

文章编号: 1006-9941(2006)04-0286-04

炸药件力学性能各向同性试验研究

温茂萍, 李 明, 庞海燕, 李敬明

(中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 测试了等静压和模压两种不同工艺成型的炸药件不同方向取样的力学性能, 测试结果表明: 在等静压炸药件不同方向上取样的拉伸和压缩强度没有明显差异, 可以认为等静压炸药件的力学性能是各向同性的; 对于模压炸药件, 虽然不同方向取样的压缩强度没有明显差异, 但是不同方向取样的拉伸强度却存在显著差异, 因此, 模压炸药件的力学性能并非是各向同性的, 而是各向异性的。

关键词: 材料力学; 高聚物粘结炸药 (PBX); 力学性能; 等静压; 模压

中图分类号: O341; TJ55

文献标识码: A

1 引 言

高聚物粘结炸药 (PBX) 部件是通过不同成型工艺将造型粉压制而成的, 炸药件的压制可采取模压、等静压等多种不同的成型工艺。不论是国内还是国外的相关机构, 在使用这些炸药部件以及对这些炸药部件在各种受力状态下的力学分析时, 一般均假定其力学性能是各向同性的^[1,2], 但尚未见相关试验研究的文献报道。本文以 J 炸药为研究对象, 分别采用模压和等静压压制炸药药柱, 并在其不同方向上取样测试其力学性能, 从而研究炸药件的力学性能各向同性。

2 试验设计

对于成型固体材料的力学性能各向同性研究, 必须测试三个方向 (X-Y-Z) 力学性能并进行比较才能判断力学性能是各向同性还是各向异性。为了简化试验, 可以根据成型工艺判定在某两个方向由于成型条件完全一样而减少取样方向。

采用模压工艺压制炸药药柱时, 如果定义压药方向为 Z 方向, 那么压制时炸药柱在 X 和 Y 方向的温度、压力等各种条件均相同, 可以认为在 X 和 Y 两个方向的力学性能应该相同。因此, 我们关注的重点是纵向取样 (即 Z 方向) 与横向取样 (即 X 和 Y 方向) 之间的力学性能差异 (见图 1)。对于等静压而言, 药柱在三个方向 (X-Y-Z) 的温度、压力等各种条件均是相同的, 但是为了与模压比较, 我们仍然按图 1 所示的方法进行取样。

对不同工艺压制 J 炸药部件毛坯件进行不同方向

取样后, 测试其不同温度下的拉伸及压缩应力应变曲线, 每组试样均为 4 ~ 5 发, 测试方法分别执行 “GJB772.417.1 拉伸应力应变曲线 电子引伸计法” 和 “GJB772.418.1 压缩应力应变曲线 电子引伸计法”。

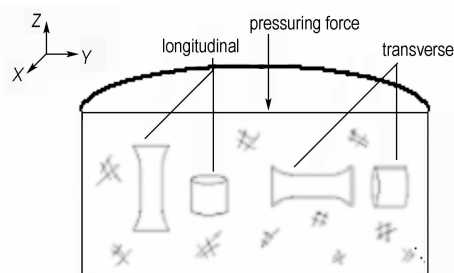


图 1 模压药柱成型时受力及其取样示意图

Fig. 1 The samples' cutting method from mould pressing cylinder

3 试验结果及分析

3.1 模压炸药部件不同方向取样力学性能测试结果

模压药柱纵向取样和横向取样在不同温度下的拉伸和压缩性能见表 1, 从表 1 可以看出模压药柱纵向取样在不同温度下的拉伸强度比横向取样明显偏小, 25 °C 时, 模压横向取样拉伸强度为 7.43 MPa, 纵向取样拉伸强度为 5.90 MPa; 横向取样与纵向取样的压缩强度却没有明显差异。

表 1 模压药柱不同方向取样拉伸及压缩强度

Table 1 Tensile and compressive strength of mould pressing J PBX

temperature /°C	tensile strength /MPa		compressive strength /MPa	
	transverse /MPa	longitudinal /MPa	transverse /MPa	longitudinal /MPa
25	7.43	5.90	45.67	45.96
45	6.56	4.89	34.28	35.40
55	3.93	2.68	27.05	28.41

收稿日期: 2006-03-22; 修回日期: 2006-05-30

作者简介: 温茂萍 (1967 -), 女, 副研, 主要从事非金属材料的力学性能测试与研究。

3.2 等静压炸药件不同部位及方向取样力学性能测试结果

等静压炸药件横向和纵向两个方向在不同温度下的拉伸和压缩强度见表 2,从表 2 可以看出等静压炸药件横向取样与纵向取样的拉伸和压缩强度均没有显著差异。

表 2 等静压炸药件不同方向取样的拉伸和压缩强度

Table 2 Tensile and compressive strength of isostatic pressing J PBX

temperature / °C	tensile strength		compressive strength	
	transverse / MPa	longitudinal / MPa	transverse / MPa	longitudinal / MPa
25	6.28	6.50	48.81	48.72
55	5.19	5.16	31.32	31.02

