

脆,所以制作超声探头时比较困难。如果加工工艺问题得到解决,那么它的使用价值肯定会得到进一步的提高。

上面提到,示波器在A点测得的回声幅度比PZT高20倍(26 db),但从探伤仪上只比PZT高5倍(15 db)亦即损失了11 db。这就提出了一个问题:为了充分发挥 α -磷酸锂探头的特性,在使用时,有必要对探伤仪的某些特性(例如阻抗与频率)加以专门设计,否则只从匹配变压器上入手,是不能完全发挥出它的优越性的。

参 考 文 献

- [1] Warner *et al.*, *J. Acoustic. Soc. Am.*, **47** (1970), 791.
- [2] J. H. Krautkramer, *Ultrasonic Testing of Materials*.

THE USE OF α -LiIO₃ IN AN ULTRASONIC PROBE

FLAW DETECTION GROUP, IRON AND STEEL INSTITUTE OF PEKING

宽频带夹芯式压电换能器*

中国科学院物理研究所超声处理组

目前国内外在超声清洗设备上,已经广泛地采用夹芯式压电换能器。由于单个换能器的功率容量不大,同时也考虑到清洗槽中声场分布的问题,所以在制造大功率超声清洗设备时,往往采用多个(几十到几百个)换能器组成。但目前工业上采用的夹芯式压电换能器频带比较窄,换能器的材料及工艺又很难做到一致,所以目前在生产上,只能在大量的换能器中挑选频率和阻抗相互比较接近的一些换能器来组成。这样给生产大功率超声清洗设备带来了较大的困难。此外,换能器经过工作一段时间后,由于螺钉夹紧状态的改变或者压电材料老化等问题会引起换能器频率和阻抗的变化,因此即使在生产时经过仔细的挑选,经过工作一段时间后,粘在清洗槽上的换能器仍会出现有的振动强,有的振动弱的现象。从而影响清洗效果。

为解决这一问题,我们研究了一种多孔结构的宽频带夹芯式压电换能器。其结构和外形如图1所示。换能器采用单螺钉夹紧结构,在铝锥体的辐射面上钻孔,然后粘到清洗槽的辐射板上。在铝锥体上钻孔的考虑是降

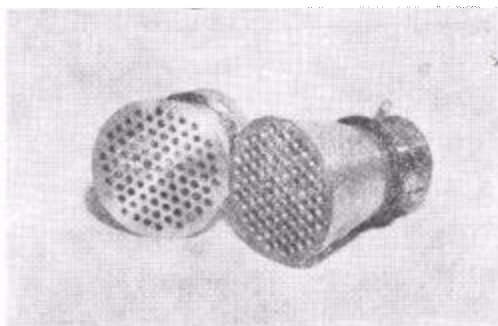


图1 多孔结构宽带换能器照片

* 1975年8月23日收到。

低其特性阻抗,改善与声负载阻抗(液体)的匹配,从而提高辐射效率,增加频带宽度^[1,2]。

我们在对这种多孔结构的换能器进行初步测量的基础上(1973年),又做了一批换能器,在铝锥体的辐射面上钻了一些不同直径及不同深度的孔。在小讯号条件下测量了换能器的带宽及效率,同时在大功率工作状态下,测量了输入换能器电功率的频率特性。其结果如图2—6所示,其中图2—5是小讯号的测量结果。图2表示带宽 Δf_3 和孔度 S 的关系曲线。孔度 S 定义为所有孔的体积之和与铝锥体的总体积之比。孔度 S 大表示铝锥体的等效密度小。由图2可见:带宽随孔度 S 的增加而增加。图3表示在三种孔深时带宽 Δf_3 与孔径的关系。可以看出:在同一孔深时 Δf_3 随孔径 ϕ 而增加,同时在孔径 ϕ 一样的情况下,孔的深度越深, Δf_3 越大,说明孔的直径和深度对带宽 Δf_3 都有影响。图4表示机-声效率 η_{ma} 与孔度 S 的关系。曲线表明:随孔度 S 增大, η_{ma} 提高,也就是提高了辐射效率。图5表示电-声效率 η_{ea} 与孔度 S 的关系。由图5可见:当 S 在0.04—0.4之间,换能器的电-声效率在90—94.5%之间摆动。即对总效率影响不大。图6是在大功率工作状态下 Δf_w 与孔度 S 的关系曲线。 Δf_w 是输入换能器电功率的频率特性曲线的三分贝频宽。测量时固定换能器两端电压。由图6可见; Δf_w 随孔度 S 增大而增加。

