

文章编号: 1006-9941(2006)01-0035-03

## 超声空化处理对高聚物粘结炸药表面结构的影响研究

李敬明, 田 勇, 邓志国, 韦兴文

(中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

**摘要:** 对以 TATB 为基的高聚物粘结炸药 (JB-1) 进行了超声空化处理, 并利用扫描电镜 (SEM) 观察了处理前后 JB-1 炸药表面的微观形貌, 用 X 射线能谱仪 (EDS) 检测了处理前后 JB-1 炸药表面的相对元素含量。结果表明: 超声空化处理可以使 JB-1 炸药表面的粘结剂和炸药晶体的界面脱粘, 使炸药晶体裸露。随着超声空化处理时间的延长, 炸药晶体裸露程度加大, 炸药晶体表面的小孔洞增加, 表面也变得更加粗糙和疏松, 起爆感度提高。

**关键词:** 物理化学; 超声空化处理; 炸药; 扫描电镜; X 射线能谱

**中图分类号:** TJ55; O426.9

**文献标识码:** A

### 1 引 言

JB-1 炸药是一种主要以 TATB 为基的高聚物粘结炸药。由于它的组分中含有 TATB 钝感炸药, 因而具有较高的安全性。但也因此其起爆能量阈值提高, 起爆可靠性下降, 起爆也变得越来越困难。为使 JB-1 炸药的起爆面敏化, 必须增加起爆点的感度, 保证炸药的整体安全性, 且提高炸药的发火可靠性和起爆可靠性裕度。本实验采用超声空化处理技术对 JB-1 炸药的起爆面进行了处理, 并用扫描电镜 (SEM) 和 X 射线能谱仪 (EDS) 研究了处理前后其表面结构的变化, 为炸药起爆面的敏化提供了技术支撑。

### 2 超声空化的基本原理

空化是液体中特有的超声物理现象, 其理论和实验研究已证实, 超声空化是液体中由于涡流或超声的物理作用, 在液体内的某一区域形成局部的暂时的负压区, 在液体中产生空穴或气泡, 这些充有蒸汽或空气的气泡处于非稳定状态, 当它们突然闭合时, 会产生激波, 因而在局部微小区域产生很大的压力, 而把聚集起来的声场能量在液体中极小的空间内迅速释放出来, 形成异乎寻常的高温、高压以及强冲击波和射流等极端的物理条件<sup>[1,2]</sup>。近 20 多年来, 超声空化机理不仅应用于超声清洗、超声加工、超声焊接、超声检测、超声诊断、超声乳化、超声粉碎诸多方面, 而且在生物学、材料学和化学上也得到了广泛应用, 王俊等人<sup>[3]</sup>已将超声处理方

法应用到了颗粒增强复合材料的制备方面。

### 3 实 验

超声空化处理在 JL-180 型超声波清洗器中进行, 超声功率为 180 W, 工作频率为 35 kHz 振荡液体为纯净水。实验时只让 JB-1 炸药的起爆面浸泡在水中, 超声空化处理的时间分别为 1, 6, 10 min, 然后观察不同处理时间对其表面结构的影响。

对超声空化处理前后的 JB-1 炸药试样进行了表面镀金处理, 并用 KYKY-2800 型扫描电镜观察了其表面微观形貌的变化情况, 用 X 射线能谱仪 (型号为 NORAN SYSTEM SIX) 测试其表面元素的变化情况, 结果见图 1。

### 4 结果与讨论

#### 4.1 表面形貌的变化情况

图 1 反映了 JB-1 炸药试件在超声空化处理前后表面整体形貌的变化情况 (放大倍数为 50 倍)。从图 1 可见, 未处理 JB-1 炸药样品的表面十分平滑, 看不出有炸药晶体的痕迹; 经超声空化处理 1 min 后, JB-1 炸药样品的表面明显变得粗糙, 可以发现许多较粗的炸药晶体; 经超声空化处理 6 min 后, JB-1 炸药样品的表面粗糙程度进一步加大, 表面的炸药晶体清晰可见, 但晶体之间的排列仍然较为紧密, 表面无大的孔洞; 经超声空化处理 10 min 后, 发现部分炸药晶体已经完全裸露, 表面出现了许多小孔洞。

图 2 反映了 JB-1 炸药试件在超声空化处理前后晶体表面形貌的变化情况 (放大倍数为 500 倍)。

收稿日期: 2005-03-22; 修回日期: 2005-06-02

基金项目: 中国工程物理研究院基金资助 (20030105)

