

塑料基封边条带制备工艺、封装技术及性能检测方法

沈峰¹, 陈彦勤^{1*}, 谢俊峰¹, 刘振宇¹, 宋寅虎¹, 廖详威^{2,3}, 李家俊^{2,3}, 林霄峰^{2,3}, 易国斌^{2,3}

(1. 东莞欧德雅装饰材料有限公司, 广东 东莞 523770; 2. 化学与精细化工广东省实验室揭阳分中心(广东省榕江实验室), 广东 揭阳 515200; 3. 广东工业大学轻工化工学院, 广东 广州 510006)

摘要: 随着全球家居行业对环境保护及可持续性发展的关注日益提升, 塑料制品的引入可有效地减少对传统木材等资源的依赖, 降低对环境的不良影响, 而且还有望通过改善家具材料的性能, 提高家具的耐用性和实用性, 从而推动家具行业朝着更加环保、经济、实用的方向发展。在这一背景下, 塑料封边材料作为边缘封装的重要组成部分逐渐备受关注。从家具市场需求出发, 全面介绍了塑料封边条的种类与特点, 并探讨了其制备技术, 涵盖原料的选择与处理、混合工艺、成型工艺等。通过对目前常采用的塑料封边工艺进行综合对比, 分析他们各自的优缺点, 为家具制造商和设计师提供更为全面的选材参考。同时, 还详细介绍了塑料封边条性能的检测方法, 包括软化温度测试、机械性能测试、硬度测试、耐磨性能测试等, 为相关研究和应用提供了重要的技术支持和参考依据。随着人们环保意识的不断提高和对家具质量要求的不断增加, 塑料封边材料有望在家具制造业中得到更广泛的应用, 这将有助于提升家具行业的竞争力, 推动整个行业向着更加环保、高效的方向发展, 对行业的可持续发展具有重要的理论和实践意义。

关键词: 塑料封边条; 聚氯乙烯; 制备技术; 封边工艺; 激光封边; 性能检测方法; 检测标准; 环保与可持续性
中图分类号: TS664 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9981(2024)04-0574-11

引文格式: 沈峰, 陈彦勤, 谢俊峰, 等. 塑料基封边条带制备工艺、封装技术及性能检测方法[J]. 材料研究与应用, 2024, 18(4): 574-584.

SHEN Feng, CHEN Yanqin, XIE Junfeng, et al. Preparation Process, Packaging Technology, and Performance Testing Method of Plastic Based Edge Banding Strips[J]. Materials Research and Application, 2024, 18(4): 574-584.

0 引言

在当代社会, 塑料制品在日常生活和工业生产中发挥着关键作用, 已经成为人们生活中不可或缺的一部分。塑料制品的原材料主要来自化石燃料如石油或天然气, 通过炼油或提取天然气中的烃类化合物, 并经过一系列化学反应和加工, 最终转化为塑料颗粒^[1-3]。这些塑料颗粒可以根据需要进行进一步的加工和成型, 以制造各式各样的塑料制品。全球塑料的生产量从1950年的 15×10^5 t增加至2023年的约 3.67×10^8 t, 而塑料材料如聚氯乙烯(PVC)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)、聚乙烯(PE)及聚碳酸酯(PC)等广泛应用于日常消费品^[4-5]、家具制造^[6]、建筑装饰^[7-8]、汽车制造^[9]等各领域。

随着人们对家具、橱柜、门窗等产品外观和质量要求的提高, 封边条作为边缘封装材料的重要性日益凸显。封边条的主要作用在于提升美观性、隔绝潮气、增强板材切割处的稳固性及耐磨、耐冲击、耐化学腐蚀和防甲醛挥发等, 为产品的外观和功能性

提供了保障。家具业的快速发展和板式家具及定制家具市场的扩大, 进一步推动了家居用封边条的需求增长^[10]。

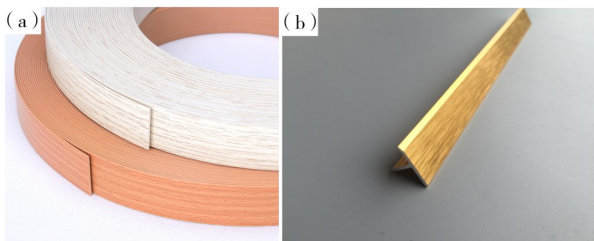
传统的封边材料如木材^[11]和金属^[12]存在一些局限性, 难以满足目前家居市场的需求。实木类封边条具有显著的柔韧性, 其颜色与纹理呈现出极为自然的过渡, 经过砂光处理后表面平整而光滑, 呈现出自然美观和高质感, 因此在高端实木家居设计中备受青睐^[13]。然而, 实木封边条也存在一些明显的缺点, 如易受潮和腐蚀、容易受损、较高的成本及木种和颜色选择相对有限等问题, 因此在设计和装修项目中可能并不是最佳选择。金属类封边条一般以铝合金为原材料, 铝合金在现代家居行业中占据了重要的地位, 其优点诸多。首先, 铝合金封边条能够实现零甲醛排放, 这一特性使其在环保方面具有显著优势。其次, 铝合金封边条具有防火、防潮、防虫的特性, 这些特性使其在使用过程中更加安全、耐用。此外, 铝合金还具有循环再生和高利用率的特

收稿日期: 2024-01-16

作者简介: 沈峰, 本科, 助理工程师, 研究方向为聚合物材料加工。Email: 120343657@qq.com。

通信作者: 陈彦勤, 本科, 助理工程师, 研究方向为聚合物材料加工。Email: chen-xi-01@163.com。

性,这些特性使其在资源利用方面具有优势。最后,铝合金不易变形、美观耐用,且不易发生开裂,这些特性为产品提供了卓越的质感,因此常作为易受磕碰的家居部件如衣柜、橱柜和门板等。然而,铝合金封边条的不足之处在于外观颜值相对较低,与传统木制家具的装修风格不太相配,且加工复杂度较高^[14]。目前,我国铝合金家具的普及和运用尚处于初级阶段,受欢迎程度相对较低,主要原因涵盖多个方面。首先,相对于国际领先水平,我国在技术和工艺方面仍有提升的空间,表现在细节处理不够精致及行业内缺乏知名品牌等层面;其次,传统木质家具在消费者心目中的地位根深蒂固,要使消费者接受铝合金家具还需投入更多时间和精力。综上所述,这些因素均在一定程度上影响了铝合金家具在国内市场的推广和应用^[15]。塑料封边材料的最显著优势之一在于成本低、可塑性高和能大规模生产,因此其占据了家居封边条市场的最大份额。此外,塑料封边条还具有出色的耐用性和抗污性,同时还能够模拟各种不同的纹理和颜色,以满足不同产品的装饰需求。目前,塑料封边条制备方法也日益多样化,从而使其在生产过程中更加灵活和高效^[16]。图1为实木和铝合金封边条实物图。



(a)—实木封边条;(b)—铝合金封边条。

图1 实木和铝合金封边条图

Figure 1 Solid wood and aluminum alloy edge banding diagram

本文对塑料封边条的种类、特点进行了总结,并且对封边条制备技术及检测方法进行了阐述,最后对封边条的未来发展趋势进行了展望。

1 塑料封边条的种类

塑料封边条在木家具、办公家具、定制家具和建材等领域得到广泛应用,其具备防虫、防霉、防水、轻便、易加工、易清洁和美观造型等诸多优点。由于三聚氰胺封边条易碎易折,容易在家具运输中受损,因此应用范围受到限制。目前,最常见和广泛使用的塑料封边材料包括聚氯乙烯(PVC)、丙烯晴-丁二烯-苯乙烯(ABS)、聚丙烯(PP)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚乙烯(PE)、聚苯乙烯(PS)和聚碳酸酯(PC)等^[16],其中聚氯乙烯(PVC)、丙烯晴-丁二烯-苯乙烯(ABS)及聚丙烯(PP)等占据了塑料家具基

