

UV 固化聚氨酯丙烯酸酯涂料的合成及性能研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2017.03.009

温佳佳 王 迪
刘兴海 黄 驰
黎厚斌

武汉大学
印刷与包装系
湖北 武汉 430079

摘 要:以聚乙二醇 (PEG-400) 为软段, 以丙烯酸羟乙酯 (HEA) 和 2,4-甲苯二异氰酸酯 (TDI) 为硬段, 采用两步法合成聚氨酯丙烯酸酯 (PUA), 并研究其合成条件及力学性能。FTIR 及 $^1\text{H-NMR}$ 测试结果表明成功制备出 PUA。实验结果表明, PUA 合成的最佳条件为: 第 1 步, 反应温度为 $75\text{ }^\circ\text{C}$, 反应时间为 3 h; 第 2 步, 反应温度为 $45\text{ }^\circ\text{C}$, 反应时间为 5 h; 阻聚剂的最佳质量分数为 0.5%; 将活性稀释剂 1,6-己二醇二丙烯酸酯 (HDDA) 与三羟甲基丙烷三丙烯酸酯 (TMPTA) 按照质量比为 1:1 的比例加入 PUA 中, 固化膜的凝胶率最高且综合性能优异; 选用复合光引发剂体系时, 固化膜的固化速率最高, 其最佳质量分数为 3%。

关键词:聚氨酯丙烯酸酯; UV 固化; 凝胶率; 固化速率

中图分类号: TQ325.7

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2017)03-0065-07

0 引言

随着科学技术的不断进步与经济的快速发展, 人们对环保健康涂料越来越关注^[1]。传统的溶剂型涂料主要由填料、连结料、有机溶剂和助剂等组成, 其挥发性有机化合物的排放量较大, 环境污染较严重, 对空气质量、包装内容物以及人们的身体健康造成了巨大的威胁^[2-4]。UV 固化涂料因具有环保节能、固化速率较快、固化膜力学性能以及使用性能良好等优点而得到了快速的发展和广泛的应用^[5-7], 在 3C (computer, communication and consumerelectronics) 产品、电子科技等领域具有广泛的市场应用前景。

UV 固化聚氨酯丙烯酸酯 (polyurethane acrylate, PUA) 涂料主要由预聚体、活性稀释剂、光引发剂及其他助剂组成, UV 固化 PUA 涂料的基本配方如表 1

所示^[8]。

表 1 UV 固化 PUA 涂料的基本配方

Table 1 The basic recipe of UV curing coatings

组分	质量分数 /%	功 能
预聚体	40~70	决定固化膜的力学性能及使用性能
活性稀释剂	10~40	调节体系黏度, 参与固化反应
光引发剂	1~15	引发聚合
助剂	1~15	视用途不同而异

预聚体是 UV 固化 PUA 涂料的主体部分, 其结构与性能直接决定着固化膜最终的力学性能与使用性能。活性稀释剂是一种含有 UV 固化活性基团的小分子物质, 其作用主要是调节涂料的黏度, 并参与固化反应过程。光引发剂在配方中的添加质量分数虽然较小, 却承担着引发聚合的重要作用, 同时也决定着涂料的固化速率。助剂 (如消泡剂、流平剂、稳定剂、

收稿日期: 2016-09-23

作者简介: 温佳佳 (1993-), 女, 河南洛阳人, 武汉大学硕士生, 主要研究方向为 UV 固化涂料,

E-mail: 1556710803@qq.com

通信作者: 刘兴海 (1978-), 男, 湖北襄阳人, 武汉大学副教授, 主要从事智能包装方面的教学与研究,

E-mail: liuxh@whu.edu.cn

增黏剂以及阻聚剂等^[9]一般用来改善固化膜的力学性能。

本文拟以聚乙二醇(PEG-400)为软段,以丙烯酸羟乙酯(2-Hydroxyethyl acrylate, HEA)和2,4-甲苯二异氰酸酯(2,4-toluene diisocyanat, TDI)为硬段,合成聚醚型的聚氨酯丙烯酸酯,并对其合成条件及力学性能进行研究,以期为UV固化聚氨酯丙烯酸酯的工业化生产提供一定的理论参考。

