

Non-adhesive suede velvet composite PVC Key technology research and application of cushion

Weijian Li

Guangdong Yuanhua New Material Co., Ltd., Foshan, Guangdong, 528531, China

Abstract

This study addresses the environmental and durability issues of traditional adhesive composite methods by introducing a new adhesive-free composite technology. Through thorough material analysis and experiments, PVC foam slurry was applied to suede velvet fabric via foaming processes, optimizing the foam layer's support strength, cell structure, and softness. This innovation spans the entire process from raw material selection, formula optimization, to production technology. The results show that the suede velvet composite PVC pad produced using this adhesive-free composite technology excels in skin-friendliness, water absorption, breathability, and support cushioning. It also meets environmental and sustainable development standards, offering a new technical solution for related industries with broad application potential.

Keywords

suede velvet; PVC resin; foaming layer; environmental protection composite

无胶剂麂皮绒复合 PVC 垫的关键技术研发与应用

李伟健

广东远华新材料股份有限公司, 中国 · 广东 佛山 528531

摘 要

研究针对传统有胶粘剂复合方式存在的环保性能差、耐久性不足等问题, 提出了一种无胶剂复合技术。通过深入的材料分析与试验, 利用PVC发泡浆料涂覆于麂皮绒布上经发泡等工艺, 优化了发泡层的支撑强度、泡孔结构和柔软度, 实现了从原材料选择、配方优化到生产工艺的全流程创新。结果表明, 该无胶剂复合技术制备的麂皮绒复合PVC垫在亲肤性、吸水透气性、支撑缓冲性等性能上表现出色, 同时满足环保和可持续发展要求, 为相关行业提供了一种新的技术解决方案, 具有广阔的应用前景。

关键词

麂皮绒; PVC糊树脂; 发泡层; 环保复合

1 引言

麂皮绒复合 PVC 垫作为一种兼具优良性能与广泛应用前景的材料, 于多个领域扮演着越发关键的角色。从鞋材行业, 为鞋垫等部件提供舒适的触感与良好的支撑; 到汽车内饰领域, 应用于座椅、扶手等部位, 提升驾乘的舒适性与豪华感; 再到家居用品中, 像柔软的靠垫、坐垫等, 满足人们对舒适居住环境的追求。^[1]然而传统有胶粘剂的复合方式存在诸多弊端, 胶粘剂可能释放有害物质, 影响环保性能与人体健康, 且长期使用后胶粘剂易老化、剥落, 导致产品寿命缩短、性能下降。在此背景下, 无胶剂的麂皮绒复合 PVC 垫响应了日益严格的环保法规与消费者对环保产品的诉求, 减少了胶粘剂中有害化学物质的使用与排放, 推动行业向绿

色、可持续方向发展。

2 产品整体设计方案开发

2.1 设计理念与目标定位

产品与皮肤直接接触的麂皮绒面, 应具备柔软细腻的质感, 能够温柔呵护肌肤, 无论是在鞋材还是家居用品中使用, 都能为消费者带来如同第二层肌肤般的舒适体验。^[2]麂皮绒的吸水性与透气性需达到较高水准, 确保在使用过程中能够快速吸收汗液, 并将湿气有效散发出去, 保持使用环境的干爽与舒适, PVC 发泡层需要在受到压力时能够均匀分散压力, 提供良好的回弹性, 减轻人体在长时间使用过程中的疲劳感。以满足市场需求为导向, 考虑到消费者对环保产品的强烈诉求以及日益严格的环保法规, 摒弃传统含胶粘剂的复合方式, 探索无胶剂的环保复合技术。

2.2 材料选择与特性分析

选用两种不同聚合度的 PVC 糊树脂进行复合调配, 以

【作者简介】李伟健(1987-), 男, 工程师, 从事化工工艺技术研究。

充分发挥各自的性能优势。第一种 PVC 糊树脂的聚合度在 850 - 900 之间, 较低的粘度和较好的流动性在 PVC 发泡浆料中能够使其他辅助材料更容易分散和混合均匀。在发泡过程中, 有助于形成较小的泡孔, 使发泡层的微观结构更加细致紧密, 提高发泡层的密度和强度。第二种 PVC 糊树脂的聚合度在 1200 - 1250 之间, 属于高聚合度的 PVC 糊树脂, 在发泡过程中能够形成较大的泡孔, 泡孔相互连通或分布其中, 为发泡层提供了良好的弹性和缓冲性, 使产品在受到压力时能够有效地吸收和分散能量, 提升产品的舒适性。^[3]

