

文章编号: 1006-9941(2004)06-0338-04

等静压与模压 JOB-9003 炸药 力学性能比较研究

温茂萍, 庞海燕, 敬仕明, 蓝林钢

(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工艺成型的 JOB-9003 炸药在不同温度下的拉伸、压缩及三点弯曲等加载方式下的力学性能, 并对两者进行了比较。研究表明: 两种方式成型的 JOB-9003 炸药的拉伸、压缩及断裂韧度等力学性能均随着温度增加而降低, 在常温下, 两种方式成型的 JOB-9003 炸药的力学性能相当, 但在 35 ~ 55 °C 范围内, 等静压成型 JOB-9003 炸药的力学性能明显偏高。

关键词: 固体力学; 高聚物粘结炸药(PBX); 等静压; 模压

中图分类号: TJ55; O344

文献标识码: A

1 引言

在武器装置中, 高聚物粘结炸药(PBX) 部件除提供所需能量外, 也是结构材料, 要承载一定的载荷和变形, 因此, 高聚物粘结炸药的力学性能直接影响到武器性能。高聚物粘结炸药的组分主要包括: 单质炸药(晶体)、高聚物粘结剂、钝感剂等。制备高聚物粘结炸药通常是先将单质炸药晶体、高聚物粘结剂、钝感剂等组分制备成造型粉, 然后将造型粉压制成具有一定形状的毛坯, 再根据结构设计的要求将高聚物粘结炸药毛坯加工成各种所需的结构件。将造型粉加工成为炸药毛坯件, 所采取的压制工艺不同, 其力学性能也有较大差异。本试验测试了等静压和模压两种工艺成型的 JOB-9003 炸药件在不同温度下的拉伸、压缩及三点弯曲等不同加载方式下的力学性能, 并进行了比较。

2 试验

2.1 试样种类及尺寸

试样种类及制备: 从炸药件上取样, 包括等静压和模压两种 JOB-9003 炸药件, 其中等静压 JOB-9003 炸药件是采用半软半硬的组合模具压制的, 试样种类包括拉伸试样、压缩试样和三点弯曲试样三种, 试样平均密度均为 1.850 g/cm³。

样品形状及尺寸: 拉伸试样为 $\varnothing 25$ mm \times 65 mm 的哑铃, 压缩试样为 $\varnothing 20$ mm \times 20 mm 的圆柱, 三点弯曲试样为 80 mm \times 18 mm \times 9 mm 的长条。

2.2 仪器设备及试验条件

仪器设备: INSTRON-5582 电子万能试验机及其高低温环境试验箱。

试验温度: 20, 35, 45, 55, 60 °C。

2.3 测试方法

拉伸性能的测试执行“GJB772A-97 方法 417.1 拉伸应力-应变曲线 电子引伸计法”, 此标准中规定试样长度为 102 mm, 但由于等静压压制的炸药件不能取得长 102 mm 的哑铃, 并且在炸药其他拉伸性能测试标准如“GJB772A-97 方法 419.1 拉伸蠕变电子引伸计法”中, 也可采用长为 65 mm 的哑铃, 因此在试验中, 对两种 JOB-9003 炸药的拉伸试样均采用长为 65 mm 的哑铃。压缩性能的测试执行“GJB772A-97 方法 418.1 压缩应力-应变曲线电子引伸计法”。

平面应变断裂韧度 K_{Ic} 的测试采用文献^[1]中的通过三点弯曲试验计算得到炸药平面应变断裂韧度的方法。

3 试验结果与讨论

3.1 不同温度下的拉伸应力应变曲线

测试了两种 JOB-9003 在 20, 35, 45, 55, 60 °C 下的拉伸应力应变曲线, 如图 1、图 2 所示。

从应力应变曲线还可以得到材料一些基本力学性能数据, 曲线上的最大应力为材料的拉伸强度, 曲线的起始直线段的斜率为拉伸模量。根据图 1、图 2 所示的应力应变曲线, 计算得到的两种 JOB-9003 炸药在不

