

科技论坛

耐油鞋的皮革涂层工艺优化与耐化学腐蚀性能研究

季良坚 董璐璐 张帆

温州市利步达鞋业有限公司 325000

【摘要】耐油鞋作为特殊防护装备,在石油化工、机械制造等领域具有重要应用价值,本研究聚焦于耐油鞋用皮革的涂层工艺优化及其耐化学腐蚀性能提升,系统探讨了涂层材料选择、工艺参数调控与性能表征之间的内在联系。通过分析不同树脂体系、助剂配比及成膜工艺对涂层耐油性、抗渗透性与力学性能的影响,提出了针对性的工艺优化路径。研究发现,采用多层复合涂层结构并结合交联密度优化,可显著提升皮革在油品环境中的长期稳定性,同时通过表面能调控与微观结构设计,有效增强了涂层的抗化学介质渗透能力,该研究为高性能耐油鞋的研发提供了理论依据与技术支撑。

【关键词】耐油鞋;皮革涂层;工艺优化;耐化学腐蚀;防护性能;树脂体系

Research on Optimization of Leather Coating Process and Chemical Corrosion Resistance Performance for Oil-Resistant Shoes

Ji Liangjian Dong Lulu Zhang Fan

from Wenzhou Libuda Footwear Co., Ltd. 325000

【Abstract】Oil-resistant shoes, as specialized protective equipment, hold significant application value in petrochemical and mechanical manufacturing industries. This study focuses on optimizing coating processes for leather used in oil-resistant shoes and enhancing their chemical corrosion resistance. It systematically explores the intrinsic relationships between coating material selection, process parameter control, and performance characterization. Through analyzing the effects of different resin systems, additive ratios, and film-forming processes on oil resistance, permeation resistance, and mechanical properties of coatings, targeted process optimization strategies were proposed. The research findings indicate that adopting multi-layer composite coating structures combined with cross-linking density optimization can significantly improve long-term stability of leather in oil environments. Additionally, surface energy regulation and microstructure design effectively enhance the coating's resistance to chemical medium penetration. This study provides theoretical foundations and technical support for the development of high-performance oil-resistant shoes.

【Key words】oil-resistant shoes; leather coating; process optimization; chemical corrosion resistance; protective performance; resin system

一、引言

耐油鞋是工业防护领域的重要装备,其核心功能在于保护使用者足部免受油类及其他化学介质的侵蚀,皮革因其优异的柔韧性、透气性和力学强度,成为耐油鞋制造的理想基材之一。然而天然皮革本身具有多孔结构和亲水特性,在油类环境中易发生溶胀、硬化甚至降解,严重影响其使用寿命和防护效果。因此通过涂层工艺对皮革表面进行改性处理,构建有效的阻隔层,成为提升耐油鞋性能的关键途径。涂层技术通过在皮革表面形成连续致密的保护膜,能够有效阻隔油类及其他化学介质的渗透,同时保持皮革原有的舒适性和耐用性,当前耐油鞋涂层技术正朝着多功能、环保化和高性能方向发展,但在实际应用中仍面临涂层附着力不足、耐老化性能欠佳等技术瓶颈。

现代涂层工艺的发展为耐油鞋的性能提升提供了新的可能,通过分子结构设计和工艺参数优化,可以精确调控涂层的化学稳定性、机械强度和耐久性,特别是近年来出现的

纳米复合涂层、水性环保涂层等新型技术,在保持优异防护性能的同时,更好地满足了环保和健康要求。然而,涂层的防护效果不仅取决于材料本身,更与涂覆工艺、固化条件等密切相关,如何通过系统化的工艺优化,实现涂层结构与性能的协同提升,是当前研究的重点方向。本文将从涂层材料的基础特性出发,深入分析不同工艺参数对涂层性能的影响规律,探讨提升耐油鞋耐化学腐蚀性能的有效途径,为防护鞋类的技术升级提供理论指导。

