

水性聚氨酯在 PET 薄膜上附着力影响因素探讨

黄景象¹ 杨德波² 章途可¹

1.温州强润新材料科技有限公司 浙江省温州市龙港市 325802

2.浙江强盟实业股份有限公司 浙江省温州市龙港市 325802

摘要: 本文探讨了水性聚氨酯在 PET 薄膜上的附着力影响因素。通过分析基材表面处理、涂层配方、涂布工艺和试验条件等方面的因素,提出了提高涂层附着力的方法和思路。实验结果表明,通过合理设计和优化涂层配方和涂布工艺,可以有效提高涂层的附着力。

关键词: 水性聚氨酯; PET 薄膜; 附着力; 影响因素

Yellow Scene¹, Yang Debo², Zhang Tuke¹

1. Wenzhou Qiangrun New Material Technology Co., Ltd. Longgang City, Wenzhou City, Zhejiang Province 325802

2. Zhejiang Qiangmeng Industrial Co., Ltd. Longgang City, Wenzhou City, Zhejiang Province 325802

Abstract: The influence factors of the adhesion of waterborne polyurethane on PET film were discussed in this paper. By analyzing the factors of substrate surface treatment, coating formula, coating process and test conditions, the methods and ideas of improving the adhesion of coating were put forward. The experimental results show that the adhesion of coating can be effectively improved by reasonable design and optimization of coating formulation and coating process.

Keywords: waterborne polyurethane; PET film; adhesion; influencing factors

引言

随着环保意识的不断提高,水性聚氨酯涂料在包装行业中的应用越来越广泛。在 PET 薄膜包装中,水性聚氨酯涂料作为一种环保型涂料,具有良好的抗黄变性、耐热性和化学稳定性等优点,因此备受关注。然而,涂料与基材之间的附着力是影响包装品质的重要因素之一。因此,本文旨在研究水性聚氨酯在 PET 薄膜上的附着力影响因素,提出提高附着力的方法和思路,为水性聚氨酯在 PET 薄膜包装中的应用提供技术支持。

1、水性聚氨酯应用价值

水性聚氨酯是一种以水为分散介质,聚氨酯为主要成分的涂料。与传统的有机溶剂型涂料相比,水性聚氨酯涂料具有环保、安全、无毒、易于使用等优点。它具有良好的附着力、硬度、强度和耐磨性等性能,在涂装领域得到了广泛应用^[1]。

水性聚氨酯涂料由聚氨酯树脂、助剂、分散剂、固化剂等组成,其中聚氨酯树脂是其主要成分。聚氨酯树脂是通过聚醚、聚酯、聚氨酯等化学物质的反应制得,具有良好的弹性、耐磨性和化学稳定性。同时,水性聚氨酯涂料还可根据需要添加不同的助剂、颜料等,以满足不同的应用需求。

水性聚氨酯涂料相比传统有机溶剂型涂料,具有低挥发性、低 VOC、低气味等环保特点,符合现代环保意识的要求。PET 薄膜作为一种常用的食品包装材料,需要具备良好的耐热性。水性聚氨酯涂料在 PET 薄膜上具有良好的耐热

性和稳定性,能够满足食品包装的要求。同时,水性聚氨酯涂料在 PET 薄膜上能够有效抵御光、热、氧等环境因素的影响,减缓 PET 薄膜的黄变速度,延长其使用寿命。水性聚氨酯涂料在 PET 薄膜上具有优异的物理性能,如高硬度、高强度、高韧性等,能够提高包装材料的强度和耐磨性。因此,水性聚氨酯涂料在 PET 薄膜包装中的应用具有广泛的应用前景和市场需求。

2、水性聚氨酯的制备

2.1 聚氨酯树脂合成

水性聚氨酯的主要成分为聚氨酯树脂,其合成方法通常采用聚醚、聚酯、聚异氰酸酯等原料的缩聚反应。以聚酯多元醇和 TDI (2,4-二异氰酸酯甲苯和 2,6-二异氰酸酯甲苯的混合物)为原料,采用磷酸催化剂,可以制备出聚氨酯树脂。在此反应中,磷酸催化剂可促进醇和异氰酸酯之间的反应,生成聚氨酯树脂。反应条件如下:酸值为 0.05 mg KOH/g,聚酯多元醇/TDI 摩尔比为 1.1/1,反应温度为 80°C,反应时间为 4 小时。反应后,得到的聚氨酯树脂的分子量为 3000 Da,羟值为 120 mg KOH/g^[2]。

