

OSB 板托盘的叉举试验及有限元分析

巩桂芬, 李毅, 孔腾华
(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 目的 验证 OSB 板材能否用于托盘的制作, 以及 OSB 板托盘在叉举过程中的应力应变情况。方法 通过 Solid Edge 建立使用钢钉模型进行连接的 OSB 板托盘模型, 并使用软件内的 NX Nastran 仿真模块对托盘模型进行有限元分析, 得出托盘叉举工况下的应力应变分布图, 同时对 OSB 板托盘进行叉举试验。结果 通过对 OSB 板托盘进行有限元仿真分析和实际实验, 得出在 6.5 kN 载荷下, 仿真分析的最大变形量为 16.75 mm, 实际实验的最大变形量为 18.2 mm, 两者数值近似, 验证了有限元分析的有效性。结论 确认了 OSB 板托盘的实用性, 以及在托盘设计阶段使用有限元法对托盘性能进行分析验证与优化的可行性。

关键词: OSB 托盘; Solid Edge; 有限元分析; 叉举试验

中图分类号: U294.27⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)19-0137-05

Fork Test and Finite Element Analysis for OSB Board Pallet

GONG Gui-fen, LI Yi, KONG Teng-hua
(Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: The work aims to verify whether the OSB board can be used for the production of the pallet, and verify the stress and strain of the OSB board pallet during the forking. The model of OSB board pallet that was connected with the steel nail model was established by Solid Edge. The finite element analysis on the pallet model was carried out by the NX Nastran simulation module in the software. The stress and strain distribution diagram under the pallet fork condition was obtained and the fork test on the OSB board pallet was done. Through the finite element simulation analysis and practical experiment of the OSB board pallet, the maximum deformation of the simulation under the load of 6.5 kN was 16.75 mm, and the maximum deformation of the actual experiment was 18.2 mm. The two values were approximate, which verified the validity of the finite element analysis. The practicality of the OSB board pallet and the feasibility of analysis, validation and optimization of pallet performance in the finite element method at the pallet design stage are confirmed.

KEY WORDS: OSB pallet; Solid Edge; finite element analysis; fork test

作为集合包装的主要承载与搬运工具, 托盘扮演着十分重要的角色。近年来, 我国工业包装用材中, 木材用量约为 80%, 且大多只能单次使用, 浪费了大量的森林资源。加快推进工业产品人造板包装节能材料的应用, 有利于节约木材, 保护森林资源和生态环境, 也是促进我国工业产品包装升级、加快与国际接轨的现实需求^[1]。定向刨花板(OSB)是将小径木或木材边角料刨切为扁平窄长刨花, 干燥后添加合成树脂胶后定向铺装热压制成的多层结构人造板, 因其具有原料来源广、成本较低、免熏蒸热处理、性能优良、

易加工、可再生性、有利于生态平衡等优良特性, 目前已成为发达国家木质包装一种主要材料^[2-4], 也是我国现阶段需要推广的一种用来替代原木的包装用人造板。

国内李杨等^[5]基于 Solid Work 的托盘结构进行有限元分析及优化。马卫静等^[6]对“利乐包”塑木托盘进行有限元分析。丁毅等^[7-8]基于 Ansys 对木质托盘整体结构进行静力分析, 国外 A Waseem 等^[9]使用 Ansys 对不同材料托盘进行对比分析。E Soury 等^[10]研究了木塑复合托盘的设计优化。这些针对托盘进行有限元

收稿日期: 2017-04-15

作者简介: 巩桂芬 (1974—), 女, 硕士, 陕西科技大学副教授, 主要研究方向为包装机械和运输包装。

分析的托盘模型都是将整体模型简化为一体进行分析的简化模型^[11-12]。因为实际中木托盘各构件间采用钢钉进行链接,托盘板材间并无直接粘连,因此这种简化模型与实际情况是有所不同的,在文中第2节将对这种连接方式的误差进行验证。此次有限元分析中,OSB板托盘模型各构件之间将采用钢钉模型进行连接,托盘模型各构件之间采用摩擦约束,钢钉模型与托盘构件模型之间采用粘连约束,从而使OSB板托盘模型更加接近实际情况。

