

实验还表明: ①在 $f \leq 3\text{kHz}$ 时, 水听器水平指向性的起伏小于 2dB ; ②水听器的抗静水压强度大于 6MPa 。

四、结 语

通过水听器的研制, 得到如下几点看法:

1. 研制的水听器具有四个特点:

(1) 利用增压原理, 提高了水听器的灵敏度;

(2) 采用混合型, 提高了水听器的功率灵敏度;

(3) 大幅度地减轻了水听器的重量(研制水听器的重量仅为“陶瓷增压型水听器”的 $1/4$);

(4) 克服了“陶瓷增压型水听器”常见的片子开裂现象(圆片背衬和增压管采用同一种材料, 热胀系数相同, 在胶合时, 圆片背衬不会开裂)。

2. 研制水听器的灵敏度, 其实测值与理论值基本相符。

3. 研制的水听器, 在低频为水平无指向性水听器。

4. 研制的水听器, 具有较高的抗静水压能力。

在研制的水听器中, 如果用厚度较大的硬质 PVDF 压电片(国外已有)来代替圆片背衬, 那么增压型的灵敏度将得到大幅度的提高。如果在圆片背衬的双面和增压管的内外壁均胶合 PVDF, 并且采用多层 PVDF 胶合, 那么水听器的性能将得到进一步提高。

本文的工作得到王洪兵、韩黎明、严伏明等同志的大力帮助, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] T. D. Sullivan and J. M. Powers, *J. Acoust. Soc. Am.*, **63-5**(1978), 1396—1401.
- [2] EASCON'79, 517—523.
- [3] D. Ricketts, *Electronic Progress*, **24-1**(1982), 8—13.
- [4] D. Ricketts, *J. Acoust. Soc. Am.*, **68-4**(1980), 1025—1029.
- [5] 姚希梦、邱隽华、陈安, 弹塑性力学, 机械工业出版社, 1987, 49.

超声换能器粘接工艺的球压法研究

石 岩* 刘献锋 李丽岩 李明轩

(中国科学院声学研究所)

1989年12月6日收到

在检测用超声换能器的制作工艺中, 粘接层是影响换能器性能的一个重要因素。为寻求最佳粘接条件, 我们设计了一套加压装置, 并采用非均匀加压方法^[1], 对陶瓷片几何尺寸(厚度、直径), 加压橡胶球参量(直径、硬度)以及施加压力大小三者之间的关系作了一些实验研究, 得出了一些有益的实用结果。文中给出了采用非均匀加压方法与一般的均匀加压法制作的换能器性能比较。

一、引 言

通用的检测用超声换能器的制作, 离不开粘接工艺。最简单的探伤用超声换能器, 在压电晶片前也要加一保护膜, 而它与晶片之间通

应用声学

常是靠粘接连接的。对高灵敏度, 窄脉冲换能器, 在压电晶片前后往往要加阻抗匹配层。在制作工艺中, 通常也是靠粘接技术使其组成一体的。对几 MHz 和 十几 MHz 的换能器, 胶

* 作者在本溪无线电一厂工作, 现在声学所进修。

层的厚度及均匀性,对换能器的能量传输及波形均有严重影响。

在一般粘接工艺中,采用了均匀加压方法,这种方法由于先封住了两个平行粘接体的边缘,致使多余的胶液不能充分溢出,故粘接层不能很薄。

利用非均匀橡胶球加压的粘接方法,它提供了一个中心强,边缘弱的非均匀压力分布。这样,随着压力的不断增大,多余胶液便能充分溢出,从而使胶层变薄,而且均匀。

二、原 理

当一个橡胶球将一个薄圆片完全覆盖时,根据 S. P. Timoshenko 和 J. N. Goodier⁽²⁾ 的弹性理论,在橡胶球下,力的分布是半球状的,如图 1 所示。图中 R 为橡胶球的半径, B 为球与薄圆片接触面积的半径, Q_0 为接触面中心的压强,接触面积在 xy 平面内,压力 P 在 z 方向,压力梯度沿着 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ 使得粘接媒质向外流动。

$$B = [3PR(1 - \nu^2)/4E]^{1/3},$$

$$Q = 3P/2\pi B^2.$$

式中 ν ——橡胶球的泊松比; E ——杨氏模量

从上述讨论可知,在接触面积固定时(即 B 不变), z 方向所需的总压力随橡胶球直径增大而减小,随其杨氏模量的增大而增加。而 z 方向施加的总压力 P 越大,粘接层越薄。

