

UV 固化条件对丙烯酸酯热熔压敏胶的性能影响研究

陆炳坤¹, 钱 军^{1*}, 石一峰²

(1. 华东理工大学材料科学与工程学院, 上海 200237; 2. 上海宏顶房科技有限公司, 上海 200237)

摘要: 选用两种商品化的丙烯酸酯热熔压敏胶, 研究其不同涂布克重在不同紫外光照射能量、照射强度下的性能变化, 及其与萜烯酚树脂共混改性的效果。研究表明, 光照强度不变时, 随着光照能量提高, 丙烯酸酯热熔压敏胶凝胶率先上升后维持不变; 低涂胶克重 25 g/m² 时, 丙烯酸酯热熔压敏胶初粘及剥离强度受光照能量的影响较大, 受光照强度的影响较小; 丙烯酸酯热熔压敏胶与不同牌号萜烯酚树脂共混改性后性能变化呈不同趋势, 萜烯酚树脂含量 10% 的复配压敏胶初粘力及剥离强度上升, 持粘时间下降。

关键词: 丙烯酸酯热熔压敏胶; 萜烯酚树脂; 紫外光固化; 初粘; 剥离强度

中图分类号: TQ437.2

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2025)12-0187-07

DOI: 10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2025.12.032

Research on influences of UV curing conditions on properties of acrylic hot melt pressure sensitive adhesives

LU Bing-kun¹, QIAN Jun^{1*}, SHI Yi-feng²

(1. School of Materials Science and Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China; 2. Shanghai Hongdingfang Technology Co., Ltd., Shanghai 200237, China)

Abstract: Two kinds of commercial acrylic hot melt pressure-sensitive adhesives are selected to study their performance changes under different coating weights, different ultraviolet irradiation energy and different ultraviolet irradiation intensities, as well as their blending modification with different grades of terpene-phenolic resins. Research results show that as the ultraviolet irradiation intensity remains constant, the gelation rate of acrylic hot melt pressure-sensitive adhesives increases firstly and then remains unchanged with the increase of irradiation energy. As the coating weight is as low as 25 g/m², the initial adhesion strength and peel strength of acrylic hot melt pressure-sensitive adhesives are greatly affected by the irradiation energy but less affected by the irradiation intensity. After acrylic hot melt pressure-sensitive adhesives are blended with different grades of terpene-phenolic resins, the performance of acrylic hot melt pressure-sensitive adhesives changes towards different trends. Composite acrylic hot melt pressure-sensitive adhesives containing 10% of terpene-phenolic resin have an increased initial adhesion power, an increased peeling strength and a decreased holding time.

Key words: acrylic hot melt pressure sensitive adhesives; terpene-phenolic resin; UV curing; initial adhesion; peeling strength

压敏胶是指无需借助于溶剂或热, 只需要对其施加轻微压力, 就能够与被粘物牢固粘合的一类胶粘剂^[1-2]。紫外光固化丙烯酸酯热熔压敏胶是以聚丙烯酸酯预聚体为主要成分, 辅以合适的光引发剂、增粘树脂^[3-4]等复配后, 再加热熔融涂布于基材上, 经 UV 固化冷却后得到所需性能的压敏胶^[5-6], 具有约 100% 固含量、涂布效率高、不存在明显的有机溶剂排放、耐高温耐候性能好等优点, 涂布时也无需氮气等惰性气体的保护, 涂胶克重高, 光固化时还可以通过设置紫外灯功率及车速等调节光照强度及能量以调控反应速率, 进而获得不同性能的压敏胶^[7-8]。

丙烯酸酯热熔压敏胶的 UV 光交联过程是指在

特定波长和强度的紫外光照射后, 聚合物分子链之间会发生光交联反应, 引发光交联固化^[9-10]。郭瑞林等^[11]研究了光引发剂 CQS-1 含量、光照方案等对 UV 丙烯酸酯热熔压敏胶性能的影响, 研究表明压敏胶的光交联反应存在一个光能阈值, 单次能量超过该阈值才能有效发生光交联反应, 但该研究中未涉及光照强度对压敏胶的性能影响。Kim 等^[12]分析了单体组成以及紫外光固化条件对丙烯酸酯压敏胶性能的影响, 研究表明相比于快速 (24 mW/cm², 60 s) 光固化条件, 慢速 (6 mW/cm², 4 min) 光固化条件有利于丙烯酸酯压敏胶形成更加紧密的交联网络, 同时丙烯酸异冰片酯单体的含量