1 实验部分

1.1 主要试剂

2,4-甲苯二异氰酸酯,分析纯,国药集团化学试剂有限公司生产;

丙烯酸羟乙酯,分析纯,上海晶纯生化科技股份有限公司生产;

聚乙二醇,化学纯,上海晶纯生化科技股份有限公司生产;

二月桂酸二丁基锡(dibutyltin dilaurate, DBTDL),分析纯,国药集团化学试剂有限公司生产;

对苯二酚,分析纯,国药集团化学试剂有限公司生产;

丙酮,分析纯,国药集团化学试剂有限公司生产;

双官能度活性稀释剂1,6-己二醇二丙烯酸酯(1,6-Hexanediol diacrylate, HDDA),分析纯,阿拉丁公司生产;

三官能度活性稀释剂三羟甲基丙烷三丙烯酸酯(Trimethylolpropane triacrylate, TMPTA),分析纯,阿拉丁公司生产。

1.2 主要仪器

电子天平,BS-224S型,德国利多塞斯集团生产;

恒温水浴锅,SC-15A型,郑州长城科技工贸有限公司生产;

核磁共振仪,MERCURY-VX300型,美国Varian公司生产;

红外光谱仪,Nicolet Avatar 360型,美国Thermo Nicolet公司生产;

漆膜划格器,QFH型,天津市华视科技发展有限公司生产;

铅笔硬度计,QHQ型,天津市华视科技发展有限公司生产;

UV光固化机,IKW-200-2型,勤诚机械设厂生产;

单立柱台式拉力机,3340型,美国INSTRON公司生产。

1.3 PUA的合成

在装有磁力搅拌器、冷凝回流装置以及滴液漏斗的圆底三口烧瓶中,加入一定量的PEG-400以及丙酮,再在室温条件下,选用恒压滴液漏斗,缓慢加入一定量的TDI及DBTDL,然后升温至75℃,反应一定时间后,当反应体系中—NCO的质量分数接近于反应初始体系中—NCO质量分数的一半时,停止反应。其后降温至室温,缓慢加入一定量的HEA及对苯二酚,接着升温至45℃,反应一定时间后,当反应体系中—NCO的质量分数低于1%时,可得到PUA预聚物^[10]。

PUA预聚物的合成如图1所示。

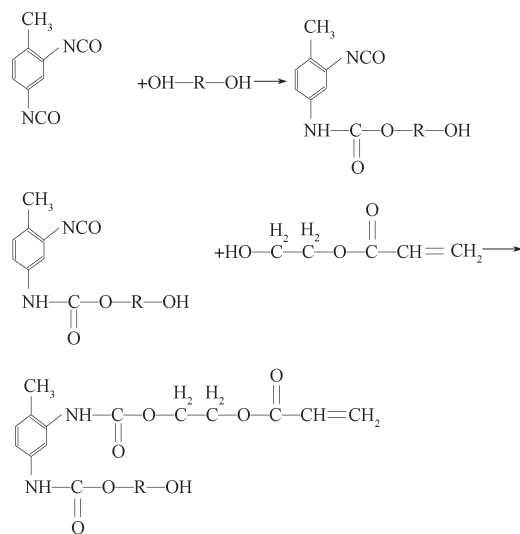


图1 PUA预聚物的合成过程

Fig. 1 The synthesis progress of PUA prepolymer

PUA预聚物合成过程中,反应液中—NCO的含量使用二正丁胺滴定法进行检测,反应体系中C=C双键的损失可以用碘值下降率来表示,而碘值的测定采用韦氏滴定法。在进行傅氏转换红外线光谱分析(Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR)测试以及核磁共振氢谱(¹H nuclear magnetic resonance, ¹HNMR)测试之前,需要对PUA预聚物在环己烷和乙酸乙酯中进行多次沉淀以提纯。

