

超声激励方式对检测信号的影响

杨 剑,高成强,刘晓方

(第二炮兵工程学院,西安 710025)

摘要:为了分析不同激励方式对超声检测信号的影响,采用尖脉冲和方波脉冲两种激励源激励超声换能器,在充电电压及脉冲重复频率相同的条件下,分别对碳纤维复合材料、铝合金材料进行超声检测,对比分析回波信号特征。结果表明,相同电压和脉冲重复频率下,方波激励得到的超声检测信号幅值是尖脉冲激励的两倍,方波激励下的回波信号噪声干扰比尖脉冲大,在实际生产使用过程中,方波激励更适合于碳纤维复合材料的超声检测。

关键词:超声波检测;换能器;尖脉冲;方波脉冲;检测信号

中图分类号:TG115.28 文献标志码:A 文章编号:1000-6656(2010)01-0036-03

Affect of Different Simulation Mode on Ultrasonic Testing Signal

YANG Jian, GAO Cheng-Qiang, LIU Xiao-Fang

(The Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China)

Abstract: In order to analyze the effect of different exciting modes on ultrasonic testing signal, the characters of ultrasonic testing signals received from carbon fiber reinforced plastics (CFRP) and aluminum alloy which were tested by ultrasonic transducer were analyzed, and the transducer was simulated by sharp pulse and square pulse. The experimental results proved that the amplitude of ultrasonic testing signal excited by square pulse was 2 times of that excited by sharp pulse on the same voltage, and the noise in echo signal which was generated by square pulse was stronger than sharp pulse. The square pulse is therefore fitter to test CFRP than sharp pulse during the producing and operating process.

Keywords: Ultrasonic testing; Transducer; Sharp pulse; Square pulse; Testing signal

影响超声检测精度的因素有很多,如温度、湿度、计时系统的稳定性等^[1-2],其中超声检测信号的质量(如幅值大小)最为关键。关于激励脉冲幅值、频率及脉冲数量对检测信号的影响,研究人员已从理论和实验两方面进行了广泛的研究和探讨,但超声激励方式对检测信号的影响研究较少。笔者通过分析尖脉冲激励和方波脉冲激励下复合材料、铝合金材料的回波信号特征,研究两种超声激励方式对检测信号的影响,对超声检测仪器的设计、制造和使用具有一定参考意义。

收稿日期:2008-09-12

作者简介:杨 剑(1983—),男,硕士研究生,研究方向为复合材料超声检测。

1 超声换能器的激励方式

图1所示的是超声检测系统采用的几种激励波形,最常用的两种波形是尖脉冲和方波脉冲。

尖脉冲激励是用来激励压电换能器最早的方式

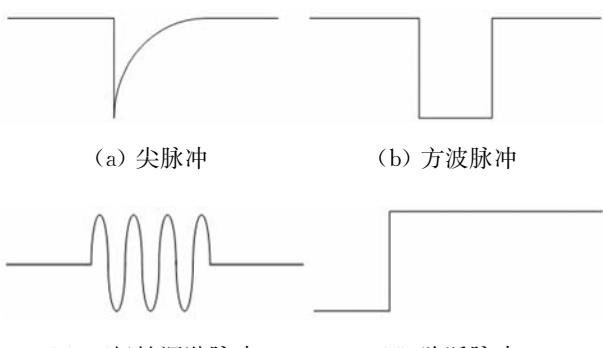


图1 超声检测系统中的常见激励波形

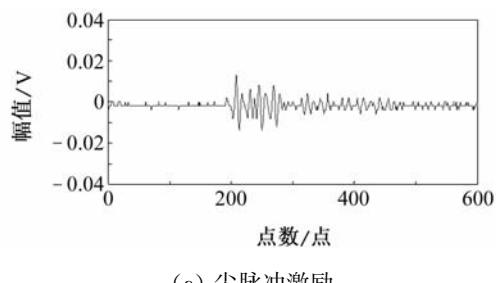
之一,因其激励电路简单、元件数量少、信噪比高和操作方便等特点而被广泛使用。随着新半导体开关技术的引入,方波激励方式在超声检测仪中的应用逐渐增多。相对于尖脉冲激励,方波脉冲激励能提高超声检测信号的脉冲幅度、稳定性和分辨率,但方波激励电路元器件数量多、功耗大。双极性调谐脉冲激励可明显提高检测信号幅度,但信号分辨率低,一般只在穿透法检测时应用。阶跃脉冲激励能发射紧凑的单极性超声波,但由于衍射效应,发射的超声波在离开换能器一段相对短的距离后又会变成双极性的,故通用超声检测仪器不采用这种激励方式^[3]。

