

文章编号:2095-7386(2020)01-0018-04

DOI:10.3969/j.issn.2095-7386.2020.01.004

脱壳油桐籽压榨的应力-应变关系研究

冯新东,宋少云,尹芳,李正文
(武汉轻工大学机械工程学院,武汉 430023)

摘 要:笔者主要研究脱壳油桐籽压榨的应力-应变关系。通过侧限油桐籽压榨实验来研究油桐籽在压榨过程的应力-应变关系,并探索加载速率对应力-应变关系的影响,最后用川北方程建模不同压榨速率下的应力-应变关系。结果显示加载速率对压榨过程中的应力-应变关系有显著影响;油桐籽在压榨过程的应力-应变关系所得的公式能够较好拟合真实的实验结果。

关键词:油桐籽;应力-应变;川北方程;数学模型

中图分类号:

文献标识码:A

Study on the stress-strain relationship of hulled tung seed press

FENG Xin-dong, SONG Shao-yun, YIN Fang, LI Zheng-wen

(School of Mechanical Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023)

Abstract: The stress-strain relationship of tung oil seeds in the lateral pressing process was studied experimentally. The stress-strain relationship of tung oilseed seed during the pressing process was studied by confined tung oil seed pressing experiment, and the effect of loading rate on the stress-strain relationship was explored. Finally, the Kawakita's equation was used to model the stress-strain relationship under different pressing rates. The results show that the loading rate has a significant effect on the stress-strain relationship during the pressing process; the formula obtained from the stress-strain relationship of the oil tung seed during the pressing process can better fit the actual experimental results.

Key words: tung oil seed; stress-strain relationship; Kawakita's Equation; mathematical model.

1 引言

油桐在我国栽种历史悠久,从油桐果压榨所得到的桐油是我国大宗出口商品之一,我国的桐油出口量占全球市场的 70%~80%,并且桐油产业的发展对于我国特困地区的精准扶贫具有重要的战略意义^[1]。

桐油在制备过程中需要经历破壳、干燥、压榨等一系列过程,许多研究者对之进行了研究。苏亮发

明了一种桐油的制备方法即通过烘干后压榨,之后将压榨的混合物料真空处理,最终在静置塔静置后得到精炼桐油^[2]的技术;贵州聚恒元化工有限公司提出的制备方案也是采用压榨的方式,但在处理过程进行了预加热,使压榨效率得到了提高^[3];刘汝宽、肖志红等人对油桐籽破壳力学特性及主要影响因素进行了研究,得出了油桐籽在—对集中力作用下顶压方式和侧压方式更易破裂的结论^[4]。

虽然有诸多关于油桐籽压榨的研究,但对油桐

收稿日期:2019-12-23.

作者简介:冯新东(1996-),男,硕士研究生,E-mail:2637202870@qq.com.

通信作者:宋少云(1972-),男,教授,E-mail:584554223@qq.com.

籽的压榨过程研究尚未上升到数学模型的高度。油料压榨过程的应力-应变关系,是压榨理论研究的最基本内容^[5],也是设计压榨机的理论基础。本文研究的目的是通过侧限排油压榨实验,研究油桐籽压榨的应力-应变曲线,及加载速率对其应力-应变关系的影响,并尝试建立油桐籽压榨应力-应变关系的数学模型。

2 材料与方法

本实验的目的是研究脱壳油桐籽侧限压榨应力-应变关系及其影响因素。实验装置主要由一台液压式材料压缩实验机(简称压缩实验机)、与之配套的控制系统 SmartTest,以及一个自制的侧限排油柱塞式压榨装置(简称压榨装置)组成^[6],如图 1 所示。压榨装置放置在压缩实验机的工作台和上压头之间,而上压头固定。在 SmartTest 程序的控制下,工作台受液压驱动而上行以压缩压榨装置的活塞,从而完成对压榨室内油茶籽的压榨。实验所用的油桐籽产于湖北省。

首先对油桐籽进行破壳处理,之后将破壳过后的油桐籽粒通过烘干机烘干,将干燥过后的籽粒使用小刀切碎,以使其颗粒均匀,称取40g。将分好

40 g 的油桐籽装入到侧限压榨装置内,将组装好的装置放在材料压缩机下,使用材料压缩实验装置给其加载,本文只研究了加载速率对应力-应变关系的影响,因此设置四个水平的加载速率,分别为 0.01 KN/s、0.02 KN/s、0.03 KN/s 及 0.04 KN/s。