1.4 UV固化PUA涂料的制备

首先根据基本配方,将一定量的PUA预聚物与适量的活性稀释剂、光引发剂以及其他助剂混合均匀;然后在避光条件下,将混合涂料涂布于玻璃基材上,或者将其倒入聚四氟乙烯模具中,并且在UV固

化仪器中进行固化, 一定时间后即可得到经 UV 固化的 PUA 涂料。

2 结果与讨论

2.1 FTIR 分析

图 2 为 PUA 预聚物在第 2 步反应中不同反应时间段内 PUA 产物的 FTIR 图谱。

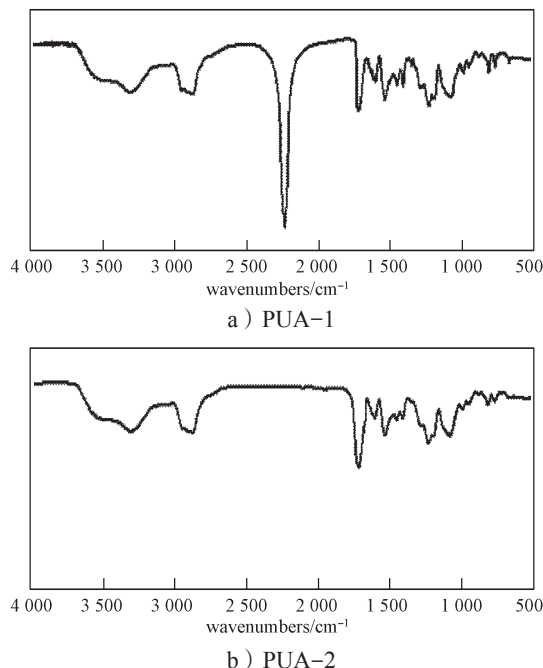


图 2 PUA 预聚物的 FTIR 图谱

Fig. 2 The FTIR spectra of PUA

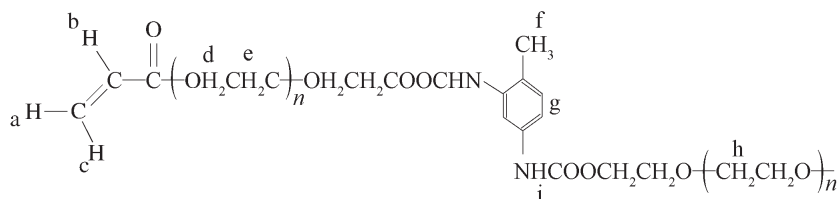


图 4 PUA 预聚物的分子结构式

Fig. 4 The molecular structure of PUA

由图 3~4 可以得知, PUA 预聚物在 7.5~5.8, 4.5~3.2, 1.3 mg/kg 处有明显的峰。预聚物的 TDI 结构为: 7.4 mg/kg 处的峰归属于苯环上的质子, 7.0 mg/kg 处的峰归属于与苯环连接的—NHCOO—基团的质子, 1.29 mg/kg 处的峰归属于苯环上—CH₃ 基团的质子; 预聚物的 HEA 结构为: 5.89, 6.91, 6.44 mg/kg 处的峰归属于 CH₂=CH—基团中的质子, 4.05, 4.33 mg/kg 处的峰归属于分子链末端—OCH₂CH₂O—基团中的质子; 预聚物的聚乙二醇 (polyethylene glycol, PEG) 结构为:

