

结构发泡塑料托盘性能的实验研究

陈满儒, 彭彪

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 简要介绍了结构发泡塑料托盘的特点和生产工艺, 并对某种结构发泡塑料托盘进行了全面的试验研究, 以期对结构发泡塑料托盘性能进行深入的了解。

关键词: 结构发泡; 高密度聚乙烯; 塑料托盘; 性能试验

中图分类号: TB487; TB485.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)21-0070-04

Experimental Study of Plastic Pallet by Structural Foaming Process

CHEN Man-ru, PENG Biao

(Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: The characteristics and process of structurally foamed plastic pallet were introduced. Tests were carried out on the pallet for understanding of its performance.

Key words: structural foaming; HDPE; plastic pallet; performance test

托盘是货物集装、堆放和运输时的负荷承载装置, 对于保护产品、方便储运起着相当大的作用^[1]。托盘最初大都以木材作为主要材料, 但随着木材资源的减少、国际贸易对木质托盘的苛刻要求、托盘标准化和托盘共用系统的发展进程加快等原因, 塑料托盘开始被大规模地使用起来^[2]。鉴于结构发泡塑料的稳定性^[3], 对结构发泡塑料托盘的性能研究成果往往能够对同一工艺生产的塑料托盘作为参考的依据^[4]。文中以高密度聚乙烯(HDPE)为主要原料生产的新型结构发泡塑料托盘为研究对象, 完成了弯曲强度、叉举、堆码、角跌落和静摩擦系数等试验, 考查其各方面的性能特性, 以期对该类托盘性能有个深入的了解。

1 结构发泡

结构发泡成型技术的研究始于 20 世纪 60 年代^[5], 陈久迪^[6]等人详细地介绍了塑料结构发泡工艺, 及其芯层结构和相关成型技术。结构发泡工艺制成的塑料与传统注塑的塑料不同在于, 其表面质硬而芯层为微孔结构, 它的工艺简单来说是将发泡助剂(N₂ 或化学助剂)与聚合物熔体混合后, 通过模块化

的多重喷嘴注射系统, 快速注射入模具中, 成型得到塑料制品。结构发泡塑料强重比高, 且能生产一体成型的大型塑料件。结构发泡的应用, 使得材料在制品断面上的分布得以改变, 制品的内应力减小^[3], 刚性和强度也能得以改善, 非常适用于塑料托盘生产, 胡烈^[7]阐述了结构发泡技术在塑料托盘中的应用情况。

2 托盘性能试验与研究^[8-10]

2.1 试验准备

样品托盘尺寸为 1200 mm × 1000 mm, 材料为 HDPE, 使用化学发泡剂(质量分数为 0.5%)发泡, 质量为 15.2 kg。样品参照 ISO/DIS 8611-2.2 中 4.4 Plastic pallet 进行处理, 样品均在 23 °C, 50% 相对湿度环境下处理 24 h, 试验时实验室温度为 15.8 °C, 相对湿度为 57%。

主要设备仪器为国内某公司生产的整箱抗压机, 它的载荷精度为 10 N, 位移精度为 0.5 mm, 定位精度为 2 mm, 最大载荷为 100 kN。实验标准引自 ISO/DIS 8611-1.2, 该标准是国际标准组织颁布的平托盘试验标准中第一部分: 测试方法。

收稿日期: 2012-05-14

作者简介: 陈满儒(1957-), 男, 陕西耀县人, 陕西科技大学教授, 主要从事包装机械、缓冲包装动力学与运输包装等教学与研究作。

2.2 弯曲强度试验

弯曲强度试验参照 ISO/DIS 8611-1.2 中 8.1 Bending test 设计,该试验考查托盘在货架存取条件下的抗弯强度和刚度,使用图 1 中的加载方式缓慢加载,通过在长度方向两端加载模拟货架托盘使用场景,直到托盘局部结构超过屈服极限而发生断裂,得到的力-挠度曲线见图 2。