材总量的85%以上^[17]。这些聚合物表现出了稳定的物理和化学特性(见图2),且制造成本相对较低,因此非常适合作为日常家具基材的选择。

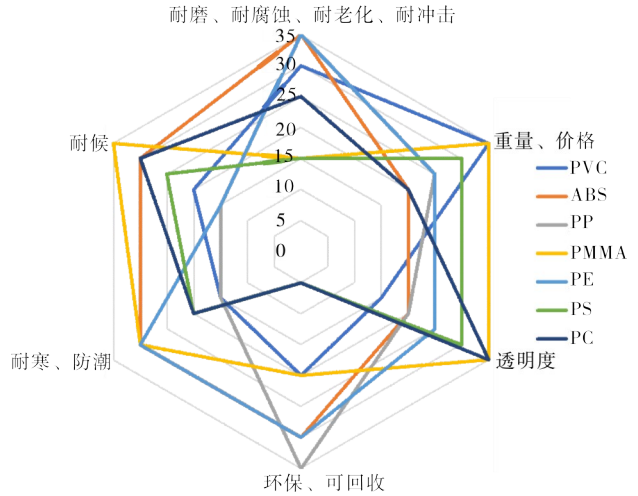
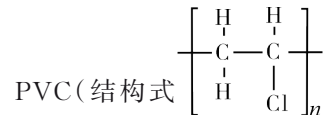


图2 各类塑料封边条材质性能对比图

Figure 2 Comparison of material properties of various plastic edge sealing strips

1.1 聚氯乙烯(PVC)



是世界五大通用树脂之一,其产量仅次于聚乙烯和聚丙烯,居于全球第3位^[18]。PVC是一种热塑性聚合物,由氯乙烯单体聚合而成,以其低成本和简单加工等特点而备受青睐。此外,PVC还表现出卓越的阻燃性、防烟性、耐腐蚀性和电绝缘性能。PVC树脂广泛用于包装、医疗保健、家具装饰各个领域,其多功能性使之成为理想的封边条原材料^[19-21]。

PVC封边条的基础构成物质包括聚氯乙烯树脂、碳酸钙粉末及各种辅助成分(如稳定剂、DOP油、丙烯酸酯共聚物(ACR)、硬脂酸、二氧化钛、色素粉末、抗氧化剂等),这些原料经过混合、压制、真空成型等工艺,形成了具有多种木纹和色彩的塑料封边条(见图3)。与其他封边材料相比,PVC封边条的最大优势在于极低的成本,仅为其他塑料封边条的成本一半左右。同时,其表面性能出色,具有适中的光泽度、耐磨性、可修削性、耐热性、耐油性,以及高强度、硬度和可弯曲性,非常适合用于刨花板、纤维板、细木工板和胶合板等材质的封边。此外,PVC封边条还具有出色的形状多样性,可制作成T型、H型、D型、V型、工字形等各种形状,其厚度范围为0.3—3 mm、宽度范围为12—80 mm,以满足不同封边的需求。PVC封边条凭借出色的性能、多样化的形状及低成本,成为当前市场上最广泛使用的封边材料之一^[22]。



图3 PVC封边条图
Figure 3 PVC edge banding diagram

1.2 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS)

ABS是一种由苯乙烯、丁二烯和丙烯腈共聚而

成的材料,其结构式为 $\left[\text{N} \begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ \text{C} \end{array} \begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ \text{C} \end{array} \right]_n$, 它具有尺寸稳定性、良好的着色性、流动性、弹性、耐腐蚀性和无刺激气味等多项卓越的特性。ABS不仅具有强大的附着力,粘结后不易脱落,而且还具有出色的柔韧性。与PVC封边条相对比,ABS封边条无需加入碳酸钙等填充物,从而确保修边后的圆角极为光滑,避免了白边等问题的出现。此外,ABS封边条在高温下表现更为耐用,只有在达到99℃的温度时才会发生性能和形状的变化。ABS材料非常适合用于制作色彩鲜艳的高档家具,尽管其成本较高,在市场上的定价约为同等规格PVC封边条的2倍,这种价格差异反映了ABS材料的优越性能和更高的生产成本,然而这种额外的投资能够带来更优越的装饰效果和持久性。因此,ABS封边材料成为高端家具及新一代高端家具封边装饰的理想首选材料^[23-24]。图4为ABS封边条实物图。

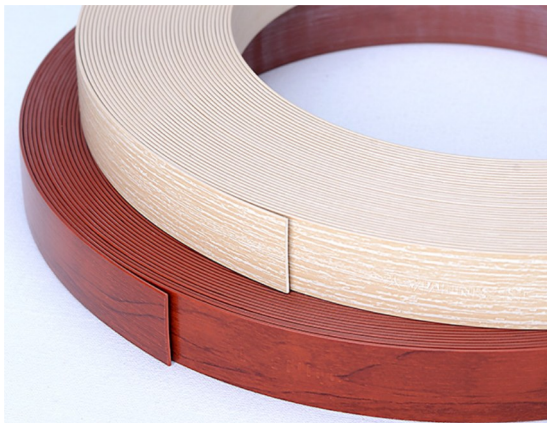


图4 ABS封边条图
Figure 4 ABS edge banding diagram

1.3 聚丙烯 (PP)

PP是丙烯通过加聚反应而成的聚合物,其结构

式为 $\left[\text{C} \begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ \text{C} \end{array} \right]_n$, 化学式为 $(\text{C}_3\text{H}_6)_n$, 是白色蜡状、外观透明而轻的材料,是世界五大通用树脂之一。PP封边条主要用于覆盖板材的边缘、桌面和台面封边、柜体封边、椅子、座椅和床架封边(见图5)。PP具有优异的耐磨性和良好的耐化学性、耐温性,能够有效防止板材边缘受到刮擦和磨损,对常见的化学品和溶剂具有较高的抵抗力,能够在一定的温度范围内保持稳定。PP的加工和安装非常方便,可通过切割、刨削、钻孔和胶水粘合等方式进行定制和固定^[25-26]。PP因适中的价格及优异的性能可满足一般家具的需求,已经成为全球范围内塑料家具中使用最广泛的聚合物材料^[27-28]。



图5 PP封边条图
Figure 5 PP edge banding diagram

1.4 其它封边条

1.4.1 聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)

PMMA又称亚克力或有机玻璃,其结构式为

$\left[\text{C} \begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ \text{C} \end{array} \right]_n$, 是一种常用的封边材料^[29]。PMMA

封边条主要用于覆盖板材的边缘,以保护板材的内部结构及美化边缘的外观,通常适用于人造板材(如胶合板、刨花板、密度板等)或装饰板材(如Laminate板、PVC板等)的边缘处理。PMMA封边条具有良好的耐磨性,能有效防止板材边缘受到刮擦和磨损^[30];其次,PMMA封边条具有透明度高、光泽度好,以及良好的耐温性能,加工和安装也非常方便;此外,PMMA封边条的颜色和纹理具有多样性,能够与板材的表面相匹配,可提供更美观的边缘装饰