图 2 中, PUA-1 (见图 a) 为第 2 步反应 3 h 后的产物, PUA-2 (见图 b) 为第 2 步反应终点时的产物。

对比图 2a 和 b 中的图谱可知, 图 2b 图谱中, 在 3 324 cm⁻¹ 及 1 524 cm⁻¹ 处分别出现了—N—H 的伸缩振动和弯曲振动特征吸收峰, 在 1 721 cm⁻¹ 处出现了—COO—的伸缩振动峰, 这可以说明氨基甲酸酯键 (—NHCOO—) 生成; 1 072 cm⁻¹ 处为 C—O 键的伸缩振动峰; 1 602 cm⁻¹ 处为 C=C 的伸缩振动峰, 810 cm⁻¹ 处为 C=C 双键在指纹区的特征吸收峰, 该峰的出现表明 HEA 的双键已经被成功引入聚氨酯链端; PUA-1 与 PUA-2 相比, 在 2 233 cm⁻¹ 处—NCO 基团的特征吸收峰完全消失, 这表明 PUA 制备成功。

2.2 ¹H-NMR 分析

图 3 为 PUA 预聚物的 ¹H-NMR 图谱, 图 4 为 PUA 预聚物的分子结构式。

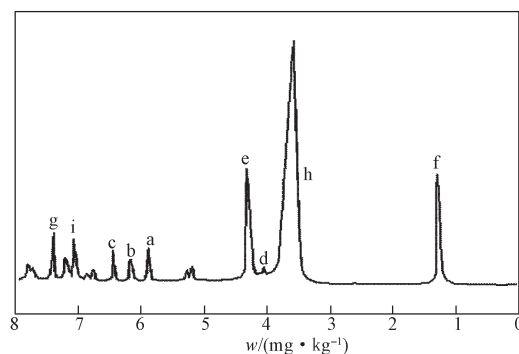


图 3 PUA 预聚物的 ¹H-NMR 图谱

Fig. 3 The ¹H-NMR spectra of PUA

3.58 mg/kg 处的峰归属于分子链中—OCH₂CH₂O—基团中的质子。PUA 预聚物的 ¹H-NMR 图谱结合其 FTIR 红外图谱可以充分说明 PUA 已成功合成。

2.3 反应条件的确定

反应过程中的温度与时间对 PUA 预聚物的结构与性能有较大影响。根据相关文献^[11], 本研究将第 1 步的反应温度设定为 75 ℃, 用二正丁胺滴定法检测反应体系中—NCO 质量分数的变化情况, 所得结果如图 5 所示。

由图 5 可知, 在 75 ℃ 的设定温度下, 当反应进行 3 h 后, 体系中的—NCO 质量分数减少为初始值的 1/2。因此, 确定第 1 步的反应温度为 75 ℃, 反应时间为 3 h。

UV 固化 PUA 中的双键是在第 2 步反应中引入的, 因此第 2 步的反应温度及时间的设定相当重要^[12]。图 6 为第 2 步反应过程中不同温度下 PUA 预聚物碘值的变化曲线。