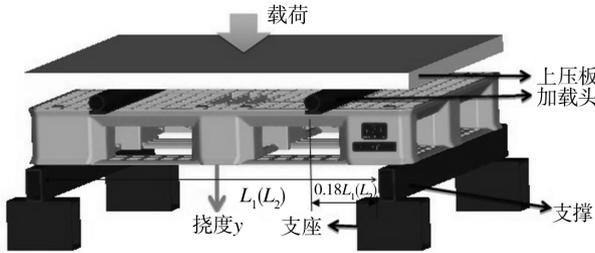


图 1 弯曲强度试验

Fig. 1 Bending test

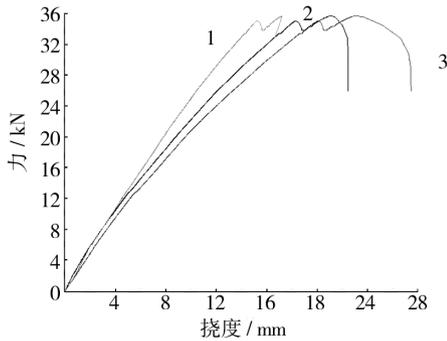


图 2 弯曲强度试验力-挠度曲线

Fig. 2 Force-deflection curve of bending test

其中作为模拟货架支撑中的支撑跨距 $L_1 = L - 150 = 1050 \text{ mm}$,加载头距支撑的距离 $0.18L_1 = 189 \text{ mm}$,经过实验,得到弯曲试验力-挠度图。

挠度指结构构件的轴线或中面由于弯曲引起垂直于轴线或中面方向的线位移,从图 2 中可以看到结构发泡塑料托盘在从 0 到 35 kN 左右加压的过程中,力-挠度曲线呈线性稳步上升,表现出了该托盘受压时有着相当稳定的表现。该样品弯曲极限载荷达到 35 700.8 N,挠度为 $L_1 \times 2\%$ 时极限载荷为 34 144.3 N,以安全系数为 2 来计算,额定载荷可以达到 17 072.15 N。

2.3 叉举试验

叉举试验参照 ISO/DIS 8611-1.2 中 8.2 Fork lifting test 设计,该试验模拟叉车货叉在托盘顶铺板

下方叉取时,托盘的弯曲强度性能,同样缓慢加载,直到托盘局部超过屈服极限断裂失效。试验通过长度方向模拟货叉叉举(图 3),得到力-挠度曲线见图 4。

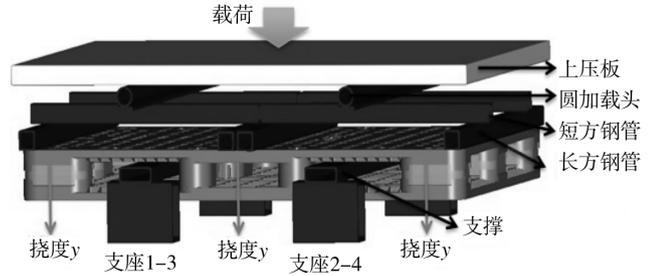


图 3 叉举试验

Fig. 3 Fork lifting test

其中支撑间距: $a = 570 \text{ mm}$,短方向上的钢管间距: $1/3L_1 = 1/3L = 400 \text{ mm}$, $1/3L_2 = 1/3W = 333.3 \text{ mm}$,加载头间距: $1/2L_1 = 1/2L = 600 \text{ mm}$, $1/2L_2 = 1/2W = 500 \text{ mm}$,经过实验,得到叉举试验力-挠度图,见图 4。

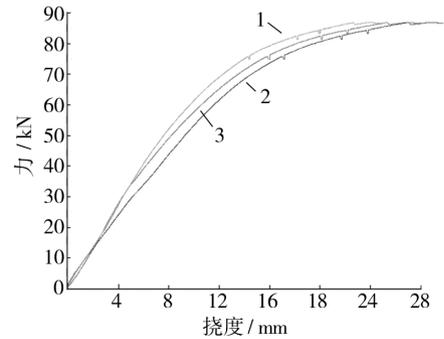


图 4 叉举试验力-挠度曲线

Fig. 4 Force-deflection curve of fork lifting test

从叉举试验的力与挠度曲线中可以看到,结构塑料托盘在 0 到 75 kN 左右时力与挠度呈线性增长,下一阶段后随着加压过程,挠度快速增大,超过一定限度后托盘就会断裂失效。其中弯曲断裂极限载荷为 84 260.8 N,挠度为 $L_1 \times 2\%$ 时极限载荷为 83 417 N,以安全系数为 2 计算,叉举额定载荷达到 41 708.5 N,而且产品在安全载荷范围内表现依然十分稳定。

2.4 堆码试验

堆码试验参照 ISO/DIS 8611-1.2 中 8.4 Stacking Test 设计,堆码试验用来确定托盘在堆码状况下,位于较大叉孔处的上下铺板承受局部静载荷的能力,试验中因压力试验机满载限制,采用了单边加载,试验

