

圆环钎焊蜂窝结构超声 C 扫描检测及其系统研制

Development of Ultrasonic C-Scan System Applied to Inspect the Torus Brazing with Honeycomb

北京航空材料研究院 莫安来 汪松 康利红

Mo Anlai Wang Song Kang Lihong (Institute of Aeronautical Materials, Beijing)

〔摘要〕 利用直接数字成像和程控采样扫描技术，研制成了圆环蜂窝构件超声 C 扫描检测系统，精确地将蜂窝构件检测结果分析处理后直接显示在微机终端屏幕。

关键词：超声 C 扫描 数字成像 圆环 蜂窝

〔Abstract〕 Ultrasonic c-scan system applied to inspect the torus has been developed, in which the directly digital imaging and programmable sample scanning are used. The testing result is displayed on the screen of the computer terminal after analysis and processing accurately.

Keyword: ultrasonic c-scan digital imaging torus honeycomb

1 前言

圆环蜂窝结构是用一种金属材料做成外环、用另一种金属材料做成蜂窝条带、应用真空钎焊技术将蜂窝条带与外环内壁焊接而成的一种结构。检查蜂窝结构的焊接质量，主要是对未钎透、钎着率的检查。经过一些探讨试验，证明采用超声 C 扫描方法是比较直观、有效的无损检测方法。

因为蜂窝小，波节为 0.7mm，芯格尺寸为 1.2mm，所以要求超声 C 扫描系统的精度必须很高，如对超声探伤仪及探头，要求其具有高分辨力；对机械旋转部分，要求正反转误差要小，否则成像重叠、模糊。计算机控制软件、成像软件编制以及探伤方法的研究等都是该项目的主要内容。

2 探伤方法选择

选用水浸超声脉冲反射法，其检测原理如图 1 所示。

调节水浸聚焦探头使中心声束与零件外环垂直。

为了得到失真最小的图像，调整探头到零件表面的水层距离 H_k ，其值为

$$H_k = F - \frac{V_{\text{材}}}{V_{\text{水}}} \times d$$

式中 H_k —探头到零件表面水层距离；

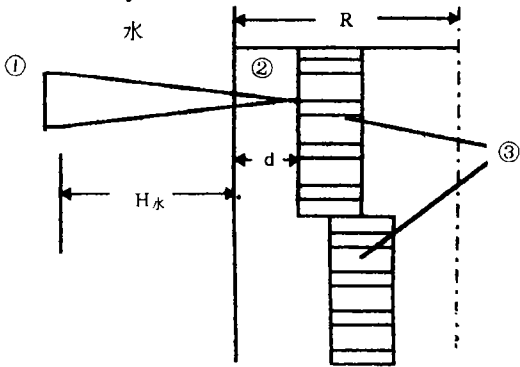


图 1 水浸超声脉冲反射法

① 水浸聚焦探头；② 金属外环（半径 R，被测厚度 d）；③ 蜂窝条带

- F — 探头水中焦距；
- $V_{\text{材}}$ — 零件的声速；
- $V_{\text{水}}$ — 超声在水中的速度；
- d — 零件上表面到零件内部缺陷距离。

使声束焦点落在外环与蜂窝的焊接面上，此焊接面的回波信号就是超声信号在蜂窝结构中的底回波。在扫描过程中采集底回波的幅度变化（见图 2），经计算机处理显示在屏幕上，即得到焊接质量图。

3 水浸聚焦探头研制

水浸聚焦探头要求有较高的检测灵敏度和较高的分辨力。但二者相互影响，因此应综合考虑需要制作水

浸聚焦探头。首先选择性能好的压电晶片。如图 3, 以 10MHz (PZT) 晶片性能测试为例。图中所示曲线 1 为晶片声压测试曲线, 曲线 2 为晶片频谱测试曲线。

