屑的数量取决于材料的

易焊与否的性能,越易于焊接,则碎屑(较硬的大分子)越多。关于连结的牢度,除了受前面讲过的各参数的影响外,还和被焊物的物理—力学特征有关,以及焊头本身的几何尺寸等有关。通常,连结的牢度约为被焊材料牢度的50%—70%。被连结的材料厚度可由数微米(薄膜)至数毫米(纺织品,零件等)。例如,树脂材料、有机玻璃、聚苯乙烯、聚酰胺树脂,聚氨基材料等的厚度可在10—40微米,聚乙烯的厚度可在0.3—10毫米,卡普龙纺织物可在0.2—0.3毫米。

焊接设备有各式各样的,有轻便的手枪式缝焊机,有固定机床式可控间断缝焊机与连续缝焊机。如果令焊机与焊点保持一个相当的距离,则应利用各种形式的圆棒形焊头,

超声焊头应当选用导热性能低、机械品质因数高的材料制成。

对聚合物材料使用超声焊接,其优点为:使被焊物体的表面造成一个薄的污秽层或者是变性材料的薄层覆盖在被焊表面。在焊接区域内的热量就在当地逸出,而不使材料的温度升高。它能够在通常难于达到零件部位进行焊接。此外,还可焊接人造革,与天然纤维混纺的合成纤维,夹层的合成织物,合成针织品,电影胶片和磁带等。超声焊接也能焊接微电机的外壳、玩具、细管,小容器等器件。

(丁东编译自“超声”—苏联小百科全书, 1979)

• 会议消息 •

中国科学院数学学部、中国声学学会和中国

海洋学会联合召开海底沉积层声学讨论会

海底沉积层声学讨论会于1983年3月1日至4日在广州召开。来自科学院、国家海洋局、高等院校、石油部和地质部等30多个单位的55名代表出席了会议

著名的海洋声学专家汪德昭教授作了题为“物理海洋学2000年展望”的专题报告,受到了热烈的欢迎。

会议组织了有关海底沉积层声遥测识别、海底沉积物声学 and 力学参数的关系、非线性声学在海底探测中的应用和海洋声学仪器设备在海洋工程中应用等的学术报告,广泛地交流了近几年来我国科研人员取得的结果。

会议一致认为当前国际上对沉积层声学

十分重视,国内各单位对这方面的发展十分关心。会议期望有关方面通过石油协作攻关,为建立和发展具有我国特色的沉积层声学作出贡献。

(编辑部)

(上接第63页)

的气枪为国内石油勘探服务,可以节约这方面的外汇支出。

据悉,该高能量联合气枪拟于83年第3季度在上海召开鉴定会,届时将邀请有关研制、使用单位的领导、专家、科技人员参加鉴定。

(编辑部)