1 Solid Edge 建模与有限元分析

1.1 OSB板托盘模型建立及基本参数

通过使用Solid Edge软件对OSB板材托盘进行实体建模,分别对整体托盘以及局部托盘(1/7托盘)进行有限元分析,以此验证局部托盘模型分析结果与整体模型分析结果的相似度。托盘钢钉连接模型见图1,托盘的模型见图2,具体参数见表1。

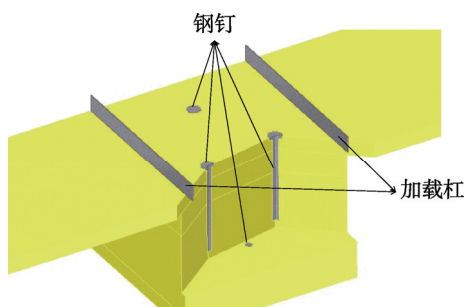


图1 钢钉模型
Fig.1 Model of steel nail

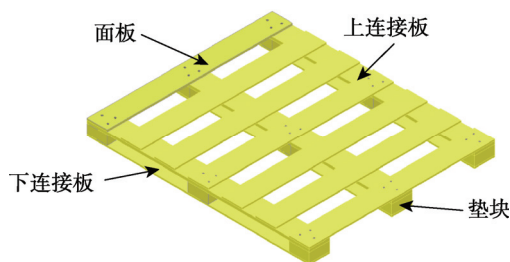


图2 托盘模型
Fig.2 Model of pallet

表1 托盘结构参数

Tab.1 Pallet structural parameter mm

构件名称	长	宽	厚
面板	1000	110	9
上连板	1200	110	15
垫块	110	110	51
下连板	1200	110	9

托盘材料采用OSB板材,OSB板材的弹性模量为1.88 GPa,泊松比为0.4,屈服应力为20 MPa,极限应力为28 MPa,材料密度为6.5 kg/m³。

1.2 托盘的有限元分析

通过使用Solid Edge软件的仿真模块NX nastran对托盘模型进行有限元分析。根据GB/T 4996—2014《联运通用平托盘试验方法》^[13]中托盘叉举试验的要求,对OSB板托盘进行叉举试验的有限元仿真分析。按照实际使用中该托盘所受的载荷,确定模拟实际叉举试验载荷压力为6.5 kN,载荷均匀施加于托盘面板下方的4根承载杠上,见图3。

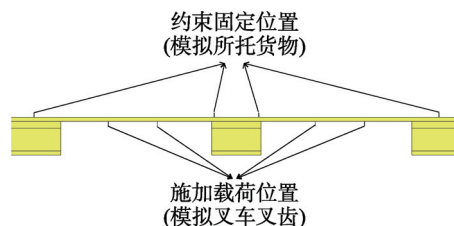


图3 托盘载荷和约束加载位置

Fig.3 Pallet loads and constraint loading position

分别对只有面板、面板加上连接板、局部托盘和整体托盘的模型进行有限元分析。网格划分采用四面体结构,网格尺寸为20 mm,局部托盘经生成网格得到76 097个节点和44 258个元素;整体托盘经生成网格得到288 681个节点和162 356个元素。相邻钢钉模型间距为50 mm。托盘位移云图见图4。

图4a中最大变形量为18.35 mm,图4b中最大变形量为17.97 mm,图4c中最大变形量为17.5 mm,图4d中最大变形量为16.75 mm。通过对比不同模型位移云图中最大变形量的不同,可以看出,上连接板、垫块和下连接板都对托盘的叉举性能有加强作用^[14-15]。局部托盘与整体托盘叉举试验的等效力云图见图5。

由图5可以看出,托盘上应力主要集中于托盘中央面板与上连接板的连接处,面板弯曲处最大应力为13~13.3 MPa,小于OSB板的屈服极限,这与实际情况相符合,证实了OSB板材用于托盘制作的可行性。由图6可以看出,采用钢钉模型连接面板与上连接板和垫块之后,面板两侧与上连接板有明显脱开,与将托盘模型作为一个整体进行分析的结果相比,这更符合托盘进行叉举试验时的实际情况。

整体托盘与局部托盘模型的有限元分析结果相比,其位移与应力分布情况均基本一致,因此,为了减少有限元分析的工作量,可以选择对部分托盘进行有限元分析,同样可以得到有效的分析数据。

