

应用技术

油桐籽破壳力学特性及主要影响因素研究

刘汝宽^{1,2}, 肖志红¹, 李昌珠², 王红建³, 张爱华¹, 吴红¹

(1. 湖南省林业科学院, 长沙 410004; 2. 中南大学 化学与工程学院, 长沙 410083; 3. 中南大学 机电工程学院, 长沙 410083)

摘要:为研究适用于油桐籽的高效脱壳设备, 开展油桐籽破壳力学特性研究, 分析破壳力作用形式、油料粒径大小对其破壳效果的影响。结果表明: 油桐籽在顶压、侧压和俯压不同挤压变形时, 其籽壳裂纹只有一条且各处同时出现小裂纹, 裂纹均沿施力方向延伸, 裂纹宽度随着压力的增加而增大; 在匀速加载过程中, 无论是顶压、侧压还是俯压, 在未破裂时压力随着变形量的增加而呈现线性增加, 当加载到超过外壳所能承受的最大载荷, 外壳发生破裂, 从而导致破壳力急剧下降, 曲线中断; 破壳力的大小受力的作用形式及油桐籽粒径的影响, 在相同的加载方式下, 破壳力随着油桐籽等级的增大而增加, 但不明显; 在油桐籽大小等级相同的情况下, 顶压方式破壳所需要的破壳力和侧压方式基本相同, 但破壳力明显小于俯压方式, 即油桐籽在一对集中力作用下顶压方式和侧压方式更易破裂。

关键词:油桐籽; 力学特性; 破壳; 加载部位

中图分类号: TS222; O344

文献标识码: A

文章编号: 1003 - 7969(2018)09 - 0132 - 03

Mechanical properties and major influential factors of breaking Tung seed shell

LIU Rukuan^{1,2}, XIAO Zhihong¹, LI Changzhu², WANG Hongjian³,
ZHANG Aihua¹, WU Hong¹

(1. Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, China; 2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Central South University, Changsha 410083, China; 3. College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: In order to study the high - efficiency breaking machine applied to Tung seed, the mechanical properties of the Tung seed shell were studied, and the influences of the breaking force action form and the particle size of the Tung seed on the breaking effect were analyzed. The results showed that Tung seed had a crack gap and small crack gaps appeared everywhere along the direction of loading force whenever it suffered top loading at the top, the flank and the middle. The width of the crack gap increased with the increase of the loading. In the process of uniform loading, whether it was top pressure, the flank loading or the middle loading, the loading force increased linearly with the increase of the deformation until an overload of shell occurred, which led to a breaking of force fell sharply. Manners of loading force and size of the Tung seed were important factors influencing the breaking force of the seed shell. Under the same loading condition, the breaking force increased with the size of the Tung seed increasing, but not obvious. In the case of the same size grade, the breaking forces of top loading and flank loading were nearly equal and they were lower than loading in the middle obviously. Therefore, the top loading and flank loading were two suitable manners for shell breaking.

Key words: Tung seed; mechanical property; shell breaking; loading position

收稿日期: 2018 - 01 - 15

基金项目: 湖湘青年英才技术(2017RS3056); 湖南省科技重大专项(2016NK1001 - 3); 国家重点研发计划(2016YFD0600802)

作者简介: 刘汝宽(1981), 男, 副研究员, 博士, 主要从事工业油料资源资源化利用技术研究(E-mail) liurukuan@gmail.com。

通信作者: 肖志红, 研究员(E-mail) xzhh1015@163.com。

油桐是重要的工业油料树种, 与油茶、核桃、乌桕并称我国四大木本油料树种, 油桐籽经提油得到的桐油在工业、航空、医药、军事等方面有着广泛的用途^[1-2]。我国是桐油生产和出口大国, 占世界总

量的70%~80%。然而,油桐籽的脱壳加工技术却比较落后,其脱壳机械往往借用其他油料的脱壳设备,存在适用性不强、脱净率低、破损率高等问题^[3-4],开展油桐籽专用脱壳机械的设计有着重大意义。

本文在已有研究的基础上^[5-6],对油桐籽脱壳力学特性进行测定和分析,并对不同大小与不同加载方式下的油桐籽破壳特性进行试验研究,以期油桐籽高效脱壳设备的设计提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

油桐籽,2015年采集于湖南郴州。游标卡尺(0.01 mm),台州市艾测仪器有限公司;电子万能试验机(3 kN),中路昌试验机制造有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 坐标系的建立