收稿日期: 2025-03-18; 修回日期: 2025-09-29

作者简介: 陆炳坤 (1999-), 男, 硕士生, 研究方向为 UV 光固化压敏胶, lubingkun2012@163.com; 钱军 (1965-), 男, 博士, 教授, 研究方向为高分子合成、胶粘剂、涂料的开发和研究, 通讯联系人, qianjun@ecust.edu.cn。

也会影响交联网络的生成,但该研究对于光固化条件的选择并不多样。

紫外光固化丙烯酸酯热熔压敏胶体系中还可以引入增粘树脂改善粘接性能,增粘树脂种类不同对性能的影响也不同。董家新^[13]对比了松香酚醛树脂 801L、苯乙烯改性 C9 石油树脂、聚合松香 B-95 树脂对热熔压敏胶粘接性能的影响。结果表明,各个配方体系中 3 种含量 15% 增粘树脂的引入均提高了压敏胶环形初粘力及剥离强度,但持粘性能总体都较差。而丙烯酸酯压敏胶中常用的萘烯酚树脂却鲜有研究,紫外光交联固化工艺在热熔压敏胶领域的研究较少。

本研究首先选用两种市售的 UV 丙烯酸酯热熔压敏胶,研究其不同涂布克重时在不同紫外光照射能量、照射强度下的性能变化;并研究丙烯酸酯热熔压敏胶与萘烯酚树脂的共混改性对性能的影响。研究结果对丙烯酸酯热熔压敏胶的紫外光固化条件及压敏胶性能优化具有实际指导意义。

1 实验原料与仪器

1.1 实验原料

CM101UV、CM110UV 型丙烯酸酯热熔压敏胶,东莞市成铭胶粘剂有限公司生产;TF2100、TF3100、TF4100 牌号萘烯酚树脂,韶关林和林产科技有限公司生产;无水乙醇,上海玻尔化学试剂有限公司生产;正庚烷,国药集团化学试剂有限公司生产;乙酸乙酯(EAC),上海宏顶房科技有限公司生产。

1.2 实验仪器

KJ-6050 型电动搅拌机、KJ-6031 型电脑式环形初粘性试验机、KJ-6017B 型手动涂膜机、KJ-1065B 型电脑式胶带剥离强度试验机、KJ-601 型真空自动涂膜机、KJ-6012A 型烘箱型胶带保持力试验机、KJ-6003A 型标准裁样刀、KJ-6042 型 UV 汞灯固化机、KJ-6018 型热熔贴合涂布实验机,广东东莞科建仪器有限公司生产;有极汞灯,武汉政瑞科技有限公司生产;DHG-9140A 型电热恒温鼓风干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司生产;Nicolet IN S⁺ 显微红外光谱仪,布鲁克科学仪器有限公司生产。

2 实验方法

2.1 丙烯酸酯热熔压敏胶紫外光交联固化机理

两种市售的丙烯酸酯热熔压敏胶体系中含有光引发剂,在受到特定光能、光强的紫外光照射后,分子链之间会发生光交联反应,形成交联点,实现热熔

压敏胶的光交联固化,紫外光交联固化机理如图 1 所示。

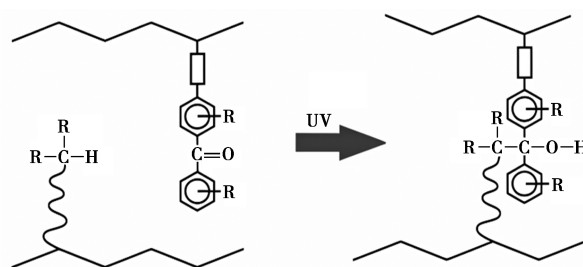


图 1 丙烯酸酯热熔压敏胶光交联固化机理

2.2 丙烯酸酯热熔压敏胶及其与增粘树脂复配样品制备

首先将 CM101UV 与 CM110UV 型丙烯酸酯热熔压敏胶分别在 140℃ 恒温干燥箱中预热流动后,调整 KJ-6018 型热熔涂布机厚度使得压敏胶以 25 g/m² 克重涂胶成膜,冷却后在不同条件紫外光照射下固化后,以乙酸乙酯为溶剂,测试其凝胶率以表征交联程度。

同样方法将 CM101UV 型丙烯酸酯热熔压敏胶在 140℃ 电动恒温干燥箱中预热后使其具有流动性,在 KJ-6018 型热熔贴合涂布实验机上涂布得到克重分别为 25 g/m²、50 g/m²、100 g/m² 的压敏胶膜,冷却后置于不同的光照条件下紫外光固化,再使用 KJ-6003A 型标准裁样刀将胶膜裁剪成 150 mm×25 mm 的标准样条多份,用于力学性能测试及显微红外表征。