效果。PMMA封边条的这些特性,使其在各种环境条件下都能保持稳定的性能,满足了各种应用的需求,常用于高档卫浴家具和橱柜方面,但价格较高^[31]。图6为PMMA封边条实物图。

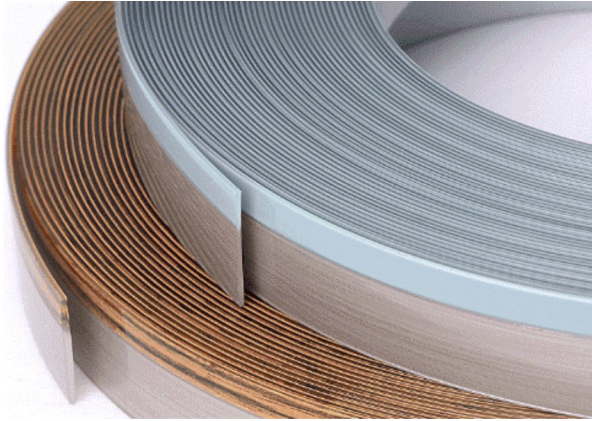


图6 PMMA封边条图

Figure 6 PMMA edge banding diagram

1.4.2 聚乙烯(PE)

PE是由乙烯单体聚合的塑料材料,其结构式为 $\left[\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—} \right]_n$,是现代工业领域中应用最广泛的塑料材料。PE材料具有良好的韧性、抗冲击性和承载能力,其表面光滑(摩擦系数小)且耐磨性好,能够耐受一定的腐蚀性介质的侵蚀,可以通过吹塑、注塑、挤出等方式加工成不同形状和尺寸的制品。但是,PE耐高温性能较差,容易软化或熔化,不适合应用于高温环境^[32-33]。PE封边条主要用于封装家具、桌面、地板、墙板等的边缘,保护物品并改善美观度^[34-36]。图7为PE封边条实物图。

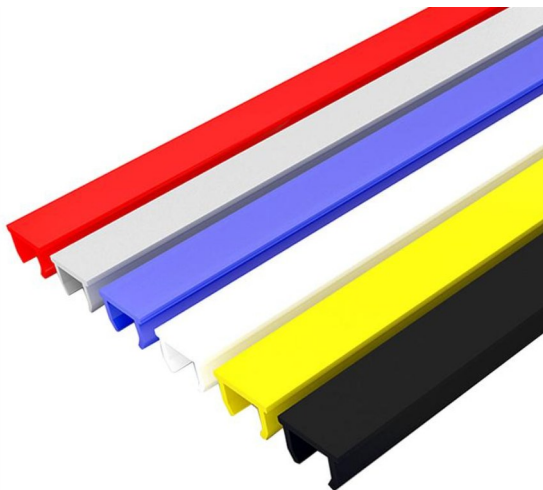


图7 PE封边条图

Figure 7 PE edge banding diagram

1.4.3 聚苯乙烯(PS)

PS是一种热塑性塑料聚合物,由苯乙烯单体通

过自由基加聚反应合成,其结构式为 $\left[\text{—CH}_2\text{—CH}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{—} \right]_n$,化学式为 $(\text{C}_8\text{H}_8)_n$ 。PS具有高玻璃化温度(100℃)及低吸水率的特性,在潮湿环境中机械性能和尺寸稳定性仍然保持较好。因此,在电气、电子、医疗、家电、包装等行业中得到广泛应用^[37]。

PS封边条具有多方面的优点,包括高透明性(透光率可达88%—92%)、高硬度、耐热性、易染色,以及良好的加工流动性、优越的刚性和出色的耐化学腐蚀性^[38-40]。然而,需要注意的是,PS封边条也存在一些缺陷,如脆性大、易开裂、不耐冲击,以及不符合环保要求。因此,PS在家居封边条市场中占比相对较低,主要局限于一些对特殊性能要求较高的家居产品。图8为PS封边条实物图。

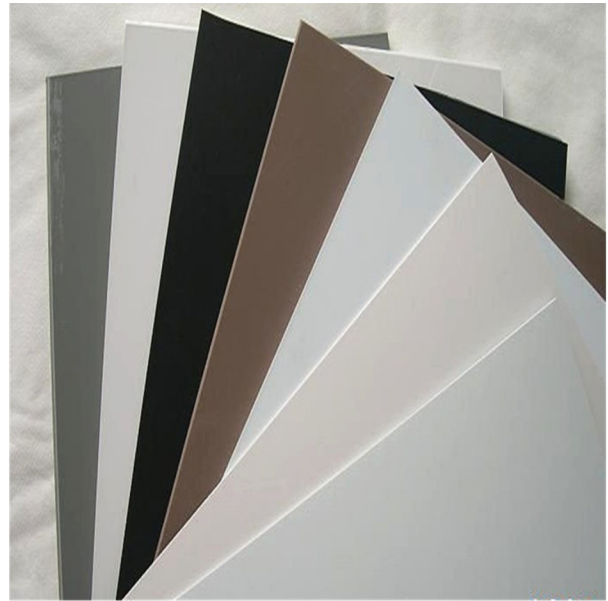


图8 PS封边条图

Figure 8 PS edge banding diagram

1.4.4 聚碳酸酯(PC)

PC又被称为PC塑料,其结构式为

$\left[\text{—O—C}_6\text{H}_4\text{—C(CH}_3)_2\text{—C}_6\text{H}_4\text{—O—C(=O)—} \right]_n$,是一类高分子聚合物,分子链中含有碳酸酯基。根据碳酸酯的结构,PC可以分为脂肪族、芳香族、脂肪族-芳香族等多种类型。在五大工程塑料中,PC是唯一具备良好透明性的材料。由于PC材料具备卓越的透明性,在多个行业中取得了成功的应用,如电子电器、医疗用品、建筑节能

能和汽车部件等快速发展的领域^[41]。PC作为一种工程塑料,其综合性能优越,具有高强度、可延展性、韧性和出色的抗冲击性能,以及优异的电性能和良好的透光性(透光率超过90%),适用于极少数对透光率要求较高的家居产品封边(见图9)。PC封边条具有耐热、耐冲击、耐候性等优点,但是其耐磨性差、易刮伤、易水解、不耐强碱。在应用方面,PC竞争者众多,由于其成本居高不下,在家居领域中可被替代^[42-43]。



图9 PC阳光板图

Figure 9 PC sunlight board chart

2 塑料封边条制备技术

塑料封边条的制备流程,一般为塑料原料混合—加工—挤出成型。本章节按照原料选择、小试、中试和生产线生产的顺序,选择市场占有率最大、具有代表性的PVC封边条进行论述。

2.1 原料选择与处理

PVC原料根据分子量大小可划分为通用型聚氯乙烯和高聚合度型聚氯乙烯两类。通用型聚氯乙烯的平均聚合度分子量介于500—1 500之间,而高聚合度型聚氯乙烯的平均聚合度则大于1 700。

通用型PVC作为制作封边条的原料,主要以粉状形式使用。根据聚氯乙烯的结构,通用型PVC可进一步细分为紧密型和疏松型两种。其中,疏松型具有棉花团状结构,有助于吸收大量增塑剂,而紧密型呈乒乓球状结构,增塑剂吸收能力相对较差^[44-47]。紧密型聚氯乙烯通常用于硬质产品的制造,而疏松型聚氯乙烯则常用于软制品的生产。在封边条的制备中,通常选择紧密型聚氯乙烯,因其具有较高的物理和机械性能、优异的耐热性、致密的结构、高稳定性、良好的抗污染和抗氧化性能、良好的光泽性。这些特性使得紧密型PVC材料非常适合作为高要求的封边条,有助于确保封边条的耐久性和强度。