在 PVC 发泡过程中, 由于高温等因素的影响, PVC 分子容易发生降解反应, 产生 HCl 等有害气体, 稳定剂能够有效地捕获这些有害气体, 抑制 PVC 的降解, 延长产品的使用寿命。钙锌复合稳定剂具有良好的热稳定性和光稳定性。发泡剂则采用高发泡倍率、低残留量的偶氮二甲酰胺 (AC 发泡剂), 在适当的温度下能够迅速分解产生大量气体, 使 PVC 糊树脂膨胀发泡, 形成均匀的泡孔结构。^[4] 增粘剂选用一种特殊的聚合物树脂, 能够在两者之间形成分子级别的粘桥, 提高复合强度, 增强 PVC 发泡层与麂皮绒之间的粘接力, 弥补无胶剂复合的潜在不足。

2.3 复合工艺路线确定

从材料相容性角度考虑, 经过多次实验测试, 发现 PVC 发泡浆料中的 PVC 糊树脂与麂皮绒的纤维成分在化学性质上具有较好的相容性, 两者不会发生相互排斥或化学反应产生有害物质的情况, 这为复合工艺的实施提供了基本的化学保障。从涂覆工艺的可操作性来看, 对不同粘度的 PVC 发泡浆料在麂皮绒布上的涂覆效果进行了对比试验。

结果表明, 当浆料粘度调节至 15000 - 20000mPa·s 时, 能够实现较为理想的涂覆效果。在这个粘度范围内, 浆料既具有良好的流动性, 能够均匀地涂覆在麂皮绒布的表面, 填充其绒毛之间的空隙, 又不会因为粘度过低而出现流淌、堆积等不均匀现象。通过合理的温度控制, 可以使 PVC 发泡浆料在麂皮绒布上快速干燥, 并在后续的塑化定型过程中与麂皮绒形成紧密的结合。在 140 - 160℃ 的塑化定型温度下, PVC 糊树脂能够充分塑化, 渗透到麂皮绒布的纤维深处, 与纤维紧密交织在一起, 形成牢固的复合结构。

3 PVC 发泡浆料配方优化研发

3.1 配方成分筛选与作用机理

邻苯二甲酸二异壬基酯作为常用增塑剂, 在 PVC 发泡浆料中发挥着关键增塑作用。其通过插入 PVC 分子链间, 削弱分子间作用力, 使 PVC 分子链段更易运动, 从而降低 PVC 糊树脂的玻璃化转变温度, 增强其在发泡过程中的流动性, 有利于形成均匀连续的发泡层。同时, 适量的邻苯二甲酸二异壬基酯能提升发泡层的柔韧性和弹性, 防止发泡层因过于 rigid 而脆裂。然而, 其用量需严格把控, 经前期小试发现, 当用量低于 30 份时, 发泡层偏硬, 柔韧性不足;

高于 50 份, 虽柔韧性极佳, 但发泡层强度下降, 易变形, 故将其用量范围初步设定在 30 - 50 份。

针对不同聚合度 PVC 糊树脂复合使用的协同效应, 我们开展了专项研究。低聚合度 PVC 糊树脂 (聚合度 850 - 900) 粘度低、流动性好, 利于其他助剂分散混合, 在发泡前期能快速填充发泡空间, 形成细密泡孔雏形; 高聚合度 PVC 糊树脂 (聚合度 1200 - 1250) 则凭借高粘度和成膜性, 在发泡后期稳定泡孔结构, 阻止泡孔过度长大合并, 使发泡层具备较高强度和弹性。^[5] 两者复合使用, 经实验测试不同比例组合, 发现当低聚合度与高聚合度树脂质量比在 6:4 - 7:3 时, 发泡层泡孔均匀细腻, 综合性能最佳。

在功能助剂筛选方面, 稳定剂选用钙锌复合稳定剂, 其在发泡温度下能有效捕获 PVC 分解释放的 HCl, 抑制降解, 保障发泡过程顺利进行, 且无毒环保; 发泡剂采用高发泡倍率、低残留的偶氮二甲酰胺 (AC 发泡剂), 在 210 - 215℃ 下分解产生大量氮气等气体, 推动 PVC 发泡, 其用量在 3 - 5 份时可实现理想发泡倍率; 增粘剂为特殊聚合物树脂, 能提升 PVC 发泡层与麂皮绒纤维间粘接力, 实验表明添加 2 - 3 份增粘剂可使复合强度提升 30% - 40%。