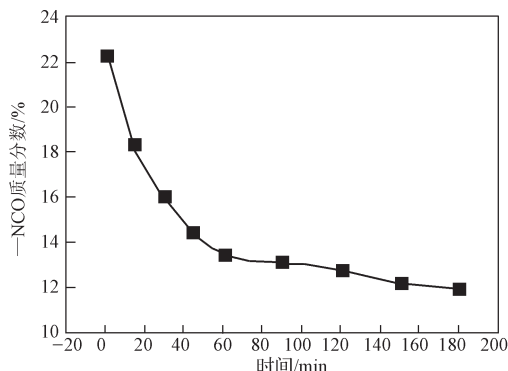


图 5 第 1 步反应过程中—NCO 质量分数的变化

Fig. 5 The change of —NCO content in the first reaction process

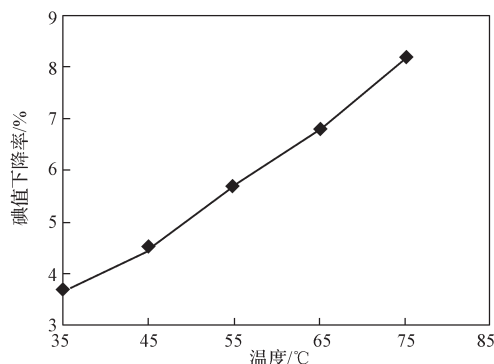


图 6 第 2 步反应过程中碘值的变化

Fig. 6 The change of iodine value in the second reaction process

由图 6 所示碘值随温度的变化曲线可以得知, 反应温度越高, PUA 预聚物的碘值降低越多, 这表明体系中双键的损失越多, 温度过低会使反应时间极大增加。采用二正丁胺滴定法检测第 2 步反应的反应终点, 结果表明, 第 2 步反应时间达到 5 h 后, 体系中—NCO 的质量分数降低至 1% 以下。综合相关文献^[2, 8-10]研究结果, 本文选定第 2 步的反应温度为 45 ℃, 反应时间为 5 h。

2.4 阻聚剂含量的确定

在制备 PUA 的—NCO 基团与—OH 基团过程中

存在较为明显的放热现象, 凝胶双键容易发生聚合, 为了降低或抑制这些副反应的发生, 需在加入 HEA 的同时加入阻聚剂^[13]。本研究使用对苯二酚作为阻聚剂。阻聚剂含量越多, 阻聚效果越好, 但同时也会使预聚体变黄并影响固化膜的性能^[14]。阻聚剂对苯二酚的使用量对 PUA 产物外观及储存稳定性的影响如表 2 所示。

表 2 阻聚剂对 PUA 预聚物的影响

Table 2 The effect of polymerization inhibitor on the performance of PUA

阻聚剂质量分数 / %	外观	碘值下降率 / %	储存稳定性
0.1	浅黄色	8.7	不稳定
0.3	浅黄色	6.2	不稳定
0.5	浅黄色	4.5	稳定
0.7	橘黄色	3.9	稳定
1.1	深黄色	3.8	稳定

由表 2 中的数据分析可以得知, 随着阻聚剂质量分数的增加, 双键的损失率逐渐降低, 产品的稳定性较好, 但是预聚物最终的颜色逐渐加深。因此, 在保证较高的双键引入量的前提下, 应该尽量减少阻聚剂对苯二酚的添加量。本研究确定对苯二酚的添加质量分数为 0.5%。

2.5 UV 固化涂料性能研究

按照表 3 所示的 UV 配方制备 UV 固化涂料。

表 3 UV 固化涂料的配方

Table 3 The formulation of UV curable coating

组分	质量分数 / %	组分	质量分数 / %
PUA-1	65	光引发剂	3
活性稀释剂	20	纳米氧化铝	1
增黏剂	10	硅烷偶联剂	1

2.5.1 活性稀释剂对涂料性能的影响

将 PUA 预聚物与适量的活性稀释剂、光引发剂及其他助剂混合均匀。通过改变活性稀释剂的种类及含量来研究其对固化膜性能的影响。活性稀释剂对固化膜性能的影响如表 4 所示。

表 4 活性稀释剂对固化膜性能的影响

Table 4 The effect of reactive diluents on the properties of cured films

样品	稀释剂	固化时间 / s	铅笔硬度 / H	附着力等级	ε / %	σ_b / MPa
1	HDDA	45	2	0	12.92	4.60
2	TMPTA	30	4	3	5.92	9.86
3	$w(\text{HDDA}):w(\text{TMPTA})=1:1$	40	4	1	10.93	6.79

由表 4 中 1 号和 2 号样品相关数据分析可知, 随着活性稀释剂官能度的增多, 光固化反应活性增高, 固化速率加快, 固化膜的硬度及最大拉伸强度也相应提高, 但是最大应变变较低; 3 号样品将双官能度活性稀释剂和三官能度活性稀释剂联合使用, 得到的涂膜综合性能较好。

2.5.2 TMPTA 含量对凝胶率的影响

为研究三官能度活性稀释剂 TMPTA 含量对固化膜凝胶率的影响, 依据基本配方, 确定活性稀释剂总的添加质量分数为 20%, 并通过调整 TMPTA 在活性稀释剂中的含量, 得到固化膜的凝胶率。