为了提高聚氯乙烯使用价值,在聚合完成后,必须经过一定的后续处理,而后续处理通常由聚合厂

家完成^[48],以确保产品到达客户手中就可以立即使用,后续处理包括碱洗、水洗及热风干燥工序。其中,碱洗和水洗的目的都是为了除去聚合物中夹杂着的低分子量的聚合物,以及少量残留的反应助剂(如明胶、聚乙烯醇等),因为这些物质会严重影响聚氯乙烯的热稳定性,使其在后续的成型加工中出现分解变色的现象。

2.2 制备工艺

根据制备规模,PVC封边条的制备工艺划分为实验室小试、中试和大规模生产。以下详细介绍这3种制备工艺过程及特点。

2.2.1 小试工艺

PVC封边条的小试工艺比较简单,但小试设备种类较多,选择比较宽泛。通常小试工艺过程为混料—混炼—挤出一压延—剪切。混料设备通常用的是小型高速加热混合机,混炼设备包括两棍混炼机和密炼机,密炼机实际上是密闭情况下的两棍混炼机,但制备硬质PVC片材及作为封边条PVC时通常不用密炼机。混料完成后,小试通常不进行造粒,因为小试时间短,无需担心长时间存放出现的问题,而是直接通过小型的挤出机进行挤出成型,再通过螺杆的作用推动融化的原料在模头中成型。挤出机通常也带有一定的混炼效果,而且是连续操作的设备,但是缺点是剪切力比较小,塑化程度跟供料速率不够理想^[49]。挤出过程完成后,如果需要进行压延定型,则使用小型压延机进行压延。通常小型压延机的辊数较少,最小的仅有两辊。由于小试不需要太大的产量,因此压延后的冷却可以采用自然冷却。小试的主要目的是确保产品符合性能要求,所以产品后续的工艺通常可以先不予考虑。

2.2.2 中试工艺

PVC封边条的中试生产设备跟生产线工艺趋于一致,主要使用大型的热高速混料机,单次混料量要求上百公斤,混料完成后通常需要进行造粒以确保材料均匀。造粒的目的是为了避免长时间的放置,在重力的作用下导致混料的不均匀。造粒完成后,同样需要用到大型的挤出机对混料进行挤出。大型的挤出机拥有更多的可调节螺杆温度的区域,在这个阶段要求匹配到合适的加工温度,以实现连续生产。挤出过程完成后,如果需要进行压延,也要使用到大型的多辊压延机。制备PVC板材时,通常使用两个配套的三辊压延机配合即可。压延过程完成后,通常需要将PVC板材快速冷却,以便进入下一个工艺阶段。冷却可以采取风冷或者更高效的水冷,以便降温到合适的温度进行下一步加工^[50]。如果此阶段还需要涂覆封边胶水、覆盖保护膜、需要压

纹,或者还有其他要求,在这个阶段最好也一并完成,由于生产是连续的,任何一个环节出了问题都有

可能导致生产线的停滞。图10为PVC中试流程示意图。

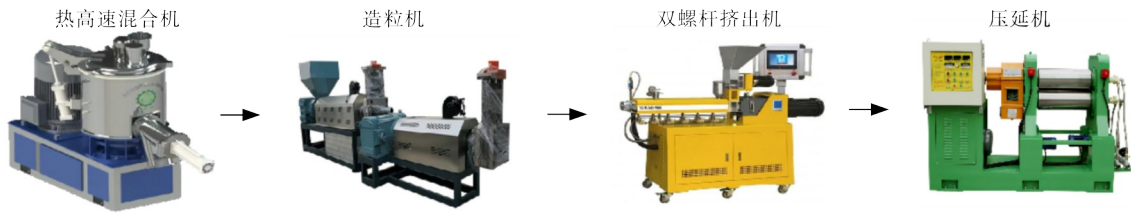


图10 PVC中试流程图

Figure 10 PVC pilot process diagram

2.2.3 生产线工艺控制

中试阶段能够长时间稳定生产后,就可以进入生产线生产阶段。生产线流程与中试相仿,只是更为严格的生产流程,以保证产量和质量。在大型连续生产中,生产问题通常是由于工人的疏忽,以及原料的问题引发的。因此,需确立严格的生产制度进行防范,以预防操作问题引发的产品质量不佳。对于原材料的控制和检查也是至关重要的,尤其是对于一些关键、容易出问题的原材料^[51]。

3 塑料封边工艺

图11为采用EVA、PUR和激光封边方法封边

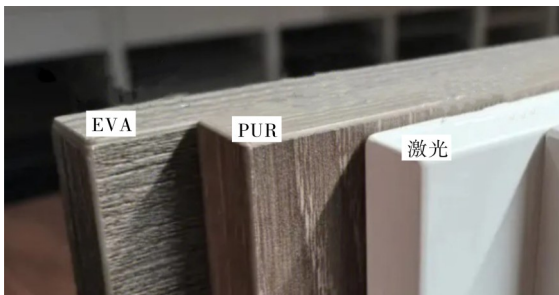


图11 EVA/PUR/激光封边效果对比图

Figure 11 Comparison of EVA / PUR / laser edge sealing technology

的板材实物对比图。板材封边是通过机械将封边材料与板材粘合,从而使人造板的切割面封闭起来的方法。目前,主流的3种封边方法分别是EVA封边、PUR封边和激光封边。

3.1 EVA封边技术

EVA是乙烯-醋酸乙烯酯共聚物的简称,是一种通用的高分子聚合物,俗称为胶。EVA对大多数封边材料都具有良好的粘合性,因此被誉为万能封边胶。在常温下EVA是固体,但加热到一定温度后会变成一种能流动且具有粘性的液体^[52]。

目前,EVA热熔胶封边是国内封边机最常使用的胶黏剂。EVA封边技术具有加工成本低、设备简单的优点,采用普通封边机即可完成封边,是大部分家具生产厂家都在使用的技术^[53]。然而,EVA热熔胶封边也存在一些缺点,如不耐水、胶线较粗,以及封边容易变黑,尤其是在浅色板材中更为明显。此外,EVA热熔胶封边存在开裂和溢胶的问题,此种问题受到环境温度的限制,要求温度不宜高于120℃。由于EVA热熔胶属于物理性凝固的胶合方式,其粘度相对较低,容易导致封边条剥离脱落的情况发生^[54]。图12为EVA封边工艺流程示意图。