3.2 配方优化实验设计与实施

为精准优化配方, 我们制定了严谨的实验方案。选取配方中关键变量, 即低聚合度与高聚合度 PVC 糊树脂比例 (X1)、邻苯二甲酸二异壬基酯用量 (X2)、发泡剂用量 (X3)、增粘剂用量 (X4)、色粉用量 (X5) 进行五因素三水平的 L25(5³) 正交实验设计, 同时设不含增粘剂和色粉的空白对照组, 以评估各因素及水平对发泡浆料性能影响。每组实验按设定比例精准称量各成分, 先将 PVC 糊树脂与稳定剂预混合 5 分钟, 再依次加入邻苯二甲酸二异壬基酯、发泡剂、增粘剂、色粉, 以 800 - 1000r/min 速度搅拌 30 分钟, 制得均匀浆料, 测试其粘度、细度等指标。

利用该配方浆料按既定工艺涂覆在麂皮绒布上, 经塑化定型、发泡、压纹冷却定型、热升华转印等工序制备实验样品。每组实验样品制作 5 个平行样, 记录各工序操作参数及样品外观特征。收集实验数据时, 测量发泡层厚度、泡孔尺寸及分布, 通过拉力试验测复合强度, 统计分析不同配方下性能指标变化趋势。

3.3 配方优化结果与分析

经性能测试评估不同配方效果, 结果显示, 发泡倍率受发泡剂用量、PVC 糊树脂比例及邻苯二甲酸二异壬基酯用量共同影响, 当 X1 为 6:4、X2 为 40 份、X3 为 4 份时, 发泡倍率达 6 - 7 倍; 泡孔结构方面, 低聚合度与高聚合度树脂协同作用, 搭配适量增粘剂, 能使泡孔均匀细腻、分布规整, 平均泡孔直径约 0.2 - 0.3mm; 与麂皮绒复合强度在 X4 为 2.5 份、X1 为 6:4 时表现最佳, 可达 3.2 - 3.5MPa。

综合性能考量, 确定最佳配方组合为: 低聚合度 PVC 糊树脂 (850 - 900 聚合度) 60 份、高聚合度 PVC 糊树脂

(1200 - 1250 聚合度) 40 份、邻苯二甲酸二异壬基酯 40 份、钙锌复合稳定剂 5 份、AC 发泡剂 4 份、增粘剂 2.5 份、色粉 2 份。在此配方下, PVC 发泡浆料粘度稳定在 15000 - 20000mPa·s, 涂覆于麂皮绒布后, 经 140 - 160℃塑化定型, 210 - 215℃发泡, 形成的发泡层厚度均匀在 4 - 8mm, 泡孔大小适宜、分布均匀, 既保证了 PVC 层与麂皮绒紧密复合, 又使发泡层具有优异支撑强度和柔软舒适度, 完美契合无胶剂麂皮绒复合 PVC 垫的性能需求, 为后续稳定生产与广泛应用奠定了坚实配方基础。

4 生产工艺研究

4.1 生产设备与仪器选择

对于 PVC 发泡浆料搅拌工序, 选用双轴桨叶式高速搅拌机, 确保多种原材料充分混合均匀, 搅拌速度调节范围广, 可适应不同粘度浆料的搅拌需求, 且配备精确的温度控制系统, 防止搅拌过程中因摩擦生热导致原材料提前反应或性能下降。涂刮工序采用气动式自动涂刮机, 通过气压控制实现涂刮厚度的精确调节, 涂刮速度也能在宽范围内无级调速, 配合高精度的刮刀装置。发泡工序则选用箱式热风循环发泡炉, 其内部温度分布均匀, 温控精度达 $\pm 1^\circ\text{C}$, 能够满足不同阶段发泡温度的精准控制要求。压纹冷却定型工序采用辊筒式压纹冷却机, 压纹压力可通过液压系统精确调节, 冷却系统采用循环冷却水, 能快速将发泡层温度降至玻璃化转变温度以下, 实现快速定型。

