

热熔胶胶层温度对单板/MDF 胶合强度的影响

彭晓瑞, 张占宽, 李伟光, 李博

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 以 EVA 和 APAO 热熔胶为胶黏剂粘接木材单板和中密度纤维板 (MDF), 探讨胶层温度对单板/MDF 胶合强度的影响。结果表明: 单板/MDF 的胶合强度随胶层温度的升高显著降低; APAO 胶合试样的耐温性能优于 EVA 胶; 当 EVA 和 APAO 胶层温度分别低于 41 和 47 °C 时, 粘接的材料均有足够的胶合强度, 可进行后续工序加工。为框架集成材在线异形拼接加工及封边自动化生产, 提供重要依据。

关键词: 胶层温度; 热熔胶; 胶合强度; 单板; 中密度纤维板

中图分类号: TS653 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2018) 02-0042-03

Influence of Adhesive Layer Temperature on Bonding Strength of Veneer/MDF Glued by Hot Melt Adhesives

PENG Xiao-ru, ZHANG Zhan-kuan, LI Wei-guang, LI Bo

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Veneer and medium density fiberboard (MDF) samples were glued together with EVA and APAO hot melt adhesives. The effect that adhesive layer temperature in the samples had on bonding strength was evaluated.

The results showed that adhesive layer temperature had significant influence on bonding strength and the temperature resistant performance of the APAO was better than that of the EVA. When the adhesive layer temperature of the EVA and APAO was lowered under 41 °C and 47 °C, respectively, the both samples could be strong enough for follow-up processing. This study result could be used in splicing processing of timber framework on-line manufacturing and wood edge banding automation applications.

Key words: adhesive layer temperature; hot melt adhesive; bonding strength; veneer; medium density fiberboard (MDF)

我国是木制品制造大国, 木门窗、木家具、木地板等产品的产能和产值均居世界第一^[1-3]。探索合理的加工工艺, 降低木制品生产中的木材消耗, 提高木制品生产的机械化程度和生产效率, 是当前我

国木制品产业高速发展中急待解决的问题^[4-9]。

采用速生材异形拼接技术进行框架集成材加工, 是将部件生产原料从传统使用的矩形截面锯材、方材改为组合拼接, 组合的形状尽量接近木制品最终型材截面, 可大大减少木材的切削量, 对实现木材的高效利用意义重大^[10]。

为了实现异形拼接的自动化生产, 需选用粘接迅速且固化快的胶黏材料, 如热熔胶就是实现异形

收稿日期: 2017-08-29; 修改日期: 2018-01-22

基金项目: “十三五”国家重点研发计划课题“木制品节材加工技术与装备研究”(2016YFD0600702)。

作者简介: 彭晓瑞 (1984—), 女, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

拼接自动化生产的理想胶黏剂^[11-12]。

然而,热熔胶对温度敏感,若拼接材料热压后冷却过程胶层温度没有降低到一定温度时,则胶合强度基本为零,无法转入下道工序加工;而延长冷却时间又降低了生产效率。因此,合理控制异形拼接材料热压冷却后的胶层温度,探究胶拼材料连续加工的临界温度,是保证异形拼接材料的胶合强度和效率的关键因素。

笔者采用热熔胶对木材、中密度纤维板(MDF)进行胶合,考察热压后冷却过程胶层温度,对单板/MDF胶合强度的影响,旨在确定工件后续生产的适合温度,为实现框架集成材等异形拼接铣型、木制品封边等自动化、连续化加工,提供重要理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 试材: ① 樟子松(*Pinus sylvestris*)单板,厚度4 mm,密度0.54 g/cm³,含水率约10%,表面平整,无节疤、虫眼、裂痕等缺陷。② MDF,密度0.78 g/cm³,厚度4 mm。均外购。分别将单板和MDF锯切成规格为20 mm × 30 mm的小试样,各288块。

2) 热熔胶: ① EVA胶,系乙烯-醋酸乙烯共聚物,相对密度0.948 g/mL(25/4 °C),熔点100 °C。② APAO胶,非晶态 α -烯炔共聚物,相对密度0.87 g/mL(25/4 °C),熔点140 °C。均外购。

由于热熔胶的黏度和形态对温度极为敏感,颗粒状热熔胶在涂胶过程中,不易涂布均匀,因此,根据前期试验,改用EVA和APAO热熔胶膜进行。为保证与颗粒热熔胶的涂布量一致,本试验选择2种热熔胶的胶膜厚度均为0.2 mm。

测试发现,采用热熔胶颗粒和热熔胶膜制备试样的胶合强度无明显差异,因此,后续试验均采用EVA和APAO热熔胶膜进行。

3) 辅助材料: 铝箔。

1.2 仪器设备

自制带温控人造板拉伸试验机。由恒温恒湿箱(DGB/20-002)与拉伸试验机组成。在恒温恒湿箱内加设拉伸夹具,进行胶合强度拉伸试验(图1)。卡头粘合面积为20 mm × 20 mm。

