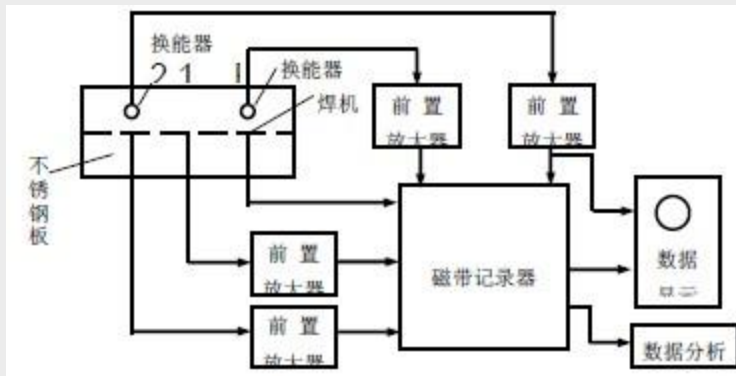


## 焊接过程的声发射监测应用实例

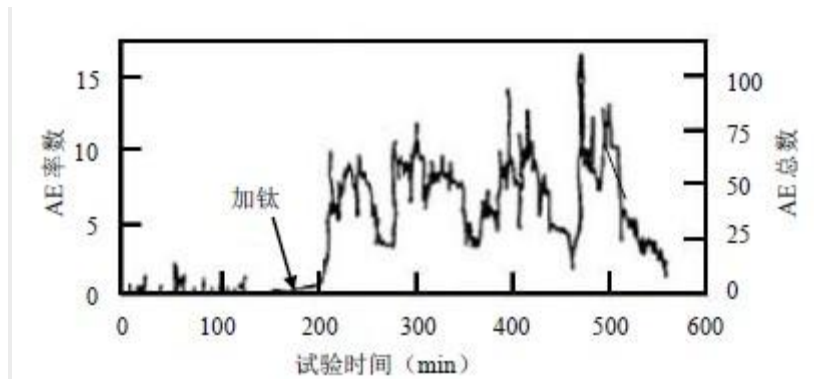
在焊接过程中，只需将接收换能器放置在被测件的某一位置，就可随时发现热应力产生的，并且相距几米远处的伤，从而使缺陷能及时得到修补提高了效率，降低了成本。[声发射技术](#)，还可用来及时改进焊接工艺，因此在近代工业中具有广阔的应用前途。

### 1) 氩弧焊接过程中的声发射监测

W. D. Jolly 等曾在两种不同的不锈钢试板上作过手工钨极氩弧焊接，并且用金属填料对两块焊接试板进行了声发射对比试验，试验装置如图 0 所示

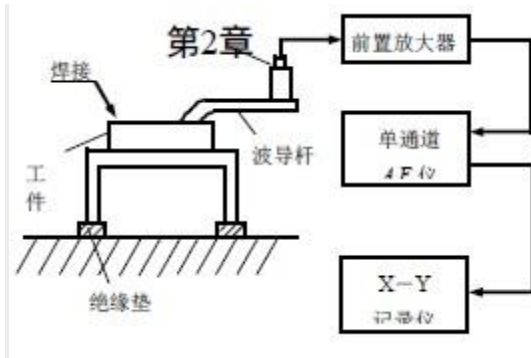


焊接时，把钛金属加入试板坡口里使其产生裂纹。由曲线图 1 可以看出，加钛后产生大量的声发射；而未加入填料的，尽管有些噪声信号，但声发射次数和幅度都很小，焊后用 X 光透照监测，也发现加钛的试板有裂纹及气孔，而没有加填料的试板却无缺陷。