4.2 工艺参数优化实验

针对 PVC 发泡浆料粘度调节, 改变配方中邻苯二甲酸二异壬基酯的用量以及搅拌速度和时间, 测量浆料粘度变化。结果表明, 当邻苯二甲酸二异壬基酯用量在 35 - 45 份, 且搅拌速度 1000r/min、搅拌时间 35 - 40 分钟时, 浆料粘度可稳定在 15000 - 20000mPa·s 范围内。该粘度范围下, 浆料在涂刮时既具有良好的流动性, 能充分浸润麂皮绒布, 又不会出现流淌现象, 有利于后续发泡成型。若粘度偏高, 适当增加增塑剂用量或延长搅拌时间; 若粘度偏低, 则减少增塑剂用量或降低搅拌速度。

对于涂刮工艺参数, 实验发现涂刮速度在 0.5 - 1.5m/min 之间时, 配合刮刀厚度调节在 0.5 - 1.5mm, 浆料在麂皮绒布上的分布较为均匀。采用光学表面轮廓仪对涂刮后浆料表面进行检测, 当涂刮速度过快时, 浆料表面会出现条纹状不均匀现象, 厚度偏差超过 $\pm 0.1\text{mm}$; 而速度过慢则易导致局部堆积, 影响发泡效果。

塑化定型与发泡温度优化实验中, PVC 发泡浆料在 140 - 160℃下进行塑化定型, 时间为 3 - 5 分钟, 能使 PVC 糊树脂充分塑化并与麂皮绒布初步复合。随后在 210 - 215℃下发泡, 发泡时间为 1 - 2 分钟, 发泡倍数控制在 4 - 8mm, 可获得理想的发泡层结构。若塑化定型温度过低, PVC 糊树脂塑化不完全, 与麂皮绒布粘结不牢; 温度过高则可能导致浆料提前发泡, 影响发泡层质量。

压纹冷却定型工艺参数研究显示, 压纹压力在 0.1 - 0.3MPa、冷却速率 10 - 20℃/min 时, 产品外观平整, 纹理清晰, 尺寸稳定性好。压纹压力过大会使发泡层部分泡孔破裂, 影响缓冲性能; 压力过小则纹理不清晰, 产品外观质量差。冷却速率过慢会延长生产周期, 且可能导致发泡层收缩不均匀; 过快则易使产品产生内应力, 影响柔韧性。

4.3 稳定性验证

为验证生产工艺的稳定性、重复性及产品质量一致性, 我们进行了批量生产试验, 连续生产 1000 件产品。在生产过程中, 每间隔 50 件抽取一组样品进行性能检测, 包括发泡层厚度、泡孔均匀性、与麂皮绒复合强度、外观质量等指标。检测结果显示, 产品各项性能指标均符合设计要求, 且波动范围较小, 发泡层厚度控制在 4 - 8mm, 泡孔均匀细腻, 复合强度稳定在 3.2 - 3.5MPa, 外观平整、图案清晰。

5 结论

研究围绕无胶剂麂皮绒复合 PVC 垫展开, 从产品设计、材料选择、配方优化到工艺研发等方面进行了系统探索。最终成功研发出一种无胶剂复合技术, 提升了产品性能, 满足了环保要求。通过优化配方和工艺参数, 实现了 PVC 发泡层与麂皮绒的紧密复合, 使产品具备优良的综合性能。该技术的应用将有力推动相关行业向环保化、高性能化发展, 为消费者提供优质、环保的产品选择, 助力产业升级。

参考文献

- [1] 岳阳. 彩色环保永久型防静电PVC糊树脂复合材料制备与性能研究[D]. 北京化工大学, 2017.
- [2] 余晓华, 陶建勤. 仿麂皮绒织物用海岛型复合网络丝生产实践[J]. 纺织报告, 2021, 40(2): 23-27.
- [3] 柴文林, 朵永超, 何礼佑. 高密纬编弹力麂皮绒面料在鞋革工艺的研究[J]. 皮革科学与工程, 2025, 35(2): 54-58.
- [4] 高贺勇, 郭超, 高贺昌, 等. 两种增塑剂在NBR/PVC发泡材料中的应用研究[J]. 化工新型材料, 2023, 51(S02): 613-617.
- [5] 吉玉碧, 蒋杰, 武涛, 等. 增塑剂对PVC溶胶发泡性能的影响[J]. 塑料, 2023(5): 46-50.