收稿日期: 2004-03-30; **修回日期:** 2004-07-13

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。

同温度下的拉伸强度及拉伸模量分别见表 1 和表 2。

从图 1、图 2 所示的拉伸应力应变曲线形状看,在高温(如 55, 60 °C)下,两种 JOB-9003 炸药应力应变曲线均显著变弯,表现出一定的塑性变形。

从表 1、表 2 可以看出:虽然两种工艺成型的 JOB-9003 拉伸性能(强度和模量),均随着温度的增加而降低,但是两种 JOB-9003 的拉伸性能随温度增加而开始明显降低的起点不一样,模压 JOB-9003 约为 35 °C,等静压 JOB-9003 约为 45 °C,因此,可以认为等静压 JOB-9003 的高温拉伸性能相对较好。

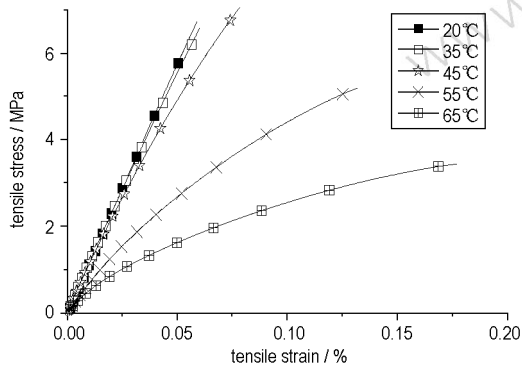


图 1 等静压 JOB-9003 不同温度下的拉伸应力应变曲线

Fig. 1 The tensile stress-strain curves of isostatic liquid pressing JOB-9003 at different temperatures

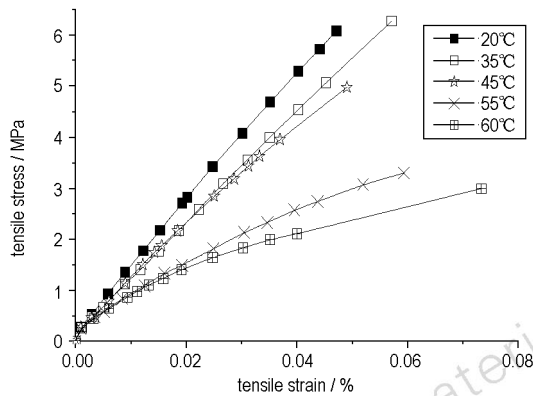


图 2 模压 JOB-9003 不同温度下的拉伸应力应变曲线

Fig. 2 The tensile stress-strain curves of mould pressing JOB-9003 at different temperatures

表 1 两种 JOB-9003 在不同温度下的拉伸强度
Table 1 The tensile strength of the two of JOB-9003 at different temperatures MPa

explosive	20°C	35°C	45°C	55°C	60°C
isostatic liquid pressing JOB-9003	6.62	6.12	6.74	4.65	3.43
mould pressing JOB-9003	6.08	6.27	4.97	3.29	2.99

表 2 两种 JOB-9003 在不同温度下的拉伸模量

Table 2 The tensile modulus of the two of JOB-9003 at different temperatures MPa

explosive	20°C	35°C	45°C	55°C	60°C
isostatic liquid pressing JOB-9003	11.61	11.79	10.64	7.53	5.33
mould pressing JOB-9003	13.67	11.17	10.94	8.64	8.09

3.2 不同温度下的压缩应力应变曲线

两种 JOB-9003 在 20, 35, 45, 55, 60 °C 下的压缩应力应变曲线如图 3、图 4 所示,根据应力应变曲线得到的两种 JOB-9003 在不同温度下的压缩强度和压缩模量数据如表 3 和表 4。

从图 3 和图 4 可看出,随着温度的增加,两种 JOB-9003 炸药的塑性变形均进一步增加。表 3 和表 4 的结果也表明,两种 JOB-9003 压缩性能均随着温度的增加而降低,在相同温度下,等静压 JOB-9003 的压缩强度较高。因此,可以认为等静压 JOB-9003 的压缩性能相对较好。

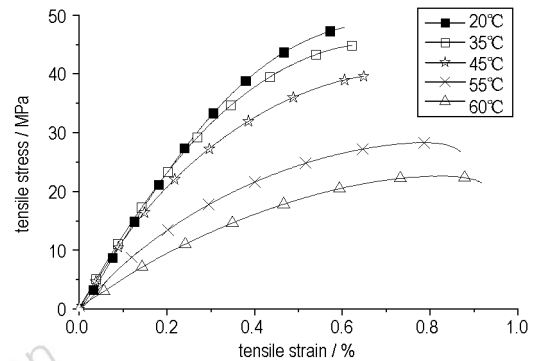


图 3 等静压 JOB-9003 不同温度下的压缩应力应变曲线

Fig. 3 The compression stress-strain curves of isostatic liquid pressing JOB-9003 at different temperatures

