

文章编号: 1006-9941(2008)01-0023-03

炸药浇铸成型过程超声监测研究

田 勇^{1,2}, 刘 石¹, 周红萍², 张伟斌², 杨占锋², 罗 观²

(1. 中国科学院研究生院, 北京 100080;

2. 中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 利用超声透射方法对熔黑梯炸药在保温和自然冷却两种工艺条件下的凝固过程进行了超声监测。结果表明, 底部位置的超声波幅明显大于中部和上部, 说明炸药浇铸的底部质量最好; 在炸药浇铸凝固相同位置保温条件比自然冷却下超声波幅强, 说明保温工艺有利于控制炸药浇铸质量。

关键词: 物理化学; 超声透射; 浇铸; 裂纹; 保温

中图分类号: TJ55; TB559; O64

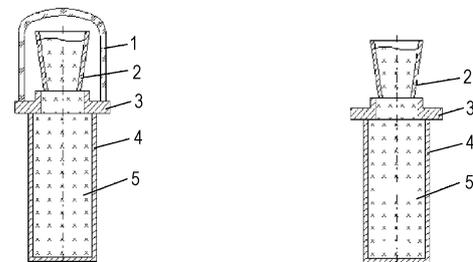
文献标识码: A

1 引 言

炸药浇铸是国内外广泛使用的装药技术, 浇铸过程中伴随十分复杂的物理力学过程, 涉及多相流问题、热力学问题以及物质相改变及改变异常等与质量、安全直接紧密关联的复杂问题, 这些问题使炸药材料易产生分布异常, 成型中如温度控制不均匀会使炸药铸件产生裂纹; 底部间隙、气孔、密度分布异常等的产生通常与其工艺有关; 在炸药冷却凝固过程中随着体积的收缩, 如果药浆得不到进一步补充会产生疏松和缩孔等现象, 这些都会降低产品质量, 严重时甚至造成安全危险。因此有必要对炸药浇铸过程进行动态监测。长期以来人们利用超声技术静态检测产品的质量和缺陷, 直至近几年超声动态监测在国内外才得以逐渐应用, 如柴国墉等^[1]利用超声监测研究了膜分离过程; Shant Kenderian 等^[2]利用超声监测研究了钢在疲劳过程中缺陷的产生; Jeongguk Kim 等^[3]利用超声监测研究了陶瓷材料的拉伸损伤过程; Elmira Kujundzic 等^[4]利用超声技术监测了聚合物表面早期的生物膜生长。本实验主要利用超声透射技术研究熔黑梯炸药浇铸过程中的异常和内部细微结构变化。

2 超声监测炸药浇铸凝固过程的原理及实验条件

图 1 是熔黑梯炸药浇铸凝固成型过程。为研究保温条件对浇铸产品质量的影响, 对保温和自然冷却两种不同工艺条件下的浇铸凝固过程分别进行了超声监测。



(a) solidification with heat preservation (b) solidification naturally

图 1 炸药浇铸凝固成型示意图

1—棉套, 2—漏斗, 3—工艺盖, 4—浇铸模具, 5—炸药

Fig. 1 Sketch of casting and solidification process of explosives

1—cotton cover, 2—funner, 3—technical cover,

4—cast mould, 5—explosive

超声透射技术监测炸药浇铸过程质量是基于波的基本传播原理, 根据超声波穿透药柱时接收到的波形、波速、频率等变化来判断浇铸质量的一种有效检测方法。超声波在介质中传播受到介质的散射作用和吸收作用, 因此介质的声学参数与其性质和状态有关, 通过对这些声学参数的测量可以了解被测介质的特性和状态变化。为了研究炸药浇铸成型过程中炸药内部的超声特性参数, 而不受模具壁的影响, 实验采取了侵入式检测, 即将需要布置探头处的模具钻通让探头直接接触炸药。超声透射法需要发射和接收两组探头, 其中探头布置是采取径向对测方法, 即在模具横截面的直径相对方向布置超声发射和接收探头。为了解不同位置处的超声信息, 在模具上部、中部和底部三个位置布置了三个发射(T)三个接收(R)探头, 超声波从发射传感器透过浇铸炸药直达接收传感器。图 2 给出了超声透射法监测炸药浇铸质量的工作原理。检测仪器为 CTS-23 型超声探伤仪, 探头频率 1.25 MHz, 以 80% 波高记录波幅读数, 在 18 dB 同等衰减值情况下采集波形。