TMPTA 质量分数对固化膜凝胶率的影响如图 7 所示。

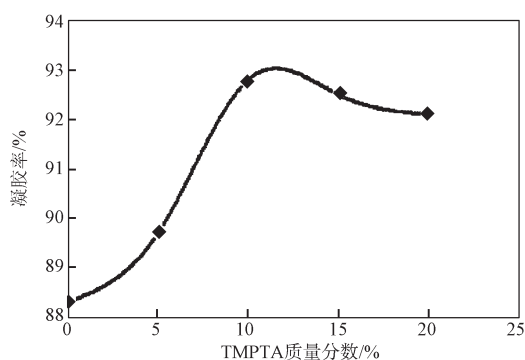


图 7 TMPTA 质量分数对固化膜凝胶率的影响

Fig. 7 The effect of TMPTA contents on the gel fraction

由图 7 分析可以得知: 仅使用质量分数为 20% 的 HDDA 作为稀释剂时, 固化膜的凝胶率较低, 随着三官能度稀释剂 TMPTA 的加入, 固化膜的凝胶率逐渐增加, 这是因为三官能度稀释剂能提高预聚物的交联度, 从而可以有效地提高体系的凝胶率; 当 TMPTA 的质量分数为 10% 左右时, 固化膜的凝胶率达到最高值。但当 TMPTA 质量分数继续增加, 反而会使固化膜的凝胶率有所降低, 这可能是因为随着三官能度稀释剂质量分数的增加, 体系达到最大光固化速率的时间变短, 导致体系内凝胶点过早出现, 而 PUA 预聚体分子中尚未反应的双键将被埋入聚合的网络体系中, 从而导致胶层的凝胶率降低^[15]。

2.5.3 光引发剂对光固化速率的影响

在 UV 固化涂料中, 光引发剂对涂料的固化性能起着决定性的作用, 如果光引发剂选取不当, 将会妨碍固化速率并影响固化膜的综合性能。

图 8 所示为光引发剂质量分数对固化膜固化时间的影响。

由图 8 可以得知, 当单独使用光引发剂 184 或 TPO 时, 且其添加质量分数为 1% 时, 光固化时间较长; 当光引发剂的质量分数从 1% 增加到 3% 时, 固化时间降低较为显著; 当光引发剂质量分数从 3% 增加到 5% 时, 固化时间降低较为缓慢, 直至几乎不变, 且在质量分数为 5% 时, 光引发剂体系的固化时间相差不大。当 TPO 与 184 的质量比为 1:1 联合使用时, 引发剂体系的固化速率相对单一体系的要更好。这可能是因为, 在一定范围内时, 随着光引发剂质量分数的增加, 单位时间内能产生较多的活性自由基, 从而使固化速率提高。当光引发剂的质量分数增加到一定量时, 单位时间内产生的活性自由基过多, 过多的活性自由基会发生耦合终止, 从而影响固化速率^[16]。两种光引发剂联合使用时, 能够使 UV 固化涂料吸收紫外光波段的范围增加, 从而使固化速率增加。因此, 本研究确定复合光引发剂体系 ($w(\text{TPO}):w(184)=1:1$) 的添加质量分数为 3%。