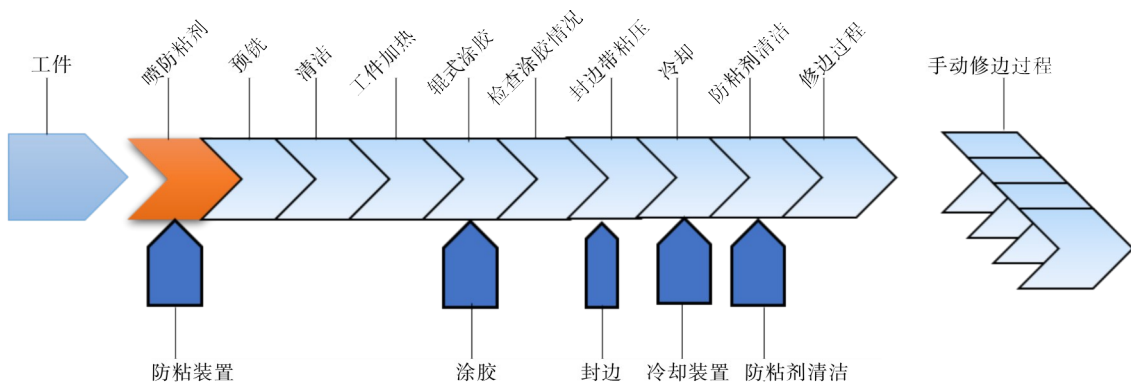


图12 EVA封边工艺流程图

Figure 12 EVA edge sealing process flow chart

3.2 PUR 封边技术

PUR是湿气反应性热熔胶的缩写,其是由多异氰酸酯和多元醇反应生成的,含有多个氨基甲酸酯链段的有机高分子材料。除了EVA热熔胶,PUR热熔胶也是一种常用的封边材料。与EVA热熔胶相比,PUR具有更强的耐溶性、耐冷性和耐水性^[55]。PUR的固化机理与EVA不同,PUR被加热后会吸收空气中的水分,与湿气反应固化成新物质,这种固化不可逆,不能再次溶解,也不能重复使用。

PUR封边具有耐高温、耐水泡、耐热熔、胶线细且不会产生霉变的优点。通过使用PUR专用封边机进行激光封边,封边带与板材很好地粘合,从而实

现零甲醛释放。此外,PUR封边精细、环保耐用,其美观度仅次于激光封边。尽管,PUR封边技术在国内外的封边行业中应用广泛,但其对生产环境要求较高如温度、湿度和空气质量。例如: PUR热熔胶的固化时间相对较长,物理性凝固阶段通常仅需几秒即可,而化学性凝固通常需要2—5 d才能达到最终的胶合强度;PUR热熔胶对储存条件要求较为严格,必须放置在密封容器中,以防止接触空气,因为一旦接触到空气中的水分,会发生化学反应,进而影响封边的质量^[52]。PUR封边工艺普及性不如EVA工艺,但该工艺在较高端家具中仍占有一席之地^[56]。图13为PUR封边技术流程示意图。

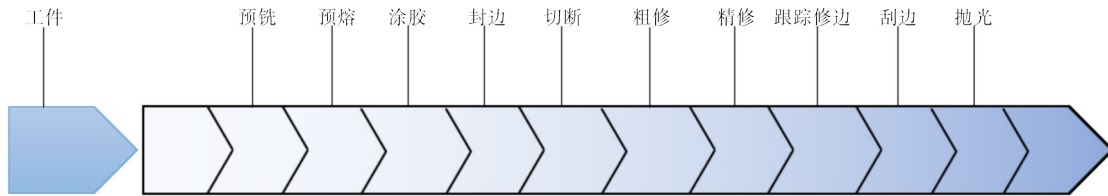


图13 PUR封边技术流程图

Figure 13 PUR edge sealing technology flow chart

3.3 激光封边技术

激光封边的原理是通过激光封边机发射高能量激光,再经过反射镜的反射将激光照射到封边条上。在这个过程中无需胶水,而是使用含有激光光敏活化物质的活化涂层。涂层在激光的高温作用下会活化,形成类似焊接的效果^[57],再通过压轮机将封边条压贴在板材截面处,通过修边、抛光等工序完成封边。激光封边方法解决了传统封边技术的许多问题。例如,该技术不再需要涂胶装置,从而避免了封边机涂胶装饰的维护和保养工作,也避免了封边设

备被热熔胶污染的问题。此外,激光封边技术无需加热等待,可以实现即时加工,从而大大提高了生产效率^[56, 58-62]。激光封边技术具有无缝无胶线、环保无甲醛、外观平整美观、饱和度高、防水性强和寿命长^[57-58, 60-62]等优点。采用该技术封边,涂层与板材的焊接剥离强度高于涂层的剥离强度,即使封边条脱落,涂层也会留在板材上。然而,该方法的缺点是价格较高,初期投入大。激光封边机属于较贵的设备,通常用于高端家居用品的封装^[63-64]。图14为激光封边技术流程示意图。

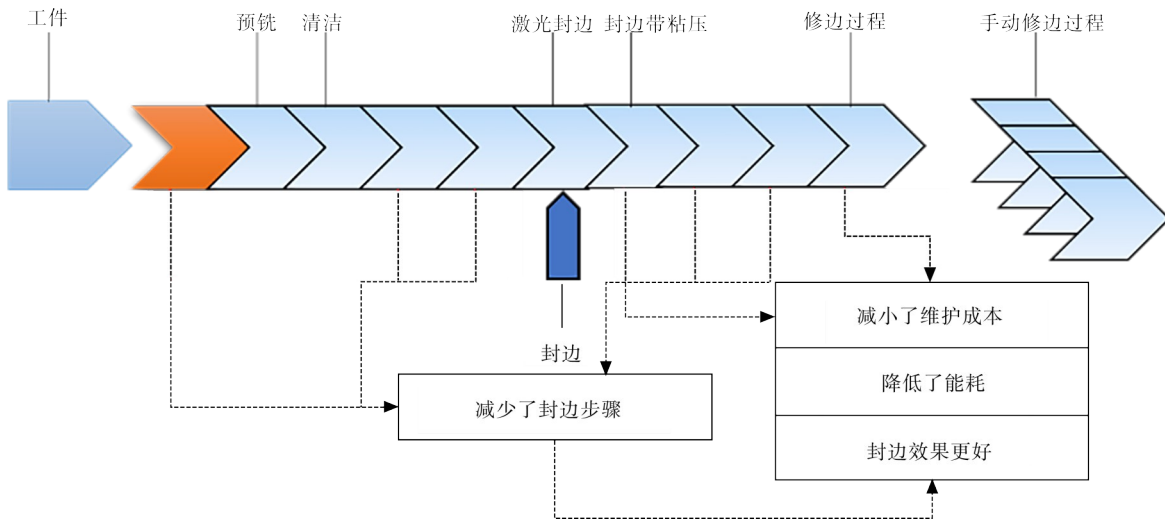


图14 激光封边技术流程图

Figure 14 Flow chart of laser edge sealing technology

4 产品性能及检测方法

家具封边条的测试一般包括理化指标的检测、机械性能的测定、热力学参数的测定及可靠性检测,

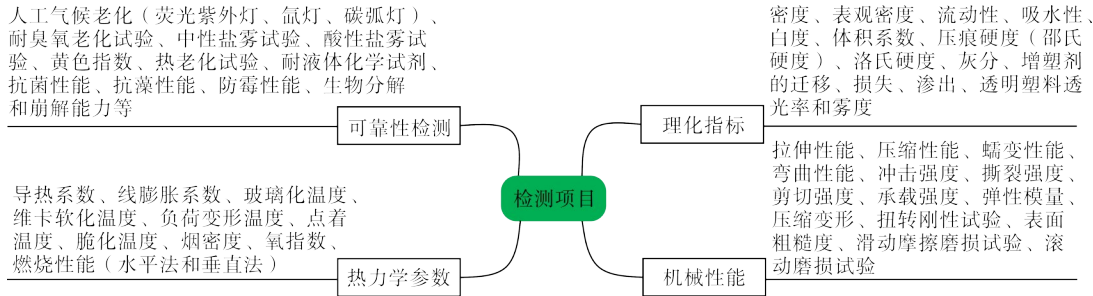


Figure 15 Edge banding related testing items

理化指标的测定,通常旨在直接衡量封边条的物性参数,这些物性参数直观地影响着人们的使用体验效果。例如,白度、透光率会影响视觉体验,而密度等可能又会牵涉到企业的成本或者是产品的重量问题,产品过重也会影响使用体验,硬度和增塑剂迁移也会对手感产生影响。其中,增塑剂的迁移可以根据国标 GB/T 1668-2008 增塑剂酸值及酸度的测定^[65]中的方法测定增塑剂的成分,旨在测量增塑剂的迁移率及增塑剂的酸值和酸度。由于增塑剂中含有有机成分,可能有毒,因此要测量迁移率。增塑剂的迁移不仅会导致封边条性能的下降,还会导致有毒的或者对环境不友好的成分离开塑料基体进入到环境中,轻则导致封边条性能的下降,重则导致人的中毒及环境中异味等。酸值和酸度的测定,一般采用滴定法,使用普通的滴定玻璃仪器进行测量。

