

工艺·设备

轮胎橡胶夹层气泡自动检测装置

孙自强 许颖原 陈彦萼

(华东理工大学自控系 200237)

摘要 介绍一种用超声波检测轮胎部件层间气泡(简称层间气泡)的方法。将超声波检测与计算机自动控制相结合,自行设计研制出轮胎层间气泡自动检测装置。实际应用结果表明,用该装置检测轮胎层间气泡具有较高的准确性。

关键词 超声波检测,轮胎,气泡

在轮胎成型过程中,由于部件贴合成型工艺上的原因,轮胎部件层间往往存在气泡,这势必影响轮胎质量,使汽车在运行时会发生爆胎事故。国内外目前尚无在线自动检测层间气泡方法的报道。轮胎生产厂家因气泡造成的产品不合格数量约占总产量的4%—5%,经济损失较大。因此,轮胎生产厂迫切希望能有简单可靠的在线自动检测轮胎层间气泡的装置。为此,我们经过努力,自行研制出轮胎硫化前层间气泡自动检测装置,取得了一定成果。

1 检测方案的确定

轮胎成型时部件层间若留有气泡,则在硫化时原有气泡会膨胀成大的气泡。生产上要求在硫化前就测出气泡,以便及时采取措施去除气泡,以保障硫化后的轮胎质量。层间气泡检测属无损检测范围,而生产现场又不允许使用用于轮胎出厂前成品质量离线检查的X射线探伤仪。为此,我们查阅了国内外多种刊物,走访了许多单位,并通过国外联机检索,但均无结果。根据超声波探伤的特点^[1-3],经过反复探索试验,我们确定采用超声波检测层间气泡的方案。

1.1 超声波探伤的特点

超声波传播能量大,方向性好,在不同介质界面上具有反射的特性。超声波探伤检测时,如果遇到缺陷,而缺陷的尺寸等于或大于

超声波波长时,则超声波在缺陷面上反射回来,反射波可被探伤仪接收后显示出来;如果缺陷的尺寸远小于超声波波长时,声波则绕射而过,不能反射。

1.2 超声波在介质中衰减的原因

超声波在介质中衰减的原因主要是三方面:①扩散衰减。声波随着传播距离的增加,在单位面积内声能的减弱与探头直径及频率有关。扩散衰减在被检工作尺寸较大时经常发生。②散射衰减。超声波在晶粒粗大的界面上散射,造成超声能量衰减。③吸收衰减。由于介质导热性、粘滞性及弹性滞后,造成超声能量衰减。吸收衰减随着频率的升高而增加。

超声波衰减常以衰减系数 α 表示,衰减系数应包括上述三方面因素。由于超声波在橡胶中的衰减主要是吸收衰减,因此可假设衰减系数 α 等于超声吸收系数 α_a 。

超声吸收系数 α_a 由下式决定:

$$\alpha_a = Af + Bf^4$$

式中 A 及 B 为常数, f 为超声波频率。

在平面波的情况下,声压的衰减公式如下:

$$P = P_0 e^{-\alpha x}$$

式中 P ——距离声源为 x 时的声压;

P_0 ——距离声源为0时的声压;

e ——自然对数的底(2.71828);

α ——衰减系数;

x ——声源距离。

由于声强与声压的平方成正比,故声强的衰减公式如下:

$$I = I_0 e^{-2\alpha x}$$

式中 I ——距离声源为 x 时的声强;

I_0 ——距离声源为 0 时的声强。

由上面公式可见,超声波频率 f 与超声波衰减系数 α 有密切关系,因而它对声压(或声强)的衰减有影响。频率越高,虽然方向性越好,但在介质中的衰减越大。因此选择适当的超声波频率极为重要。

1.3 超声波检测轮胎部件层间气泡的方法

1.3.1 超声波频率的选择

由于检测的是固体-固体界面,超声波需要通过多层界面,底层又是钢丝-橡胶复合材料,气泡形状也不规则,且气泡表面不一定很光洁,超声波在橡胶中衰减较大,因此超声波频率不能选择太高。经反复测试几种轮胎橡胶试样,确定频率在兆赫级,且对于不同试样,频率应该调整。