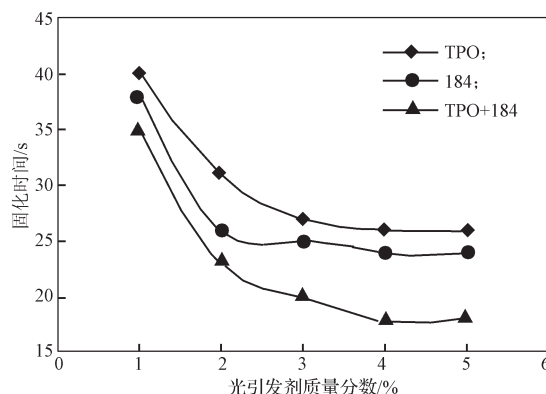


图 8 光引发剂质量分数对固化时间的影响

Fig. 8 The effect of photoinitiator agent content on curing time

3 结语

本研究成功制备出 PUA 预聚物, 并研究了其合成条件及力学性能。PUA 反应条件为: 第 1 步, 反应温度为 75 °C, 反应时间为 3 h; 第 2 步, 反应温度为 45 °C, 反应时间为 5 h。阻聚剂的最佳添加质量分数为 0.5%。活性稀释剂的质量分数为 20% 时, 将双官能度活性稀释剂 HDDA 与三官能度活性稀释剂 TMPTA 按质量比为 1:1 的比例联合使用时, 所制备的固化膜综合性能最好; 调整 HDDA 与 TMPTA 在活性稀释剂中的比例, 当 TMPTA 的质量分数约为 10% 时, 固化膜的凝胶率达到最高值, 但过量加入反而会使固化膜的凝胶率有所降低。

UV 固化涂料具有广阔的市场应用前景,且随着科学技术的进一步发展,其终将替代传统的含有高挥发性有机化合物 (volatile organic compounds, VOC) 的涂料,也将有望在电子科技、3C 家电领域得到广泛的应用^[17]。

参考文献:

- [1] 王 锋, 胡剑青, 涂伟萍. UV 固化低聚物及其涂料研究进展 [J]. 热固性树脂, 2007, 22(3): 41-46.
WANG Feng, HU Jianqing, TU Weiping. Research Progress of UV-Curable Oligomer Acrylate and Its Coatings[J]. Thermosetting Resin, 2007, 22(3): 41-46.
- [2] 刘兴海, 杨 耀, 黄 驰, 等. 一种有机硅改性的水性 UV 涂料及其制备方法: CN103555192A[P]. 2014-02-05.
LIU Xinghai, YANG Yao, HUANG Chi, et al. One Method to Prepare Silicone-Modified Waterborne UV Coatings: CN103555192A[P]. 2014-02-05.
- [3] 薛希妹, 薛秋红, 刘心同, 等. 溶剂型涂料中 16 种有害物质的气相色谱-质谱同时检测方法 [J]. 分析测试学报, 2011, 30(5): 522-526.
XUE Ximei, XUE Qihong, LIU Xintong, et al. Determination of 16 Harmful Substances in Solvent Based Coatings by GC-MS Method[J]. Journal of Instrumental Analysis, 2011, 30(5): 522-526.
- [4] 魏宇锋, 王文青, 邱 丰, 等. 气相色谱-质谱法测定溶剂型涂料中三氯苯的含量 [J]. 涂料工业, 2014, 44(1): 52-56.
WEI Yufeng, WANG Wenqing, QIU Feng, et al. Determination of Trichlorobenzene Content in Solvent-Based Coatings by Gas Chromatography-Mass Spectrometry[J]. Paint & Coatings Industry, 2014, 44(1): 52-56.
- [5] 李会录, 邵康宸, 韩江凌, 等. UV 固化涂料用聚氨酯丙烯酸酯的合成及性能 [J]. 绝缘材料, 2014, 47(4): 21-25.
LI Huilu, SHAO Kangchen, HAN Jiangling, et al. Synthesis and Properties Study of Polyurethane Acrylate for UV Curable Coating[J]. Insulating Materials, 2014, 47(4): 21-25.
- [6] 樊淑兰. 聚氨酯丙烯酸酯合成及其 UV 固化涂料的制备及性能研究 [D]. 西安: 西安科技大学, 2013.
FAN Shulan. Research of Polyurethane Acrylates Synthesis and Preparation of UV-Curable Coating[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2013.
- [7] 刘 茵, 张鹏云, 原炳发, 等. 紫外光固化涂料的研究进展及发展趋势 [J]. 精细与专用化学品, 2011, 19(9): 42-46.
LIU Yin, ZHANG Pengyun, YUAN Bingfa, et al. Research Progress and Development of UV Curing Coating[J]. Fine and Specialty Chemicals, 2011, 19(9): 42-46.
- [8] 祁元春. 紫外光固化脂环族聚氨酯丙烯酸酯涂膜的合成及其改性研究 [D]. 上海: 华东理工大学, 2014.
QI Yuanchun. Study on Synthesis and Modification of UV-Cured Polyurethane Acrylate Films[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2014.
- [9] 饶 贞. 光固化聚氨酯丙烯酸酯胶黏剂的制备与性能 [D]. 武汉: 中南民族大学, 2013.
RAO Zhen. Preparation and Study the Flame Retardant Property of Rigid Polyurethane Foam Material Filled with Perlite[D]. Wuhan: South-Central University for Nationalities, 2013.
- [10] 刘兴海, 吕彩虹, 杨 耀, 等. 一种水性 UV 固化油墨及其制备方法: CN102977684A[P]. 2013-03-20.
LIU Xinghai, LÜ Caihong, YANG Yao, et al. One Method to Prepare Waterborne UV UV-Curable Ink: CN102977684A[P]. 2013-03-20.
- [11] LÜ Caihong, HU Ling, YANG Yao, et al. Waterborne UV-Curable Polyurethane Acrylate/Silica Nanocomposites for Thermochromic Coatings[J]. Rsc Advances, 2015, 5(33): 25730-25737.
- [12] 罗 珺. 紫外光固化聚氨酯丙烯酸酯弹性涂料的研究 [D]. 长沙: 湖南大学, 2011.
LUO Jun. Studies on the UV-Curable Polyurethane Acrylate Elastic Coatings[D]. Changsha: Hunan University, 2011.
- [13] 薛玉田. UV 固化胶黏剂的制备及其性能研究 [D]. 福州: 福州大学, 2011.