二、皮革基材的特性与预处理要求

皮革作为一种天然高分子材料,其性能受到原料皮种类、鞣制工艺和后整理过程的综合影响,用于耐油鞋的皮革基材需要具备均匀的厚度、致密的粒面层和良好的机械强度。皮革的多级孔道结构虽然赋予了其优异的透气性能,但也为油类介质的渗透提供了路径。因此在实施涂层工艺前,必须对皮革基材进行适当的预处理。预处理过程包括清洁、鞣制

、复鞣和填充等环节,旨在改善皮革表面的化学特性和物理状态,通过预处理可以调整皮革的表面能,增强其与涂层材料的相容性,同时封闭部分表面孔隙,为后续涂层施工创造良好条件。

皮革的化学组成和微观结构直接影响涂层的附着力和防护效果,胶原纤维的排列密度、油脂含量和水分含量都是需要严格控制的关键参数,过高的油脂含量会阻碍涂层与基材的紧密结合,而水分含量则影响涂层的固化过程,因此需要通过精确的干燥和脱脂处理,使皮革达到适宜的加工状态。此外皮革的等电点决定了其表面电荷特性,会影响涂层材料的润湿和铺展行为,通过调节pH值和使用适当的表面活性剂,可以优化涂层材料在皮革表面的分布均匀性,这些预处理措施虽然增加了制造工序的复杂性,但对于确保最终产品的质量稳定性至关重要。

三、涂层材料体系的选择与特性分析

涂层材料的选择是决定耐油鞋性能的核心因素,目前常用的涂层材料包括聚氨酯、聚丙烯酸酯、硅酮树脂以及它们的复合体系,聚氨酯涂层以其优异的耐磨性、柔韧性和耐油性成为首选材料,其分子中的氨基甲酸酯键能够形成稳定的交联网络,有效阻隔油类分子的渗透;聚丙烯酸酯涂层则具有良好的成膜性和耐候性,但其在油类环境中的抗溶胀能力相对较弱;硅酮树脂具有极低的表面能和优异的化学稳定性,但与其他材料的相容性较差,通常作为改性组分使用。

现代涂层材料的发展趋向于多功能复合体系,通过分子设计,在树脂主链中引入特定的官能团,可以赋予涂层特殊的防护性能,例如含氟基团的引入能显著降低涂层的表面能,增强其抗油污能力;环氧基团则能提高涂层的附着力和耐化学性。纳米材料的添加为涂层性能提升提供了新的途径,纳米二氧化硅、纳米氧化锌等无机粒子可以填充涂层中的微观缺陷,形成更致密的阻隔层,同时提高涂层的机械强度和耐热性,这些功能性填料的粒径分布、表面性质和添加量都需要精确控制,以确保其在涂层中均匀分散并发挥最佳效果。

环保要求的提高推动了水性涂层体系的发展,与传统溶剂型涂层相比,水性体系虽然在某些性能上存在差距,但通过配方优化和工艺改进,其防护性能已能满足大多数应用场景的需求。水性聚氨酯分散体、丙烯酸乳液等新型环保材料正在逐步替代传统的溶剂型产品,这些材料在保持良好防护性能的同时,大幅降低了挥发性有机物的排放,符合绿色制造的发展趋势,然而,水性涂层的干燥过程、成膜机理与溶剂型体系存在显著差异,需要开发相应的工艺配套技术。

四、涂层工艺参数的优化研究

涂层工艺的实施需要精确控制多个关键参数,涂布量直接影响涂层的厚度和均匀性,过低的涂布量难以形成完整的保护层,而过高的涂布量则可能导致涂层内应力增大,影响

其柔韧性和附着力,通常需要通过多次涂布来实现理想的涂层结构,每次涂布的厚度都需要严格控制。涂布方式的选择也很重要,刮涂、辊涂和喷涂等不同方法适用于不同的产品形态和性能要求,刮涂能够实现较厚的涂层,但对皮革表面的平整度要求较高;喷涂则更适合复杂形状的鞋面,但材料利用率相对较低。