2 简化模型和钉间距对托盘性能的影响

对局部托盘模型进行全连接约束,即将托盘整体模型简化为一体进行有限元分析,其结果见图7。

当模型整体使用全连接约束时,垫块与面板之间会完全连接在一起,见图8。这种情况下,托盘的最

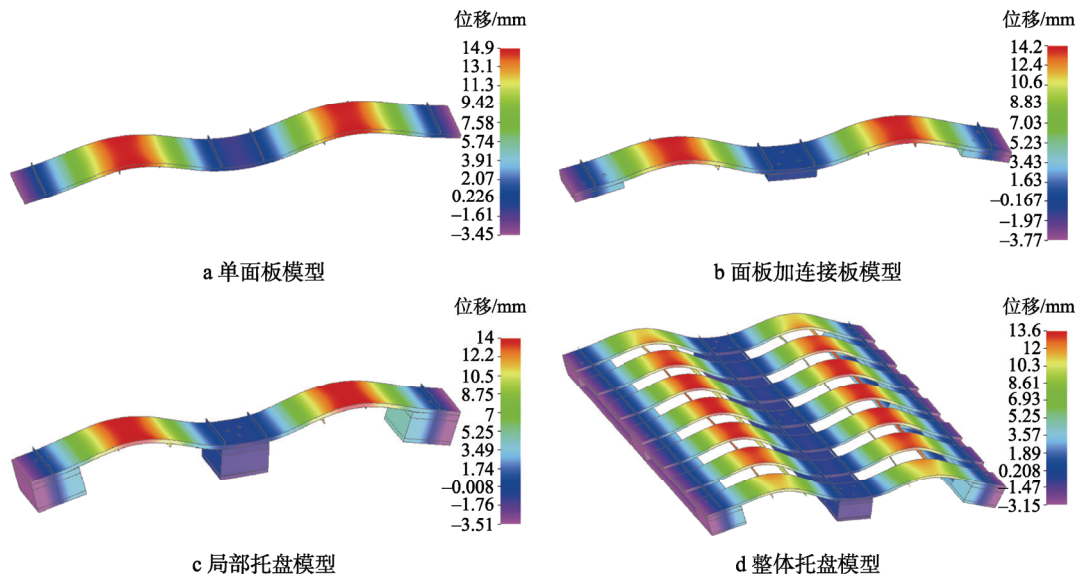


图 4 托盘位移云图
Fig.4 Displacement nephogram of pallet

其进行有限元分析，分析结果见图 9。由图 9 中可以看出，当钉间距下降 10 mm 时，托盘的最大变形量

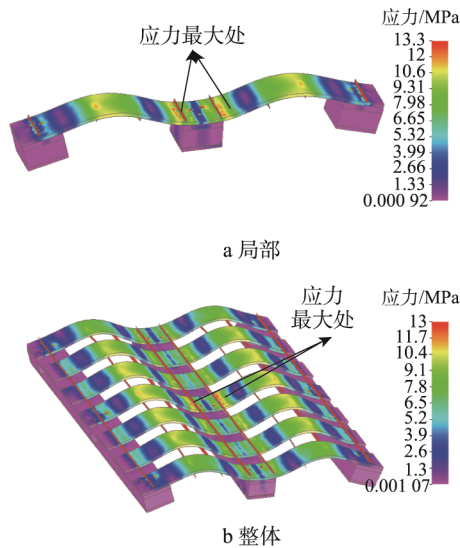


图 5 托盘等效应力云图
Fig.5 Stress nephogram of pallet

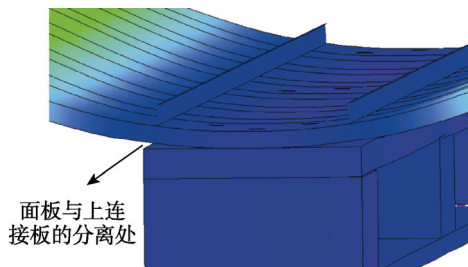


图 6 钉合处细节
Fig.6 Connection details

大变形量为 13.9 mm，远小于使用钢钉模型进行连接的托盘模型的最大变形量 16.75 mm。分析可知，完全的连接会造成面板挠度的下降，从而过分夸大托盘的强度，因此，该种模型不符合实际情况。