机械性能的测定,直接衡量封边条的机械性能,如增添过多的无机填料可能导致力学性能下降,使材料发脆,严重影响材料的寿命。机械性能越强,适用的场景也就越广。因此,一些家居企业会对封边条的机械性能有着严格的要求,并进行严格的测试和把关。机械性能主要是指拉伸性能、弯曲性能、压缩性能及硬度等,分别根据国标 GB/T 1041-2008 塑料压缩性能的测定^[66]、GB/T 9341-2008 塑料弯曲性能的测定^[67]和 GB/T 1040.1-2018 塑料拉伸性能的测定 第 1 部分:总则^[68],测试表征塑料的压缩应力、压缩应变、压缩变形、压缩负荷-变形、压缩屈服应力、弯曲特性、弯曲强度、弯曲模量、弯曲应力、拉伸强度、断裂伸长率、屈服强度等各种拉伸性能指标。首先将塑料挤出成标准的样条,然后通过电子万能试验机进行机械性能的测试。材料的硬度评价有 2 种不同的方式,分为邵氏硬度和洛氏硬度,分别使用邵氏硬度计和洛氏硬度计,根据 GB 2411-2008 塑料和硬橡胶使用硬度计测定压痕硬度(邵氏硬度)^[69]和 GB/T 3398.2-2008 塑料硬度测定 第 2 部分:洛氏

每个大类有不同的项目。PVC、PP、ABS 等塑料常见的检测项目如图 15 所示。

硬度^[70]中的方法进行测试。邵氏硬度计是将规定形状的压针,在标准的弹簧压力下压入试样,将压入试样的深度转换为硬度值来表示塑料的邵氏硬度。邵氏硬度计分为 A 型和 D 型两种,其由读书度盘、压针、下压板及压力弹簧组成。

磨损性能的测定,直接衡量封边条的耐磨性。关于磨损方面的性能,分为滚动摩擦和滑动摩擦。根据国标 GB/T 5478-2008 塑料滚动磨损试验方法^[71]可以测定封边条、片材试样的滚动磨损性能,采用的测试仪器是滚动磨损试验仪。根据国标 GB/T 3960-2016 塑料滑动摩擦磨损实验方法^[72],测定塑料基复合材料的滑动摩擦磨损性能。摩擦磨损性能测试不仅可以测定塑料的耐磨性能,而且还从侧面反应了封边条的力学性能,可以采用摩擦磨损试验机来进行测定。封边条的触感(肤感)可以用表面粗糙度、滚动摩擦实验方法和滑动摩擦实验方法来表征。

热力学性能的测试,涵盖了常用的维卡软化点和玻璃化温度等参数,这些测试旨在评估封边条在日常使用中的极限温度。通常来说,较高的极限温度更加理想,但也必须考虑到企业的成本因素。此外,热力学性能测试还包括氧指数或燃烧指数的测定,但就封边条来说,通常都不是易燃烧的材料,所以这方面的要求相对比较容易满足。常见的热力学测试包括马丁耐热性实验和维卡软化测试。根据 HG/T 3847-2008 硬质橡胶·马丁耐热温度的测定^[73],使用马丁耐热试验仪测量塑料的马丁耐热温度。将试样置于等速升温环境中,在一定静弯曲力矩作用下,测定达到一定弯曲变形时的温度,以示耐热性,该方法不适用于耐热性低于 60 °C 的塑料。根据国标 GB/T 1633-2000 热塑性塑料维卡软化温度(VST)的测定^[74],使用维卡软化仪测试塑料的维卡软化温度,该指标可评价材料耐热性能,反映制品在受热条件下物理力学性能。材料的维卡软化温度虽

不能直接用于评价材料的实际使用温度,但可以用来指导材料的质量控制。维卡软化温度越高,表明材料受热时的尺寸稳定性越好、热变形越小,即耐热变形能力越好、刚性越大、模量越高。

部分可靠性测试,主要旨在测试产品在某些较为恶劣的环境中的使用寿命。例如,人工气候老化、热老化,黄化指数等测试,旨在评估产品的使用寿命。根据不同极端环境下的测试,当外观或者性能达到一定临界值时,表明材料已经失去了可靠性。黄化指数及老化试验,可以根据国标 GB/T 16422.1-2019 塑料实验室光源暴露试验方法 第1部分:总则^[74],测试封边条白度及黄化程度。将封边条暴露于不同类型的紫外灯气候箱,并配合白度计测试封边条在紫外光照射下的变黄老化。除此之外,还可采用暗室搭配紫外光进行简便测试,也可使用仪器老化试验箱进行更复杂的老化实验,测量PVC的复杂环境老化行为。老化试验箱是人工环境气候实验方法中较重要的一种,可以测试更多的包括臭氧老化、紫外老化、高温老化、盐雾腐蚀老化等各种老化试验。

5 总结与展望

随着科技的不断进步和社会对环保意识的提高,塑料封边条作为一种关键的装饰和保护材料,其未来发展呈现出广阔的前景。首先,随着建筑、家居等领域对材料性能和美观性的不断追求,塑料封边条的设计和制造必将朝着更加精细化、多样化的方向发展。这将促进封边材料行业更好地满足市场需求,提高产品的附加值。其次,环保问题已经成为全球关注的焦点,而塑料封边条在设计和制造上具有较强的可持续性。未来,预计将会有更多的研究和创新集中在开发可降解、可循环利用的塑料封边材料方面,以减少对环境的负面影响,这一趋势不仅符合全球环保潮流,同时也将为企业在市场上赢得更多竞争优势提供契机。此外,随着全球经济的不断发展和国际贸易的深入合作,塑料封边条作为建筑和家居材料的重要组成部分,其市场需求将持续增长。特别是在一带一路倡议的推动下,相关产业的国际交流与合作将进一步加强,为塑料封边材料的国际化发展创造更多机遇。

目前,封边条的制作技术已相当成熟。然而,针对塑料封边条在不同场景的应用,以及考虑到大型企业需要满足各类客户需求的挑战,显然单一种类配方的封边材料无法满足多样性的要求。因此,企业需要不断优化配方并改进制造工艺。对生产封边条的企业而言,质量的把控不只是封边条自身质量的把控,还需考虑与之相适应的封边工艺,以及一些

异形封边条的设计等因素,这无形增加了企业的成本和复杂度,却也为企业在激烈的市场竞争中取得优势提供了可能。在质量和成本之间找到平衡点,成为每个企业都需要认真思考的问题。