收稿日期: 2007-03-28; 修回日期: 2007-08-23

基金项目: 中物院重大基金资助项目(2005Z0504)

作者简介: 田勇(1967-), 男, 研究员, 博士研究生, 从事含能材料无损检测技术研究及应用工作。

3 实验结果及分析

3.1 超声波幅监测结果

在保温和自然冷却两种条件下分别进行了浇铸凝固成型过程的超声监测。图3给出了两种工艺条件下上部、中部和底部三个位置波幅与时间的关系。从图3可看出：(1) 同一工艺的上部、中部和底部三个不同位置处的透射波幅度基本相同，这是因为炸药浇铸开始的瞬间模具内的药浆比较均匀。(2) 不同浇铸工艺和不同监测部位的超声波幅在整个浇铸凝固过程的变化趋势是一致的，都出现了先减小后增大再减小三个阶段。据此可推断：凝固最开始的瞬间是比较均匀的药浆，随温度下降，TNT颗粒开始少量析出，固体的散射作用会使超声反射回波幅度增大而透射波幅度下降^[5]；在进一步凝固过程中固体比例不断增多，固体密度大，比药浆透声效果好，所以超声透射波幅度反而增加并最终超过浇铸开始时的幅度；当完全凝固成型后，各处温度并不相同，内部出现收缩不一致，在炸药内部不可避免产生缩孔和微裂纹等缺陷，导致超声透射波幅再次下降。(3) 浇铸凝固成型结束时，底部位置的超声波幅明显大于中部和上部，说明同一发浇铸件底部的质量最好。

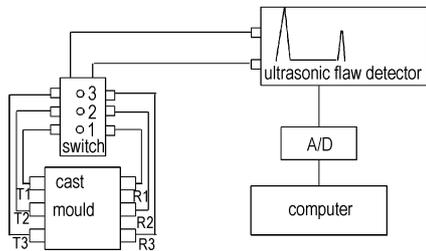


图2 浇铸过程的超声监测原理

Fig. 2 The principle of ultrasonic monitoring

in the casting and moulding process

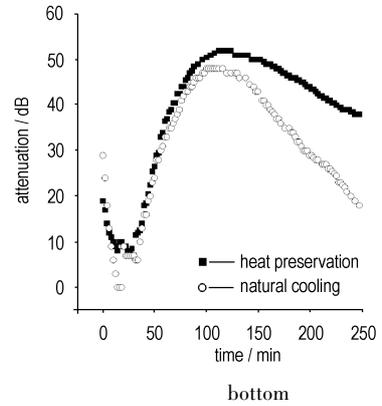
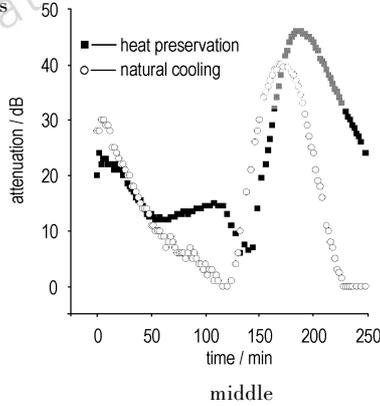
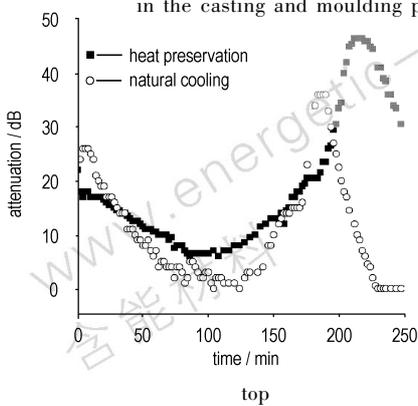