1.3.2 超声波耦合方式

超声波耦合采用液浸法。液浸法是将探头与被测物之间充满清水,以水作为耦合介质,使探头与被测物不直接接触,以满足轮胎生产现场在线非接触检测的要求。

1.3.3 超声波检测方法

超声波检测通常有反射法及穿透法。

穿透法是根据声波穿透工件后能量的变化状况来判断工件内部质量。穿透法虽然较适合于超声波衰减较大的材料,但探伤灵敏度较低,不能定位,并要求工件较薄,尤其是要求被测材料组织较均匀。由于轮胎是多层结构,底层又含有钢丝,因此穿透法在此不适用。

本方案采用脉冲反射法。脉冲反射法原理是将脉冲发生器产生的高频电脉冲(发射波)加在探头和放大器上,激发压电晶片振动,使之产生超声波。超声波以一定速度在工件内部传播时,一部分遇到缺陷时反射回来,

另一部分声波传至工件底面后反射回来,由缺陷及底面反射回来的声波被探头接收后又变成电脉冲波。脉冲反射法特点是探测灵敏度高,能准确确定缺陷的位置和深度。采用脉冲反射法测轮胎层间气泡时,如果层间没有气泡,则反射的波形只有发射波及底面反射波;如果层间有气泡,反射的波形除了发射波及底面反射波外,其间还有气泡的反射波。气泡越大,反射波幅度及宽度也越大,此时底面反射波变小,甚至不出现。此外,反射波距发射波出现的时间反映了气泡深度。因此可根据反射波形判断有无气泡及气泡存在的位置。反射波形如图 1 所示。

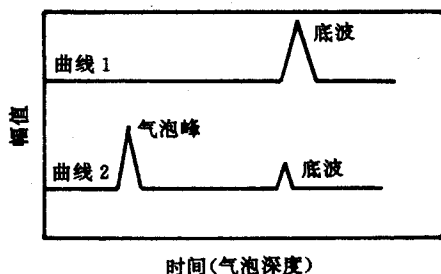


图 1 脉冲反射法的反射波形

图中纵坐标反映气泡幅值大小,横坐标反映气泡出现时间(反映了气泡在橡胶中的深度)。为便于说明问题,将发射波及水与橡胶界面波移去,以水与橡胶界面波出现时刻定为 0,并将曲线 1(无气泡)及曲线 2(有气泡)放在同一张图上进行比较。

由图 1 可见,无气泡时仅有底面反射波峰,而有气泡时出现气泡反射波峰,但底面反射波峰变小了。

检测时只要将超声波反射信号通过计算机采集和对接收的超声波信号进行判别处理,组成在线自动检测装置,就能对气泡进行显示报警、打印记录曲线等处理,以便及时除去气泡,保证轮胎质量。

2 检测装置的组成

整套装置包括超声波检测系统、超声波

信号采集及信息处理、曲线记录、显示报警、打印等部分,统一由一台计算机控制。

超声波检测系统包括探头、超声波发射和接收电路、信号放大处理电路等。由于轮胎可能存有气泡的环带检测范围宽为 6cm 左右,而检测的气泡直径要求不小于 1cm,在综合了超声波检测多种因素后,确定每个探头为正方形,面积 1cm²,并排放置 6 个探头组成检测器,以垂直方向经水层耦合作用于被测表面,检测截面内气泡。每一个探头发射频率为兆赫级(具体频率根据轮胎不同而定),组成六路检测系统,各路检测系统分时独立工作,发射和接收超声波信号。超声波信号经放大电路处理后,变成 1—5V 直流信号,供采样用。

超声波信号的高速采样选用采样频率达 20MHz 的高速采集卡,直接插入 386 计算机中,组成高速瞬态信号的数据采集系统,并采用外部触发采集方式。此卡的采样速度足以满足采样信号不失真的要求。

计算机控制采样时,由于实际检测回路有 6 个,而仅采用一个采样通道,为此,自行设计了一块计算机接口卡,对六路检测通道巡回分时选通,同时主机通过接口卡向被选检测通道发出采样触发信号,采样卡立即进行采集数据。接口卡还对信号进行滤波处理。人机对话部分是通过键盘完成多种操作选择。整套装置组成如图 2 所示。主程序和采样子程序的功能框图如图 3 和 4 所示^[4]。

