

微型锤超声源设计(节译)

超声点源和点源接收器(简称PS/PR)技术是最近从作为材料检测有效手段的定量声发射方法中发展起来的。该技术与地球物理的地震勘探方法相似。特性已知的某一点源所产生的信号,它传经试样并作为一个或多个其空间和时间特性均为已知的小孔径接收器所检测。上述的“点”和“小”字具有特定意义,它表明换能器的侧面有效尺寸应比相关检测信号的最短波长还要短得多,尽管实际上在稍微放宽此限制的条件下也能取得有价值的结果。此外,试样的主尺寸也必需相对大于信号波长。

PS/PR系统能计算出一种理想、均质和全向弹性材料的动态格林函数。利用它可以处理和解释来自某一实际材料的各类信号,以表征该材料的宏观和微观结构特性。与普通超声系统不同,它为获取各种绝对的定量测量提供了可能性。PS/PR系统还能提供有关某一信号内纵波和切变波成分的信息。激发和检测区域范围小意味着可最大限度减少试样表面的平整处理工作。该技术可用于检测那些表面弯曲和非平整的试样。

PS/PR系统的性能与它的发射源和接收器的工作特性密切相关。尽管不是所有换能器都令人满意,但总有一些是符合要求的。为产生一种具有高频成分的宽带超声信号,发射源信号的持续时间必需短,前沿上升速度必需快。按此看法电火花放电和脉冲式激光源应当是理想的,但是由于机械能耦合的困难,此类发射源就难以准确地建立起来。按具有良好特性的发射源功能要求,将下落球体的碰撞冲击来作为发射源是颇有吸引力的,但就一般应用来说是很难让它充当实际发射源的。本文的主题是微型锤,它是一种与球体下落相似的激发器,被设计用来产生短持续时间的机械冲击脉冲。这种脉冲可重复并便于采用。为了制定一般化的设计参数,本文将对这种冲击脉冲的简单理论模式作一简要回顾,然后再论述激发器的基本原理和样机的设计、评价和未来应用潜力。

本论文提出了一种微型锤超声源的设计原理,并阐述了其主要特性,其中将令人感兴趣的球体下落激发特性引入到一种可重复的电动仪器。按两种由基本思路演变出来的方法设计的样机已经制成,其运行状况接近人们的期望。尤其是微型锤头的冲击力能用相应赫兹受力方程的简单冲击模式来表达,这样就能非常容易地评估参数影响或试样特性变化。

采用质量为1mg半径为数毫米的钢锤头,就能从一种廉价的简单装置中取得持续时间为 $2.5\mu\text{s}$ 、冲击力峰值为数牛顿的脉冲。不须改变基本原理即可设计出性能提高的改进型装置。例如可以采用适当的陶瓷或钻石来取代钢,藉此能同时达到增加微锤刚性、减小质量和增大半径的目的所有这些对锤的使用都是有利的,如果不希望峰值冲击力太低,则不能过多的减小质量,但是出于实际的考虑,冲击速度应是有限制的。

借助微制造技术,再采用单块硅体,并为增加锤头刚性而在其表面加上氮化镀层,就可制成半径大速度快的微器件,这类器件的渡越距离要比前述的短得多,所以检测时需要小心把它对准试件表面。由于赫兹模式不一定完全适用此研究,因此需要对实验作出评价,以确证这类器件是否能比现有设计增加更多优点。

虽然类似于样机的各种设计不可避免地包括小而精密的元件,但我们的经验表明用手工装配并非很困难,相对来说基于此原理制成的器件费用不会很多。此外,当加工接近其最佳间隙时,把器件置入工件是不需要非常精确的。冲击点表面应平滑,这样有效接触面积就不会小于标准值太多,然而其它方面就不必精心准备了。微型锤能为无损评价材料特性提供超声源,它便于实施,适用范围广。

徐善明节译自 Ultrasonics

1991; 29(1); 68~74

丁东校