

DOI: 10.12326/j.2096-9694.2021129

塑膜增强柔性装饰薄木制备与饰面应用进展

彭晓瑞, 张占宽

(中国林业科学研究院木材工业研究所; 国家林业和草原局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)



摘要: 为了提高珍贵树种木材利用率和增加木制品附加值, 塑膜增强柔性装饰薄木应运而生, 产品具有很强的应用价值和广阔的市场前景。总结“十三五”期间新型塑膜增强柔性薄木制备工艺的研究进展, 阐明不同种类塑膜增强柔性装饰薄木的可行性及适用性, 分析塑膜增强柔性装饰薄木饰面应用的产业化优势和亟待解决的技术问题, 并对其技术与应用发展趋势进行展望。

关键词: 塑膜; 柔性装饰薄木; 制备技术; 应用进展

中图分类号: TS653

文献标识码: A

文章编号: 2096-9694 (2022) 04-0001-05

Preparation and Application of Plastic Film Reinforced Pliable Decorative Veneer

PENG Xiao-rui, ZHANG Zhan-kuan

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

Abstract: In order to improve the utilization rate of precious wood species and increase the added value of wood products, plastic-film reinforced pliable decorative veneer (PRPDSV) has been developed. These products have strong application value and broad market prospects. This paper reviewed the preparation, application status, and research progress of new products developed during the 13th Five-Year Plan period. The feasibility and applicability of different kinds of PRPDSV was analyzed. The specific industrial application progress of PRPDSV was expounded. Both the industrial advantages and technical problems of plastic film reinforced flexible decorative veneer were summarized. The development trend of its technology and application was prospected.

Key words: plastic-film; pliable decorative veneer; preparation technology; application progress

我国是木制品制造大国, 但我国木材资源短缺, 特别是珍贵木材资源供不应求, 一直是我国林业产业面临的迫切问题^[1-4]。促进木材资源最大化利用和木制品表面增值加工, 对缓解我国木材资源匮乏、实现木制品高质高效发展具有极其重要的意义。

收稿日期: 2021-09-06; 修改日期: 2021-12-23

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目“塑膜增强薄木曲面成型的界面微观结构及卷曲变形的控制机制”(31800490)。

作者简介: 彭晓瑞 (1984—), 女, 副研究员。Email: pengxr@caf.ac.cn

中国林业科学研究院木材工业研究所在林业公益性行业科研专项重大项目“实木复合门机械化制造与环保涂装技术研究(201204703)”中, 即提出了一种新型塑膜衬底柔性装饰薄木制作方法, 该种柔性装饰薄木由塑膜增强材料和装饰薄木构成, 其中塑膜既是柔性增强材料, 又充当薄木热压复合及基材贴面时的粘接材料, 制备和饰面过程均无需施胶, 具有耐水性佳、柔韧性好、横向抗拉强度高、无游离甲醛释放、饰面工艺简单等优势, 是一种环境友好的绿色环保产品。

“十三五”期间,依托国家自然科学基金青年基金项目“塑膜增强薄木曲面成型的界面微观结构及卷曲变形的控制机制(31800490)”和国家重点研发计划项目课题“木制品节材加工技术与装备研究(2016YFD0600702)”,课题组进一步深入开展了塑膜与薄木的界面胶合机理、高温热压复合卷曲变形特性与控制、饰面过程的复合性能调控等方面的研究,为推动塑膜增强柔性装饰薄木的工业化应用做了大量基础工作,并取得较为丰富的研究成果^[5-6]。本文总结新型塑膜增强柔性薄木的制备工艺研究进展,系统分析不同种类塑膜增强柔性装饰薄木的可行性及适用性,阐明该类新型薄木饰面应用的产业化优势和亟待解决的技术问题,旨在促进塑膜增强柔性装饰薄木的产业化应用,推进木制品表面绿色饰面产业升级。