作者简介: 李敬明 (1972 -), 男, 副研, 主要从事炸药及高分子材料环境试验和性能表征研究。

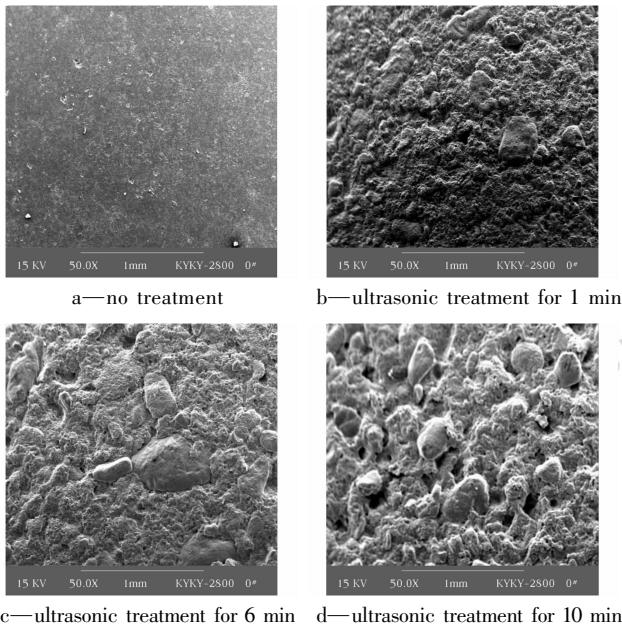


图1 JB-1炸药在超声空化处理前后总体形貌变化情况  
Fig. 1 SEM photograph of JB-1 explosive before and after ultrasonic cavitation treatment

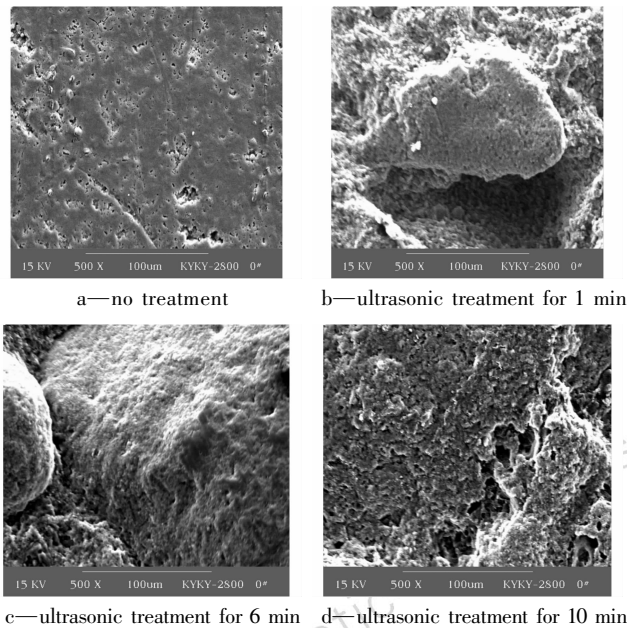


图2 JB-1炸药在超声空化处理前后炸药晶体表面变化情况  
Fig. 2 SEM photograph of JB-1 explosive crystal before and after ultrasonic cavitation treatment

从图2可见,在未处理的JB-1炸药样品的表面只能看到一些小孔洞,表面较平;超声空化处理1,6,10 min后可以发现炸药表面裸露的炸药晶体,随着处理时间的增加,炸药晶体表面变得更加粗糙和疏松,炸药晶体表面的小孔洞增加,特别是当超声空化处理10 min后,炸药晶体表面还出现了明显的裂痕。

#### 4.2 表面元素相对含量的变化情况

利用X射线能谱仪,在50倍的放大倍数下对超声空化处理前后的JB-1炸药样品表面的元素进行了分析,其中能谱分析的区域为样品的中心部位,分析面积的大小约为 $4\text{ mm}^2$ ,分析深度约为 $1\text{ }\mu\text{m}$ 。图3给出了超声空化处理前后JB-1炸药样品的X射线能谱曲线。

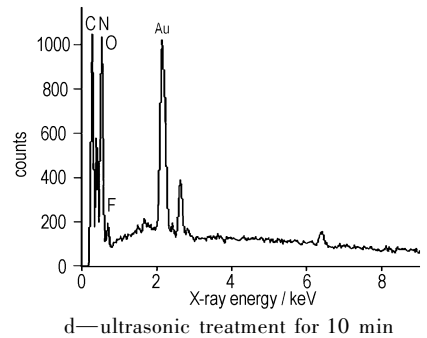
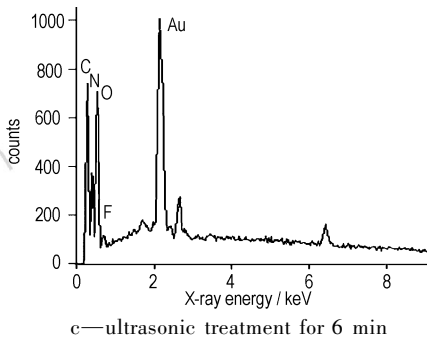
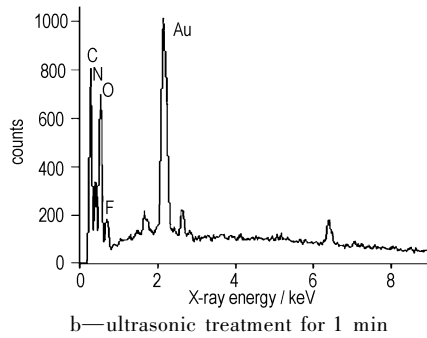
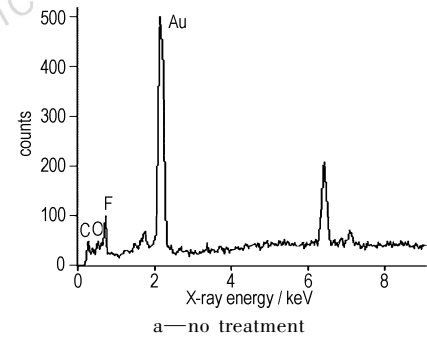