干燥和固化条件是决定涂层性能的另一关键因素,温度、湿度和时间参数的设置需要根据涂层材料的特性进行优化,过快的干燥可能导致涂层表面结皮,阻碍内部溶剂的挥发,形成缺陷;而过慢的干燥则会降低生产效率。热固化过程促进涂层材料的交联反应,形成稳定的三维网络结构,固化温度的设置尤为关键,温度不足会导致交联度不够,影响涂层的耐化学性;温度过高则可能引起涂层降解或皮革基材的损伤。对于一些特殊的涂层体系,还可以采用紫外线固化或电子束固化等新兴技术,这些方法具有能耗低、效率高的优点,但对设备和工艺控制要求较高。

环境因素在工艺优化中也需要充分考虑,施工环境的洁净度直接影响涂层的表面质量,空气中的尘埃颗粒可能成为涂层的缺陷源,环境温湿度不仅影响涂层的干燥速度,还会改变涂层材料的流变特性,进而影响其成膜质量,因此建立稳定的生产环境控制系统是保证涂层质量一致性的重要条件。此外工艺参数的优化还需要考虑生产成本和效率的平衡,在保证产品质量的前提下,尽可能简化工艺流程,降低能耗和原料消耗。

五、耐化学腐蚀性能的评价方法

耐油鞋涂层的性能评价需要建立系统的测试体系,耐化学腐蚀性能的测试通常采用浸泡实验法,将涂层样品置于特定的化学介质中,定期观察其外观变化并测试性能指标的变化。测试介质的选择应模拟实际使用环境,包括矿物油、润滑油、切削液等常见油类,以及可能接触到的酸、碱等化学物质,测试周期需要足够长,以评估涂层在长期使用中的性能稳定性。除了常规的室温测试,还需要进行加速老化实验,通过提高温度或机械应力等方式,快速评估涂层的耐久性。

渗透性测试是评价涂层阻隔性能的重要方法,通过测量油类介质通过涂层的速率,可以量化涂层的防护效果,常用的测试方法包括重量法和压力法,重量法通过定期称量样品的质量变化来评估渗透情况,压力法则通过测量介质渗透造成的压力变化来进行评价,这些测试需要在标准化的条件下进行,以确保结果的可靠性和可比性。微观结构分析为了解涂层的防护机制提供了直观依据,扫描电子显微镜可以观察涂层的表面形貌和截面结构,分析其致密性和完整性,原子力显微镜则能在纳米尺度上表征涂层的表面特性,揭示其与防护性能的关联。

力学性能测试同样不可或缺,涂层的附着力、耐磨性和柔韧性直接影响其在使用过程中的可靠性,附着力测试评估涂层与皮革基材的结合强度,通常采用划格法或拉力法进行

测定,耐磨测试模拟实际使用中的摩擦损耗,评价涂层的耐久性,柔韧性测试则检验涂层在反复弯曲下的表现,确保其不会因鞋子的正常使用而产生裂纹或脱落。这些性能测试应该在实际使用条件下进行,同时考虑温度、湿度等环境因素的影响,以全面评估涂层的适用性。

六、涂层结构与性能的关联分析

涂层的微观结构与其宏观性能之间存在密切的关联,理想的防护涂层应该具有致密均匀的微观结构,避免存在针孔、裂纹等缺陷,这些缺陷会成为化学介质渗透的通道,显著降低涂层的防护效果。通过优化成膜工艺和改进配方设计,可以有效地减少涂层缺陷,交联密度是影响涂层性能的关键结构参数,适当的交联密度能够形成稳定的三维网络,增强涂层的机械强度和耐溶剂性,但过高的交联密度可能导致涂层变脆,影响其柔韧性和附着力,因此需要根据使用要求,找到最佳的交联度范围。

涂层的表面特性对耐化学腐蚀性能具有重要影响,表面能的大小决定了涂层与油类介质的相互作用强度。低表面能的涂层具有更好的抗油污性能,能有效防止油类介质的粘附和渗透,通过引入含氟、含硅等低表面能组分,可以显著改善涂层的这一特性。表面粗糙度也会影响涂层的防护效果,过于粗糙的表面会增大与化学介质的接触面积,不利于防护;而过于光滑的表面则可能影响涂层的附着力,因此需要通过工艺控制实现合适的表面粗糙度。