1 常见塑膜材料特性及其增强柔性薄木的适用性

塑料薄膜是以聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)、聚乙烯(polyethylene, PE)、聚丙烯(polypropylene, PP)、聚苯乙烯(polystyrene, PS)或其他树脂作为主要成分,适当地加入添加剂,塑化成型而制成具有一定使用功能的薄膜^[7-8]。考虑塑膜的柔性增强和粘接作用及工艺的可行性,重点分析常见的薄膜材料,包括:低/高密度聚乙烯(low/high density polyethylene impermeable membrane, LDPE/HDPE)、聚丙烯、聚氯乙烯、聚酯(polyester, PET)、聚酰胺(polyamide, PA)和乙烯-醋酸乙烯共聚物树脂(ethylene-vinyl acetate copolymer, EVA)等塑膜^[9-11]。

PE、PP和PVC都是常见通用塑膜材料。其中PE和PP是聚烯烃类材料,只是分子结构上的H原子数量不同。PP的分子键比PE强,分子量大,PE的韧性比PP强^[12-13]。低密度聚乙烯(LDPE)薄膜是应用最广泛、用量最大的一种塑料包装薄膜,通常采用吹塑和流延两种工艺制成,是一种半透明、有光泽、质地较柔软、材质均匀且成本较低的薄膜,具有优良的化学稳定性、热封性、耐水性和防潮性,耐冷冻,可水煮。PP膜主要包含双向拉伸(biaxially oriented polypropylene, BOPP)膜和流延(cast polypropylene, CPP)膜,前者是

由聚丙烯颗粒经共挤形成片材后,再经纵横两个方向的拉伸制成,物理稳定性、机械强度、气密性较好,透明度和光泽度较高,坚韧耐磨,是应用最广泛的印刷薄膜;后者采用流延工艺生产,透明度极好,厚度均匀且纵横向性能均匀,一般用作复合薄膜的内层材料^[14-15]。PP膜用作薄木增强材料时,需经一定改性处理,结合其“熔指”参数等进行粘接,但是成本相对较高,相同条件下考虑工厂化应用更多选用PE膜作为增强材料。PVC膜透明度最高,耐温最高达80℃,但是含有氯代物,高温时容易产生有害物质,环保性相对较差。考虑塑膜增强柔性薄木需进行高温热压工艺,PVC作为增强材料的试验研究较少^[16-17]。

市面上还有些特殊用途和功能的塑膜材料,如目前市场关注度很高的PET膜,但大多数考虑将其作为装饰墙板等饰面材料,其二次熔融特性相对较差,故不适合用于柔性装饰薄木的制备^[18]。PA薄膜是一种非常坚韧的薄膜,透明性好,抗张强度、拉伸强度较高,具有较好的耐热、耐寒、耐磨和耐有机溶剂等性能,质地较柔软,阻氧性优良,通常应用于肉食、油炸食品的包装,黏性相对较差,故不易于作为装饰薄木的柔性增强材料^[19]。EVA热熔胶膜的熔点和软化点相对较低,可低至60℃,在柔性装饰薄木制备中热压温度可以控制到较低水平,约100℃即可,极大程度上缓解薄木的卷曲变形问题,且热熔胶能与装饰薄木产生较好地粘合。但由于热熔胶膜为熔点低的可塑性材料,易造成后期贴面应用过程中,遇水浸泡或高温时产生褶皱起皮或脱层分离等问题,浸渍剥离性能一般仅为II~III类要求,因此在采用EVA热熔胶膜进行柔性装饰薄木制备时,需对其进行改性,或选用熔点相对较高的热熔胶膜,但成本增加明显。

2 PE膜增强柔性装饰薄木研究进展

2.1 PE膜增强柔性装饰薄木的界面胶合机理

由于PE膜的初黏性好,成本低,耐水性好,适用性强,易通过改性提高材料表面性能,故笔者课题组开展了大量PE薄膜增强柔性装饰薄木的制备工艺研究。目前国内外鲜见相关研究,但在