图3 超声空化处理前后JB-1炸药的X射线能谱图  
Fig. 3 EDS spectra of JB-1 explosive before and after ultrasonic cavitation treatment

由于炸药晶体由 C、H、N、O 四种元素组成,而氟橡胶粘结剂由 H、C、F、Cl 四种元素组成,因此 JB-1 炸药是由 C、H、N、O、F 及 Cl 元素组成的。从图 3 可以看出,JB-1 炸药在超声空化处理前后其 C、N、O、F 元素的含量发生了明显的变化。

另外,由于 X 射线能谱无法检测 H 元素,且粘结剂中 Cl 元素的含量相对较少。假设 C、N、O、F 四种元素的总含量为 100%,那么根据图 3 中的 X 射线能谱曲线可以计算出这四种元素的相对质量百分比。表 1 给出了具体的计算数据。

表 1 JB-1 炸药在超声空化处理前后表面元素相对含量的变化情况

Table 1 Relative element concentration on the surface of JB-1 explosive before and after ultrasonic cavitation treatment %

treatment time/min	C	N	O	F
0	33.98	0	13.41	52.61
1	18.84	26.47	42.15	12.54
6	18.18	27.69	45.98	8.14
10	17.75	28.47	46.24	7.55

从表 1 的数据可以看出,未处理 JB-1 炸药试件的表面(1  $\mu\text{m}$  厚)覆盖有一层粘结剂,基本没有炸药晶体。而经超声空化处理后,其表面 F 元素的含量显著减少,而 N 元素的含量明显增加,这说明超声空化处理使粘结剂和炸药晶体的界面脱粘,并导致粘结剂脱落,使炸药晶体裸露。另外,随着超声空化处理时间的延长,其表面 F 元素的含量进一步减少,N 元素的含量

进一步增加,说明炸药晶体的裸露程度随着处理时间的延长而加大,这和前述扫描电镜图像的分析结果是一致的。

## 5 结 论

JB-1 炸药的表面覆盖有一层粘结剂,超声空化处理使其表面的粘结剂和炸药晶体的界面脱粘,并进一步导致粘结剂脱落,使炸药晶体裸露。且随着超声空化处理时间的延长,炸药晶体的裸露程度加大,炸药晶体表面的小孔洞增加,表面也变得更加粗糙和疏松。因此,超声空化处理可以有效地改变 JB-1 炸药的表面结构,使炸药的起爆感度得到提高。

### 参考文献:

- [1] 王萍辉,方涓. 超声空化清洗技术及其应用[J]. 河北理工学院学报, 2002,24(4): 62-68.  
WANG Ping-hui, FANG Mei. A study on ultrasonic cavitation cleaning technology and its application [J]. *Journal of Hebei Institute of Technology*, 2002, 24(4): 62-68.
- [2] 孟振庭. 超声清洗及其空化理论的新进展[J]. 渭南师范学院学报, 2002, 17(5): 20-21.  
MENG Zhen-ting. New development of ultrasonic cleaning and its cavitation theory [J]. *Journal of Weinan Teachers College*, 2002, 17(5): 20-21.
- [3] 王俊,陈锋,孙宝德. 高能超声在制备颗粒增强金属基复合材料中的作用[J]. 上海交通大学学报, 1999, 33(7): 813-816.  
WANG Jun, CHEN Feng, SUN Bao-de. Effects of high intensity ultrasonic irradiation on MMCp fabrication [J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 1999, 33(7): 813-816.

## Effect of Ultrasonic Cavitation Treatment on the Surface Structure of Polymer Bonded Explosive

LI Jing-ming, TIAN Yong, DENG Zhi-guo, WEI Xing-wen

(Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

**Abstract:** Ultrasonic cavitation treatment of polymer bonded explosive (JB-1) was undertaken. Before and after treatment, the surface structure of JB-1 explosive was observed by scanning electron microscope (SEM), and its element concentration was analyzed by X-ray energy spectrum (EDS). The results show that the interface between explosive crystal and binder is debonding during the ultrasonic treatment, and explosive crystals appear on the surface. With the treatment time increasing, the exposed extent of explosive crystal and the number of micro-hole on the surface of explosive crystal increase. As the surface of JB-1 explosive become rough and loose after ultrasonic cavitation treatment, its initiation sensitivity may also increase.

**Key words:** physical chemistry; ultrasonic cavitation treatment; explosive; SEM; EDS