4 两种成型工艺炸药件的力学性能各向同性比较及分析

本文以横向和纵向两个取样方向的拉伸和压缩强度随温度变化曲线之间的重合性来比较不同工艺成型炸药件的力学性能各向同性。两种成型工艺炸药件不同方向取样的拉伸和压缩强度随温度变化曲线见图 2、图 3。

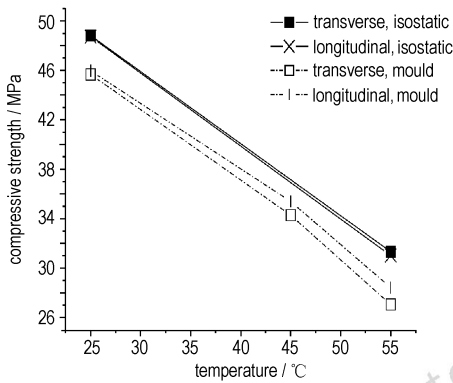


图 2 两种炸药件不同方向取样在不同温度下的压缩强度
Fig. 2 Compressive strength-temperature curves of two types of PBX

从图 2 所示的压缩曲线可以看出：不论是等静压(图中的实线曲线)还是模压(图中的虚线曲线),不同方向取样的压缩强度随温度变化曲线重合较好,可以认为在不同方向上的压缩性能没有明显差异。

从图 3 所示的拉伸曲线可以看出：模压的两条曲线明显分离开来,其横向取样的拉伸性能明显高于纵

向取样,但是等静压的两条曲线有些重合,即其横向和纵向取样的拉伸性能没有明显差异,因此可以认为等静压炸药件的力学性能是各向同性的。模压炸药件由于横纵向取样的拉伸性能存在明显差异,可以认为其力学性能是各向异性的。

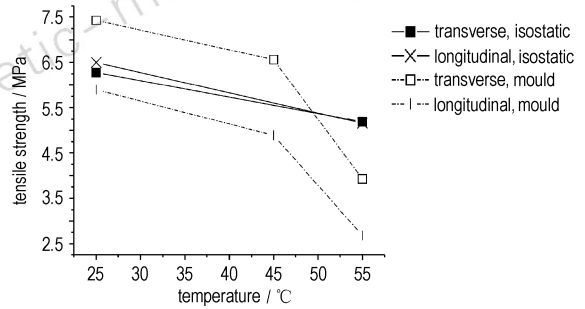


图 3 两种炸药件不同方向取样在不同温度下的拉伸强度
Fig. 3 Tensile strength-temperature curves of two types of PBX

PBX 炸药的拉伸性能主要取决于 PBX 中粘结剂的强度和粘结剂与晶体之间的界面作用,压缩性能主要取决于 PBX 中炸药晶体的强度,压制工艺的不同对前者影响较大,对后者影响较小^[3]。

对模压压药时压力分布的有限元分析(见图 4)结果表明,模压压药时,压力分布不均匀,在压药方向药柱所受到的压力大,最大可以达到 152 MPa;在垂直于压药方向压力相对较小,最小为 119 MPa。我们认为模压药柱在横向取样(即 X 和 Y 方向)的拉伸性能明显偏高,是因为药柱在 Z 方向受到的压力较 X 和 Y 方向的大,炸药中的高聚物成份沿着 X 和 Y 方向流动得更加充分(见图 5),从而增强了在 X 和 Y 方向(即横向取样)的拉伸性能。这点还可以从模压炸药件不同方向取样在不同温度下的拉伸断面 SEM 图(见图 6 和图 7)上得到进一步的说明,模压横向取样的拉伸断裂形貌在 55 °C 时主要是穿晶断裂(见图 6c),而模压纵向取样的拉伸断裂形貌在 55 °C 时已有较多的沿晶断裂(见图 7c)。又由于在模压过程中炸药晶体性能不会有明显改变,因此模压炸药柱在不同方向上取样的压缩强度没有显著差异。等静压工艺压制炸药件时,由于炸药件不同方向上压力和温度等条件均相同,因此等静压炸药件不同方向取样的拉伸和压缩强度均是相同的。