高校和科研院所已逐步展开与其技术产品相关联的基础研究,特别是PE膜与装饰单板的界面胶合机理研究。南京林业大学周晓燕教授团队对常压冷等离子体处理改善杨木(*Populus spp.*)单板胶合特性开展了较深入研究,提出等离子体处理可提高材料的润湿性和粗糙度,增加表面化学活性;西南林业大学杜官本教授团队则采用空气介质阻挡放电等离子体对云南松(*Pinus yunnanensis*)单板表面进行处理,以提高单板表面自由能,增加材料表面化学活性基团,提高界面胶合特性^[20-21]。

PE膜主要由非极性分子构成,而木材纤维主要由亲水性的极性分子构成,两者极性差异很大,其间难以形成良好粘合,造成塑膜增强柔性薄木的浸渍剥离性能和表面胶合强度难以达到木制品饰面产品的质量要求^[22-24]。鉴于此,彭晓瑞等采用马来酸酐接枝PE偶联剂改性塑膜制备技术和等离子体改性协同处理技术,制备木制品饰面用塑膜增强柔性增强薄木,采用接触角测试仪、扫描电镜、X射线光电子能谱及原子力显微镜等,深入分析了低温等离子体与改性PE膜有效提高PE膜与装饰薄木的界面胶合机理,发现等离子体处理可提高改性PE膜和不同树种薄木的表面润湿性和粗糙度,且改性效果与薄木树种有关;增加改性PE膜与装饰薄木表面的化学活性基团,以增强改性PE膜与装饰薄木热压复合的界面相容性。同时探明了不同薄木的等离子体改性处理优化参数,发现等离子处理PE膜的物理和化学改性效果比处理装饰薄木的更加显著。以上研究结论对PE膜增强柔性装饰薄木的制备提供了重要的理论基础和实践参数^[25-27]。

2.2 PE膜与装饰薄木高温热压复合卷曲变形特性

PE膜与装饰薄木的热膨胀系数差异较大,前者约为后者的10倍以上,且材料基体厚度均较薄,两者热压复合极易产生由于应力不平衡、收缩位移不等而导致的复合材料整体向塑膜一侧卷曲变形问题。因此,如何在实现塑膜与装饰薄木热压复合有效胶合的同时,解决塑膜增强薄木的卷曲变形问题,笔者课题组在此方面做了大量基础理论研究。建立了塑膜与装饰薄木热压复合弹塑性力学模型,试验研究了两种材料在不同热压温度、

材料厚度比和装饰薄木种类等条件下,塑膜增强柔性薄木高温热压卷曲变形特性,探明了PE膜增强柔性装饰薄木高温热压卷曲变形的主要影响因素和控制机制,提出了热压温度对塑膜与薄木热压卷曲变形具有显著影响,降低热压温度可显著缓解柔性薄木的卷曲变形;装饰薄木与改性PE膜的厚度比越大,两者热压复合后的卷曲变形程度越小;以及不同种类装饰薄木在相同热压条件下的卷曲变形程度不同等结论。基于此,进一步采用凹凸模曲面热压成型复合技术,对柚木(*Tectona spp.*)等热压温度相对较高的装饰薄木,进行复合过程中的即时反向冷却成型,优化相关曲面热压工艺参数,以增大塑膜与装饰薄木热压复合后的卷曲曲率半径,解决塑膜增强柔性装饰薄木的卷曲问题^[28-29]。

2.3 PE膜增强柔性装饰薄木制备重要工艺参数

PE膜增强柔性装饰薄木作为一种新型的表面贴面材料,其塑膜和装饰薄木均相对较薄。为了达到提高珍贵木材利用率和产品附加值目的,通常选用0.16~0.4 mm厚的装饰薄木,而改性PE膜要进行二次饰面,通常优化选用0.03~0.05 mm厚度。两者存在较强的相互影响和制约关系,对加工工艺也有较大影响。