由图 3 可见, A 中晶片的压电效应较好, 但谐振频率稍低, B 中晶片的谐振频率较好, 但压电效应偏低。所以在工作中应选用合适的晶片。

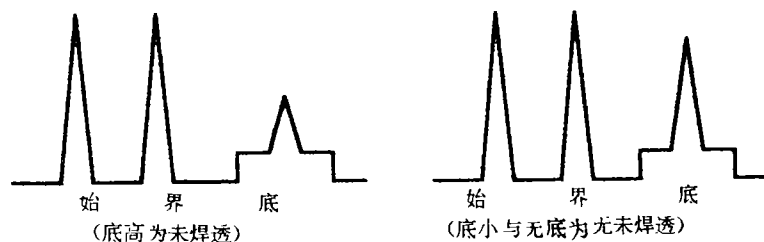


图 2 采集的超声波形

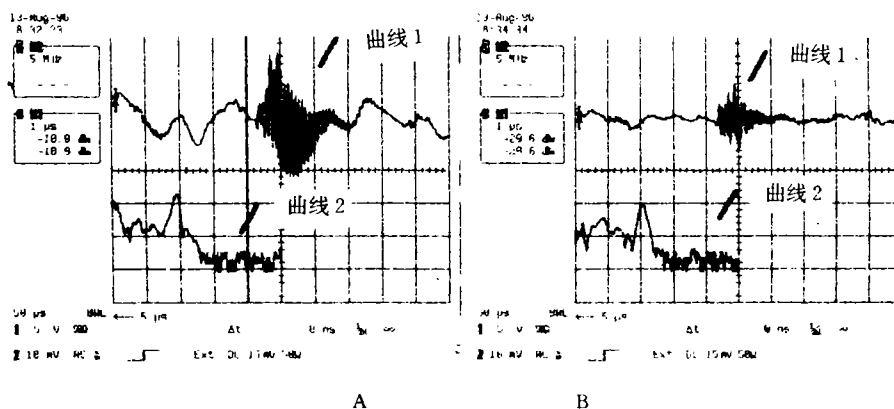


图 3 10MHz (PZT) 晶片性能测试

为了得到窄脉冲、好的纵向及横向分辨力, 并具有高的灵敏度, 晶片阻尼材料配方的配制、透镜材料、曲率半径以及合理的工艺是非常重要的。

蜂窝结构的芯格面积小, 要得到强的反射波探头的横向分辨力要高, 主要影响横向分辨力的是探头声束的宽度, 声束越窄, 横向分辨力越高。采用聚焦探头就解决了上述两问题。

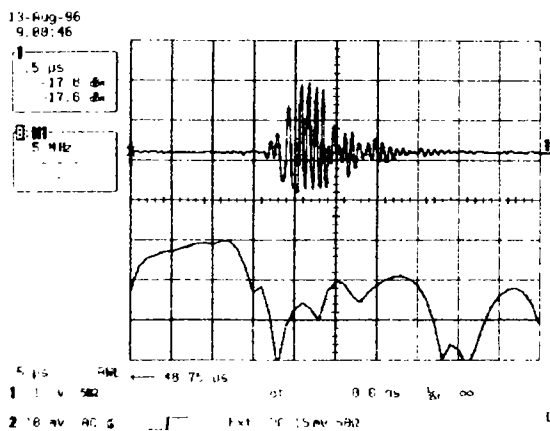


图 4 10MHz 水浸聚焦探头频谱

4 扫描器研制

该蜂窝结构为圆环件, 机械设计采用扫描器带动探头做 X、Y、Z 轴运行和另一旋转圆盘带动零件旋转的扫描方式。X、Y、Z 轴运行均由步进电机驱动滚珠丝杠运动, 从而保证了精度, 最小步进间距为 0.01mm。为尽量减小转盘机械误差, 步进电机与转盘直接连接。转盘放入水中, 为防止水渗入步进电机, 旋转扫描部分的机械设计采用了水密结构。