总体而言,塑料封边条作为一种在建筑和家居领域中不可或缺的材料,其未来展望充满希望。在科技创新、环保意识提升和国际合作的推动下,塑料封边条有望在设计、制造和应用等方面取得更大的突破,为相关产业的可持续发展贡献更多力量。

参考文献:

- [1] 韩贺, 马晓梦. 石油化工重油催化裂化工艺技术[J]. 石化技术, 2018, 25(1): 76.
- [2] 王小强, 田亮, 程中克, 等. 石油烃类催化裂解制低碳烯烃技术研究与应[J]. 当代化工, 2020, 49(12): 2746-2751.
- [3] 吴嘉祥. 石油烃裂解制乙烯技术发展[J]. 石油化工, 1980(1): 36-42.
- [4] KUMAR V, SINGH R, RANJAN N, et al. On secondary recycling of the domestic thermoplastic waste with reinforcement of aluminum powder [J]. National Academy Science Letters, 2024, 47(2): 167-171.
- [5] LI M, PAN Y, HOU Z, et al. Plastic or plastic-free life: From formation to removal [J]. Science of the Total Environment, 2023, 890: 164359.
- [6] 肖俊华, 关鹏飞, 赵斌, 等. 我国塑料家具标准状况分析及建议[J]. 中国标准化, 2023(9): 124-128.
- [7] 李文瑞. 环保材料在室内装饰中的应用[J]. 现代物业(中旬刊), 2019(4): 74.
- [8] 彭俊怀. 环保材料在室内装饰中的应用[J]. 中国住宅设施, 2019(5): 70-71.
- [9] 张玉芝. 新能源时代需求下塑料工业的发展新思路[J]. 塑料工业, 2023, 51(4): 204-205.
- [10] 吴智慧. 中国板式家具产业的升级与可持续发展[J]. 家具与室内装饰, 2011(10): 9-11.
- [11] 徐畅, 吴魁. 家居中的实木材料设计应用[J]. 丝网印刷, 2022(23): 51-53.
- [12] 湛震, 张继娟. 金属家具的起源与发展[J]. 湖南包装, 2017, 32(3): 64-66.
- [13] 张雪颖, 吴智慧. 板式家具实木化与实木家具板式化发展趋势探析[J]. 家具, 2016, 37(2): 1-5.
- [14] 林琳, 杨舒英, 柯清, 等. 我国铝合金型材家具的发展研究[J]. 家具与室内装饰, 2015(10): 78-79.
- [15] 梁美婵, 赵鸿金, 何家金, 等. 铝合金材料在家具行业的应用状况和发展趋势[J]. 有色金属加工, 2022, 51(1): 30-32.
- [16] 周妮, 谢家蓉, 骆宗科, 等. 塑料封边条在家具中的应用现状及存在的问题[J]. 塑料工业, 2022, 50(S1): 29-31.
- [17] 郝素芬, 李娅. 塑料家具中聚合物材料的应用现状及产业分析[J]. 塑料工业, 2017, 45(8): 5-8.

- [18] 王友印. PVC树脂应用与发展现状[J]. 合成树脂及塑料, 2005(1): 80-83.
- [19] 甘尧, 刘玉飞, 陈伟, 等. 热稳定剂在聚氯乙烯的应用研究进展[J]. 上海塑料, 2022, 50(5): 16-23.
- [20] 李小慧, 惠兴育, 刘慧, 等. 聚氯乙烯生产工艺及复合材料研究进展[J]. 石油化工应用, 2018, 37(4): 1-5.
- [21] 郗素敬, 马春水, 牛永成, 等. 聚氯乙烯生产工艺及复合材料研究进展[J]. 化工管理, 2020, 33: 174-175.
- [22] 袁森, 罗朝晖, 杨忠. 人造板定制家居封边条质量及封边技术要求[J]. 中国人造板, 2020, 27(7): 28-32.
- [23] 刘培义, 刘振宇, 张元桂. 国内高分子封边条及其相关工艺研究进展[J]. 广东化工, 2018, 45(19): 87-88.
- [24] 汪慧, 李小兰, 廖正福, 等. 回收聚乙烯醇缩丁醛(PVB)/ABS共混体系的制备及力学性能[J]. 材料研究与应用, 2010, 4(4): 663-667.
- [25] 李俊, 郑京连, 田际波. 聚丙烯塑料的改性研究[J]. 石化技术, 2015, 22(12): 14.
- [26] 宋赛楠, 曹庚振, 王霞, 等. 聚丙烯塑料的改性研究[J]. 塑料工业, 2011, 39(S1): 57-59.
- [27] 张金庆, 徐英志, 陈强, 等. 废聚丙烯塑料油化技术的研究进展[J]. 石化技术, 2022, 29(10): 39-41.
- [28] 曾一铮, 游长江, 李建雄, 等. PMMA/ABS/UPR复合板废料改性聚丙烯的研究[J]. 材料研究与应用, 2010, 4(4): 685-692.
- [29] 彭军芝, 汪宏涛. 聚甲基丙烯酸甲酯的改性研究进展[J]. 广州化学, 2001, 26(4): 60-64.
- [30] 施文芳, 黄宏. 辐射固化涂层技术的最新发展[J]. 化学通报, 1997(4): 2-7.
- [31] 衡小东. 家具材料中塑料的应用现状及发展趋势[J]. 塑料工业, 2019, 47(6): 155-158.
- [32] 廖正品. 中国塑料加工业现状与发展前景(上)[J]. 塑料制造, 2007(9): 44-48.
- [33] 廖正品. 中国塑料加工业现状与发展前景(下)[J]. 塑料制造, 2007(10): 38-40.
- [34] 杨金平. 聚乙烯与氯化聚乙烯共混的研究[J]. 中国塑料, 1999(5): 35-39.
- [35] 杨卫贤. 超高分子量聚乙烯(UHMW-PE)管材的研制[J]. 装备制造, 2009(4): 117-118.
- [36] 张一兵, 金燕凤. 聚乙烯(PE)管的研究、生产及应用之进展[J]. 上饶师范学院学报, 2012, 32(6): 43-47.
- [37] KAYALVIZHI M, VAKEES E, SURESH J, et al. Poly (urethane-urea) based on functionalized polystyrene with HMDI: Synthesis and characterization [J]. Arabian Journal of Chemistry, 2019, 12(8): 2484-2491.
- [38] 丁亚斌, 卢勇, 金广泽, 等. 废聚苯乙烯塑料的化学回收利用研究进展[J]. 塑料助剂, 2022(4): 17-20.
- [39] 刘素芳, 石磊, 郑方园. 聚苯乙烯泡沫塑料在建筑设计中的应用[J]. 塑料工业, 2016, 44(12): 95-98.
- [40] 罗贤桂. 聚苯乙烯泡沫塑料在建筑设计中的应用实践分析[J]. 江西建材, 2017(7): 20-27.
- [41] 何晓红, 廖正福, 李冲, 等. 纳米MgO改性PC/ABS合金耐刮擦性能研究[J]. 材料研究与应用, 2010, 4(4): 651-654.
- [42] 王俐. 世界聚碳酸酯工业发展近况及应用[J]. 精细石油化工进展, 2015, 16(2): 38-43.
- [43] 张宁夏. 聚氯乙烯悬浮与本体聚合技术比较[J]. 石化技术与应用, 2004(4): 280-282.
- [44] 刘松涛. 超低聚合度PVC配方的优化[J]. 聚氯乙烯, 2008(10): 6-8.
- [45] 石亮, 黄传华. 超低聚合度PVC树脂生产技术的研 究[J]. 聚氯乙烯, 2013, 41(5): 12-15.
- [46] 张利明. 超低聚合度PVC树脂研制过程中巯基乙醇添加方式探讨[J]. 聚氯乙烯, 2011, 39(8): 28-31.
- [47] 张治宁, 赵永禄, 张作岐, 等. 超低聚合度PVC树脂的研发与生产[J]. 聚氯乙烯, 2018, 46(11): 1-4.
- [48] 王洪梅, 宋振彪, 张海霞, 等. 板材级ABS的产品性能及挤出成型工艺研究[J]. 化工科技, 2013, 21(01): 33-36.
- [49] 朱永康. 双螺杆挤出机在TPE/TPO/TPU/TPV生产中的应用[J]. 橡塑技术与装备, 2012, 38(4): 19-21.
- [50] 高峰, 李海梅, 申长雨. 塑料成型加工实用技术讲座(第五讲)—塑料管材和板材的挤出成型[J]. 工程塑料应用, 2003(7): 52-57.
- [51] 高峰, 李海梅, 申长雨. 塑料成型加工实用技术讲座(第六讲)—塑料管材和板材挤出常见缺陷及对策[J]. 工程塑料应用, 2003(8): 58-61.
- [52] 王宁. 木质无框蜂窝板封边条剥离强度研究[D]. 长沙:中南林业科技大学, 2021.
- [53] 甘睿, 陈吉, 符浩然, 等. 木制品EVA热熔胶的研究与应用[J]. 中国胶粘剂, 2019, 28(3): 56-60.
- [54] 李晓平, 王洪学, 翁向丽. 家具封边用热熔胶的研制[J]. 中国胶粘剂, 2003(4): 33-35.
- [55] 卡伦·邓肯, 邓玉和. PUR热熔胶的胶合速度和耐久性[J]. 家具, 1994(2): 7-8.
- [56] 李茂洪, 车天庚, 吕楚涛, 等. PUR热熔胶封边机结构优化设计[J]. 林业机械与木工设备, 2022, 50(12): 28-33.
- [57] 吉恩. 激光封边技术[J]. 家具, 2010(5): 98-101.
- [58] 佚名. 激光技术缔造无缝封边新起点—德国豪迈推出革命性封边加工技术[J]. 国际木业, 2010, 40(4): 28.
- [59] 丁翼, 马连祥, 付晓. 板式家具封边技术的研究进展[J]. 家具, 2017, 38(4): 17-19.
- [60] 小可. 激光封边技术[J]. 家具, 2009(4): 52-53.
- [61] 叶晓勇, 罗兴强, 张岩松, 等. 激光封边技术在板式家具生产中的应用[J]. 中国人造板, 2017, 24(4): 20-23.
- [62] 张恩慧, 范芯蕊, 马岩, 等. 激光封边系统结构及工艺[J]. 包装工程, 2017, 38(15): 116-120.
- [63] 陈彦勤, 刘培义, 刘振宇, 等. 板式家具自动化封边修边设备研究进展[J]. 机电信息, 2019(2): 50-51.
- [64] 毛宇轩, 王金宝. 板式家具激光封边设备[J]. 林业机械与木工设备, 2019, 47(3): 19-23.
- [65] 山西省化工研究所. GB/T 1668—2008 增塑剂酸值及

