

THE INITIATION BEHAVIOUR OF HNS BY A SHORT DURATION SHOCK WITH SMALL LOADING AREA

Wang Zhiping Ouyang Denghuan Peng Dezhi

Abstract

Effects of the composition and density of HNS explosive flyer diameter and its thickness on the shock initiation threshold sensitivity, have been investigated by means of an electric gun device. By analyzing the dependence of $p-t$ curve on the flyer diameter and its thickness, some initiation characteristics of heterogeneous explosives by a short duration shock with small loading area have been given.

击波上小扰动衰减法测量LY— 12铝的高压粘性系数

张树华 李曾昆

本文采用 Сахаров, А. Д. 等建立的小扰动法测量了LY—12铝在31吉帕下的粘性系数 $\eta \approx 5 \times 10^4$ 泊, 与文献(1)的结果基本一致。发现 Зайзель, Р. М. 在文献上给出的处理实验结果的K的表达式有问题, 本文给出了K的修正表达式。

一、引言

物质在动态条件下粘性的研究, 对工程设计和物质动态性质的研究都有重要意义。

确定物质在高压下粘性系数的小扰动法是 Сахаров, А. Д. 等⁽¹⁾ 在六十年代中期建立起来的。从这以后, Минеев, В. Н. 等^(2,3,4) 先后用小扰动法对铝、铅、氯化钠、水、水银等物质进行了粘性系数测量。他们根据物质粘性系数在熔点附近要发生变化的设想, 由粘性系数的测量确定了铝、铅、氯化钠的熔点以及水的凝固点和熔点。Chhabildas, L. C. 等⁽⁵⁾ 利用激光干涉技术的高分辨率特性测量了6061—T6铝的波剖面, 得出其粘性系数 $\eta \sim 10^4$ 泊, 而 Минеев, В. Н. 等用小扰动法测得铝的 $\eta \sim 10^4$ 泊。不同方法给出的粘性系数的差别可定性地解

释为不同加载过程有不同的耗散机制。

Зайзель, Р.М. [1] 给出的用以处理实验结果的 K 的表达式有问题, 我们给出 K 的修正表达式 (见附录)。

二、实验原理和装置

扰动冲击波在具有通常冲击绝热线的物质中传播时, 扰动幅度随冲击波在物质中传播距离增加而衰减。

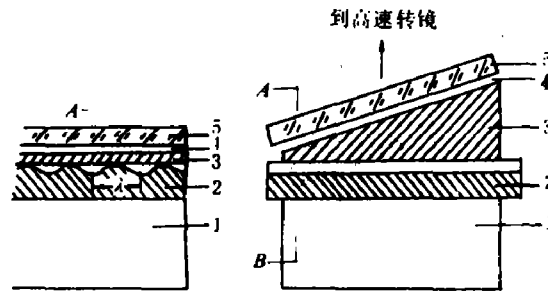
在给定压力下, 取两个几何相似实验装置, 实验结果在 $x = s/\lambda$, $y = a_0/a$ 坐标系中 (s —冲击波通过的距离; λ —扰动波长; a_0 —初始扰动幅度; a —瞬时扰动幅度) 作图, 可得两条衰减曲线, 这两条曲线在 x 轴上的相位差 $\Delta x = x_1 - x_2$ 与物质粘性有关。经过计算可以求出

$$\Delta x = \frac{\eta K}{\rho D} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \quad (1)$$

式中 η —粘性系数; D —冲击波速度; ρ —冲击波阵面后物质密度; λ_1 、 λ_2 —扰动波长; K —与物质状态有关的计算常数。

根据实验结果 Δx , 就可求出物质的粘性系数 η 。

我们采用炸药接触爆轰装置, 与文献 [1] 相同, 在 LY—12 铝中冲击压力 $p = 31$ 吉帕, 如图 1 所示。



1—炸药; 2—带沟槽铝盘; 3—铝楔; 4—氩气隙; 5—有机玻璃板。

图 1 实验装置

炸药为 $\phi 200 \times 50$ 1 (40/60), 其上加一平面透镜, 该装置可近似满足计算模型中的初始条件和边界条件。炸药爆炸后, 在铝盘中产生平面冲击波; 平面冲击波通过正弦形沟槽时, 在楔形铝样品中产生同样波长的扰动冲击波; 扰动冲击波进入氩气隙时使氩气发光, 由高速转镜多狭缝扫描相机记录扰动冲击波波形, 这样就可以记录楔形样品中冲击波通过不同距离的扰动波形。