3 接收信号的处理

超声波自动检测装置在接收信号后,要能自动判断层间有无气泡。为此,通过大量试验得到检测记录曲线后,经过综合比较,以无气泡曲线为基准,估计出层间可能出现气泡峰值的时间区域范围、峰高和峰宽值(时间轴反映超声波透入深度和被测层深度,而峰高和峰宽值则反映气泡的大小)。因而可以此为基准,将以后输入的测量信号与无气泡的检

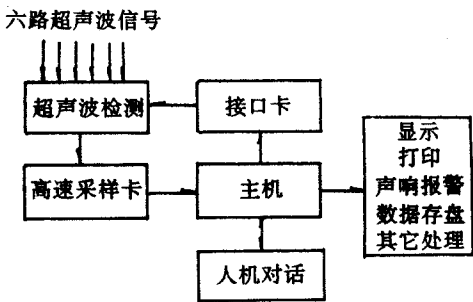


图 2 整套装置的组成示意图

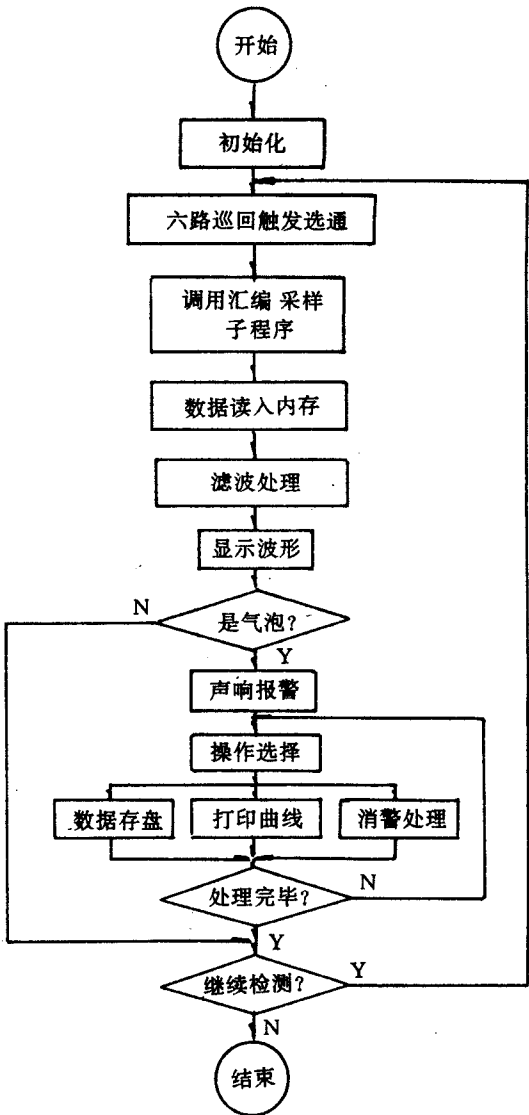


图 3 主程序的功能框图

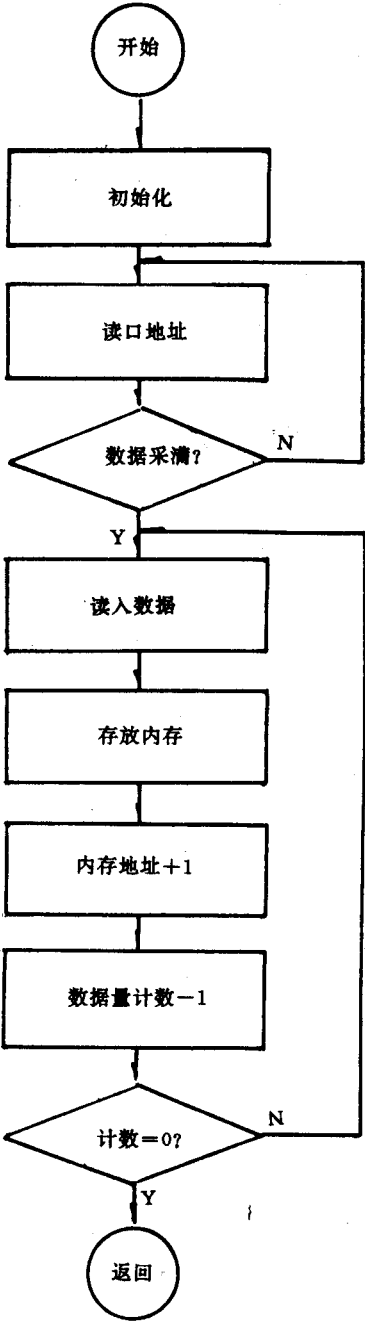


图 4 采样子程序的功能框图

测曲线进行比较,由计算机自动进行判断,便可获得被测轮胎层间有无气泡的存在及其大小、位置等信息,从而实现本自动检测装置的预定功能。其主要步骤如下:

(1)在规定时区内判断有无反射波峰值

出现。如有峰值,则说明可能有气泡存在。

(2)判定反射波峰及峰宽值。如峰高大于设定的峰高下限,且峰宽大于设定的峰宽下限,说明有气泡存在;反之,则可判为尖脉冲干扰。

为避免干扰影响造成错误判断,在信号处理时还采用了防脉冲干扰的平均值滤波方法,将中值滤波与算术滤波结合起来,用中值滤波去除随机脉冲干扰,用算术滤波去除周期性脉冲干扰。

设 $X(N)$ 为输入信号, $Y(K)$ 为滤波处理后信号,并假设每次对同一点采样时重复采集 10 次数据,去掉一个最大值和一个最小值,剩余数据取平均,用公式表示如下:

若 $X(1) \leq X(2) \leq X(3) \leq \dots \leq X(10)$, $N=10$, 则

$$Y(K) = \frac{[X(2) + X(3) + \dots + X(N-1)]}{N-2}$$
$$= \frac{1}{N-2} \sum_{i=2}^{N-1} X(i)$$