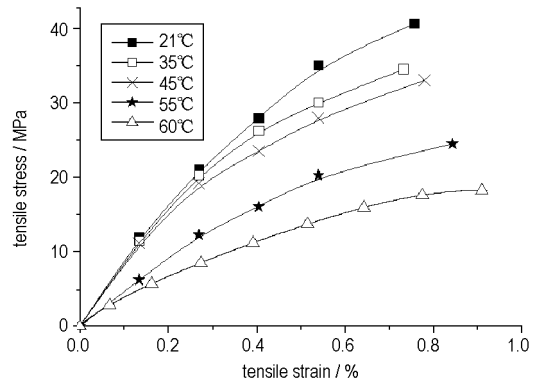


图 4 模压 JOB-9003 不同温度下的压缩应力应变曲线

Fig. 4 The compression stress-strain curves of mould pressing JOB-9003 at different temperatures

表3 两种 JOB-9003 在不同温度下的压缩强度

Table 3 Compression strength of the two kinds of JOB-9003 at different temperatures MPa

explosive	20 °C	35 °C	45 °C	55 °C	60 °C
isostatic liquid pressing JOB-9003	48.23	43.14	38.14	28.50	21.47
mould pressing JOB-9003	40.55	35.03	34.02	25.71	18.58

表4 两种 JOB-9003 在不同温度下的压缩模量

Table 4 Compression modulus of the two kinds of JOB-9003 at different temperatures GPa

explosive	20 °C	35 °C	45 °C	55 °C	60 °C
isostatic liquid pressing JOB-9003	12.17	11.75	11.75	8.09	5.10
mould pressing JOB-9003	8.58	8.56	8.34	5.17	4.32

3.3 不同温度下的三点弯曲试验

两种 JOB-9003 炸药在 20,35,45,55,60 °C 下的三点弯曲“负荷-张口位移”曲线,如图 5 和图 6 所示。从三点弯曲“负荷-张口位移”曲线及样品尺寸等可以计算出两种 JOB-9003 在不同温度下的平面应变断裂韧度 $K_{Ic}^{[1]}$,结果见表 5。

从图 5 和图 6 可以看出,等静压 JOB-9003 炸药在 20~60 °C 的范围内,张口位移曲线形状的变化不显著,但是模压 JOB-9003 炸药在 60 °C 下的张口位移曲线形状明显变弯,表现出十分明显的塑性变形。从表 5 看出,在 45 °C 以后,等静压成型的 JOB-9003 比模压成型的 K_{Ic} 略高,抗裂纹扩展能力略好。

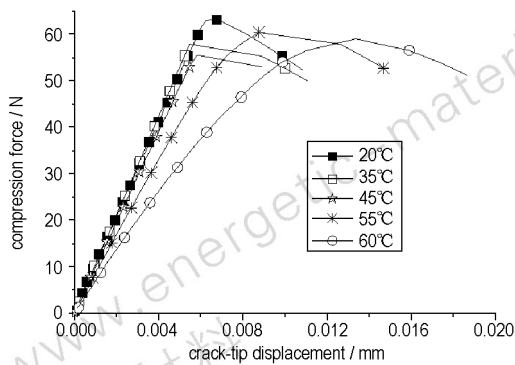


图5 等静压 JOB-9003 不同温度下三点弯曲负荷张口位移曲线

Fig.5 The three point bending curves of isostatic liquid pressing JOB-9003 at different temperature

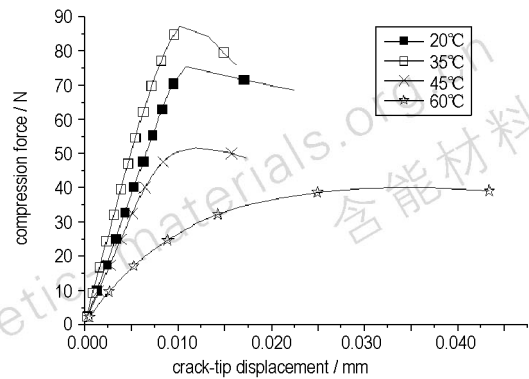


图6 模压 JOB-9003 不同温度下三点弯曲负荷张口位移曲线
Fig.6 The three point bending curves of mould pressing JOB-9003 at different temperature