同理,将 CM101UV、CM110UV 型丙烯酸酯热熔压敏胶及 TF2100、TF3100、TF4100 型萘烯酚树脂分别置于 140℃ 恒温干燥箱中预热后,将萘烯酚树脂按照 10%、20%、30% 质量分数分别与两种压敏胶混合复配,在 KJ-6018 型热熔贴合涂布实验机上涂布得到克重为 25 g/m² 的压敏胶膜,冷却后在设定照射条件下紫外光固化,按照上述同样标准裁剪成样条,用于力学性能表征测试。

2.3 测试与表征

(1) 凝胶率测试。参照国标 GB/T 5009.6—2016 测试不同照射条件下紫外光固化后丙烯酸酯热熔压敏胶的凝胶率。

(2) 显微红外测试。参照国标 GB/T 32198—2015 测试紫外光固化后丙烯酸酯热熔压敏胶内不同深度的显微红外光谱图。

(3) 环形初粘力测试。参照国标 GB/T 31125—2014,使用 KJ-6031 电脑式环形初粘力测试仪测试

压敏胶样条的环形初粘力。

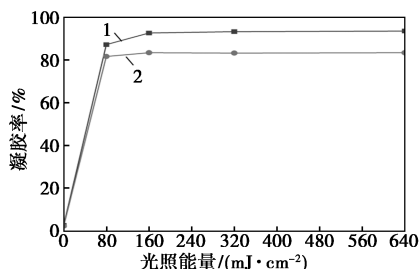
(4) 180°剥离强度测试。参照国标 GB/T 27792—2014, 使用 KJ-1065B 电脑式胶带剥离强度测试仪测试压敏胶样条的 20 min 180°剥离强度。

(5) 持粘时间测试。参照国标 GB/T 4851—2014, 使用 KJ-6012A 烘箱型胶带保持力试验机测试压敏胶样条的持粘时间。

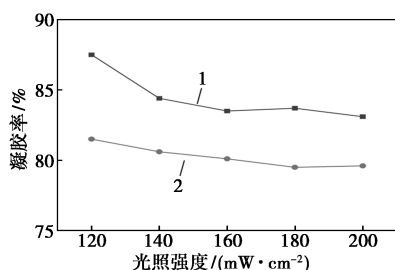
3 结果与讨论

3.1 照射条件对交联程度的影响

经过紫外光固化后丙烯酸酯热熔压敏胶中聚合物分子既具有交联结构也含有线性结构, 可用凝胶率来表征丙烯酸酯热熔压敏胶的交联程度。为了研究 UV 照射条件对压敏胶交联程度的影响, 对 CM101UV、CM110UV 压敏胶分别在同光强不同光能、同光能不同光强条件下紫外光交联固化后进行凝胶率测试, 按照 2.2 节方法涂胶克重为 25 g/m^2 , 有极汞灯光照强度固定时设置为 120 mW/cm^2 , 可调整有极汞灯照射时间以调整光照能量; 光照能量固定时设置为 80 mJ/cm^2 , 可调整有极汞灯输入功率以调整光照强度。各样品经紫外光固化后, 以乙酸乙酯为溶剂测试紫外光固化丙烯酸酯热熔压敏胶的凝胶率, 测试结果如图 2 所示。



(a) 光照强度不变, 光照能量改变



(b) 光照能量不变, 光照强度改变

1—CM101UV; 2—CM110UV

图2 不同照射条件下2种型号丙烯酸酯热熔压敏胶的凝胶率变化

由图 2(a) 可知, CM101UV 和 CM110UV 压敏胶在未进行紫外光固化时, 其初始凝胶率分别为

2.7% 和 2.3%, 体系中以线性聚合物为主; 在光照强度保持 120 mW/cm^2 不变时, 随着光照能量提高, 压敏胶凝胶程度先上升后保持平稳; 光照能量达到 160 mJ/cm^2 时, CM101UV 压敏胶的凝胶率为 93.2%, CM110UV 压敏胶的凝胶率为 83.7%, 这是由于紫外光激发了体系中光引发剂, 导致线性聚合物分子链之间发生交联反应; 光照能量越高, 交联密度越大, 凝胶率越高。光照能量达到该阈值后, 大部分交联反应完成, 因此凝胶率会趋于稳定。

由图 2(b) 可知, 在光照能量保持 80 mJ/cm^2 不变时, 随着光照强度上升, 两种压敏胶的凝胶率逐渐下降, 这是由于光照能量正比与光照强度和光照时间, 光照强度越大, 光能不变则光照时间越短, 压敏胶层表面迅速固化而内部交联反应不完全, 凝胶率逐渐下降。