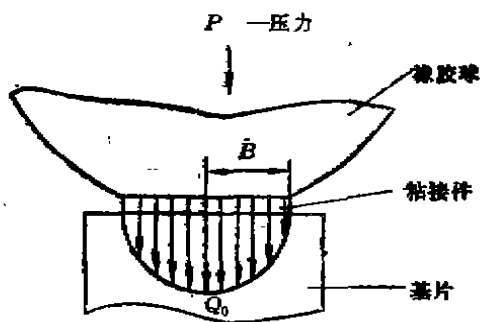


图1 球压粘接法力的分布图

三、实验装置

我们设计的加压装置如图 2 所示。通过旋转螺杆 1 加压,压力通过压轴 4 作用到弹簧 5 上,从弹簧的变形可测出施加力的大小,从装置中的刻度盘 6 可读出压力数值。橡胶球 8 粘接到固定盖 7 上,力通过橡胶球作用到粘接体 9 上。放置粘接体的支承架 10 可以上下移动以调节高度。为防加压时小球转动,使用了轴承 3 和滑板 11。本装置结构简单、实用。

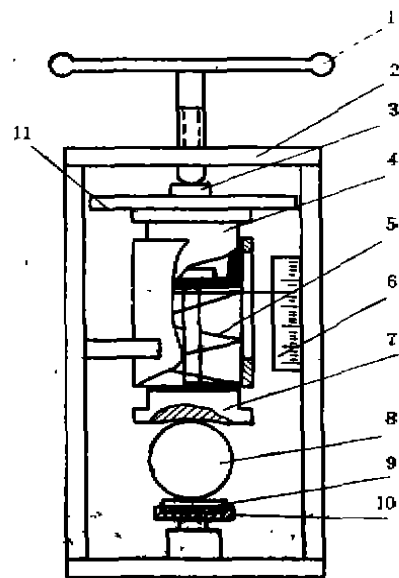


图2 球压法加压装置图

1.螺杆; 2.支架; 3.轴承; 4.压轴; 5.弹簧; 6.刻度盘; 7.固定盖; 8.橡胶球; 9.粘接体; 10.支承架; 11.滑板。

四、实验方法及实验结果

选用经机械抛光但未涂银极化的两陶瓷圆片,用千分尺测量出每个圆片的厚度及两个圆片的总厚度,然后在一个圆片的中心涂上一滴未加固化剂的环氧树脂,将两个圆片粘合在一起,用加压装置加压。加压后,测量出两片的总厚度。通过有胶层与无胶层时两片子的厚度差,可求得粘接层的厚度。用上述方法作了以下几组试验。

1. 对于直径 $\phi 10\text{mm}$, 厚 0.45mm 的两陶瓷片, 改变加压橡胶球的参量, 当加压到橡胶球完全覆盖陶瓷片时, 测出所需的压力值及粘接层厚度。

先用直径 10mm , 邵氏硬度分别为 40, 65, 85 的三个橡胶球对两个陶瓷片进行粘接加压, 到橡胶球将陶瓷片完全覆盖时, 分别测出不同硬度所需的压力值及相应的粘接层厚度。

用同样方法, 对直径 15mm 和 20mm 不同硬度的橡胶球重复上述试验, 测出不同硬度所需的压力值及粘接层的厚度, 实验结果见表 1。

表 1 不同橡胶球参量时的压力值及粘接层厚度

硬度(邵氏)	球直径(mm)	所加压力(N)	粘接层厚度(μm)
40	10	75	2
	15	50	3
	20	25	4
65	10	150	1
	15	100	2
	20	75	3
85	10	300	1
	15	150	2
	20	100	2

由表 1 可以看出, 将陶瓷片完全覆盖所需的压力值随橡胶球硬度的增大而增加, 随其直径增大而减小。粘接层厚度随橡胶球硬度增大而变薄, 随其直径增大而变厚。以上结果与理论是一致的。

对于直径 10mm , 硬度为邵氏 65 的橡胶球, 加上 150N 的压力即可使粘接层厚度达到 $1\mu\text{m}$ 。所以, 对 $\phi 10\text{mm}$ 的两陶瓷片粘接, 可选用直径 10mm 、硬度 65 (邵氏) 的橡胶球, 加力 150N 就可获得较好的粘接效果。

2. 固定陶瓷片及橡胶球的尺寸, 改变压力及橡胶球的硬度。

选直径 20mm , 厚 0.415mm 的两陶瓷片做为胶接件, 橡胶球的直径为 40mm , 改变压力及橡胶球硬度, 观测粘接层厚度。

先用硬度为 40 的橡胶球, 每加 50N 的力

测一次粘接层厚度, 找出压力与粘接层厚度的关系。再分别用硬度为 65 和 85 的橡胶球进行同样试验, 找出压力与粘接层厚度的关系。试验结果示于图 3。从图 3 曲线看出, 随压力增加, 粘接层逐渐变薄。当压力加到 275N 时, 使用 2[#]、3[#] 球可使粘接层厚度达到 $1\mu\text{m}$, 而 1[#] 球只能使粘接层厚度达到 $5\mu\text{m}$ 。