图 1 实验装置

3 结果与讨论

3.1 实验结果

40 g 油茶籽在不同加载速率下的部分应力-应变结果数据如表 1 所示

表 1 油茶籽在不同加载速率下的部分应力-应变表

压力 P/MPa	0	5	10	20	30	40	45
0.01kN/s 时的应变 ε /%	0	59.25	72.74	79.41	82.31	84.25	85.28
0.02kN/s 时的应变 ε /%	0	61.62	75.08	81.64	84.23	86.10	86.77
0.03kN/s 时的应变 ε /%	0	54.64	67.66	74.73	77.80	79.90	80.67
0.04kN/s 时的应变 ε /%	0	57.16	69.98	78.40	81.92	84.29	85.31

四种加载速率下油桐籽压榨过程的应力-应变关系曲线如图 2 所示

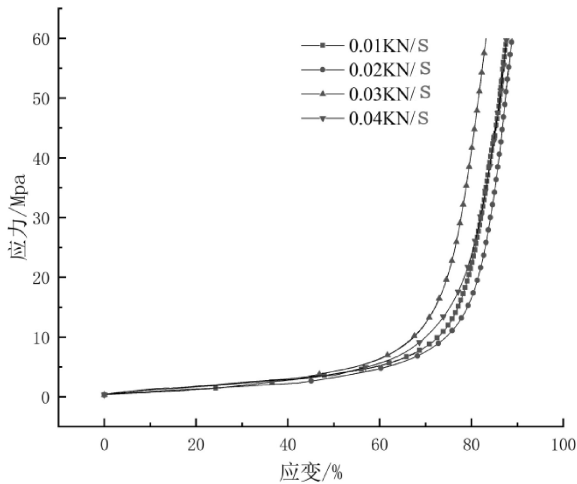


图 2 油桐籽应力、应变曲线

3.2 结果讨论

3.2.1 结果分析

从图 2 可见,相同应力下,0.01 KN/s 与相比 0.04 KN/s加载速率越大,应变越小,0.03 KN/s 与 0.02 KN/s 加载速率越大,应变越小;0.03 KN/s 加载速率对应的应变最小,0.02 KN/s 对应加载速率对应的应变最大。这是因为当压榨应力达到一定值时,此后的变形主要受油液的渗流影响,根据渗流理论,可以得到加载速率越小,渗流时间越长,液体渗流量越多,变形也越大。因此,应变将随加载速率的减小而增加。同时在 0.01 – 0.02 KN/s 与 0.03 – 0.04 KN/s 两个区间都存在应变随着加载 3 速率的增加而增加,笔者分析在一定区间内渗流速度相差不大,而加载速率成了影响应变的决定因素,也就是加载速度越大其出油量也越大,故而有随着加载速

率增加而增加的现象。

从图 2 还可以知道,油桐籽在压榨过程中的应力、应变关系由实验结果可见是非线性特征。通过实验数据处理可见,当压榨的负载应力无论是那个加载速率都出现了斜率急剧增加,此时压榨装置内的油桐籽结构变得密实,出油变的很少量,因此继续增加负载应变变化很小,由此可见,桐油在整个压榨过程中,当负载超过 35 Mpa 之后的出油少,也即是出油主要集中在 35 Mpa 之前。

2.2.2 脱壳油桐籽压缩应力-应变关系的数学建模

根据曲线建立脱壳油桐籽的应力-应变关系数学模型。从图 1 的应力-应变曲线可以发现,油桐籽压榨过程与饱和粘土和粉末体的压缩过程很相似,因此采用川北压制方程来建立模拟油桐籽的应力-应变关系的数学模型。

定义油桐籽物料的压榨应力 P 和轴向应变 ε 为

$$P = F / A \tag{1}$$

$$\varepsilon = H_0 - H/H_0 \tag{2}$$

式中

F —作用在油桐籽物料表面上的压力,牛顿

A —油桐籽物料表面面积,平方米

H_0 —压榨起始时油桐籽物料高度,毫米

H —对应 P 压应力下的油桐籽物料高度,毫米

侧限压榨条件下物料的径向应变等于零,故物

料的体积应变 C 与轴向应变应相等,即

$$\varepsilon = C = \frac{V_0 - V}{V_0} = \frac{abP}{(1 + bP)} \tag{3}$$

式中

C —物料体积应变,百分比

V_0 —压榨起始时物料体积,立方毫米

V —对应 P 压应力下的物料体积,立方毫米

$a、b$ —常数

式(3)即为采用川北压制方程建立的油桐籽物料侧限压榨下应力和应变关系的数学模型。式(3)中的待定参数 $a、b$ 需根据实际的应力和应变实验结果确定,将表 1 中对应每一个加载速率,任选两列数据代入式(1),得到两个二元一次线性方程,联立求解得到常数 $a、b$ 的值,如表 2 所示。