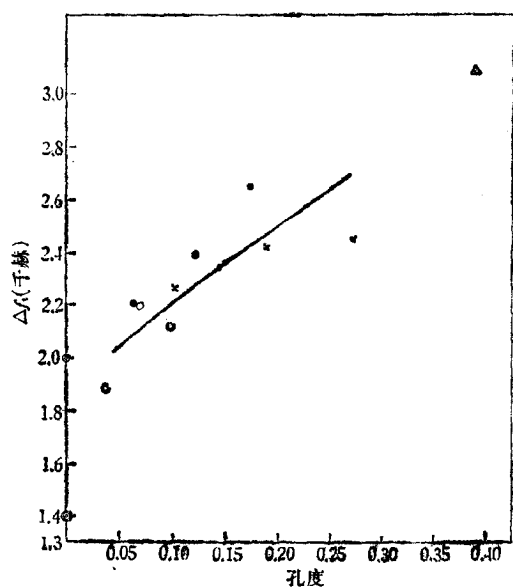


图2 带宽与孔度的关系

○ — 孔径 ϕ_3 ; ● — 孔径 ϕ_4 ; × — 孔径 ϕ_5 ;
△ — 孔径 ϕ_6 ; ⊙ — 不钻孔;
⊗ — 八螺钉夹紧不钻孔

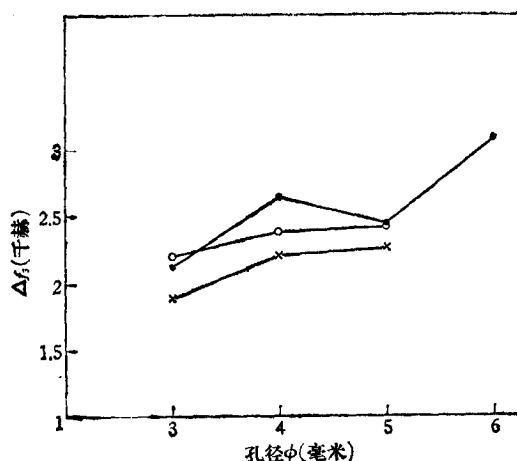


图3 不同孔深时带宽与孔径(毫米)的关系

● — 孔深26毫米(平均值);
○ — 孔深18.6毫米(平均值);
× — 孔深10毫米

除此以外,还在小讯号条件下测量了辐射阻抗比;在大功率状态下测量了换能器电功率因数,等效阻的频率特性等。并在孔度为 $S = 0.3$ 时加大孔径到14毫米:小讯号测量表明,其带宽增加更显著,但电-声效率却迅速下降。

以上测量结果表明:在换能器铝锥体辐射面上钻孔可以增加频带宽度,提高辐射效率,而总效率变化不大(小讯号测量)。例如在直径为78毫米的辐射面上钻直径为5毫米的孔,孔深平均18.6毫米,孔数共85个,相当于 $S = 0.2$,其带宽(Δf_w 及 Δf_3)为2.4千

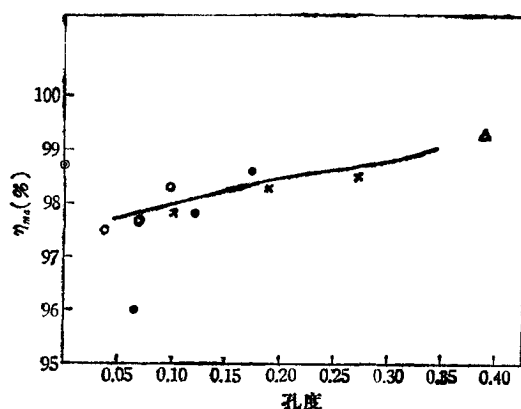


图4 机-声效率与孔度的关系(图例同图2)

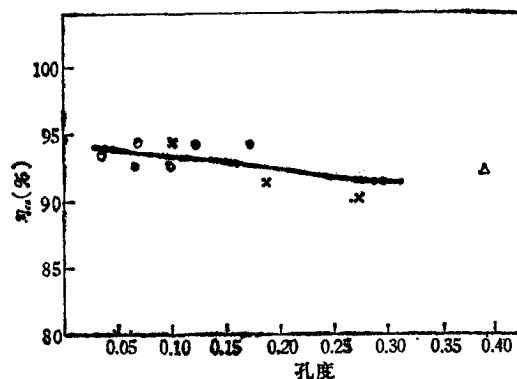
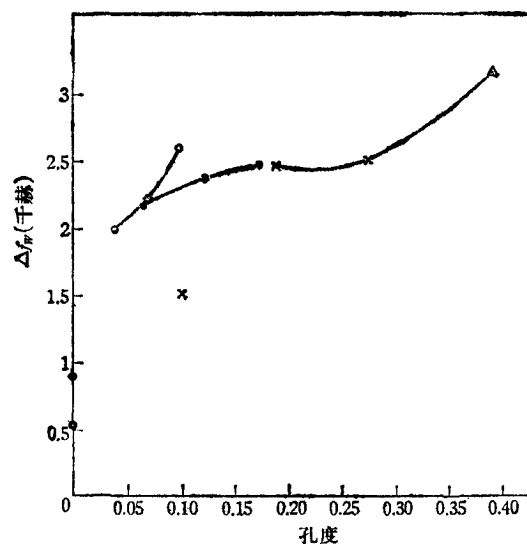


图5 电-声效率与孔度的关系(图例同图2)

图6 大功率状态下 Δf_w 与孔度的关系(图例同图2)

赫. 电-声效率为 91%, 而同样结构的换能器, 辐射面不钻孔. 其带宽 Δf_w 只有 0.9 千赫. 目前工业上常采用的八个螺钉夹紧的换能器频带更窄, Δf_w 平均只有 0.5 千赫. 用这种多孔结构的换能器做成 2 千瓦超声清洗槽配合高频电机运转, 证明用这种结构增加带宽是有效的. 在目前工业上采用的八个螺钉夹紧换能器的铝锥体上钻孔也取得同样的效果. 这种宽频带换能器由于其阻抗随频率的变化不那么尖锐, 所以用它作可控硅发生器的负载是有利的.

参 考 文 献

- [1] E. B. Wright, IRE International Convention Record, 1960, Part 6, p. 232.
- [2] J. N. Antonevich, U. S. Pat. 3,370,186.

A BROAD BAND PIEZOELECTRIC SANDWICH TRANSDUCER

ULTRASONIC PROCESSING RESEARCH GROUP, INSTITUTE OF PHYSICS, ACADEMIA SINICA