通过对比可知, 同等光能、光强固化条件下 CM101UV 压敏胶的凝胶率更大, 交联程度更高, 具备更高的紫外光交联固化活性; 此外, 当光照能量为 80 mJ/cm^2 、光照强度为 120 mW/cm^2 时, 丙烯酸酯热熔压敏胶光交联程度较高, 光能也能得到充分利用。

3.2 照射深度对交联程度的影响

由于紫外光沿照射光程有衰减, 紫外光固化后丙烯酸酯热熔压敏胶的胶层表面与胶层内部交联程度并不完全一致, 为了进一步探究胶层深度对 UV 丙烯酸酯热熔压敏胶交联程度的影响, 设置光照能量为 80 mJ/cm^2 、光照强度为 120 mW/cm^2 , 取 2.2 节以 CM101UV 型丙烯酸酯热熔压敏胶制备的克重为 50 g/m^2 、膜厚约为 $50 \mu\text{m}$ 的胶膜, 经紫外光固化后对其不同深度进行显微红外测试, 结果如图 3 所示。

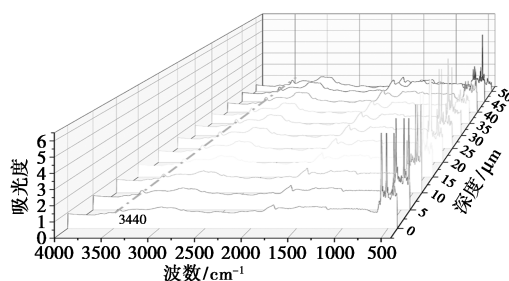


图3 紫外光固化后 CM101UV 热熔压敏胶不同深度的显微红外光谱图

图 3 中 3440 cm^{-1} 处对应的特征吸收峰为羟基—OH 的伸缩振动峰。将该特征吸收峰的羟基吸光度与深度作图, 可得图 4。

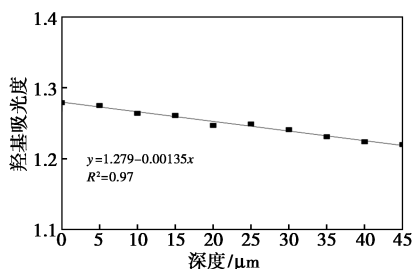
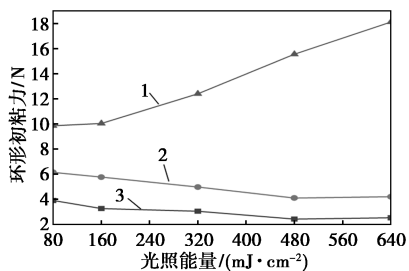


图 4 羟基特征峰吸光度随照射深度变化

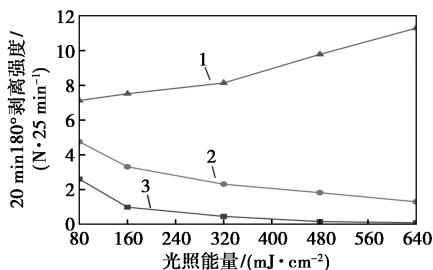
由图 4 可知,羟基特征峰吸光度会随着照射深度的增加而减少。根据图 1 紫外光交联固化原理,羟基是紫外交联的产物,羟基特征峰的减少,意味着随着照射深度的增加,交联程度在下降,可以理解为压敏胶层出现“上焦下嫩”的现象,亦即,当丙烯酸酯热熔压敏胶被紫外光照射时,表层光引发剂被激发导致链状高分子间发生光交联反应,形成一种三维网状结构。而紫外光沿程衰减,压敏胶深处接收光能不够,交联反应不完全,导致形成羟基的量逐渐减少,特征峰吸光度逐渐降低。

3.3 照射条件对不同涂胶克重压敏胶性能影响

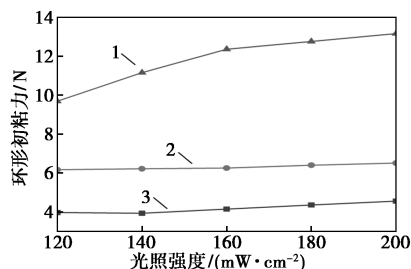
基于以上研究,选择 CM101UV 热熔压敏胶以研究不同照射条件对不同涂胶克重热熔压敏胶性能的影响。按照 2.2 方法得到涂胶克重分别为 25、50 g/m² 及 100 g/m² 的压敏胶膜,调整有极汞灯固化机输入功率及照射时间,分别在使得光照强度保持 120 mW/cm² 不变时、光照能量保持 80 mJ/cm² 不变时,考察光照条件对紫外光固化后 CM101UV 热熔压敏胶初粘力及剥离强度(20 min, 80°)的影响,结果如图 5 所示。