多层涂层结构的设计为性能优化提供了有效途径,通过不同功能涂层的组合,可以发挥各自的优势,实现综合性能的提升。通常,底层注重与基材的附着力和封闭性,中间层提供主要的阻隔功能,面层则负责耐磨和表面特性,各层之间的相容性和界面结合状况需要特别注意,避免层间分离现象的发生。梯度涂层结构是另一种创新设计,通过连续的成分变化实现性能的平稳过渡,这种结构能有效缓解应力集中,提高涂层的耐久性。

七、环境适应性与耐久性研究

耐油鞋在实际使用中会面临复杂多变的环境条件,因此涂层的环境适应性尤为重要,温度变化会影响涂层的物理状态和力学性能。在低温环境下,涂层可能变脆,容易产生裂

纹;在高温环境下,则可能发生软化,降低其防护能力。通过热分析技术可以研究涂层的玻璃化转变温度和热稳定性,为配方优化提供指导。湿热环境对涂层的耐久性构成严峻挑战。高温高湿会加速涂层的水解反应,特别是在聚氨酯等含有易水解基团的涂层中更为明显。通过添加适当的水解稳定剂和采用耐水解树脂体系,可以显著改善涂层的耐湿热性能。

紫外辐射是另一个需要重点考虑的环境因素,长期暴露在阳光下,涂层可能发生光氧化反应,导致变色、粉化甚至开裂,通过添加紫外线吸收剂和光稳定剂,可以有效延缓涂层的光老化过程。化学介质的种类和浓度也会影响涂层的耐久性,不同油类和化学物质对涂层的侵蚀机制各不相同,有些可能引起溶胀,有些则可能导致化学降解。因此,需要根据具体使用环境,选择最适合的涂层体系。动态使用条件下的性能评估更能反映涂层的实际表现。通过模拟实际使用中的弯曲、摩擦等机械应力,可以更准确地预测涂层的使用寿命。

长期性能预测模型的建立对产品开发具有重要意义,通过加速老化实验和实际使用数据的对比,可以建立可靠的寿命预测模型。这些模型需要考虑温度、湿度、化学介质浓度等多个因素的协同作用,以及它们随时间变化的累积效应。建立这样的模型不仅有助于优化产品设计,还能为使用维护提供指导,确保防护装备在整个使用寿命期内保持可靠的防护性能。

八、结论

耐油鞋皮革涂层的工艺优化是一个系统工程,需要从材料选择、工艺参数到性能评价进行全方位考量,通过合理的树脂体系设计和配方优化,可以显著提升涂层的耐化学腐蚀性能。工艺参数的精确控制对形成完整致密的涂层结构至关重要,而多层复合结构和功能化设计则为进一步提升性能提供了有效途径。涂层的环境适应性和耐久性研究有助于确保产品在实际使用中的可靠性。未来涂层技术将更加注重环保性、功能性和智能化,为防护装备的发展注入新的活力。本研究建立的技术路线和优化方法,不仅适用于耐油鞋产品,也可为其他防护涂层的开发提供参考。随着新材料和新工艺的不断涌现,耐油鞋的防护性能将得到持续提升,更好地满足工业防护的需求。

参考文献

- [1]柳峰,张东东,徐冬梅,等.耐磨耐油鞋用丁腈橡胶复合材料的制备及性能[J].皮革科学与工程,2025,35(06):45-50.
- [2]王炳程.耐磨耐油鞋用乙烯-醋酸乙烯酯弹性体复合材料结构、性能与应用研究[D].华南理工大学,2019.DOI:10.27151/d.cnki.ghnl.2019.003647.
- [3]张哲,刘兰轩,冯增辉,等.水性耐油防腐涂层的制备及性能研究[J].材料保护,2022,55(01):109-114+164.DOI:10.16577/j.issn.1001-1560.2022.0013.
- [4]李梅婷.长效防油涂层的制备及其性能研究[D].东南大学,2021.DOI:10.27014/d.cnki.gdnau.2021.002508.