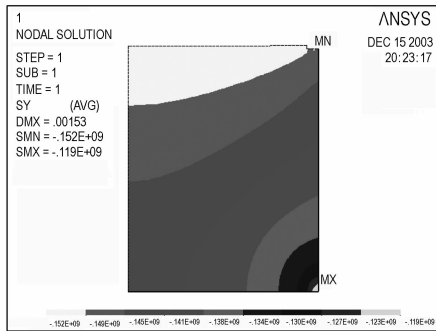


图 4 模压受力有限元分析图

Fig. 4 FEM analysis of mould pressing cylinder

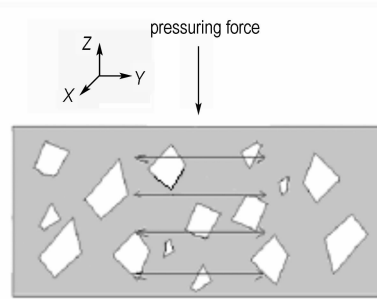


图 5 模压高聚物流动示意图

Fig. 5 Polymer flowing in cylinder while being mould pressed

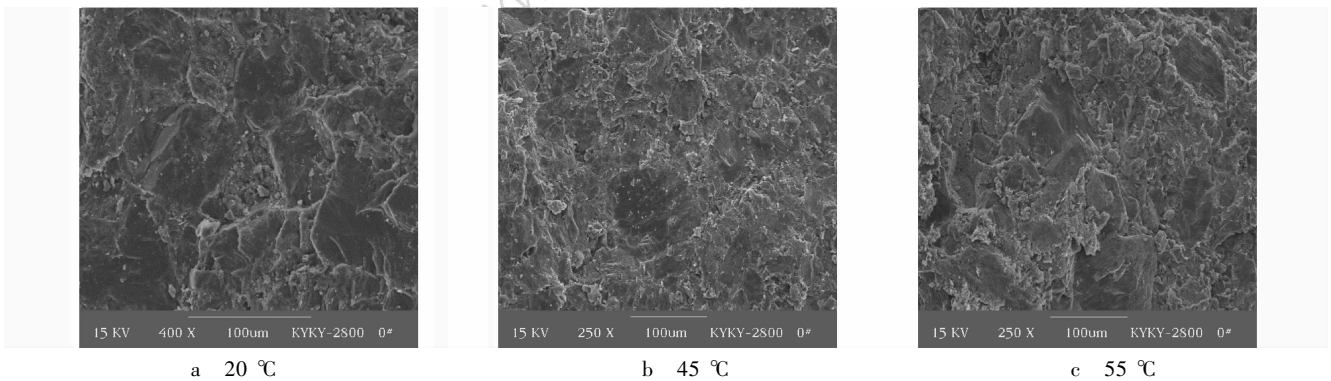


图 6 模压横向取样在 20,45,55 °C 拉伸断面扫描电镜图

Fig. 6 SEM of tensile fracture surface of the transverse sampling specimen of mould pressing cylinder at different temperatures

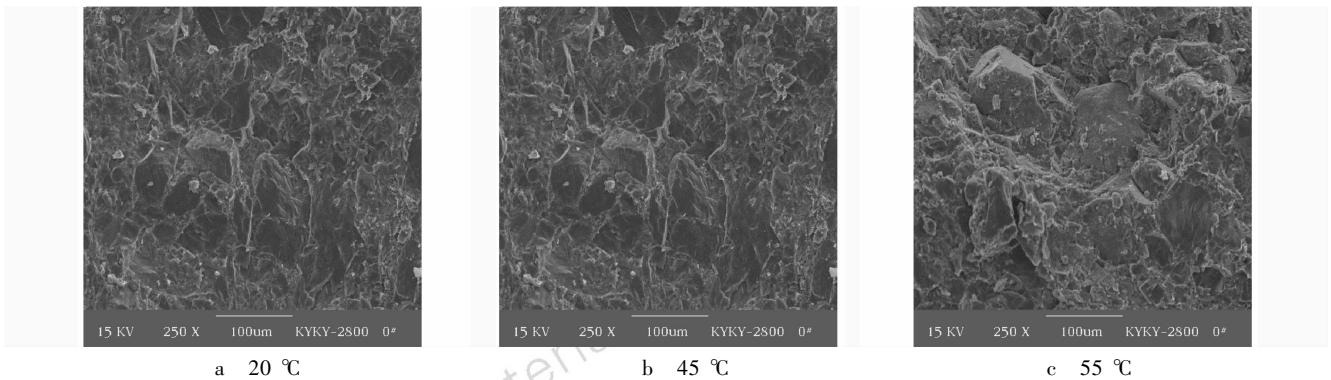


图 7 模压纵向取样在 20,45,55 °C 拉伸断面扫描电镜图

Fig. 7 SEM of tensile fracture surface of the longitudinal sampling specimen of mould pressing cylinder at different temperatures