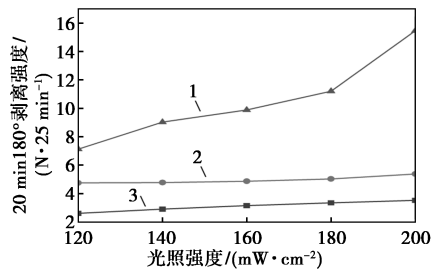
(a) 光照能量对初粘力的影响



(b) 光照能量对剥离强度的影响



(c) 光照强度对初粘性能的影响



(d) 光照强度对剥离强度的影响

1—25 g/m²; 2—50 g/m²; 3—100 g/m²

图 5 照射条件对不同涂胶克重压敏胶初粘力及剥离强度的影响

由图 5 可知,实验照射条件下,随着热熔压敏胶涂胶克重的增加,紫外光固化后压敏胶初粘力和剥离强度均显著增强,这是由于涂胶克重越高,胶层越厚。根据机械作用粘接原理,压敏胶能更快地润湿被粘物表面,填充被粘物表面的缝隙或凹凸之处,增加了二者间接触面积,从而提高了初粘力和剥离强度。

由图 5(a)、(b)可知,在 25 g/m² 和 50 g/m² 涂胶克重下,压敏胶初粘力及剥离强度会随着光照能量的提高而逐渐降低,而此时光能增大,丙烯酸酯热熔压敏胶交联密度升高,分子量变大,链段运动能力降低,导致其无法与被粘物形成紧密接触,因此力学性能降低。由图 5(c)、(d)可知,在 25 g/m² 和 50 g/m² 涂胶克重下,压敏胶整体性能不会因光照强度的改变而剧烈变动,初粘力及剥离强度较均衡且略有上升。

但在 100 g/m² 涂胶克重情况下,存在未能将胶膜完全照透的情况,光能、光强较低时,初粘力及剥离强度较小,光强增大,可以促进胶层表面快速反应;光能提高,转化率提高,光交联程度随之增大,环形初粘力最高可达 18 N 左右,180°剥离强度最高可达 15 N/25 mm,再次体现了压敏胶层“上焦下嫩”情况。光能光强提高时,丙烯酸酯热熔压敏胶下层反应程度提高,内聚力增大,整体性能随之提升。

由此可知,丙烯酸酯热熔压敏胶整体性能会随

着涂胶克重的增加而改变;在较低涂胶克重 25 g/m² 和 50 g/m² 时,其初粘力和剥离强度受光能的影响较大,受光强的影响较小;而在高涂胶克重 100 g/m² 时,其力学性能会随着光能和光强的提高而增强。

3.4 光能光强对压敏胶性能影响的经验模型

基于不同照射条件下不同涂布克重热熔压敏胶力学性能研究数据,将光照能量、光照强度作为两个自变量计算拟合后得到双幂函数经验模型,如式(1):

$$Z = ax^b y^c \quad (1)$$

式中, Z 分别为紫外光固化后 CM101UV 热熔压敏胶的环形初粘力、20 min 180°剥离强度, N/25 mm; x 为光照能量, mJ/cm²; y 为光照强度, mW/cm²。计算得到参数 a 、 b 、 c 见表 1。

表 1 CM101UV 热熔压敏胶性能与光能光强关系参数表

涂胶克重/ (g·m ⁻²)	Z	a	b	c	相关 系数
25	初粘力	8.840	-0.29	0.10	0.97
50	初粘力	11.070	-0.20	0.06	0.98
100	初粘力	0.070	0.28	0.75	0.94
25	剥离强度	136.710	-0.78	-0.05	0.94
50	剥离强度	19.870	-0.54	0.20	0.99
100	剥离强度	0.002	0.22	1.52	0.96

由表 1 可知,拟合式结果相关系数接近 1,表明该式对光能光强与性能关系描述的效果较好。已知光能与光强有如下关系, $x = yt$, 其中 t 为光照时间, s 。则式(1)可转化为式(2)。

$$Z = ax^b y^c = a(yt)^b y^c = ay^{b+c} t^b \quad (2)$$

式中, t 为光照时间, s 。

由式(2)及表 1 可知,在压敏胶低涂胶克重(25 g/m² 和 50 g/m²)时,式中 b 与 $b+c$ 的值均小于 0,表明当光强 y 不变时,压敏胶环形初粘力及 180°剥离强度会随着光照时间 t 的延长(此时光照能量 x 随之增大)而减小;当光能 x 不变时,压敏胶力学性能会随着光强 y 的增大(此时光照时间 t 随之缩短)而增大。而在压敏胶高涂胶克重(100 g/m²)时, a 、 b 、 c 均大于 0,且 c 值较大,说明此时光照时间 t 和光强 y 与压敏胶的初粘力和 180°剥离强度呈正相关,压敏胶性能会随着光照时间 t 的延长和光照强度 y 的增大而增强,验证了 3.3 中的结论。