- 酸度的测定[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [66] 国家合成树脂质量监督检验中心,广州合成材料研究院有限公司.GB/T 1041—2008 塑料压缩性能的测定[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [67] 材料测试部中石化北化院国家化学建筑材料测试中心.GB/T 9341—2008 塑料弯曲性能的测定[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [68] 国家合成树脂质量监督检验中心,山东道恩高分子材料股份有限公司,中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院,等.GB/T 1040.1—2018 塑料拉伸性能的测定 第1部分:总则[S].北京:中国标准出版社,2018.
- [69] 国家合成树脂质量监督检验中心,北京燕山石化树脂所.GB/T 2411—2008 塑料和硬橡胶使用硬度计测定压痕硬度(邵氏硬度)[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [70] 国家合成树脂质量监督检验中心.GB/T 3398.2—2008 塑料硬度测定 第2部分:洛氏硬度[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [71] 材料测试部中石化北化院国家化学建筑材料测试中心.GB/T 5478—2008 塑料滚动磨损试验方法[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [72] 上海材料研究所,中蓝晨光化工研究设计院有限公司,上海市塑料研究所有限公司,等.GB/T 3960—2016 塑料滑动摩擦磨损试验方法[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [73] 有限公司沈阳第四橡胶厂.HG/T 3847—2008 硬质橡胶·马丁耐热温度的测定[S].北京:化学工业出版社,2008.
- [74] 大庆石油化工总厂.GB/T 1633—2000 热塑性塑料维卡软化温度(VST)的测定[S].北京:国家质量技术监督局,2000.
- [75] 广州合成材料研究院有限公司,天津金发新材料有限公司,北京天罡助剂有限责任公司,等.GB/T 16422.1—2019 塑料实验室光源暴露试验方法 第1部分:总则[S].北京:中国标准出版社,2019.

Preparation Process, Packaging Technology, and Performance Testing Method of Plastic Based Edge Banding Strips

SHEN Feng¹, CHEN Yanqin^{1*}, XIE Junfeng¹, LIU Zhenyu¹, SONG Yinhu¹, LIAO Xiangwei^{2,3},
LI Jiajun^{2,3}, LIN Xiaofeng^{2,3}, YI Guobin^{2,3}

(1. Odeya Decoration Materials Co., Ltd., Dongguan 523770, China; 2. Guangdong Provincial Laboratory of Chemistry and Fine Chemical Engineering Jieyang Center, Jieyang 515200, China; 3. College of Light Industry and Chemical Engineering, Guangzhou University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: With the increasing attention of the global home furnishing industry to environmental protection and sustainable development, the introduction of plastic products can not only effectively reduce dependence on traditional wood and other resources, thereby reducing adverse effects on the environment, but also hope to improve the performance of furniture materials, enhance the durability and practicality of furniture, and promote the development of the furniture industry towards a more environmentally friendly, economical, and practical direction. In this context, plastic edge banding as an important part of edge packaging has gradually attracted much attention. This review aims to comprehensively introduce the types and characteristics of plastic edge banding from the perspective of furniture market demand, and discuss its preparation technology, including the selection and treatment of raw materials, mixing process, molding process and other key aspects. Through a comprehensive comparison of the commonly used plastic edge sealing processes in the current market, their respective advantages and disadvantages are analyzed, which provides a more comprehensive material selection reference for furniture manufacturers and designers. At the same time, this review also introduces in detail the detection methods of the performance of plastic edge banding, including softening temperature test, mechanical performance test, hardness test, wear resistance test, etc., which provides important technical support and reference for related research and application. In general, the significance of this review is not only to fill the research gap of furniture plastic edge sealing technology, but also to provide important theoretical guidance and practical support for the further development and application of this technology. With the continuous improvement of people's awareness of environmental protection and the increasing demand for furniture quality, plastic edge sealing technology is expected to be more widely used in the furniture manufacturing industry and make positive contributions to the sustainable development of the industry. Therefore, the research results of this review will help to enhance the competitiveness of the furniture industry and promote the whole industry to move towards a more environmentally friendly and efficient direction, which has important theoretical and practical significance.

Keywords: plastic edge banding; polyvinyl chloride; preparation technology; edge sealing process; laser edge sealing; performance testing; inspection standard; environmental protection and sustainability