两几何相似装置中沟槽参数: 加工波长, $\lambda_1 = 10$ 毫米, $\lambda_2 = 20$ 毫米; 加工幅度, $a'_0 = 1.4$ 毫米, $a'_{20} = 2.8$ 毫米。

三、实验结果和结论

1. 楔形样品中初始扰动幅度 a_0 的确定

楔形样品中初始扰动幅度的严格计算相当复杂, 本文只做了粗略的近似。

初始扰动幅度 a_0 为

$$a_0 = \frac{a_0' \times D}{u_f} - a_0' \quad (2)$$

式中 a_0' —铝圆盘正弦形沟槽加工幅度; D —样品中冲击波速度; u_f —自由面速度。

2. 楔形样品中开始段扰动幅度的确定

平面冲击波通过正弦形沟槽时, 由于冲击波与界面的复杂相互作用, 使楔形样品中开始段波形偏离正弦形。我们取波峰与波谷高度差的二分之一作为该段的扰动幅度。

3. 实验结果和结论

对 $\lambda_1 = 10$ 毫米样品, 取得 5 组实验数据; 对 $\lambda_2 = 20$ 毫米样品, 取得 4 组实验数据。上述两组实验数据的平均结果绘成图 2 的两条曲线。

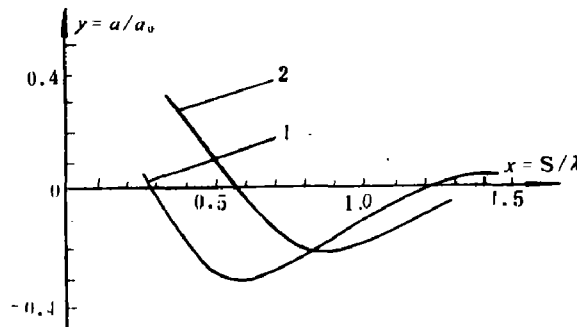


图 2 实验曲线

图 2 中曲线 1, 2 的 x_1 (衰减曲线第一次与 x 轴的交点), x_2 , y_2 (衰减曲线的极小值坐标) 与文献〔1〕结果列表比较如下

	x_1		x_2		y_2	
	$\lambda_1 = 10$ (毫米)	$\lambda_2 = 20$ (毫米)	$\lambda_1 = 10$ (毫米)	$\lambda_2 = 20$ (毫米)	$\lambda_1 = 10$ (毫米)	$\lambda_2 = 20$ (毫米)
文献〔1〕结果	0.42	0.6	0.65	0.80	0.44	0.31
本实验结果	0.30	0.55	0.60	0.80	0.31	0.25

由图 2 可以定出 $\Delta x \approx 0.25$ (文献〔1, 2〕的实验结果 $\Delta x \approx 0.25$)。从上述比较可以看出, 我们的实验结果与文献〔1, 2〕的结果基本一致。

由附录中 K 的表达式求出 $K \approx 25.17$, 根据 (1) 式求得粘性系数 $\eta \approx 5 \times 10^4$ 泊。由应变率表达式^{〔2〕} $\dot{\epsilon} = 4\pi^2 a_0 D / \lambda^2$ (a_0 —初始扰动幅度; D —冲击波速度; λ —扰动波长) 求得 31 吉帕的铝的应变率 $\dot{\epsilon} \approx 6 \times 10^6$ /秒。