结果为实际值的一半左右,其中叉孔宽度: $L_1 = 270$ mm,加载头距叉孔边缘距离 $0.18L_1 = 48.6$ mm,在长度方向上对顶铺板进行单边加载,得到堆码试验力-挠度曲线。

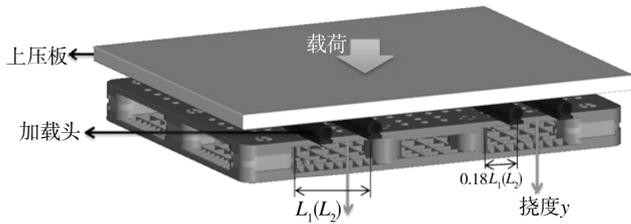


图5 堆码试验

Fig. 5 Stacking test

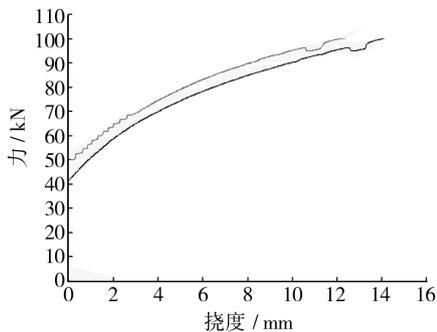


图6 堆码试验力-挠度曲线

Fig. 6 Force-deflection curve of stacking test

在40 kN以下时,挠度基本为0,挠度为 $L_1 \times 2\%$ 时极限载荷为75 901.8 N,因为采用了单边加载,挠度为 $L_1 \times 2\%$ 时极限载荷应为151 803.6 N左右,安全载荷为75 901.8 N,而且性能稳定。

2.5 角跌落试验

角跌落试验参照ISO/DIS 8611-1.2中8.9 Corner drop test设计,该试验对塑料托盘进行角跌落试验能够考查其托盘顶铺板的对角刚度和抗冲击性,试验方法见图7。通过对 L_{AB} 的变化来验证其性能,其中选取跌落高度 h 为1 m,得到的试验数据见表1。

表1 跌落后的 L_{AB} 数据Tab. 1 L_{AB} after drop

跌落次数	0	1	2	3
L_{AB}/mm	421.5	421.3	421.1	420.0

托盘样品经过3次跌落后最大变形量(L_{AB} (未跌落)- L_{AB} (3 th)/mm)为1.5 mm,最大应变[(L_{AB} (未跌落)- L_{AB} (3 th)/mm)]/ L_{AB} (未跌落)为0.36%,3次跌

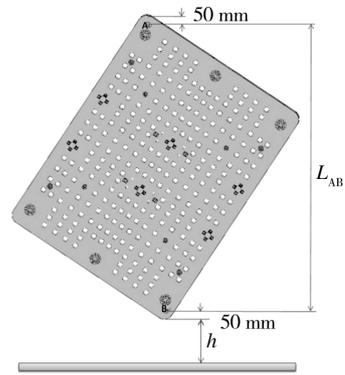


图7 角跌落试验

Fig. 7 Corner drop test

落后未发现托盘构件破损,对角线相对变形也保持在一个很低的程度,稳定性非常好。

2.6 静摩擦系数测试

静摩擦系数测试参照ISO/DIS 8611-1.2中8.13 Static coefficient of friction test设计,静摩擦系数影响着托盘使用的安全性。试验测定顶铺板与叉车货叉间的静摩擦系数。测试方法见图8。



图8 静摩擦系数测试

Fig. 8 Test for coefficient of static friction

经过3次试验,得到 F_s 的数据分别为47.34, 46.75, 50.38 N。

静摩擦系数 $\mu = F_s/W = F_s/mg = 0.32$ ^[8],其中 F_s 取平均值为48.16 N。静摩擦系数达到了硬木-铸铁或钢(0.20~0.35)和软木-铸铁或钢(0.30~0.50)^[9]的水平,性能可靠。

3 性能比较

刘峰枫等人曾对松木托盘进行过相似的试验^[11],将文中试验所用托盘标为托盘A,刘峰枫所用松木托盘标为托盘B,托盘承受11 976 N压力载荷时托盘的变形比例(以挠度/承载长度计算)数据如下:弯曲试验时托盘A和B的变形分别为0.40%和2.7%;叉举试验时托盘A和B的变形分别为0.14%和0.43。