其他: 平压热压机、红外测温仪,等。

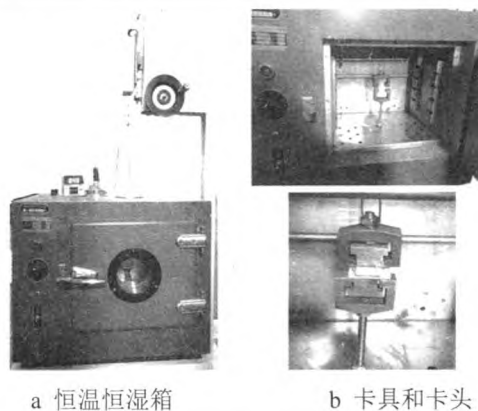


图1 带温控的拉伸试验机及夹具和卡头

Fig.1 Tensile testing machine and fixture with temperature control

1.3 试验设计

根据前期试验,选择不同熔点的2种热熔胶胶膜进行试验。EVA热熔胶制备试样的胶层温度控制范围为38~45 °C; APAO热熔胶制备试样的胶层温度控制范围为43~50 °C。

胶层温度以每1 °C为一个测试点,即每种胶膜测试8个温度条件下的胶合强度。

因试样的胶层温度很难准确控制,本试验通过控制测试环境温度,并使试件在此温度环境里,放置足够长的时间,保证胶层温度与环境温度达到一致后,再测定试样的胶合强度。即将充分冷却的试样放置在不同温度的恒温恒湿箱中,至少1 h以上,保证试样的胶层温度与设定温度达到平衡。

1.4 试样制备

1) 施胶: 分别将EVA和APAO热熔胶膜裁切成20 mm × 20 mm的规格,置于试样表面;

2) 组坯: 按照单板与单板、单板与MDF、MDF与MDF,分三组进行交错叠放组坯后,送入热压机;

3) 热压胶合: 热压压力1 MPa,热压时间3 min, EVA和APAO胶的热压温度分别为110和140 °C。卸压后取出试样,冷却至常温备用。

每种组坯方式制备试样的数量均为96块。

1.5 性能测试

参照GB/T 17657-2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》测定胶合强度。按设计的胶层温度和测温点,调节恒温恒湿箱的温度至设定温度后,施加均匀载荷,保证试样在(60±30) s内破坏。

每个胶层温度重复测试6次,结果取平均值。

2 结果与分析

2.1 EVA 热熔胶膜试样的胶合强度

不同胶层温度时,采用 EVA 热熔胶膜制备试样的胶合强度测试结果,如图 2 所示。

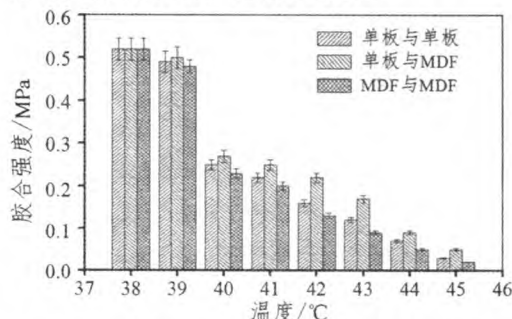


图 2 不同胶层温度下 EVA 胶制备试样的胶合强度

Fig.2 Bonding strength of specimen glued by EVA hot melt adhesive under different adhesive layer temperatures

图 2 显示,3 种材料试样的胶合强度变化趋势基本一致,即随着胶层温度的升高,胶合强度显著降低。相同胶层温度条件下,单板与 MDF 试样的胶合强度最高,MDF 与 MDF 试样的胶合强度最低。

单板表面的管孔、木纤维等组织结构相对丰富,而 MDF 表面相对光滑,当二者胶合时,高温熔融的胶黏剂铺展、渗透至单板和 MDF 内部,在压力作用下,两者形成机械啮合力,粘合相对紧密稳固,胶合强度较高;MDF 表面存在预固化层,且表层纤维之间的内结合力较低,导致 MDF 与 MDF 胶合时,纤维与纤维间的胶接结构不稳固,胶合强度相对较低;单板表面的孔隙结构有利于胶黏剂形成胶钉,但樟子松木材的树脂含量较高,经高温处理后,部分树脂析出,从而影响单板之间界面的胶合强度。

测试过程中观察到,当胶层温度为 38~39 °C 时,三种试样的破坏形式均为基材内部撕裂,表明试样的胶合强度大于基材自身的强度,此时对应的胶合强度为 0.48~0.52 MPa;胶层温度为 41 °C 是一个分界点,三种试样的破坏形式均为胶层开裂,胶合强度分别在 0.22, 0.25 和 0.23 MPa 左右。