该经验模型可以预测在各个光能光强下其他涂胶克重值(尤其 25 g/m² ~ 100 g/m² 之间)压敏胶的性能,对于该丙烯酸酯热熔压敏胶的性能选择以及

未来理论模型计算具有参考意义。

3.5 萘烯酚树脂含量对混合复配丙烯酸酯热熔压敏胶性能影响

为了进一步拓宽丙烯酸酯热熔压敏胶的性能范围,分别将 CM101UV、CM110UV 型热熔压敏胶与增粘树脂(萘烯酚树脂)按一定质量比例混合复配后进行性能研究。设置光照能量为 80 mJ/cm²、光照强度为 120 mW/cm²,并将复配热熔压敏胶涂布得到克重为 25 g/m² 的胶膜。两种丙烯酸酯热熔压敏胶未添加增粘树脂时光固化后初始性能见表 2。

表 2 CM101UV 及 CM110UV 丙烯酸酯热熔压敏胶紫外光固化后初始性能

牌号	环形初粘力/ N	20 min 180°剥离强度/ (N·25 mm ⁻¹)	40℃持粘 时间/h
	CM101UV	3.96	3.28
CM110UV	6.09	5.57	9.25

由表 2 可知,CM101UV 热熔压敏胶的环形初粘力、20 min 180°剥离强度均显著低于 CM110UV 热熔压敏胶,而 40℃持粘较高。结合对照射条件影响的研究结果可知,这是由于 CM101UV 的紫外光固化活性更高,相同照射能量下光交联程度高,内聚强度大,导致其塑性增大,流动性降低,与被粘物结合力下降,润湿变差,从而导致初粘及剥离强度降低;而持粘与内聚强度正相关,内聚强度高则压敏胶不易发生内聚破坏,持粘时间随之提高。

测试结果也表明未添加增粘树脂的热熔压敏胶整体性能相对较低,可采用复配萘烯酚树脂改善其润湿性,提高力学性能。本实验所用萘烯酚树脂牌号及苯酚含量(%)如表 3 所示。

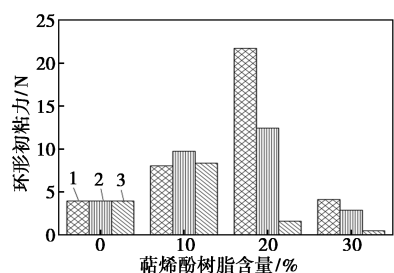
表 3 3 种牌号萘烯酚树脂配方中苯酚含量

萘烯酚树脂牌号	TF2100	TF3100	TF4100
苯酚含量/%	20	30	40

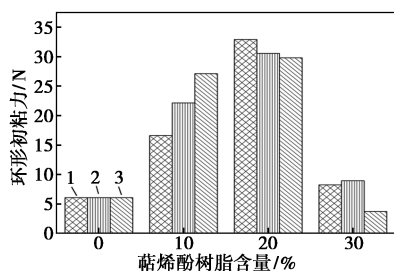
由于苯酚中酚羟基极性较大,则 3 种牌号萘烯酚树脂极性由小到大顺序为 TF2100 < TF3100 < TF4100。

将不同牌号的萘烯酚树脂分别按照 10%、20%、30%质量分数与 CM101UV 以及 CM110UV 丙烯酸酯热熔压敏胶混合均匀,在热熔涂布机上涂布成 25 g/m² 胶膜,经紫外光固化后研究其对热熔压敏胶初粘性能的影响,实验结果如图 6 所示。

由图 6(a)可知,TF2100 和 TF3100 牌号萘烯酚树脂含量从 10%增加到 20%时,复配的 CM110UV 丙烯酸酯热熔压敏胶的流动性增加,对被粘物的润