油桐籽由坚硬的外壳包裹,果籽形状如图1所示,在 xy 平面,截面近似正方形,在 xz 和 yz 平面,其截面近似椭圆。油桐籽的长宽范围在20~30 mm。



图1 油桐籽受力坐标系

1.2.2 加载试验因素水平设置

将油桐籽大小等级和加载方式作为试验的两个因素,将油桐籽破壳力作为试验指标,采用单因素试验分别研究油桐籽大小等级和加载方式对破壳力的影响。加载试验因素水平设置见表1。

表1 加载试验因素水平设置

因素	水平设置	
等级/mm	A: ≥25	B: <25
加载方式	顶压、侧压、俯压	

2 结果与分析

2.1 油桐籽挤压变形的裂纹特征

根据油桐籽的外形尺寸进行分组,将油桐籽固定在底座上,压头以恒定的速度垂直下压,对比顶压、侧压和俯压3种加载破壳方式(见图2)对油桐籽破壳作用的影响。

油桐籽被挤压变形的裂纹特征如图3所示。由图3可知,油桐籽在顶压和侧压方式下裂纹形成于 xy 平面,俯压方式下裂纹形成于 xz 平面。油桐籽壳破裂时的裂纹都是沿施力方向延伸,籽壳裂纹只有一条且各处同时出现小裂纹,裂纹宽度随着压力的

增加而增大。

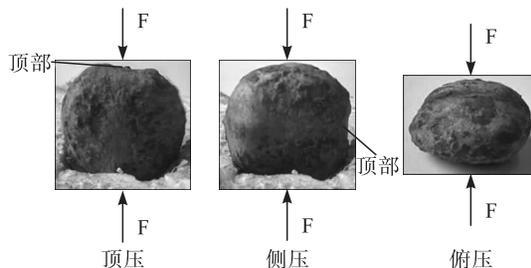


图2 3种加载破壳方式



图3 不同加载作用效果

2.2 油桐籽压力-变形规律

图4是油桐籽在压力作用下的压力-变形量曲线,表示油桐籽采用电子万能试验机分别在顶压、侧压和俯压3种加压方式下试验得到变形量与压力之间的关系。

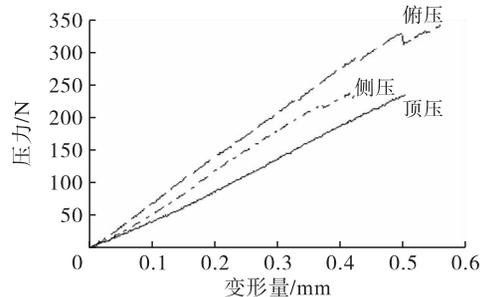


图4 油桐籽加载作用时的压力-变形量曲线

由图4可知,在匀速加载过程中,由于油桐籽壳是坚硬木质外壳,且材质弹性较差,无论是顶压、侧压还是俯压,在未破裂时压力随着变形量的增加而呈线性增加。当加载到某一载荷时,超过外壳所能承受的最大载荷,外壳发生破裂,从而导致破壳力急剧下降,曲线中断。

2.3 油桐籽压力试验结果及分析

根据油桐籽受压载荷的压力-变形量曲线,第一个突变点所对应的压力为破壳力,提取试验数据得到油桐籽的破壳力,并对所得数据中不同籽粒大小等级和不同加载方式下油桐籽破裂时的最大、最小及平均破壳力进行统计分析,结果见表2。

表2 油桐籽压力试验结果 N

试验号	A			B		
	顶压	侧压	俯压	顶压	侧压	俯压
1	232.4	225.9	366.1	214.9	207.4	344.4
2	231.4	233.1	362.6	205.9	209.9	346.1
3	233.8	225.2	364.4	211.6	205.6	348.6
4	228.2	227.3	365.5	209.5	207.8	349.5
5	226.4	235.1	361.1	207.5	209.7	341.7
6	225.9	234.8	369.6	210.4	214.7	348.4
7	234.1	229.7	360.9	208.1	209.8	345.5
8	234.6	234.3	369.1	211.7	213.3	342.7
9	234.5	230.4	366.6	213.4	208.2	348.3
10	227.3	226.3	362.7	211.6	210.4	343.7
11	228.9	234.3	363.5	213.6	210.9	344.5
12	230.4	226.8	362.3	208.1	208.5	340.9
13	227.2	235.7	363.2	205.3	214.1	341.2
14	229.1	233.3	366.5	206.5	205.1	346.8
15	232.2	234.5	361.8	213.8	207.5	349.8
最大值	234.6	235.7	369.6	214.9	214.7	349.8
最小值	225.9	225.2	360.9	205.3	205.1	340.9
平均值	230.4	231.1	364.4	210.1	209.5	345.5