在此分界点之上,如胶层温度升高至 42 °C 时,单板与单板及 MDF 与 MDF 胶合试样的胶合强度均低于 0.2 MPa,难以进行后道工序的加工,仅单板与 MDF 的胶合强度尚有 0.22 MPa;当胶层温度高于 43 °C 时,三种试样的胶合强度均不足 0.2 MPa;胶层温度升高至 45 °C 时,三种试样的胶合强度均几乎为零。

按国家标准要求,人造板材胶合强度的标准值为 0.4 MPa,而通过工厂试验与测算发现,当单板/MDF 的胶合强度 > 0.2 MPa 时,即可进行后续铣型、砂光及封边后的截断、精修等工序。因此,笔者将 0.2 MPa 为生产过程中部件胶合强度的评判值。

由此可见,采用 EVA 胶制备的试样,只有控制胶层温度低于 41 °C,才可顺利进行后续加工。

2.2 APAO 热熔胶膜试样的胶合强度

不同胶层温度时,APAO 热熔胶膜制备试样的胶合强度,如图 3 所示。

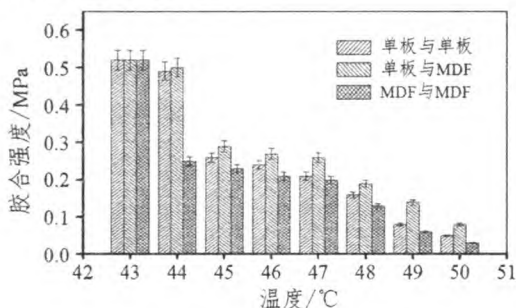


图 3 不同胶层温度下 APAO 胶制备试样的胶合强度

Fig.3 Bonding strength of specimen glued by APAO hot melt adhesive under different adhesive layer temperatures

如图 3 所示,随着胶层温度的升高,APAO 胶制备试样的胶合强度亦明显降低,与 EVA 胶试样变化趋势相似,只是 APAO 胶制备试样的耐温性能高于 EVA 胶;相同胶层温度条件下,也是单板与 MDF 组合试样的胶合强度最高,MDF 与 MDF 试样最低。

测试过程中发现,当胶层温度为 43~44 °C 时,单板与单板及单板与 MDF 胶合试样的破坏形式是基材撕裂,表明试样的胶合强度高于基材自身的强度,此时对应的胶合强度为 0.49~0.52 MPa;当胶层温度为 44 °C 时,MDF 之间胶合试样的破坏形式变为胶层开裂,表明试样的胶合强度低于 MDF 自身的内结合强度,此时对应的胶合强度为 0.26 MPa。

因此,胶层温度为 47 °C 是一个分界点,三种试样的破坏形式均为胶层开裂,对应的胶合强度分别为 0.2, 0.26 和 0.21 MPa;在此分界点之上,三种试样的胶合强度均低于 0.2 MPa;胶层温度高于 49 °C 时,试样的胶合强度基本趋于零。说明采用 APAO 为胶黏剂时,可以胶层温度 47 °C 为判定值。低于此温度时,方可进行下道工序加工。

(下转第 48 页)

而竹纤维属于可再生、可降解的材料,发展前景广阔。因此,综合考虑竹纤维/聚丙烯纤维保温复合材料的保温和力学性能,可选择密度为 0.20 g/cm^3 的复合材料,代替聚苯乙烯泡沫,用于 SIPs 芯材。

3 结论

1) 与聚苯乙烯泡沫相比,竹纤维/聚丙烯纤维保温复合材料的主要组分竹纤维具有可再生、可降解等特点,作为 SIPs 芯材发展前景广阔。

2) 随着密度增加,竹纤维/聚丙烯纤维保温复合材料的力学性能增加,导热系数呈先降后升的趋势。

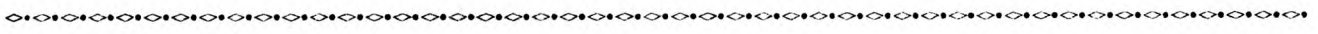
3) 综合考虑竹纤维/聚丙烯纤维保温复合材料的保温性能和力学性能,当其密度为 0.20 g/cm^3 时,导热系数最小,与聚苯乙烯泡沫板的性能指标相当,可以代替聚苯乙烯泡沫,作为 SIPs 芯材。

4) 竹纤维/聚丙烯纤维保温复合材料的阻燃性能,后期还将进行系统研究。

参考文献:

- [1] 胡爽,翟金国,叶文,许肖丽,陈涛,林倬仕,尹亮,陈崇伟. 无卤阻燃聚氨酯外墙保温材料[J]. 广州化工, 2015, 4(1): 59-61.
- [2] 杜强,姚星皓,吕晶. SIPs 中 EPS 芯材的力学性能试验[J]. 重庆大学学报, 2014, 37(7): 90-97.
- [3] 秦培成,查晓雄,于航. 挤塑材料本构关系及其在夹芯板中的应用[J]. 建筑材料学报, 2008, 11(2): 167-171.
- [4] 秦培成,查晓雄,于航. 聚氨酯硬质泡沫材料本构研究及其在夹芯板中的应用[J]. 工业建筑, 2008, 38(4): 77-81.
- [5] 杜强,卫婧,吕晶,王宁. 以岩棉为芯材的 SIPs 力学性能试验研究[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2017, 36(1): 45-49.
- [6] Kumar N, Mireja S, Khandelwal V, Arun B, Manik G. Light-weight high-strength hollow glass microspheres and bamboo fiber based hybrid polypropylene composite: A strength analysis and morphological study[J]. Composites Part B Engineering, 2017, 109: 277-285.
- [7] Sukmawan Romi, Takagi Hitoshi, Nakagaito Antonio Norio. Strength evaluation of cross-ply green composite laminates reinforced by bamboo fiber[J]. Composites Part B Engineering, 2016, 84: 9-16.
- [8] 毛安雄,邱洪林,张贺威. 外墙保温材料导热系数的试验研究[J]. 工程设计与设计, 2014, (3): 109-111.
- [9] 常偃宇,张金花,王小安,林莉. 常见保温材料密度与导热系数关系的研究[J]. 工程质量, 2009, 27(2): 66-70.

(责任编辑 孟凡丹、向琴)



(上接第 44 页)

3 结论

1) 在本试验条件下,随着试样胶层温度的升高,采用 EVA 和 APAO 热熔胶制备试样的胶合强度,均呈显著降低的趋势;在相同的胶层温度条件下,木材与 MDF 胶合试样的胶合强度最高,MDF 之间胶合试样的胶合强度最低。

2) 采用 EVA 热熔胶进行粘接时,应控制胶层温度低于 $41 \text{ }^\circ\text{C}$,方可进行后续生产;而采用 APAO 胶胶合时,胶层温度应低于 $47 \text{ }^\circ\text{C}$,便可进行后续加工。

3) APAO 胶制备试样的耐温性能高于 EVA 胶,主要与 APAO 胶自身的高熔点有关,但 APAO 胶的价格高于 EVA 胶。为了提高胶黏剂的耐温性能,同时降低生产成本,对于使用颗粒状热熔胶生产的企业,可将两种热熔胶颗粒按一定比例混合使用。

4) 试验确定的异形拼接、木制品表面饰面或集成材制作生产的适合胶层温度,为实现异形拼接框架集成材的铣形与砂光、木制品封边处理等工序的自动化、连续化生产,为智能化生产的设备改型与生产线的研发,提供了重要理论依据。

参考文献:

- [1] 国家林业局. 2014 年林业发展报告[M]. 北京:中国林业出版社,2014.
- [2] 彭晓瑞,张占宽. 柔性装饰薄木制备技术的现状与发展[J]. 木材工业, 2016, 30(6): 23-26.
- [3] 华毓坤. 21 世纪人造板工业发展趋势[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2001, 25(2): 6-8.
- [4] KIM S, KIM H J. Comparison of standard methods and gas chromatography method in determination of formaldehyde emission from MDF bonded with formaldehyde-based resins[J]. Bioresource Technology, 2005, 96(13): 1457-1464.
- [5] 司小雷. 我国的建筑能耗现状及解决对策[J]. 建筑节能, 2008, 36(2): 71-75.
- [6] 张琦. 集成材生产企业胶合面加工工序设备及工艺对比分析[J]. 山东林业科技, 2015, (3): 78-81.
- [7] 白化奎. 提高集成材出材率及木材利用率的几项措施[J]. 陕西林业科技, 2008, (1): 142-143.
- [8] 李龙,申世杰,刘亚兰,等. 集成材/FRP 复合材料胶合性能研究进展[J]. 林业机械与木工设备, 2010, 38(7): 7-9.
- [9] 黄瑞文,叶伟松,卢建新. 集成材拼接设备的现状与展望[J]. 木材加工机械, 2010, (4): 36-38.
- [10] 王雪花. 框架集成材异形拼接及砂光工艺研究[D]. 中国林业科学研究院硕士学位论文, 2009: 7-30.
- [11] 李超. EVA 型封边热熔胶及其粘结性能和流变性能的研究[D]. 华东理工大学硕士学位论文, 2012: 5-28.
- [12] 杨笠. 用 PE 热熔胶膜制造胶合板带来的产业升级[J]. 林产工业, 2017, (1): 43-45.

(责任编辑 孟凡丹、向琴)