文献〔1〕给出铝在 31 吉帕下的粘性系数 $\eta \approx 2 \times 10^4$ 泊 (文献〔7〕引用〔2〕的结果却是

$\eta \approx 6 \times 10^4$ 泊, 差别原因不详)。

参加实验工作的有张素萍, 汪小松, 杨慕松同志, 与苏林祥, 王继海同志做过多次有益讨论, 特此致谢。

附 录

K 的计算公式

$$\begin{aligned}
 K = & -\sigma^2 \left\{ \int_0^1 \sin(Tx) \frac{A_1 \varepsilon^2 x^4 + 2B_1 \varepsilon x^2 + C_1}{3(1-\beta^2)p^2(x)} \cdot x\sqrt{1-x^2} dx \right. \\
 & + 2 \int_0^1 \sin(Tx) \frac{A_2 \varepsilon^2 x^4 + 2B_2 \varepsilon x^2 + C_2}{3(1-\beta^2)p^2(x)} \cdot x\sqrt{1-x^2} dx + \\
 & \left. + 2 \int_0^\tau \sin(\tau-\theta) \left[\int_0^1 \sin(\mu\theta x) \frac{x\sqrt{1-x^2}}{3(1-\beta^2)p(x)} dx \right] d\theta \right\} \times \\
 & \left[\int_0^1 \sin(Tx) \frac{x\sqrt{1-x^2}}{p(x)} dx \right]^{-1}
 \end{aligned}$$

式中: $p(x) = A\varepsilon^2 x^4 + 2B\varepsilon x^2 + C$

$$\begin{cases}
 A = (1 + \delta^2) - 4\beta^2 \\
 B = 2(1 - \beta^2) - \sigma(1 - \delta^2) \\
 C = \sigma^2(1 - \delta)^2
 \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 A_1 = 3(1 + \delta)^2 - 2\beta^2(1 + \delta)(11 + 5\delta) + 8\beta^4 \\
 B_1 = 6(1 + \delta)^2(1 - \beta^2) + 6(1 + \delta) - 2\beta^2(1 - \delta) + 4\beta^4 - \\
 \quad \sigma(1 - \delta)[3(1 + \delta)^2 - 4\beta^2(4 + \delta)] \\
 C_1 = \sigma(1 - \delta)\{-12(1 + \delta)(1 - \beta^2) - 8(3 - \beta^2) + \sigma(1 - \delta) \times \\
 \quad [2\beta^2 + 3(1 + \delta)]\}
 \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 A_2 = (1 + \delta)^2 \beta^2 + (8 + 4\delta)\beta^4 \\
 B_2 = -[10 + 4\delta + \sigma(1 - \delta^2)]\beta^2 + [4 + 2\delta - 2\sigma(1 - \delta)]\beta^4 \\
 C_2 = \sigma(1 - \delta)[8 + \sigma(1 - \delta)]\beta^2 - 4\sigma(1 - \delta)\beta^4 \\
 \varepsilon = (1 - \beta^2)/\beta^2, \mu = \sqrt{\varepsilon}, \beta = C/V
 \end{cases}$$

V —在阵面不动坐标系中冲击波阵面后物质速度, C —波阵面后物质声速, $\delta = -j^2 \times \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_H$, $j = \rho_0 V_0 = \rho V$, $\sigma = \rho/\rho_0$, ρ —波后物质密度, $\tau = K_0 V t$, $K_0 = 2\pi/\lambda$, λ —扰动波长, t —时间, $T = \mu\tau$ 。

参 考 文 献

- (1) Сахаров, А. Д., Зайдель, Р. М., Минеев, В. Н., Олейник, А. Г., *ДАН СССР*, **159** (5) (1964), 1019.
- (2) Минеев, В. Н., Савинов, Е. В., *ЖЭТФ*, **52**, (1967), 629.
- (3) Минеев, В. Н., Зайдель, Р. М., *ЖЭТФ*, **54** (1968), 1633.
- (4) Минеев, В. Н., Савинов, Е. В., *ЖЭТФ*, **68** (4) (1975), 1321.
- (5) Chhabildas, L. S., Asay, J. R., *J. Appl. phys.*, **50** (4) (1979), 2749.
- (6) Зайдель, Р. М., *ПМТФ*, **4** (1967), 30.
- (7) Годунов, С. К., Дерибас, А. А., Захаренко, И. Д., Мали, В. И., *ФГВ*, **7** (1) (1971), 135.

MEASUREMENT OF THE VISCOSITY COEFFICIENT OF LY-12Al UNDER HIGH PRESSURE USING DISTURBANCE METHOD

Zhang Suhua Lee Zengkun

Abstract

The viscosity coefficient of LY-12Al under high pressure has been measured using disturbance method which was established by Sakharov A. D. et al. The obtained viscosity coefficient of LY-12Al is $5 \cdot 10^4 \text{P}$ approximately. Probably exist some mistakes in the K expressin used to calculate the viscosity coefficient in the literature, corrections are made in the paper.