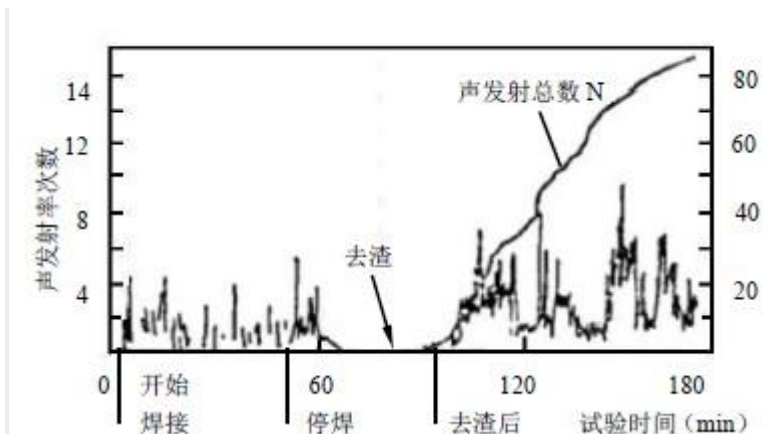


国内研究人员也曾做过氩弧焊接过程中的声发射监测试验，也说明声发射技术在氩弧焊接过程中的质量监测是可行的。

他们的试验情况是，在一块 317 不锈钢试板上，用 18-8 材料  $\phi 2\text{mm}$  的不锈钢焊丝进行焊接，填料金属是选用硫化铁粘有水玻璃，焊接规范为手工直流氩弧焊，工作电流 130A，电压 15V，钨钨极棒  $\phi 3\text{mm}$ ，氩气流量 60 升/时，采用差动换能器，为防止过高温度的影响，换能器接在声发射波导杆上，如图 2 所示。



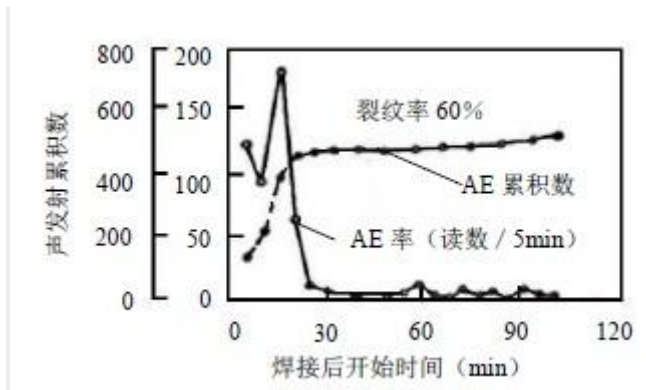
焊接时噪声较小，当停焊后裂纹开始产生和扩展。如果焊缝长，焊接时也会产生裂纹。但从试验看来，焊后紧接着用更短时间去掉焊渣，再用声发射监视，接着记录所得的声发射信号就十分明显，如图 3。



## 2) 焊后裂纹的监测

人们虽然对焊接过程的声发射监视很感兴趣，但是由于各种噪声的干扰，使它的应用范围受到了限制。然而，用声发射监视焊后裂纹却显示出其独特的优越性，目前国内外应用较多。焊后裂纹主要包括热处理时的裂纹和延迟裂纹两类。在这两方面应用声发射技术碰到的主要问题是区分焊缝本身的裂纹和焊渣的裂纹。因此，对于没有焊渣的焊道或敲掉焊道进行声发射监视则更加有效。如在原子能设备制造方面，曾有人对核燃料棒终端螺栓焊接时用声发射监测，其结果如图 4。

也有人为查明结构焊缝延迟裂纹采用声发射监测。图 5 所示是由电弧焊接的、材料为 50kg 级高强钢的、非约束的 T 型焊缝试样的声发射监测结果。图中的声发射信号是在焊接开始后约 20 分钟所显示的峰值，当焊完后卸下加强板，经过 17 小时的室温放置，这时以断面裂纹率来表示的裂纹发生量占 60%。



但是，延迟裂纹的方式实际上随着材料的不同而异的。为说明这个问题，曾有人在 Y 型焊接试样上，用 50、60kg 级的高强度钢的材料，在焊接后用声发射监测，用 SM 材料焊接完后，裂纹产生剧烈的声发射，在一小时内就停止了；用高强度钢在焊接后 30-60 分钟声发射率最高，但经过长时间也有断续的声发射发生。当然延迟裂纹的发生和扩展时间也随着试样材料板厚、坡口形状和拘束条件不同而变化。