由表2可知,在油桐籽大小等级相同的情况下,外壳破裂所需的破壳力与加载部位有明显的关系。顶压方式破壳所需要的破壳力和侧压方式基本相同,破壳力明显小于俯压方式,即油桐籽在一对集中力作用下顶压方式和侧压方式更易破裂。在相同的加载方式下,油桐籽外壳破裂所需要的破壳力受果实大小等级的影响,破壳力随着果籽等级的增大而增加,但不明显。

3 结论

(1)油桐籽在顶压、侧压和俯压不同挤压变形

(上接第131页)

干空气的质量流量 $M_1 = M_0 / (1 + X_0) = 5.16 \times 10^4 \text{ kg/h}$

经换热器后,空气温度 $T_1 = 65^\circ\text{C}$, 含湿量 $X_1 = X_0 = 0.006 \text{ kg/kg}$ (以干空气质量计)。

湿空气焓值 $i = (1.01 + 1.84X)T + 2500X$

25℃时 $i_1 = 40.53 \text{ kJ/kg}$ (以干空气质量计)

65℃时 $i_2 = 81.37 \text{ kJ/kg}$ (以干空气质量计)

热能 $Q = M_1(i_2 - i_1) = 2.11 \times 10^6 \text{ kJ/h}$

0.8 MPa 蒸汽潜热 $i = 2030.1 \text{ kJ/kg}$

节约蒸汽量 $M = Q/i = 1039.36 \text{ kg/h}$

相当于加工1t大豆节省蒸汽 $1039.36 \times 24 / 3000 = 8.31 \text{ kg}$ 。

3 结论

由于近十年新技术的融入,特别是外企的参与,

时,其籽壳裂纹只有一条且各处同时出现小裂纹,裂纹均沿施力方向延伸,裂纹宽度随着压力的增加而增大;在匀速加载过程中,无论是顶压、侧压还是俯压,在未破裂时压力随着变形量的增加而呈现线性增加,当加载到某一载荷时,超过外壳所能承受的最大载荷,外壳发生破裂,从而导致破壳力急剧下降,曲线中断。

(2)破壳力的大小受力的作用形式及油桐籽粒径的影响。在相同的加载方式下,油桐籽外壳破裂所需要的破壳力受果实大小等级的影响,破壳力随着果籽等级的增大而增加,但不明显;在油桐果籽大小等级相同的情况下,外壳破裂所需的破壳力与加载部位有明显的关系。顶压方式破壳所需要的破壳力和侧压方式基本相同,破壳力明显小于俯压方式,即油桐果籽在一对集中力作用下顶压方式和侧压方式更易破裂。

参考文献:

- [1] 谭晓风, 蒋桂雄, 谭方友, 等. 我国油桐产业化发展战略调查研究报告[J]. 经济林研究, 2011, 29(3): 1-7.
- [2] 李永梅, 魏远新, 周大林, 等. 油桐的价值及其发展途径[J]. 现代农业科技, 2008(16): 113.
- [3] 孙德, 曹成茂, 娄帅帅, 等. 山核桃破壳力学性能试验[J]. 安徽农业大学学报, 2016(2): 331-336.
- [4] 李晓霞, 郭玉明. 带壳物料脱壳方法及脱壳装备现状与分析[J]. 农产品加工·学刊, 2007(4): 83-86.
- [5] 黄志辉, 王红建, 刘汝宽, 等. 油桐果实破壳力学特性及主要影响因素研究[J]. 河北农业大学学报, 2017, 40(4): 78-83.
- [6] 黄志辉, 程鑫鑫, 李昌珠, 等. 蓖麻果实破壳力学模型及其主要影响因素研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2013, 44(2): 185-189.

大幅提升了国内粮油加工业的发展水平,粮油加工业的加工能力大大提升,工艺趋于成熟和完善,未来的发展趋势将集中在节能减排。特别是随着粮油加工业价格竞争呈白炽化态势,节能减排无疑是提升企业竞争力的重要手段,因而尾气热能回收装置在油脂预浸车间有着巨大的潜能。

参考文献:

- [1] 梁椿松, 钱雨. 大型油脂加工生产线几项节能环保新技术应用[J]. 工程技术, 2017, 6(5): 349-350.
- [2] 梁椿松, 杭明, 孙明奎, 等. 蒸脱机热风层的废热回收及除臭系统: CN203586733U [P]. 2014-05-07.
- [3] 刘屹, 戎恒军. 粮油压榨过程中的余热回收系统: CN104048495B [P]. 2016-08-17.
- [4] 郑茂强, 康泰, 于小红, 等. 蒸脱机尾气热能再利用系统的研制及应用[J]. 粮食与食品工业, 2018, 25(1): 9-11.