表5 不同温度下模压和等静压 JOB-9003 平面应变断裂韧度 K_{Ic}

Table 5 Plane strain fracture toughness (K_{Ic}) of two kinds of JOB-9003 at different temperatures $MPa \cdot m^{1/2}$

explosive	20 °C	35 °C	45 °C	55 °C	60 °C
pressing JOB-9003	0.258	0.238	0.226	0.212	0.174
mould pressing JOB-9003	0.251	0.266	0.202	-	0.131

4 结论

等静压和模压两种工艺成型 JOB-9003 炸药件的拉伸、压缩、三点弯曲及劈裂等各种力学性能随着温度增加而降低的总趋势是一致的,但两者变化的速度不一样,模压 JOB-9003 的力学性能随温度的变化更快;另外,两种 JOB-9003 炸药件拉伸性能随温度开始明显降低的起点不一样,模压 JOB-9003 为 35 °C 以后,等静压 JOB-9003 为 45 °C 以后。因此,可以认为等静压 JOB-9003 相对于模压而言高温力学性能得到了提高。

致谢:本文中的试验得到了化材所二部、三部等部门与同事的大力协助,在此表示感谢。

参考文献:

[1] 温茂萍,马丽莲,田勇,等. 高聚物粘结炸药平面应变断裂韧度试验研究[J]. 火炸药学报, 2001,24(2):16.
WEN Mao-ping, MA Li-lian, TIAN Yong, et al. Experimental study on the plane strain fracture toughness of high polymer bonded explosive [J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2001,24(2):16.

[2] 崔振源. 断裂韧度测试原理和方法[M]. 上海:上海科学技术出版社,1981.

Comparative Study on Mechanical Properties of Two Kinds of JOB-9003 Shaped Separately by Isostatic Liquid Pressing and Mould Pressing

WEN Mao-ping, PANG Hai-yan, JING Shi-ming, LAN Lin-gang

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

Abstract: It has been tested and compared that the mechanical properties in the load of tension, compress and three-point-bending at the different temperatures of two kinds polymer bonded explosive JOB-9003 which were shaped by technology formation of isostatic liquid and mould pressing. Results show that the mechanical properties of two kinds of JOB-9003 are all most the same at 20 °C, but from 35 °C to 55 °C the mechanical properties of isostatic liquied pressing JOB-9003 is much higher than that of mould pressing JOB-9003.

Key words: solid mechanics; polymer bonded explosive(PBX); isostatic liquid pressing; mould pressing

《含能材料》2002 年第 3 期被 CA 收录论文

题名	第一作者	出版年卷期页
A Kind of method for preparing EDD	JIN Shao-hua	(2002)10-03-0097-03
Dilution/crystallization kinetics of RDX and HMX	HU Rong-zu	(2002)10-03-0100-04
Synthesis of TATB by gas-jet expansion method	LI Bo-tao	(2002)10-03-0104-04
Synthesis and characterization of diisobutyl aluminum azide and its complex	GAO Zhan-xian	(2002)10-03-0108-04
Synthesis of 3-amino-4-(azidoacetamido) furazan	LI Zhan-xiong	(2002)10-03-0112-02
Study on preparation techniques and properties of intermolecular explosive EA	WANG Xiao-chuan	(2002)10-03-0114-03
Research on the damage effect of the fuel-air explosive on man	YANG Dong-lai	(2002)10-03-0117-04
Research of power performance of several typical fuel-air explosives	GUI Da-yong	(2002)10-03-0121-04
Characterization methods of combustion properties of aluminum-magnesium fuel-rich propellant at low pressure	ZHANG Wei	(2002)10-03-0125-03
Experimental research of the influence of adding RP on smoke characteristic of modified HC	ZHOU Zun-ning	(2002)10-03-0128-04
Dynamic properties of aged NEPE-5	FAN Xi-ping	(2002)10-03-0132-04
Accurate calculation of heats of formation for conjugated and cage systems.	XIAO Ji-jun	(2002)10-03-0136-03
Effect of granular size of explosive on initiation sensitivity of slapper.	ZHI Yong-fa	(2002)10-03-0139-03
Properties of ammonium nitrate explosives and their function in blasting engineering	LU Ming	(2002)10-03-0142-03