薄木作为纹理和构造差异均较大的各向异性材料,不同树种薄木的等离子体改性预处理参数有所差异:柚木和花梨木(*Pterocarpus spp.*)采用进料速度3 m/min、放电功率3 kW,而红栎(*Quercus rubra*)、水曲柳(*Fraxinus mandschurica*)和黑核桃(*Juglans nigra*)则适合用进料速度4 m/min、放电功率2 kW^[30]。

其次,不同树种装饰薄木与改性PE膜热压复合时,热压参数亦不同。通过大量试验验证,笔者课题组探明了柚木、花梨、水曲柳、黑胡桃、红栎等薄木的优化工艺,采用马来酸酐接枝聚乙烯与等离子体协同处理技术,制得的塑膜增强柔性装饰薄木可达到柔韧性钢棒直径4 mm以下,浸渍剥离性能达到GB/T 15104—2021《装饰单板贴面人造板》I类要求,耐水性好,横向抗拉强度达到4.12 kN/m,无游离甲醛释放,符合木制品表面装饰用柔性增强薄木的相关要求^[31]。

3 塑膜增强柔性装饰薄木饰面应用研究进展

采用改性塑膜作为柔性增强材料和胶粘材料,与薄木经热压复合制备的新型塑膜增强柔性装饰薄木,用于木制品饰面,可保证产品环保性好、成本低、耐水性佳,工艺简单,通过PE薄膜二次熔融与木制品表面粘接无需另外施胶,且胶膜分布均匀,生产效率高,对于节省珍贵木材资源,提升产品综合性能和附加值,特别是解决木门等木制品异形表面装饰问题,具有实践意义。

在考虑塑膜增强柔性薄木饰面工艺时,为了保证饰面产品的表面胶合强度和浸渍剥离性能,通常需对改性PE膜复合面进行等离子体处理,实木及中/高密度纤维板、刨花板等人造板基材进行表面砂光处理,之后两者高温热压复合,陈放30 min消除热应力。

3.1 PE膜增强柔性薄木饰面木制品平面和异形面

PE膜增强柔性装饰薄木饰面木制品表面时,对于平面部位通常采用平压热压或辊压法。如高密度纤维板基材,采用PE膜增强红栎和柚木柔性薄木进行贴面加工时,热压温度对塑膜增强柔性装饰薄木贴面的表面胶合强度有极显著影响,热压压力以及热压压力和热压时间、热压温度和热

压时间的交互影响也显著。在优化工艺条件下进行热压贴面加工,塑膜增强柔性装饰薄木的表面胶合强度可达1.60 MPa,大大超过GB/T 15104—2021《装饰单板贴面人造板》的要求^[32]。

PE膜增强柔性装饰薄木的柔韧性好、横向抗拉强度高、浸渍剥离性能优,理论上对木门门套、木家具局部或构件装饰线条等异形部位适用性好。通常采用凹凸曲面模压成型的方式,需要预先制作符合材料贴面的异形构件模具,通过高温热压曲面成型进行PE膜的高温熔融及其与薄木之间的粘接固化冷却。而在高温模压过程中,易出现胶膜层二次熔融相关参数控制不佳、异形贴面模具贴合力不足,而造成贴面局部裂纹、鼓泡等问题,因此,在实际异形面饰面过程中需注意热压温度精确控制、凹凸模具精准制作与高度吻合及模压压力匹配分布等工艺参数。

PE膜增强柔性装饰薄木辊压法饰面木制品平面和异形表面工艺和专用设备尚在开发和研究中,采用辊压法进行PE膜增强柔性装饰薄木的制备和饰面应用具有生产效率高、连续性好、制备工艺简单等优势,且通过负压快速冷却和重力拉伸防卷技术等,可有效解决薄木热压卷曲变形问题。



图1 木门套装饰线条PE膜增强柔性薄木饰面

Fig.1 Door line of wooden door covers decorated by PE film reinforced pliable veneer