图4 两种工艺相同位置处超声波幅的比较

Fig. 4 Comparison of ultrasonic amplitude between two techniques at same position

两种工艺条件在相同浇铸位置下的超声波幅差别如图4所示。从图4可以清楚地看出：在炸药浇铸凝固的相同位置处，保温条件下比自然冷却下的超声波幅强，在浇铸凝固成型后期两者差别更明显，表明保温工艺有利于控制炸药浇铸质量。

3.2 超声波形和声速结果

炸药浇铸凝固过程中的典型波形如图5所示。从图5可以看出：(1) 波幅经历了先下降后上升再下降

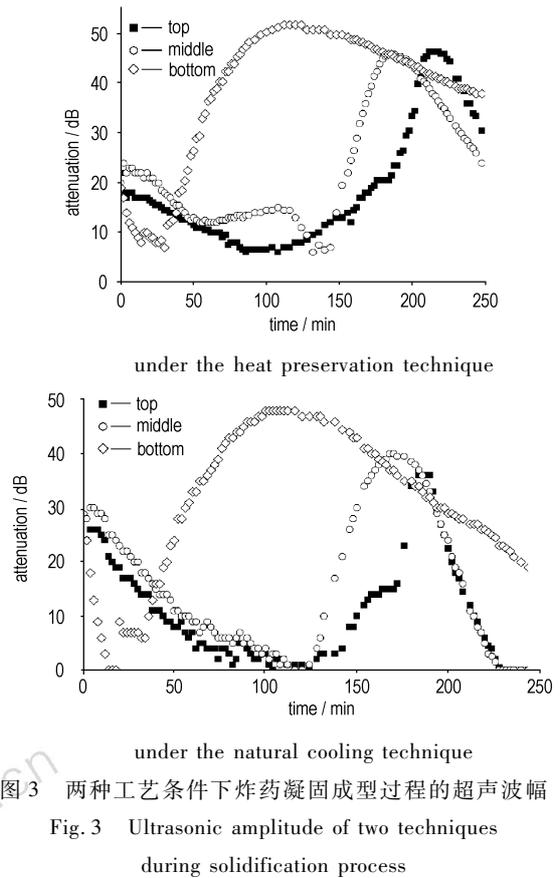


图3 两种工艺条件下炸药凝固成型过程的超声波幅
Fig. 3 Ultrasonic amplitude of two techniques during solidification process

三个过程,在波幅上升阶段中,还出了双波的情形(198 min 时的波形)。(2)透射波所处的横坐标位置即透射波传播时间在减小,透射波传播的距离是固定不变的,声传播时间的改变反映了声速的变化。图 6 给出了由声传播距离和声传播时间计算出的声速随浇

