

ANALYSIS OF SHOT THROW PROCESS BASED ON GENETIC ALGORITHM

WANG Kesheng ZHU Xiaoying LI Yonglong
(Department of Engineering Mechanics, Armored Force
Engineering Institute, Beijing 100072, China)

Abstract A mathematical model of shot throw process is put forward. The shot throw process is optimized by

means of Genetic Algorithm. Various optimal parameters and the maximum throw distance are obtained. Moreover, the influential factors in the shot throw process are analyzed and compared. Thus, a scientific training plan can be worked out based on present study.

Key words shot throw process, Genetic Algorithm, optimization, sensitivity analysis

触变性流体在振荡载荷作用下的响应

刚芹果

(河北大学机械与建筑工程学院, 保定 071002)

摘要 采用 Moore 型触变性流体本构方程, 研究了振荡载荷作用下的应力响应. 发现: (1) 稳态情况下, 描述流体内部结构状态的参量为时间的周期函数; (2) 剪应力和剪应变率之间关系为一闭合的滞后环.

关键词 触变性流体, 振荡载荷, 滞后环

触变性流体是一种典型的非牛顿流体^[1]. 其主要特性表现在其表观黏度与时间有关. 一些实验结果证实许多液体(化工中的悬浮液、血液、石油等^[2])具有显著的触变性, 因此对它们的流动行为的分析, 应当采用触变性流体中的本构方程. 然而, 由于触变性流体本构方程比较复杂, 至今仍有许多基本问题尚未进行研究^[3]. 本文的研究工作将揭示触变性流体在振荡载荷作用下的响应特性.

1 触变性流体的本构方程

在本文中, 采用 Moore 型本构方程, 其一维形式为^[4]

$$\tau = (\eta_{\infty} + c\lambda)\dot{\gamma} \quad (1)$$

$$\dot{\lambda} = a(1 - \lambda) - b\lambda|\dot{\gamma}| \quad (2)$$

其中, τ 为剪应力, $\dot{\gamma}$ 为剪应变率, λ 为描述触变性流体内部微观结构状态的参量, 当结构完整时, $\lambda = 1$. a 和 b 是与流体内部结构的重建和破坏行为有关的参数. 方程(2)描述了流体内部结构状态参量 λ 随时间 t 的变化关系, 通常称为重建方程.

在本文中, 将研究在振荡载荷作用下剪应力的响应. 为此, 不失一般性, 取如下载荷形式

$$\dot{\gamma} = A \sin \omega t \quad (3)$$

其中 A 和 ω 为常数.

2 数值方法

将式(3)代入方程(2), 可知它为一变系数微分方程, 很难求得其解析解. 下面, 寻找其数值解. 为此, 对于时间的一次导数采用向后差分法, 由方程(2)解得

$$\lambda(t) = \frac{\lambda(t - \Delta t) + a\Delta t}{1 + \Delta t[a + b|\dot{\gamma}(t - \Delta t)]} \quad (4)$$

Δt 为时间步长. 从而, 由方程式(1)和(4), 可求得剪应力 τ 在不同时刻的值.

3 计算结果

采用如下参数的值

$$A = 1.0(\text{s}^{-1}), \quad \omega = 1.0(\text{s}^{-1}), \quad a = 0.2(\text{s}^{-1})$$

$$b = 0.9, \quad \eta_{\infty} = 1.0(\text{Pa} \cdot \text{s}), \quad c = 0.5(\text{Pa} \cdot \text{s})$$

由上述方法, 求得一些数值结果, 见图1~图3.

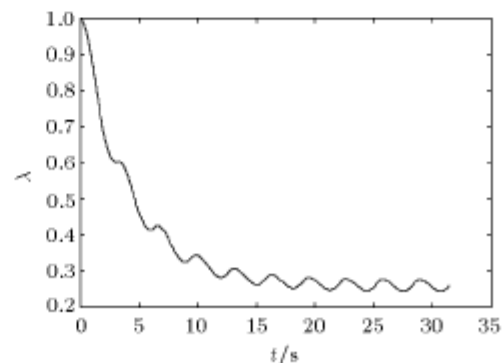
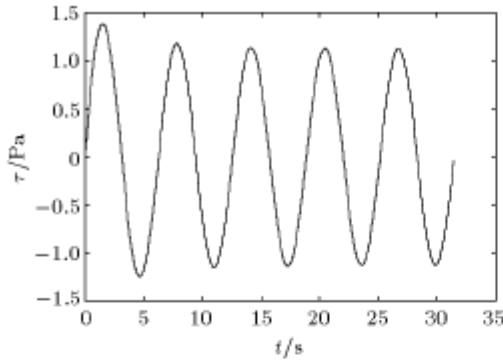
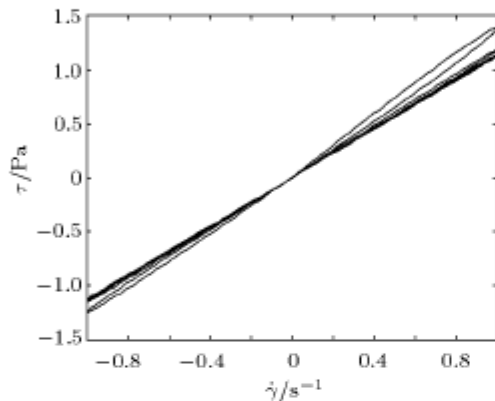