(a) 萜烯酚树脂复配 CM101UV 压敏胶



(b) 萜烯酚树脂复配 CM110UV 压敏胶

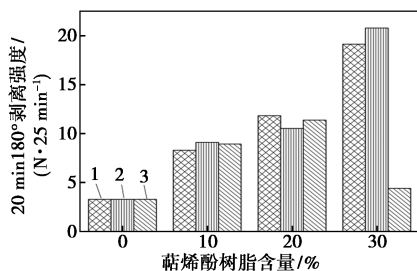
1—TF2100;2—TF3100;3—TF4100

图 6 复配压敏胶紫外光固化后的环形初粘力

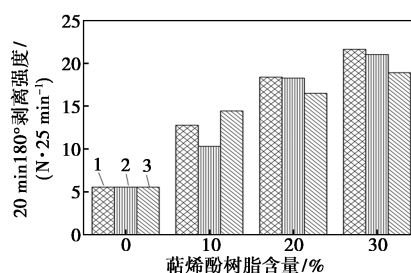
湿效果变好,二者界面粘附力增大,初粘力增大;萜烯酚树脂含量增加到3%时,根据表3可知萜烯酚树脂极性较高,过量加入会导致其与压敏胶发生相分离,破坏压敏胶的粘弹性,压敏胶的均匀性变差,初粘力大幅降低,甚至低于未添加萜烯酚树脂时压敏胶的环形初粘力。由图6(b)可以看出,相同萜烯酚树脂与不同丙烯酸酯热熔压敏胶混合后其初粘性能表现也不尽相同,如TF4100复配CM101UV压敏胶在树脂含量10%时已达初粘力峰值,而TF4100复配CM110UV压敏胶在树脂含量20%时才达初粘力峰值,随着树脂含量继续增加其初粘力大幅下降。

与不同含量萜烯酚树脂复配后,丙烯酸酯热熔压敏胶的20 min 180°剥离强度表现如图7所示。

由图7(a)可知,TF2100和TF3100萜烯酚树脂复配CM101UV丙烯酸酯热熔压敏胶的剥离强度仍会随着萜烯酚树脂含量的增加而增大,但TF4100复配CM101UV热熔压敏胶的剥离强度在树脂含量20%时存在一个峰值,达到峰值后其剥离强度下降,由表3可知这是由于TF4100萜烯酚树脂的极性最



(a) 萜烯酚树脂复配 CM101UV 压敏胶



(b) 萜烯酚树脂复配 CM110UV 压敏胶

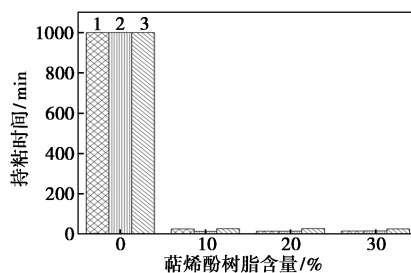
1—TF2100;2—TF3100;3—TF4100

图 7 复配热熔压敏胶紫外光固化后的 20 min 180°剥离强度

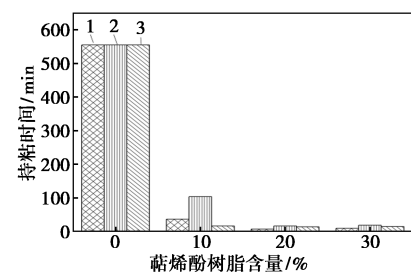
大,复配后导致胶层内聚力大幅下降。当胶层内聚力下降到与胶层-被粘物的界面结合力接近时,剥离破坏的不确定性增加,易发生粘滑破坏,所以剥离强度大幅下降。

由图7(b)可知,当不同牌号萜烯酚树脂含量增加时,复配CM110UV丙烯酸酯热熔压敏胶的剥离强度都会有不同程度的提升,TF2100、TF3100、TF4100萜烯酚树脂复配热熔压敏胶在钢板上的20 min 180°剥离强度最高分别达到21.62、21.58、18.9 N/25 mm,远超初始剥离强度,这是因为随着萜烯酚树脂含量的增大,胶层对被粘物钢板的润湿作用增强,剥离强度逐渐增大。

不同含量萜烯酚树脂复配丙烯酸酯热熔压敏胶后,其持粘时间表现如图8所示,测试温度为40℃。



(a) 萜烯酚树脂复配 CM101UV 压敏胶



(b) 萜烯酚树脂复配 CM110UV 压敏胶

1—TF2100;2—TF3100;3—TF4100

图 8 不同复配方案压敏胶紫外光固化后 40℃持粘时间

由表2及图8可知,随着萘烯酚树脂的加入,复配压敏胶的持粘时间大幅下降,复配CM101UV压敏胶的持粘时间从1 000 min降低至不足50 min,复配CM110UV压敏胶的持粘时间也从555 min降低至不足100 min,这是由于小分子萘烯酚树脂渗透到聚合物链段中,削弱了分子链缠结作用,稀释了交联网状结构,复配压敏胶的内聚强度下降,从而导致持粘时间整体缩短。