考虑到钢钉间距会对托盘的强度造成影响，将模型中钢钉间距进行缩短，使钢钉间距缩短 10 mm，对

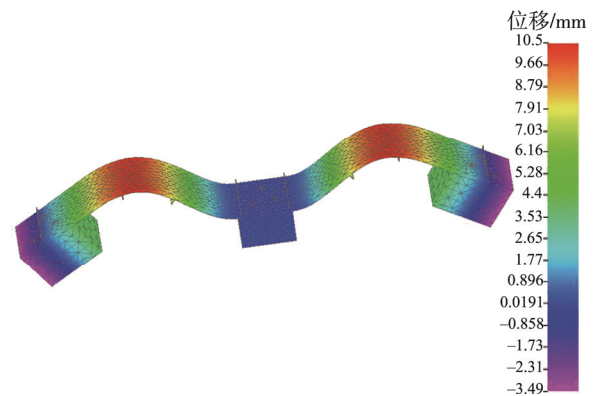


图 7 全连接局部托盘位移
Fig.7 Displacement of bonded local pallet

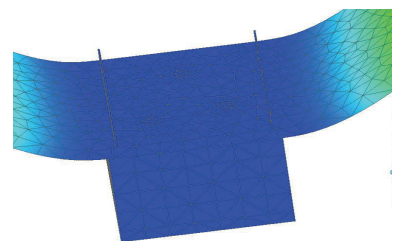


图 8 全连接模型细节
Fig.8 Bonded model detail

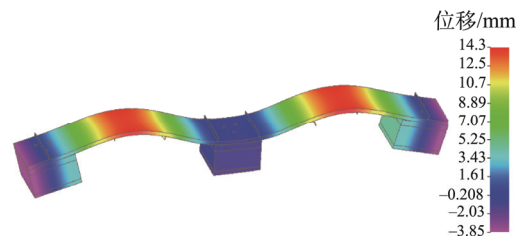


图 9 缩短钉间距位移
Fig.9 Displacement of shortened distance between nails

增大了 0.8 mm, 因此, 钉间距的变化也会对托盘的性能造成一定影响。

3 试验结果与有限元分析结果的对比

试验根据 GB/T 4996—2014 《联运通用平托盘试验方法》^[13] 中托盘叉举试验的要求, 对 OSB 板托盘进行叉举试验, 试验设备为 CT-5000C 整箱抗压试验机, 试验见图 10。将托盘放置在刚性支架上, 在托盘上放置加载杠, 试验机加载板均速下降, 将试验载荷逐步增加至额定 6.5 kN。



图 10 托盘叉举试验
Fig.10 Fork test of pallet

载荷施加到 6.5 kN 时, 托盘的最大变形量为 18.2 mm。与使用 Solid Edge 软件进行有限元分析的结果 16.75 mm 相比 (见图 11), 有限元分析得出的托盘最大位移整体上略小于实际试验所得的数据。考虑到同种类木材间的性能误差以及人工试验的些许误差, 托盘实际试验与有限元分析结果接近, 验证了有限元分析的可靠性。

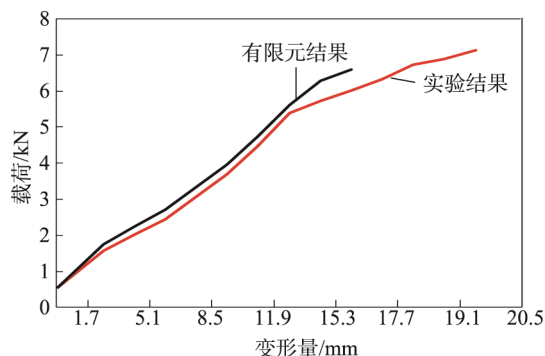


图 11 试验载荷-变形曲线
Fig.11 Test load-deformation curve

4 结语

对使用 OSB 板材的托盘进行实际试验和有限元仿真分析, 通过对试验数据的分析, 证实了 OSB 板材用于常用托盘制作的可行性。利用 Solid Edge 对托盘进行实体建模, 并对托盘进行叉举试验的有限元分析, 查看托盘面板的挠度值以及应力分布情况, 并与试验数据进行对比验证, 证实 Solid Edge 软件可用于托盘的前期设计与性能评估。在有限元分析中采用钢

钉模型对托盘各部件进行连接, 并与全连接的托盘模型进行对比, 证实该种模型的分析结果更加接近于真实情况。改变钉间距后对托盘进行有限元分析, 证实钉间距的改变会对托盘性能造成的影响, 合适的钉间距才能使托盘发挥最大的性能。