铸凝固时间的变化过程。

从图 6 可以看出,浇铸凝固开始后,由于炸药体系不断地经历从液体到固体的相转变,声速逐渐增大,在凝固成型时趋于稳定。

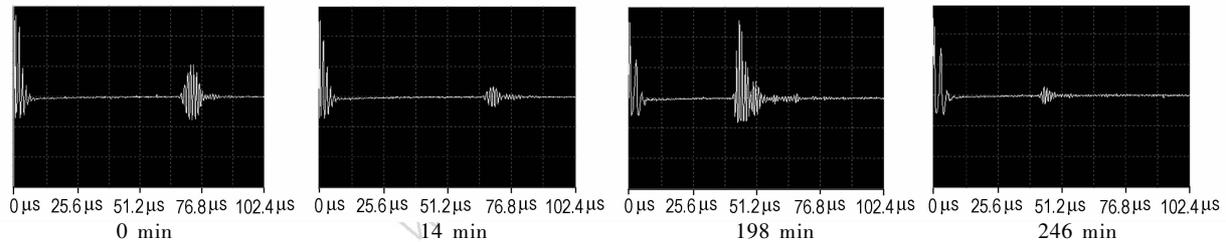


图 5 浇铸凝固过程的典型波形

Fig. 5 Representative wave shape during casting and solidification process

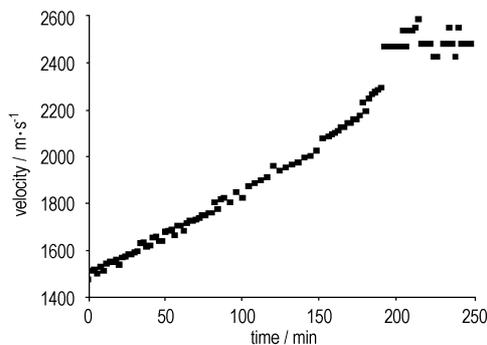


图 6 浇铸凝固过程的声速变化

Fig. 6 Ultrasonic velocity during casting and solidification process

4 结 论

通过超声透射法获得了炸药浇铸凝固成型过程的超声参数(波幅、波形和声速)及其变化规律。实验表明浇铸凝固成型过程中炸药底部位置具有比上部和中上部更好的质量,保温和自然冷却两种工艺下凝固成型的波幅结果表明保温工艺有利于控制炸药浇铸质量。

参考文献:

- [1] 柴国栋, A R Greenberg, W B Krantz. 超声监测技术在膜分离过程中的应用研究[J]. 膜科学与技术, 2003, 23(4): 134-140.
CHAI Guo-yong, A R Greenberg, W B Krantz. Study of using in-situ ultrasonic measurement technique in membrane separation [J]. *Membrane Science and Technology*, 2003, 23(4): 134-140.
- [2] Shant Kenderian, Tobias P Berndt, Robert E, et al. Ultrasonic monitoring of dislocations during fatigue of pearlitic rail steel[J]. *Materials Science and Engineering A*, 2003, (348): 90-99.
- [3] Jeongguk Kim, Peter K Liaw. Monitoring tensile damage evolution in Nextel 312/Blackglas TM composites materials [J]. *Science and Engineering A*, 2005, (409): 302-308.
- [4] Elmira Kujundzic, A Cristina Fonseca, Emily A. Evans, et al. Ultrasonic monitoring of early-stage biofilm growth on polymeric surfaces[J]. *Journal of Microbiological Methods*, 2007, (68): 458-467.
- [5] 王铁峰, 王金福, 张欢, 等. 超声多普勒测速仪在液-固和气-液两相流测量中的应用[J]. 化工学报, 2002, 53(4): 427-432.
WANG Tie-feng, WANG Jin-fu, ZHANG Huan. Application of ultrasound Doppler velocimetry in multiphase flow measurement[J]. *Journal of Chemical Industry and Engineering*, 2002, 53(4): 427-432.

Ultrasonic Monitoring in Explosive Cast Process

TIAN Yong^{1,2}, LIU Shi¹, ZHOU Hong-ping²,
ZHANG Wei-bin², YANG Zhan-feng², LUO Guan²

(1. Graduate University of Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China;

2. Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: The ultrasonic parameters, such as amplitude and wave shape and ultrasonic velocity were monitored during explosive cast process with the heat preservation and natural cooling by using ultrasonic transmission test. The results show that the ultrasonic amplitude at the bottom position of explosive is obviously greater than that at the middle and top positions, indicating the quality of cast explosive at bottom is the best. The ultrasonic amplitude of explosive with heat preservation is larger than that with the natural cooling at the same position, indicating that heat preservation technique is effective to control cast quality.

Key words: physical chemistry; ultrasonic transmission; cast; crack; heat preservation