综合表2、表3、图6、图7、图8可知,由于CM101UV丙烯酸酯热熔压敏胶在同等光能、光强条件下光交联程度更高,内聚强度更大,流动性更低,难以充分润湿被粘物表面,导致其力学性能显著低于CM110UV丙烯酸酯热熔压敏胶,通过引入萘烯酚树脂可以改善其润湿性,调节其力学性能达到使用标准。

4 总结

本研究对两种市售丙烯酸酯热熔压敏胶的UV光固化条件及其与萘烯酚树脂共混改性进行了研究,得到以下结论。

(1)低涂胶克重(25 g/m^2)的丙烯酸酯热熔压敏胶在紫外光固化后,其初粘力及剥离强度受光能的影响较大,受光强的影响较小;较高涂胶克重(50 g/m^2)压敏胶光固化后,压敏胶层会出现“上焦下嫩”的现象;高涂胶克重(100 g/m^2)压敏胶光固化时,其交联程度及内聚强度会随着光能、光强的提高而提高,压敏胶力学性能随之提高。

(2)对丙烯酸酯热熔压敏胶在不同照射条件下、不同涂胶克重时紫外光固化后的力学性能使用数学方法拟合,得到了双幂函数经验模型计算式,描述效果吻合较好,对丙烯酸酯热熔压敏胶性能选择以及未来理论模型计算具有参考意义。

(3)紫外光固化丙烯酸酯热熔压敏胶的整体性能取决于丙烯酸酯热熔压敏胶的光交联固化活性。光照能量为 80 mJ/cm^2 、光照强度为 120 mW/cm^2 、萘烯酚树脂含量为10%时,复配丙烯酸酯热熔压敏

胶的初粘力及剥离强度均有不同程度的提升,而持粘时间始终低于初始水平。

参考文献

- [1] Vendamme R, Schüwer N, Eevers W. Recent synthetic approaches and emerging bio-inspired strategies for the development of sustainable pressure-sensitive adhesives derived from renewable building blocks[J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2014, 131(17): 8379–8394.
- [2] Mapari S, Mestry S, Mhaske S T. Developments in pressure-sensitive adhesives: A review[J]. *Polymer Bulletin*, 2021, 78(7): 4075–4108.
- [3] 卢言成, 童昕, 孙向东. 石油树脂对热熔胶、压敏胶粘接性能的影响[J]. *化工生产与技术*, 2007, 14(6): 51–54.
- [4] 王宇, 何琴玲, 林中祥. 增黏树脂差异性对热熔压敏胶外观及性能的影响[J]. *化学与粘合*, 2009, 31(2): 10–12, 36.
- [5] Kuo C J, Chen L B, Chen P Y, et al. Synthesis of acrylic hot-melt adhesive based on poly(methyl methacrylate)-b-poly(2-ethylhexyl acrylate) copolymer using atom transfer radical polymerization for a nylon fabric bonding system[J]. *Textile Research Journal*, 2019, 89(23/24): 5177–5186.
- [6] Feng X M, Li G Q. UV curable, flame retardant, and pressure-sensitive adhesives with two-way shape memory effect[J]. *Polymer*, 2022, 249: 124835.
- [7] 李勇. UV光固化压敏胶的制备方法及研究进展[J]. *中国胶粘剂*, 2019, 28(9): 43–46, 62.
- [8] 刘彬, 张军营, 马解放, 等. 热熔压敏胶研究进展[J]. *中国胶粘剂*, 2024, 33(9): 1–8.
- [9] 卢晨晨, 钱军, 石一峰. 不同光引发剂的丙烯酸酯UV热熔压敏胶的性能研究[J]. *现代化工*, 2025, 45(3): 189–193.
- [10] Wang C D, Guan S, Guo J C, et al. Preparation and properties of UV cation-initiated self-crosslinking acrylate pressure-sensitive adhesive without reactive diluent[J]. *Progress in Organic Coatings*, 2023, 181: 107572.
- [11] 郭瑞林, 钱军, 石一峰. 照射条件对UV光固化丙烯酸酯压敏胶性能的影响[J]. *中国胶粘剂*, 2022, 31(6): 8–13.
- [12] Kim E S, Lee J H, Suh D H, et al. Influence of UV polymerization curing conditions on performance of acrylic pressure sensitive adhesives[J]. *Macromolecular Research*, 2021, 29(2): 129–139.
- [13] 董家新. 丙烯酸酯嵌段共聚物基热熔胶制备工艺及应用性能研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2023. ■

《现代化工》欢迎广大作者踊跃投稿, 投稿系统: <http://www.xdhg.com.cn>