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, 2012.
PENG Guo-xun. Design of Transportation Packaging[M]. Beijing: Graphic Communication Press, 2012.
- [2] 彭国勋. 机电产品木包装系统设计[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2014.
PENG Guo-xun. Wood Packaging System Design with Mechantronics Products[M]. Beijing: Graphic Communication Press, 2014.
- [3] 魏康成, 李建波, 陈才武. 定向结构刨花板研究[J]. 中国木材, 2013(4): 21—22.
WEI Kang-cheng, LI Jian-bo, CHEN Cai-wu. Research on Oriented Structure Particleboard[J]. Chinese Wood, 2013(4): 21—22.
- [4] 郑忠福, 俞艳, 林上禄. 利用 OSB 板生产竹木复合集装箱底板探讨[J]. 林业机械与木工设备, 2016, 44(10): 29—32.
ZHENG Zhong-fu, YU Yan, LIN Shang-lu. Discussion about the Use of OSB Boards to Produce Bamboo/Wood Composite Floors[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2016, 44(10): 29—32.
- [5] 李杨, 李光. 基于 SolidWorks 的托盘结构有限元分析及优化设计[J]. 包装工程, 2011, 32(19): 1—4.
LI Yang, LI Guang. Structural Finite Element Analysis and Optimum Design of Pallet Via SolidWorks[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(19): 1—4.
- [6] 马卫静, 陈满儒, 李强. 利乐包塑木托盘的有限元分析[J]. 包装工程, 2011, 32(1): 76—79.
MA Wei-jing, CHEN Man-ru, LI Qiang. Spherical Shell Models for Insulating Packages Based on ANSYS[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 76—79.
- [7] 丁毅, 刘雯. 基于 ANSYS 对木质托盘整体结构的静力分析[J]. 包装与食品机械, 2009, 27(6): 12—17.
DING Yi, LIU Wen. ANSYS of Static Analysis for Wooden Pallet Based on the Structure[J]. Packaging and food machinery, 2009, 27(6): 12—17.
- [8] 丁毅, 苏杰, 陈立民. 基于 ANSYS Workbench 的轻质托盘承载性能分析[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(2): 67—69.
DING Yi, SU Jie, CHEN Li-min. Analysis of Load Bearing Properties for the Lightweight Pallet Based on ANSYS Workbench[J]. Packaging and Food Machinery, 2012, 30(2): 67—69.
- [9] WASEEM A, NAWAZ A, MUNIR N, et al. Comparative Analysis of different Materials for Pallet Design using ANSYS[J]. International Journal of Mechanical

- & Mechatronics Engineering, 2013, 13(2): 26—32.
- [10] SOURY E, BEHRAVESH A H, ESFAHANI E R, et al. Design, Optimization and Manufacturing of Wood-plastic Composite Pallet[J]. Materials & Design, 2009, 30(10): 4183—4191.
- [11] 李光, 路振静, 赵磊. 基于模型库的木质托盘 CAD/CAE 系统开发及应用[J]. 包装与食品机械, 2014, 32(2): 50—53.
- LI Guang, LU Zhen-jing, ZHAO Lei. Development and Application of CAD/CAE System for Wooden Pallet Based on Model Library[J]. Packaging and food machinery, 2014, 32(2): 50—53.
- [12] 王艳菊, 陆佳平. 基于 ANSYS 的托盘弯曲承载特性分析及试验验证[J]. 包装工程, 2012, 33(17): 23—26.
- WANG Yan-jun, LU Jia-ping. ANSYS-Based Analysis of Pallet Bending Performance and Its Experimental Verification[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(17): 23—26.
- [13] GB/T 4996—1996, 联运通用平托盘试验方法[S]. GB/T 4996—1996, Test Method of General Plate[S].
- [14] 曹菲. 木托盘受力性能理论分析及有限元模拟[J]. 包装工程, 2016, 37(23): 50—54.
- CAO Fei. Theoretical Analysis and Finite Element Simulation of Mechanical Property for Wooden Pallet[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(23): 50—54.
- [15] 王久龙, 韩雪山, 陈志强. 基于 ISO8611 实验研究木托盘构件尺寸对性能的影响[J]. 包装工程, 2014, 35(7): 39—43.
- WANG Jiu-long, HAN Xue-shan, CHEN Zhi-qiang. Analysis of Effect of Component Size on the Performance of the Wood Pallet Based on ISO 8611[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(7): 39—43.