对裂纹的金相分析表明，这种延迟裂纹是氢造成的。从焊接完毕到裂纹出现的时间长短取决于含氢量。随着含氢量增大，出现延迟裂纹的时间就愈短。而且，裂纹的成因也与显微组织的变化有关。焊接过程形成的含氢奥氏体，在冷却过程中转变为马氏体。因为马氏体对氢的溶解度小，这样，在奥氏体转变为马氏体的相变过程中，就会形成局部的氢集中，而导致氢致裂纹。这一分析也表明，氢致裂纹是在焊缝冷却过程中形成。声发射的变化过程，有力地支持了这种分析。对这种氢致裂纹的研究，最好从焊接刚结束就开始观察，这样才能阐明氢致裂纹的动态过程。采用声发射技术就能对氢致裂纹的形成和扩展提供动态信息，在这方面已进行过许多研究工作，收到了好的效果。（接下一篇焊接过程的声发射监测应用实例）

### 3) 声发射监测用于点焊和埋弧焊

也有人将声发射监测用于点焊，找出声发射率与强度的直接关系。焊接强度与熔焊面积大小有关，熔核面积越大，强度越高，声发射率也越高，所以，可利用声发射技术来保证点焊的质量。

拔柏葛公司在多段压力容器组件的连接中，广泛采用埋弧焊接，焊缝厚度范围为 2—14 吋，需要很多道焊缝才能填满。在这样的工艺条件下，很可能无意中埋入夹渣或产生裂纹。若在焊缝焊满之后，用大量的非破坏试验方法把夹渣或裂纹探出来再退修，就中断了工艺流程，而且，在手工补焊时，还可能引起新的裂纹产生，增加了制造费用。因此，拔柏葛公司研究中心为能在焊接过程中随时发现缺陷、修正焊接规范而避免焊后退修，选择了声发射法解决这个问题。通过实验表明，裂纹很容易被探出来，夹渣的发现稍微困难些，但也能探出来，气孔和未熔合如果不与裂纹或夹渣在一起，探出来是困难的，甚至是可能的。

实验安置中采用一个典型的焊接声发射监视系统，每个换能器收到的信号，被放大、滤波、并精处理以测定声发射源位置，再加上电极通过材料上参考标记及所描绘的纸带记录，检出声发射率。定位指示及表示焊道层数的参考标记等都可通过微处理机来完成。

换能器的固定方式可以随着焊接状态而定。一般有两种：一种是工件转动，换能器摆动；另一种是工件固定，换能器移动。纵向焊接采用后者，环向焊接采用前者。

因为所有与焊接裂纹有关的声发射都发生在焊结电极相关的可限定的区域，所以声发射换能器的固定位置，应尽可能接近该区域。可移动的换能器应考虑固定在焊接电极的相关位置，它的优点是能恒定地探出声发射区，在环焊缝中也便于电接触，不致使电缆缠在焊缝上。在车间焊接中已试用了两种可移动的换能器，即浸渍式超声换能器和电磁式声发射换能器。

上述多层埋弧焊的声发射试验结果表明，可以探出裂纹和夹渣类缺陷，可靠性较高。同时，对焊接电流信号，电弧信号、高频信号等都可通过微处理机来排除。这不仅简化探伤程序和提高声发射信号的信噪比，还可进行声源定位。可移动的电磁式换能器的使用，使得后截面环缝的监测能够达到实用的阶段。

#### 4) 应用中着重考虑的几个问题

用声发射监测焊缝，技术上存在不少困难。例如车间现场噪声很复杂，特别是来自焊接方法上的噪声频带范围很难测准，因而，影响对真正裂纹声发射信号的识别。尽管实用上困难很多，如果能用频谱分析法将各种噪声的频带范围进行仔细分析，或用现代信号处理技术排除有害噪声，区别热裂、冷裂的声发射信号，则应用还是可能的。

设计理想的滤波器，就要选定适当的通频带，也就是说要对各种噪声进行频谱分析。焊接开裂的声发射信号频带为 200kHz 左右，滤波器频带在 150—300kHz 所记录的声发射信号最为清晰。

焊接过程中，为便于返修，需要对缺陷即声源准确定位。用考虑裂纹在焊接金属冷却过程中的温度变化对声发射率的变化关系。声发射率是焊接温度的一个函数；焊接过程中裂纹声发射信号滞后于通过缺陷区域时间，所以可以随时知道焊机通过焊线上所出现裂纹的位置。