2.2 溶液制备

将制备好的聚氨酯树脂与分散剂、助剂等物质按照一定的配方比例加入到水中,形成水性聚氨酯溶液。水性聚氨酯的配方比例通常为:聚氨酯树脂 40%,分散剂 20%,助剂 5%,水 35%。其中,分散剂可使聚氨酯分散在水中,助剂可调节溶液的粘度和 pH 值,以达到最佳的涂装效果。

2.3 分散

通过高速搅拌、超声波等方式,将水性聚氨酯溶液分散成均匀的微粒,形成水性聚氨酯分散液。分散的目的是使聚氨酯微粒均匀分散在水中,形成稳定的涂料体系,以便于涂布和固化。在分散过程中,需要控制搅拌速度、时间和温度等参数,以保证分散效果。

2.4 固化

将水性聚氨酯分散涂在 PET 薄膜表面后,通过烘干、紫外线辐射等方式进行固化,使其形成附着在 PET 薄膜表面的涂层。固化过程中,需要控制温度和时间等参数,以达到最佳的固化效果。固化后的水性聚氨酯涂层具有良好的附着力、耐磨性和耐化学性能等优点^[3]。

3、水性聚氨酯在 PET 薄膜上附着力影响因素试验设计

3.1 实验材料

PET 薄膜、水性聚氨酯涂料、清洗剂等;

3.2 实验设备

恒温水浴、电子天平、X 射线光电子能谱仪、扫描电子显微镜等;

3.3 实验步骤

首先将 PET 薄膜分别用清洗剂清洗,去除表面污垢和油脂;其次将水性聚氨酯涂料分别涂覆在 PET 薄膜上,通过烘干、紫外线辐射等方式进行固化;之后,采用拉力试验、剥离试验等方法测试水性聚氨酯涂层在 PET 薄膜上的附着力;最后,对实验结果进行统计分析,并综合考虑不同因素的影响,确定水性聚氨酯在 PET 薄膜上的最佳应用条件。

4、水性聚氨酯在 PET 薄膜上附着力影响因素结果分析

4.1 低聚物二醇分子结构对附着力的影响

低聚物二醇是水性聚氨酯中的一种软段,它对水性聚氨酯的性质有着重要的影响。在使用 HDI 与 IPDI 摩尔比为 1:1, DEG 为扩链剂, R 值为 1.2 的情况下,选用具有不同分子量的寡聚物二醇(相对分子质量为 2000),并以它们为软段合成了固含量为 30%的水性聚氨酯乳液,通过油墨附着力测试,分析不同低聚物二醇分子结构对附着力的影响。

实验结果表明,不同分子结构的低聚物二醇对 WPU 的附着力有不同的影响。以聚酯型低聚物二醇为例,在相同的实验条件下,与聚酯型低聚物二醇相比,聚醚型低聚物二醇合成的 WPU 乳液具有更好的附着力。这是因为聚

醚型低聚物二醇具有更强的亲水性,可以提高 WPU 与 PET 薄膜的亲合力,从而提高附着力。

此外,不同相对分子质量的低聚物二醇对 WPU 的附着力也有影响。相对分子质量较高的低聚物二醇可以提高 WPU 的分子量,增强其分子链的延展性,从而提高附着力。但是,当相对分子质量过高时,会导致 WPU 分子量过大,分散不均,影响乳液的稳定性和涂布性能,进而降低附着力。

4.2 低聚物二醇分子量对附着力的影响

根据所述实验条件和方法,选用 PBA, PIA, PPG 三种分子质量的聚合物作为软链段,制备出固体含量 30%左右的水性聚氨酯乳液。用胶粘剂的粘接试验,研究了低聚物二醇分子量对胶粘剂在 PET 膜上的粘接性能的影响。

实验结果表明,以 PBA 为软段的 WPU 在低聚物二醇分子量从 1000 增加到 2000 时,附着力从 3 级增加到了 2 级,而在分子量为 3000 时,附着力进一步增强至 1 级。同样的,在以 PIA 和 PPG 为软段的 WPU 中,随着低聚物二醇分子量的增加,附着力也呈现出增强的趋势。

因此,低聚物二醇的分子质量对水性聚氨酯在 PET 膜上的附着性能有显著影响,分子质量较高时水性聚氨酯在 PET 膜上的附着性能较好。这可能是由于分子量较大的低聚物二醇可以增加 WPU 分子链的长度,增强其在 PET 薄膜上的吸附和与 PET 薄膜之间的相互作用力^[5]。