经过数字滤波处理后,信号再次被送入存储单元,并画成曲线显示在屏幕上,判断是否是气泡。若是气泡,则声响报警提示操作人员消除气泡,并可打印记录曲线、存储信息和消警处理等。

4 软件的设计

软件包括控制主程序及采样子程序两大部分。

主程序主要包括初始化、功能选择(显示、打印等)、控制六路检测通道的切换、置采样触发信号、调用汇编采样子程序、数据读入内存、滤波处理等部分。软件设计参见主程序与采样子程序功能框图。

5 轮胎试样测试及结果

整套装置经实验室对某种轮胎部件试样进行检测,取得了较好的气泡检测效果。记录曲线如图 5 所示。

由气泡峰出现在时间轴上的位置可知,

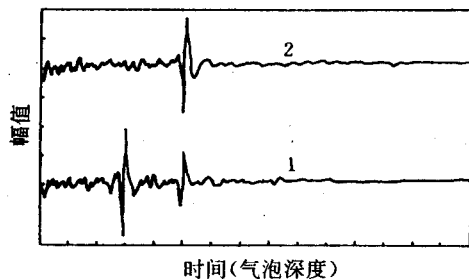


图5 检测气泡时的记录曲线

1—有气泡;2—无气泡

该气泡位于整个试样第一层与第二层界面(由于第一层橡胶较厚,占整个试样厚度的一半)。检测后经对所测轮胎部件试样解剖,证明检测结果准确。

6 结语

轮胎层间气泡自动检测装置的研制达到

了预期目的,取得了一定的成果。不过该自动检测装置的研制还需要继续深入开展下去,尤其是对在线应用要求方面有许多工作要做。同时,这种利用超声波检测与微机控制相结合的方法在其它质量检查场合也将会有一定的推广价值。

参考文献

- 1 《超声波探伤技术及探伤仪》编写组. 超声波探伤技术及探伤仪. 北京:国防工业出版社,1977:26
- 2 北京广播技术交流站. 超声波探伤原理及应用. 北京:机械工业出版社,1982:68
- 3 Szilard J. Ultrasonic Testing—Nonconventional testing techniques. London: John Wiley and Sons, Ltd., 1982: 100
- 4 周明德. 微型计算机硬件、软件及其应用. 北京:清华大学出版社,1988:78

收稿日期 1996-04-29