2 检测结果和分析

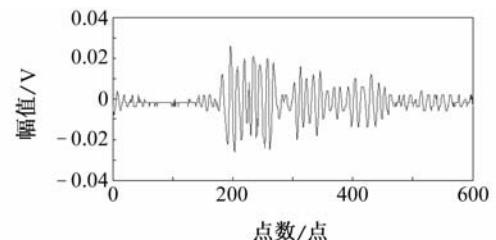
2.1 尖脉冲和方波脉冲激励下的超声检测信号

以笔者自行研制的超声发射/接收电路为基础,分别用充电电压为400 V,脉冲重复频率为1 kHz的尖脉冲发生器和方波脉冲发生器产生的信号源激励发射探头,并用数字示波器直接观察(未经放大电路)接收探头的检测信号,分别对碳纤维复合材料、铝合金材料试样进行检测。试验中采用的探头为2.5 MHz双晶直探头。

图2为不同脉冲激励下碳纤维增强树脂基复合材料试样中的超声回波信号。试样厚度为6.48 mm。观察图2发现,两波型的频率和形状未发生变化,但波幅有很大变化。图2(a)的回波信号最大幅值为0.013 V,图2(b)的回波信号最大幅值为0.026 V,且图2(a)中回波信号的噪声干扰较图2(b)小。



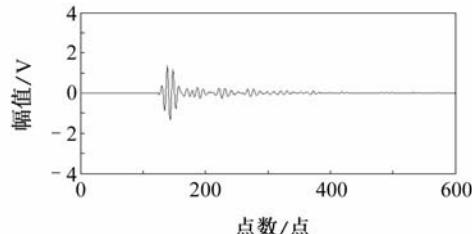
(a) 尖脉冲激励



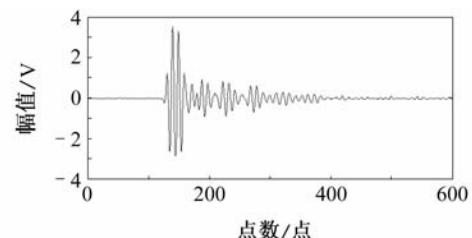
(b) 方波脉冲激励

图2 不同脉冲激励下碳纤维复合材料的超声回波信号

图3为不同脉冲激励下铝合金材料的超声回波信号。试样厚度为4 mm。图3(a)回波信号的最大幅值为1.34 V,图3(b)回波信号的最大幅值为3.52 V。图3中回波信号的频率和形状没有发生变化,其中尖脉冲激励下的超声回波信号噪声干扰小。



(a) 尖脉冲激励



(b) 方波脉冲激励

图3 不同脉冲激励下铝合金材料的超声回波信号

通过对图2和3中波形的比较分析可以看出,相同试样中方波脉冲激励得到的检测信号幅值是尖脉冲激励得到的信号幅值的两倍左右。超声在碳纤维复合材料中传播时衰减大,探头接收到的回波信号很微弱,一般在几毫伏到十几毫伏之间,基于信号的处理分析要求,方波激励要优于尖脉冲激励;超声在铝合金材料中传播时衰减较小,回波信号较强,尖脉冲激励已足够满足实际的检测要求。

2.2 超声激励方式影响检测信号的机理分析

超声检测信号的幅度变化与激励信号的脉冲宽度成线性关系^[4]。当激励信号的脉冲宽度达到换能器额定频率的1/2周期时,检测信号的幅度变化达到最大值。如超过此值继续增大脉冲宽度,只会使检测信号变宽,幅度变小,并最终分开成两个波形,这两个脉冲波形代表着对两个相同幅度和频率下尖脉冲激励的响应信号。因此方波脉冲激发超声探头产生的超声能量是相同条件下两个尖脉冲激励所得到的超声能量的叠加。这也是相同电压及脉冲重复频率下方波脉冲激励得到的检测信号幅度比尖脉冲激励大的原因。为验证这一理论,笔者做了试验。图4表示使用2.5 MHz探头在400 V方波脉冲激励下,检测信号幅值随脉冲宽度 τ 从70 ns增大至500 ns的变化情况。