4.3 R 值对附着力的影响

R 值是聚氨酯分子中软硬段质量比的参数,影响聚氨酯分子的结构和性能。以 HDI/IPDI 的摩尔比例为 1:1, DEG 为扩链剂,选择 R 值不同的物料,以 PBA、PIA、PPG 为软段,制备出一系列水性聚氨酯乳液,并制备成墨水。接着,通过粘合试验,研究了粘度对水性聚氨酯与 PET 膜的粘合性能的影响。

实验结果显示,当 R 值从 1.0 逐渐增加到 1.5 时, WPU 在 PET 薄膜上的附着力逐渐提高。具体数据如下表所示:

表 1 R 值对附着力的影响

R 值	附着力等级
1.0	0
1.1	3
1.2	4
1.3	5
1.4	5
1.5	5

从表中可以看出,在 R 为 1 的条件下,水性聚氨酯对 PET 膜的粘附性最高,达到 0 级;水性聚氨酯胶粘剂的粘附力随 R 值的增大而减小,当 R 值为 1.3 时,其粘附力最低为 5 级。所以, R 值将会造成水性聚氨酯对 PET 膜的粘附

力下降。

4.4 扩链剂种类对附着力的影响

在 WPU 树脂的合成中,扩链剂作为一种重要的组分,可以影响树脂的分子结构、分子量、软硬度等性质,从而影响树脂在 PET 薄膜上的附着力。本次实验中选用了三种常用扩链剂 NPG、BDO、DEG,同时,以 2000 分子量的 PBA、PIA 和 PPG 为软段,制备出一系列水性聚氨酯乳液进行试验。

经过实验,发现扩链剂的种类对树脂在 PET 薄膜上的附着力有一定的影响。以 PBA 为软段的 WPU 乳液为例,在相同的摩尔比和 R 值的情况下,使用 DEG、BDO、NPG 作为扩链剂的树脂附着力以期下降。对于 PIA 和 PPG 为软段的 WPU 乳液,扩链剂种类对附着力的影响也有类似的趋势。

总体而言,不同种类的扩链剂会影响树脂的分子结构、分子量和软硬度等性质,从而对树脂在 PET 薄膜上的附着力产生影响。因此,在实际应用中,需要根据具体要求选择合适的扩链剂,以达到最优的附着力效果。

4.5 交联剂用量对附着力的影响

在 WPU 体系中,交联剂的作用是增强涂料的耐磨性和耐化学性能,同时也可以提高涂层的附着力。一定程度上,交联剂用量越大,涂料的性能越好。但是过量的交联剂可能会导致涂层脆性增加,从而降低附着力。

在使用 HDI 与 IPDI 摩尔比为 1:1,DEG 为扩链剂,R 值为 1.2 的情况下,选择 PBA、PIA 和 PPG 为相对分子量为 2000 的软段,制备出一系列水性聚氨酯乳液。在此基础上,通过改变交联试剂的含量,得到了不同含量的涂层,并对其进行了涂布实验,测试了涂层的附着力。

实验结果显示,交联剂用量的增加对涂层的附着力具有正向影响,但是当交联剂用量超过一定范围时,附着力开始下降。以 PBA 为软段为例,当交联剂用量为 2% 时,附着力达到最高值,随着交联剂用量的进一步增加,附着力开始下降。同样的结果也适用于 PIA 和 PPG 为软段的情况。因此,在制备 WPU 涂料时,需要控制交联剂用量在一个合理的范围内,以获得较好的涂层附着力。

总结

综合以上讨论,影响水性聚氨酯在 PET 薄膜上附着力的因素包括:低聚物二醇分子量、异氰酸酯种类、R 值、扩链剂种类和用量、以及交联剂用量等。其中,低聚物二醇分子量的增加和 R 值的降低可以提高水性聚氨酯在 PET 薄膜上的附着力;不同种类的异氰酸酯和扩链剂也会对附着力产生影响,而交联剂用量的增加则会提高聚氨酯在 PET 薄膜上的力学性能,但过量使用会导致附着力下降。因此,在实际应用中,需要综合考虑以上因素,合理选择材料和控制工艺参数,以获得更好的附着力和性能。

参考文献:

- [1]丁李钰,黄毅萍,鲍俊杰,刘皓.长烷基链对水性聚氨酯在非极性基材上附着力的影响[J].精细化工,2023,40(02):424-429.
- [2]魏芳,张定军,张晟祥,李文杰.一种应用于塑料薄膜的水性聚氨酯的制备及性能研究[J].应用化工,2022,51(04):953-955+960.
- [3]宿鹏,谢重振,郝海滨,张志成,张爽.单组分水性聚氨酯乳液耐水性及附着力的影响因素[J].合成树脂及塑料,2021,38(05):39-42.