3.2 PE膜增强柔性装饰薄木饰面应用相关标准

PE膜增强柔性装饰薄木制备和饰面过程中,必须保证产品质量,遵循相应的国家或行业标准。目前,在柔性装饰薄木产品标准方面,国内正在执行的标准为浙江德华兔宝宝股份有限公司等起草的林业行业标准LY/T 2879—2017《装饰微薄木》,该标准中重点规定了柔韧性、横向抗张强

度、浸渍剥离性能等相关指标。而PE膜增强柔性装饰薄木饰面过程中,则需重点考虑表面胶合强度、浸渍剥离性能等指标,应参照的标准主要有:GB/T 15104—2021《装饰单板饰面人造板》、GB/T 17657—2013《人造板及饰面理化性能试验方法》、GB/T 7911—2013《热固性树脂浸渍纸高压装饰层积板(HPL)》等。

4 结语

塑膜增强柔性装饰薄木是实现珍贵树种木材高效利用和产品高附加值的重要途径之一。“十三五”期间塑膜增强柔性装饰薄木制备技术的开发,解决了由于塑膜与装饰薄木极性差别大造成界面胶合性能差和热膨胀系数差异大,从而引起的薄木热压卷曲变形等问题,并对LDPE膜、热熔胶膜、预涂膜等各类塑膜作为增强和粘接材料的适用性进行研究,探明各种塑膜增强柔性装饰薄木的优势与不足,推进产品的工业化生产与应用。

塑膜增强柔性装饰薄木可广泛应用于家具、地板、木楼梯、橱柜、衣柜、墙板等各类木制品的平面或异形表面,也可用于汽车内饰、手机外壳装饰及各类工艺品表面装饰,大大提高木材利用率,增加产品附加值,保证产品饰面质量,减小环境污染和对工人身体的危害。目前主要集中于平压法对木制品平面和模压法对门套线等异形表面的简单应用中,而对于异形曲面模压饰面的工艺及专用设备研发,以及对适合连续化作业的辊压法塑膜增强柔性装饰薄木制备和饰面技术的开发应用,仍需进行深度研究和探索,这也是塑膜增强柔性装饰薄木面向市场化、智能化、工业化发展的重要方向和路径。

参考文献:

- [1] 张德文, 张占宽, 彭晓瑞. 无纺布增强装饰薄木的柔韧性研究[J]. 木材工业, 2014, 28(5): 41-43.
ZHANG D W, ZHANG Z K, PENG X R. Flexibility of non-woven fabric reinforced decorative veneers[J]. China Wood Industry, 2014, 28(5): 41-43.
- [2] 李年存, 向琴, 杨灿明. 柔性人造装饰薄木制造工艺的研究[J]. 中南林业学院学报, 2000, 20(2): 40-43.
LI N C, XIANG Q, YANG C M. Study of the process of making soft artificial decorative veneer[J]. Journal of Central South Forestry University, 2000, 20(2): 40-43.
- [3] 曾志高. 柔性装饰薄木制造工艺及应用技术研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2003.
- [4] 张占宽, 彭晓瑞, 张德文. 一种柔性复合薄木及其加工方法: CN103753656A[P]. 2014-04-30.
- [5] 彭晓瑞, 张占宽. 一种无醛耐水塑膜增强柔性装饰薄木及其制备方法: CN106272804B[P]. 2018-08-10.
- [6] 彭晓瑞, 张占宽. 柔性装饰薄木制备技术的现状及发展[J]. 木材工业, 2016, 30(6): 23-26.
PENG X R, ZHANG Z K. A review of manufacturing technology of flexible decorative veneers[J]. China Wood Industry, 2016, 30(6): 23-26.
- [7] 赵敏. 塑料毒性与安全实用手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [8] 伞金福, 朱宝亮, 刘家浚, 等. 塑料表面改性对其摩擦学性能影响[J]. 摩擦学学报, 2000, 20(3): 236-240.
SAN J F, ZHU B L, LIU J J, et al. Effect of surface modification on tribological properties of plastics[J]. Tribology, 2000, 20(3): 236-240.
- [9] 吴梦旦. 塑料薄膜与薄膜机械[J]. 轻工机械, 2000, 18(2): 4-6, 10.
WU M D. Plastic film and film machinery[J]. Light Industry Machinery, 2000, 18(2): 4-6, 10.
- [10] 郭永翔. 用于塑料薄膜表面改性的水性涂料及其性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2009.
- [11] 赵允贵. 塑料薄膜行业发展形势分析[J]. 塑料包装, 2013, 23(5): 1-8.
ZHAO Y G. The analysis of plastic film industry development[J]. Plastics Packaging, 2013, 23(5): 1-8.
- [12] 张宏艳, 程国君, 于秀华. 聚乙烯膜表面改性的研究现状[J]. 化工时刊, 2008, 22(8): 65-67.
ZHANG H Y, CHENG G J, YU X H. Current situation in surface modification of polyethylene membrane[J]. Chemical Industry Times, 2008, 22(8): 65-67.
- [13] 桂祖桐. 聚乙烯树脂及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [14] 傅和青, 朱立红, 黄洪, 等. 聚丙烯薄膜特点及其在包装业的应用[J]. 包装工程, 2003, 24(5): 1-3.
FU H Q, ZHU L H, HUANG H, et al. Characteristics and applications of polypropylene film in packaging[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(5): 1-3.
- [15] 唐伟家. 流延聚丙烯薄膜[J]. 塑料加工应用, 2000, 22(3): 55-57.
- [16] 李琼. 中国聚氯乙烯下游应用现状及发展趋势[J]. 中国氯碱, 2020(5): 1-4, 21.
LI Q. Application status and development trend of China PVC downstream[J]. China Chlor-Alkali, 2020(5): 1-4, 21.
- [17] 权开玉. 聚氯乙烯行业的生产现状及发展趋势[J]. 橡塑技术与装备, 2018, 44(24): 32-39.
QUAN K Y. Production status and development trend of PVC industry[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2018, 44(24): 32-39.
- [18] 袁东芝, 邓康清, 杨柱, 等. PET薄膜表面性能及其与紫外光固化涂层粘接性能相关性研究[J]. 化学与黏合, 2012, 34(4): 19-22, 40.
YUAN D Z, DENG K Q, YANG Z, et al. Research on the surface properties of PET films and their correlation to the adhesive properties of PET films/UV curing coatings[J]. Chemistry and Adhesion, 2012, 34(4): 19-22, 40.
- [19] 刘方. 改性CA和PA膜的制备及性能研究[D]. 太原: 中北大学, 2016.
- [20] 章蓉, 周晓燕, 汤丽娟, 等. 常压冷等离子体处理改善杨木单板胶合特性的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2013, 37(5): 169-171.
ZHANG R, ZHOU X Y, TANG L J, et al. Improvement bondability of poplar veneers by atmospheric pressure plasma discharge treatment[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2013, 37(5): 169-171.
- [21] 王洪艳, 杜官本, 韩永国, 等. DBD冷等离子体处理对云南松表面润湿性的影响[J]. 林业科技开发, 2013, 27(1): 35-37.
WANG H Y, DU G B, HAN Y G, et al. Influence of dielectric barrier discharge (DBD) cold plasma treatment on wettability of *Pinus yunnanensis* wood[J]. China Forestry Science and Technology, 2013, 27(1): 35-37.
- [22] 周扬帆, 陈伊彬, 张涛, 等. 薄木贴面聚氯乙烯基木塑复合材料贴面工艺参数对其性能的影响[J]. 木材工业, 2020, 34(3): 10-13, 17.
ZHOU Y F, CHEN Y B, ZHANG T, et al. Effects of technical parameters on performance of veneered PVC-based wood/plastic composites[J]. China Wood Industry, 2020, 34(3): 10-13, 17.

(下转第12页)