表 2 应力-应变参数反演结果

加载速率 (KN/s)	a	b
0.01	0.88	0.47
0.02	0.93	0.38
0.03	0.88	0.31
0.04	0.93	0.30

将表 2 中的 $a、b$ 代入到式(3)中,就得到某种加载速率下的应力-应变关系数学模型。为了验证所建立的数学模型的正确性,将数学模型所对应的曲线与实验值进行比较,其结果如图 3 所示。

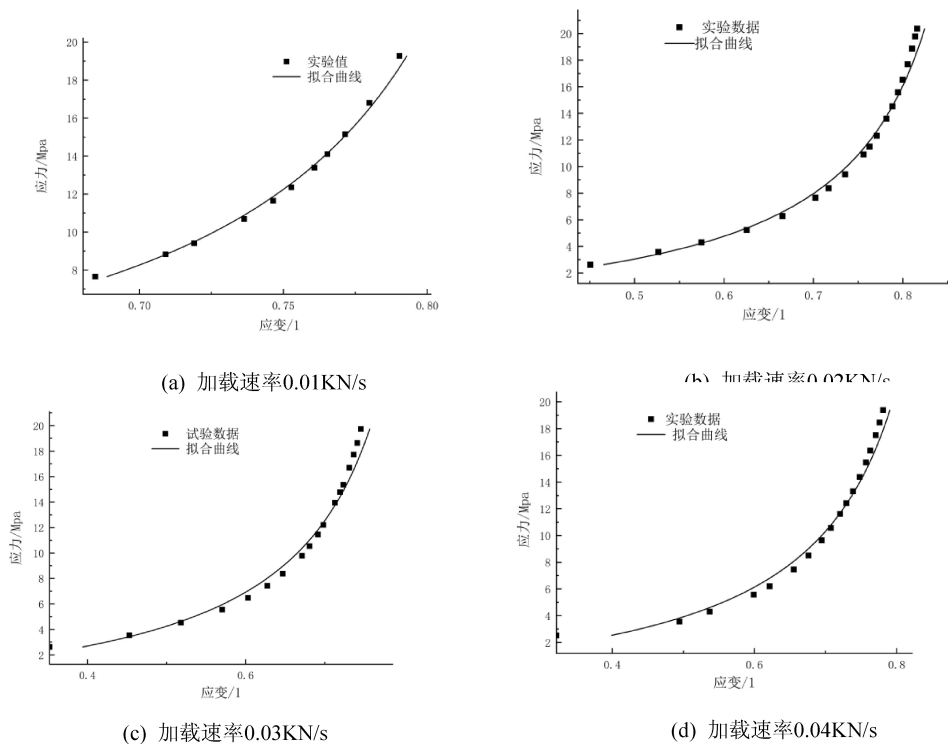


图 3 油桐籽的压榨应力-应变拟合曲线与实验数据对比

图3所示的模拟结果可见,通过川北方程建立的数学模型与实验数据是很接近的,可见用川北方程来拟合是比较可靠的。

4 结论

本文通过对油桐籽进行压榨实验,揭示了其压榨过程中的变形规律。结果表明:

(1)油桐籽的压榨过程加载速率对油桐籽压榨过程中的应力-应变关系有较大影响,较小的加载速率在相同的压榨应力下所对应的应变更大。

(2)总体上加载速率越小,同一应力水平下应力下的应变越大,出油率越高。

(3)基于川北方程建立了油桐籽在侧限排油的一维压榨应力-应变的数学模型,结果显示,它能够较好地建模脱壳油桐籽压榨过程中的应力-应变关系。

参考文献:

- [1] 杨焰,廖有为,谭晓风.我国油桐产业与未来环保型涂料产业协同发展之探讨[J].经济林研究,2018,36(04):188-192.
- [2] 苏亮.一种桐油的制备方法:CN201310622254.2[P].2015-06-03.
- [3] 贵州聚恒元化工有限公司.一种桐油制备方法:CN201711036483.0[P].2018-01-19.
- [4] 刘汝宽,肖志红,李昌珠,王红建,张爱华,吴红.油桐籽破壳力学特性及主要影响因素研究[J].中国油脂,2018,43(09):132-134.
- [5] 郑晓,林国祥,王少梅.油料压榨的应力-应变关系研究[J].中国油脂,2005(10):37-39.
- [6] 郑晓,李智,林国祥,王少梅.菜籽与脱皮菜籽压榨的应力-应变关系研究[J].农机化研究,2004(06):187-189+192.

(上接第17页)

- [13] 张凯兵,章爱群,李春生.基于HSV空间颜色直方图的油菜叶片缺素诊断[J].农业工程学报,2016,32(19):179-187.
- [14] LIU Huan-xi, ZHU Tian-hong. Infrared and

Visible Image Fusion Based on Region of Interest Detection and Nonsampled Contourlet Transform[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University(Science),2013,18(5):526-534.