5 结 论

测试了不同工艺成型的炸药件不同方向取样的力学性能,测试结果表明:模压炸药件的拉伸性能在压药方向和垂直于压药方向具有明显差异;等静压炸药件的力学性能包括拉伸和压缩均没有明显差异。因此可以认为,模压炸药部件的力学性能是各向异性的,等静压的力学性能是各向同性的。模压炸药件力学性能各向异性主要是由于压药时受力不均匀造成的。

致谢:试样的制备得到了韩超、张德三和董欣等同事的大

力协助,力学试验由李明军、朱风云和王维欣等同事协助完成,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 董海山,周芬芬. 高能炸药及相关物性能[M]. 北京:科学出版社,1989.
- [2] Dobratz B M, Crawford P C. LLNL explosive handbook properties of chemical explosive and explosive simulants[R]. UCRL-52997-Chg.2.
- [3] WEN Mao-ping, HAO Ying, LI Ming, et al. Comparative study on the fracture properties of three kinds of PBXs[A]. 2004' Proceedings of Sino-Russia Seminar on New Progress in Energetic Materials[C], Mianyang, 2004.

Study on Mechanical Isotropic of PBX

WEN Mao-ping, LI Ming, PANG Hai-yan, LI Jing-ming

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

Abstract: The mechanical properties of two types of specimens were tested, which were sampled from different direction (transverse and longitudinal) in two PBX formed by mould pressing and isostatic pressing respectively. The experimental results show that both of tensile and compressive strength between transverse and longitudinal directions in isostatic pressing PBX are almost the same, in other words, isostatic pressing PBX is mechanically isotropic; and although compressive strength between transverse and longitudinal does not show obvious difference for mould pressing PBX, but tensile strength shows apparent difference, mould pressing PBX is anisotropic.

Key words: materials mechanics; polymer binder explosive (PBX); mechanical property; isostatic pressing; mould pressing

(上接 282 页)

Quantitative Characterization of HMX Particle Sphericity

XU Rui-juan, KANG Bin, HUANG Hui, LI Jin-shan, HUANG Heng-jian

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

Abstract: The shapes of spherical HMX particles were studied by digital optical microscope and image manipulation technology. The sphericity of HMX particles were identified and calculated, the average sphere factors of HMX particles are 0.785, 0.816, 0.790 and 0.810, respectively. The shapes of HMX particles are quantitatively characterized through statistically calculating the sphericity of thousands of HMX particles with particle size of 280 – 400 μm and 400 – 450 μm . The results show that this method can distinguish the circularity of different HMX particles and quantitatively characterize the HMX spheroidizing effect.

Key words: analytical chemistry; HMX; shape of particle; sphericity

(上接 285 页)

[5] 王晓川, 黄辉, 聂福德. TATB 粒子表面改性研究[J]. 火炸药, 2001, 24(1): 33 – 35.

WANG Xiao-chuan, HUANG Hui, NIE Fu-de. The investigation of surface modification of TATB particle[J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2001, 24(1): 33 – 35.

[6] 郁卫飞, 曾贵玉, 聂福德, 等. 两种炸药的微波干燥[J]. 含能材料, 2004, 12(2): 101 – 103.

YU Wei-fei, ZENG Gui-yu, NIE Fu-de, et al. Microwave desiccation of TATB and RDX[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2004, 12(2): 101 – 103.

[7] 董海山, 周芬芬. 高能炸药及相关物性能[M]. 北京: 科学出版社, 1989.

[8] 金钦汉, 戴树珊, 黄卡玛. 微波化学[M]. 北京: 科学出版社, 1999.

Safety of Heating TNT in Microwave Oven

ZUO Jun, HAN Chao, YONG Lian

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

Abstract: The tests for understanding safety and potential application of melting TNT by microwave heating were carried out in the anti-explosion room by the commercial microwave oven with output power of 0 ~ 600 W, which was improved for safety performances. The effect of output power, loading capacity of TNT and container on temperature-time curves were studied. The process for melting TNT were recorded. The surface chemistry and the molecular structure of TNT samples before and after microwave heating were analyzed. The results show that the surface and the structure of TNT do not change after microwave heating when microwave power is 120, 240, 360 W; loading capacity of TNT is 10, 50, 100 g; container is of glass or plastic; heating time is 40 min; the maximum heating velocity is 66 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$; the maximum heating temperature is 146 $^{\circ}\text{C}$, respectively. Furthermore, combustion or explosion does not occur in the tests.

Key words: physical chemistry; microwave heating; TNT; safety; explosive