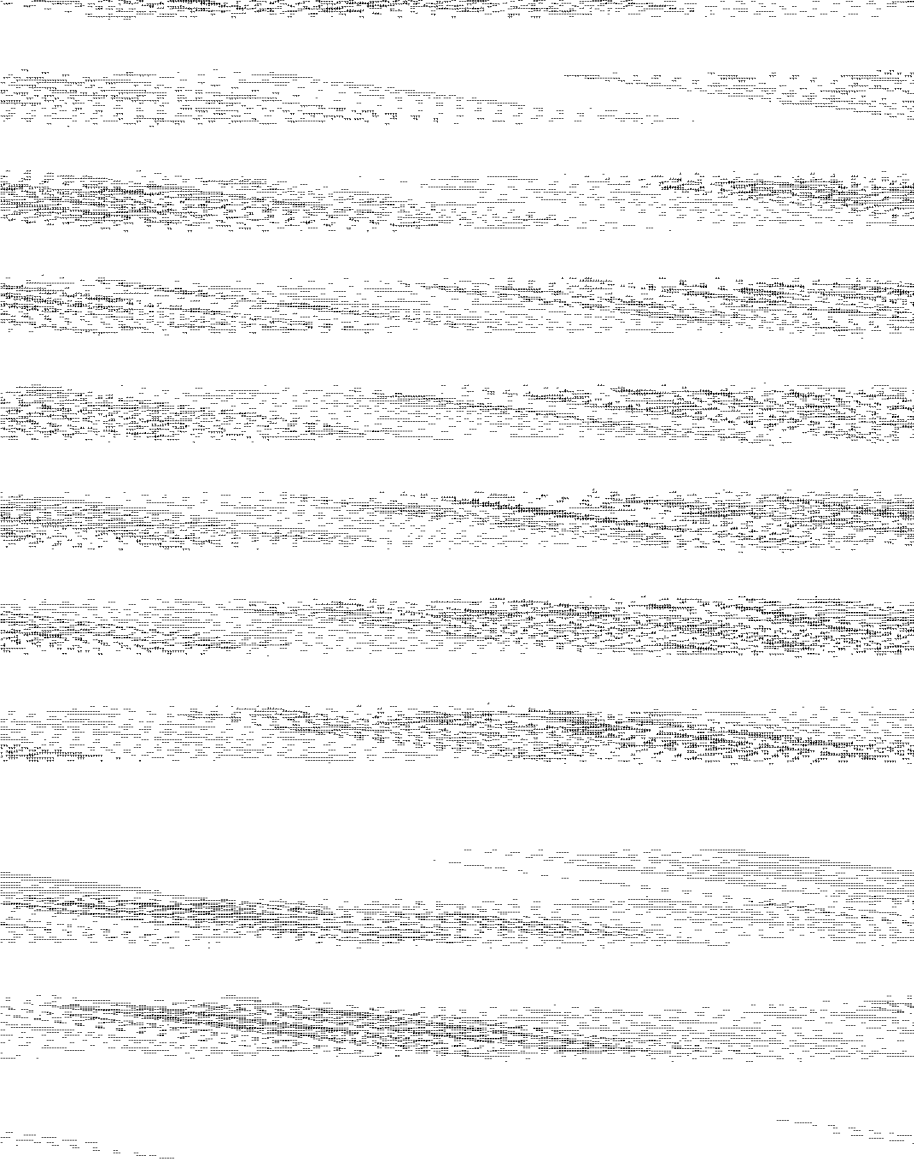
蜂窝结构尺寸大, 可达 $\phi 450\text{mm}$ 。当采用普通步进电机时, 步进角为 $1.8^\circ/\text{脉冲}$, 零件被测弧长 L 按下式确定:

$$L = R \times \theta \quad \text{其中: } R = 450/2, \theta = 0.0315$$

$$\text{因此: } L = 225 \times 0.0315 \approx 7\text{mm}$$

式中: L—弧长, R—零件半径, θ —弧度。

显然, 每步 (1 个脉冲) 零件转动弧长 7mm, 间隔太大易造成漏检, 因此在设计中我们采用细分步进电机来驱动转盘旋转, 当细分步为 50 时, 每步弧长从 7mm 减少到 0.14mm, 完全满足要求。



基础上在超用已摘摘值制工作
控策略抗推技术和完成发展的程：
。 环环装置性检测系统的研制
示通通对图像清晰，零件运行实
探头稳定作、可软件编制等设计、
面都达到了较高的水平。

0.000)超用8C 超用装置性检测系统
自然未焊透 图中 A 区为