对比可以看到,塑料托盘在强度性能上对木质托盘中性能较好的松木托盘保持着较大的优势,是木质托盘优良的替代品。

4 结语

1) 结构发泡塑料托盘在试验中表现出了优良的力学性能,而且在安全范围内托盘表现出的性能非常稳定,能够长期多次循环使用。

2) 相对于传统木质托盘,结构发泡塑料托盘有着更好的强度性能。

3) 托盘上铺板与叉车货叉的静摩擦系数能达到木托盘与叉车的水平,表现出了良好的安全性能。

参考文献:

- [1] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京:印刷工业出版社,2006.
PENG Guo-xun. Logistics Packaging Design[M]. Beijing: Graphic Communications Press,2006.
- [2] 勒伟,孙熙军. 第二次全国托盘现状调研报告[J]. 物流技术与应用,2009(1):31-32.
LE Wei,SUN Xi-jun. The Second National Present Situation of Tray's Inverstigation Report[J]. Logistics & Material Handling,2009(1):31-32.
- [3] 吴如洁. 工程结构发泡注射技术及其应用[J]. 塑料通讯,1997,12(4):15-19.
WU Ru-jie. Structurally Foaming Injection Technology and Application[J]. Plastic Communication,1997,12(4):15-19.
- [4] 王秀伦. 现代工艺管理技术[M]. 北京:中国铁道出版社,2004.

- WANG Xiu-lun. Modern Technology Management Technology[M]. Beijing:China Railway Press,2004.
- [5] 张燕媛,潘长禄. 结构发泡成型技术[J]. 现代塑料加工应用,2000,12(6):28-30.
ZHANG Yan-yuan,PAN Chang-lu. Technology of Structural Foam Molding[J]. Modern Plastics Processing and Applications,2000,12(6):28-30.
- [6] 陈久迪,马继宏,华健华. 塑料的结构发泡和结构腹隔及相关成型技术[J]. 橡塑技术与装备,2003,29(4):12-15.
LIU Jiu-di,MA Ji-hong,HUA Jian-hua. Structure Foaming and Structure Peritoneum of Plastics and Related Molding Technology[J]. China Rubber Plastics Technology and Equipment,2003,29(4):12-15.
- [7] 胡烈. 结构发泡技术在塑料托盘的应用[J]. 物流技术与应用,2011(7):108-109.
HU Lie. Structure Foam Technology's Application in Plastic Pallet[J]. Logistics & Material Handling,2011(7):108-109.
- [8] ISO/DIS 8611-1.2,Pallets for Materials Handling-Flat pallets-Test Methods[S].
- [9] ISO/DIS 8611-2.2,Pallets for Materials Handling-Flat pallets-Performance Requirements and Selection of Tests[S].
- [10] ISO/DIS 8611-3.2,Pallets for Materials Handling-Flat Pallets-Maximum Working Loads[S].
- [11] 木质托盘弯曲承载特性与试验研究[D]. 无锡:江南大学,2008.
- [12] 刘乘,吴莎. 货架托盘性能的研究与分析[J]. 包装工程,2011(19):66-68.
LIU Cheng,WU Sha. Study on Performance of Pallet Rack [J]. Packaging Engineering,2011,32(19):66-68.

(上接第47页)

- XIE Jian-hua,PANG Jie,LIN Hui-qing, et al. Preliminary Study on the Preparation and Properties of Carrageenan-Konjac/Glucomannan Blend Films[J]. Modern Food Science and Technology,2007,23(4):26-27.
- [8] 王元兰,魏玉. κ -卡拉胶与魔芋胶复配胶体系的流变特性[J]. 食品科学,2011,32(5):92-95.
WANG Yuan-lan,WEI Yu. Rheological Properties of κ -Carrageenan-KonjacGum Mixed Gel and Their Influence Factors[J]. Food Science,2011,32(5):92-95.
- [9] 聂柳慧,韩永生. 壳聚糖-淀粉共混薄膜的制备与研究[J]. 包装工程,2005,26(6):73-75.
NIE Liu-hui,HAN Yong-sheng. Preparation& study of chitosan-starch blend film[J]. Packaging Engineering,2005,26(6):73-75.
- [10] 谢文娟,韩永生. 壳聚糖-葡甘聚糖共混改性的研究[J]. 包装工程,2008,29(2):27-29.
XIE Wen-juan,HAN Yong-sheng. Study of Chitosan-konjac Glucomannan Blending Modification[J]. Packaging Engineering,2008,29(2):27-29.
- [11] WEAVER K D, STOFFER J O, DAY D E. Preparation and Properties of Optically Transparent, Pressured-Cured Poly (Methyl Methacrylate) Composites[J]. Polym Compos,1993,14(3):515-523.