图1 λ 随时间 t 的变化关系

图 2 τ 随时间 t 的变化关系图 3 τ 和 $\dot{\gamma}$ 之间的关系

4 讨论

由图 1 可见, 随着时间 t 的增加, λ 将趋近于一稳定状态. 值得注意的是该稳定状态具有振荡性质. 该结果也可由重建方程 (2) 分析得出. 对于稳态情况, 有

$$\dot{\lambda} = 0 \quad (5)$$

从而, 由方程 (2) 得

$$\lambda = a / (a + b|\dot{\gamma}|) \quad (6)$$

将式 (3) 代入上式, 得

$$\lambda = a / (a + bA|\sin \omega t|) \quad (7)$$

上式为稳态情况下, λ 与时间 t 之间的变化关系. 可见, 它为时间 t 的周期函数. 这与计算结果 (图 1) 一致.

由图 2 可见, 剪应力 τ 的最大值随着时间 t 的增加而逐渐减小. 与 λ 相同, 对于较大的 t 值, τ 趋于一稳定状态. 在稳态情况下, τ 与时间 t 之间的关系可由将式 (7) 代入方程 (1) 得出, 为

$$\tau = \left(\eta_{\infty} + \frac{ac}{a + bA|\sin \omega t|} \right) A \sin \omega t \quad (8)$$

由图 3 可知, 在 τ 和 $\dot{\gamma}$ 的关系中, 有一滞后环, 这与黏弹性流体的性质相同. 所不同之处是在每一循环中, 触变性

流体的滞后环是闭合的. 而黏弹性流体仅在稳态情况下, 其滞后环为闭合形式. 一般情况下, 黏弹性流体的滞后环不闭合^[1]. 该性质是触变性流体与黏弹性流体的主要区别之一.

5 结论

通过本文的研究, 发现触变性流体在振荡载荷作用下的响应具有如下特性:

- 1) 其内部结构参量 λ 在稳态情况下为时间 t 的周期函数.
- 2) 剪应力 τ 和剪应变率 $\dot{\gamma}$ 之间关系为一闭合的滞后环.

上述结论对于进一步研究触变性流体的力学行为具有重要意义.

参 考 文 献

- 1 陈文芳. 非牛顿流体力学. 北京: 科学出版社, 1984 (Chen Wenfang. Non-Newtonian Fluid Mechanics. Beijing: Science Press, 1984 (in Chinese))
- 2 Barnes HA. Thixotropy—a review. *J Non-Newtonian Fluid Mech*, 1997, 70: 1~33
- 3 Mujumdar A, Beris AN, Metzner AB. Transient phenomena in thixotropy systems. *J Non-Newtonian Fluid Mech*, 2002, 102: 157~178
- 4 刚芹果. 触变性流体的一些本构模型. 力学与实践, 2000, 22(6): 20~23 (Gang Qingguo. Some constitutive models for thixotropic fluids. *Mechanics in Engineering*, 2002, 22(6): 20~23 (in Chinese))

RESPONSE OF THIXOTROPY FLUID UNDER OSCILLATORY LOADING

GANG Qingguo

(College of Mechanics and Civil Engineering, Hebei University, Baoding 071002, China)

Abstract The constitutive equation of thixotropic fluid was of the Moore's model in this paper. The mechanical behaviors under oscillatory loading were discussed. The finite difference method was used. The results show that: 1) In the steady state, the parameter which described the internal structural state in the fluid was the periodic function of time; 2) The relation between the stress and the strain was a closed hysteretic cycle. These properties show that the thixotropic fluid is much more complex than the other non-Newtonian fluids.

Key words thixotropy, oscillatory loading, hysteretic cycle, Moore's model