从曲线中还看到, 硬度居中的 2[#] 球, 曲线下降得最快, 在压力接近 250N 时, 即可使粘接层达到 $1\mu\text{m}$ 。所以, 对直径 20mm 陶瓷片粘接时, 用直径 40mm , 硬度 65 的橡胶球, 加压到 250N 就可达到较好的粘接效果。

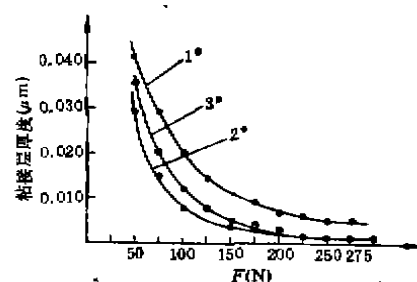


图 3 粘接层厚度与压力及橡胶球硬度关系曲线
1[#]——硬度 40 (邵氏); 2[#]——65, 3[#]——85。

3. 非均匀加压方法对厚、薄陶瓷片粘接效果比较。

选用直径 20mm , 厚为 0.415mm 和 2.8mm 两陶瓷片, 粘接到同一厚度的基片上。用直径 40mm , 硬度 65 的橡胶球加压。当橡胶球将陶瓷片完全覆盖时, 测出它们各自粘接层厚度分别为 $1\mu\text{m}$ 和 $8\mu\text{m}$ 。这一结果表明, 采用球压法加压粘接技术, 对薄片与基片的粘接效果更为有效。因为陶瓷片变厚, 刚性大, 压力梯度小, 在加压过程中, 多余粘液不能充分溢出。

4. 橡胶球加压到全覆盖和未全覆盖陶瓷片时, 比较两种情况下中间与边缘的粘接层厚度。

选用直径 20mm , 厚 0.415mm 的陶瓷片粘接到一定厚度的基片上, 用直径 40mm , 硬度 65 的橡胶球加压。在压力为 200N 及 275N 两种情况下, 测量陶瓷片中间 A 及边缘 B、C、D 三点的厚度, 结果示之于表 2。

表2 两种情况下的粘接层厚度

· B · A · C · D	粘接层厚度 (μm)			
	A	B	C	D
未全覆盖	3	5	5	5
全 覆 盖	2	2	2	2

由表2可见,橡胶球未将陶瓷片覆盖时,粘接层厚度是不均匀的,中间薄,边缘厚。当橡胶球将陶瓷片完全覆盖时,粘接层不但薄,而且均匀。所以,采用非均匀加压粘接时,一定要加压

5. 一般加压法与非均匀加压法粘接效果比较.

用直径20mm,厚度0.415mm的陶瓷片,用直径40mm,硬度65的橡胶球,加压到275N,测得粘接层厚度为2 μm 。用一般均匀加压法,在同样压力下,测得粘接层厚度为6 μm 。

用上述两种方法,我们对超声换能器作了保护膜粘接的试验比较。换能器频率5MHz,压电片直径20mm,保护膜为刚玉,厚0.3mm。在钛试块中的回波脉冲波形示于图4。从图中可见,在其它条件相同情况下,非均匀加压法对换能器性能有很大改进。



图4 不同粘接法的回波脉冲波形比较 (左)均匀加压法;(右)非均匀加压法.

到橡胶球将陶瓷片完全覆盖。

五、结 束 语

采用非均匀加力粘接法,橡胶球参量的选用很重要。我们用实验方法对橡胶球的大小及硬度进行了不同组合的研究,得出了一些对换能器制作工艺有益的结果。由于条件限制,各种条件下的最优参数选取,有待于在实际应用中进一步完善。

本工作是根据应崇福教授早期建议开展的,工作中得到应教授的指导,得到杨玉瑞、钟高琦同志的帮助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] Papadallis E. P., *J. Adhesion*, 3-3(1972), 181—194.
- [2] Timoshenko S. P., Goodier J. N., *Theory of Elasticity*, 2nd edition, McGraw-Hill Book Co., New York, 1951, 372—382.

1991年功率超声学术会议征文通知

为迎接第14届国际声学会议在北京的召开,功率超声分科学会将于1991年夏秋间召开功率超声学术会议(包括超声清洗、焊接、加工、乳化、雾化和破碎等)。论文摘要(1000—1500字)请于1991年5月1日前寄到西安市陕西师范大学应用声学所张福成同志处(邮政编码710062)、具体开会地点及日期另行通知。

(功率超声分科学会) 90.11.6.