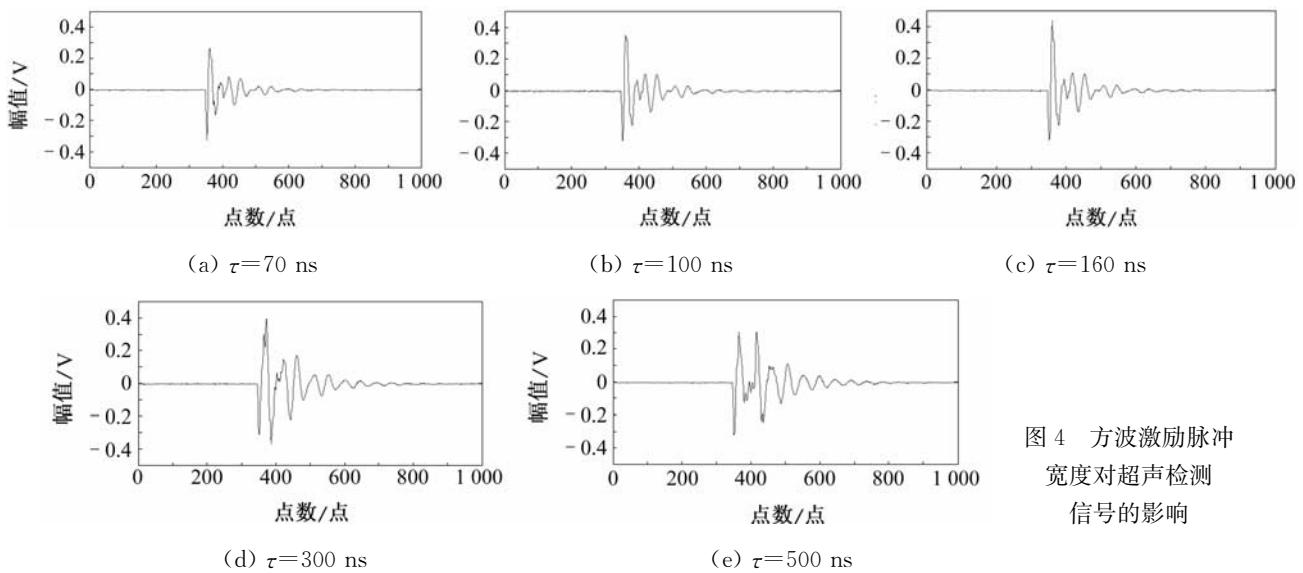


图4 方波激励脉冲宽度对超声检测信号的影响

从图 4 中可以看出: $\tau = 70$ ns 时, 方波激励脉冲能产生很好的检测信号; τ 增大至 100 ns, 仅改变波型幅度, 形状未发生改变; τ 增大至 160 ns 时, 形状不变, 幅度达到最大值。 τ 的进一步增大反而使检测信号幅度变小, 信号变宽。当 $\tau \geq 500$ ns 时, 响应信号开始分开成两个脉冲, 图 4(e)中的两个信号的波形与 400 V 尖脉冲激励得到的超声检测信号相似。

3 结论

- (1) 相同电压和重复频率下,方波脉冲激励产生的超声能量相当于两个尖脉冲激励的能量和,故由其激励得到的检测信号幅度是尖脉冲激励的两倍。
 - (2) 基于信号分析处理和生产使用的要求,方

波激励方式更适用于碳纤维复合材料等高衰减材料的超声检测,而尖脉冲激励能够满足铝合金等金属材料的检测需要。

参考文献：

- [1] 苏炜,龚壁建,潘笑.超声波测距误差分析[J].传感器技术,2004,23(6):8—11.
 - [2] 潘仲明,简盈,王跃科.大作用距离超声波传感技术研究[J].传感技术学报,2006,19(1):207—210.
 - [3] 美国无损检测学会,编.美国无损检测手册·超声卷.《美国无损检测手册》译审委员会,译.上海:世界图书出版公司,1996.
 - [4] 李文娟.超声检测用的高效矩形脉冲发生器[J].无损探伤,1990,14(3):34—38.

中国机械工程学会无损检测分会无损检测人员资格证书 5 年到期延期通知

中国机械工程学会无损检测分会自 2007 年 1 月 1 日起,按照 GB 9445—2008 标准(等同于 ISO 9712—2005 标准)进行无损检测人员资格认证。持证人员在第一个有效期满前(5 年)可以申请办理延期手续。具体操作如下:

- (1) 在学会网站(www.chsndt.com)下载“无损检测人员证书延期申请表”和“持证人员道德行为准则”,按照表格要求填写并签字。

(2) 连续从事与持证范围相应的工作,未有重大中断(5年中的累计中断 ≥ 1 年)。提供证书有效期五年内从事无损检测技术工作简历,并要求证明人签字。

(3) 在有效期止之前的 12 个月内, 视力达到 GB 9445—2008 规定的要求。在就近的医院、地方

学会或培训中心进行近距离视力检查，并盖章签字证明。

(4) 延期费:1,2 级人员人民币 500 元/证;3 级人员人民币 700 元/证。

(5) 将证书原件正副本,一寸近照两张,包括本通知前3条要求的申请表和证明书以及延期费一并寄至中国机械工程学会无损检测学会秘书处,地址:上海市邯郸路99号711室,邮编:200437,电话/传真:021-65550277。

(6) 必须在证书有效期到期之前申请办理延期,逾期不予办理。

如不能满足上述规定,须进行重新认证。

认证机构对上述通知具有最终解释权。

(中国机械工程学会无损检测分会认证机构)