- XUE Yutian. Study on Preparation and Properties of UV-Curable Adhesive[D]. Fuzhou: Fuzhou University, 2011.
- [14] 郝海峰. 聚醚型 PUA 光固化胶黏剂的制备与性能研究 [D]. 武汉: 武汉科技大学, 2011.
- HAO Haifeng. Preparation and Properties of Polyetherglycols PUA UV-Curable Adhesives[D]. Wuhan: Wuhan University of Science and Technology, 2011.
- [15] 韩建祥. UV 固化聚氨酯丙烯酸酯疏水涂料的研制及其应用 [D]. 柳州: 广西科技大学, 2013.
- HAN Jianxiang. Development and Application of UV-Curing PU Acrylate Hydrophobic Coatings[D]. Liuzhou: Guangxi University of Technology, 2013.
- [16] 伍松. 聚氨酯丙烯酸酯的合成及紫外光固化皮革涂料的研制 [D]. 长沙: 湖南大学, 2005.
- WU Song. Synthesis of Polyurethane Acrylate and Development of the Ultraviolet Curing Leather Coating[D]. Changsha: Hunan University, 2005.
- [17] 郭小晶, 李娟, 任川. 涂料市场现状及前景分析 [J]. 山西化工, 2015(2): 31-35.
- GUO Xiaojing, LI Juan, REN Chuan. Analysis on the Situation and Prospects of the Coating Market[J]. Shanxi Chemical Industry, 2015(2): 31-35.

Research on Synthesis and Properties of UV Curable Polyurethane Acrylate

WEN Jiajia, WANG Di, LIU Xinghai, HUANG Chi, LI Houbin

(School of Printing and Packaging, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Ultraviolet Curable Polyurethane Acrylate (PUA) was prepared with two-step method by using Poly(ethylene glycol)-400 (PEG-400) as the soft segment, with Ethylene glycol monoacrylate (HEA) and Toluene-2,4-diisocyanate (TDI) as the hard segment. FTIR and H-NMR test result indicated the successful preparation of PUA. The synthesis conditions and mechanical properties were studied. The experimental results indicated that the optimum synthetic condition in the first step was 75 °C , 3 h, while 45 °C , 5 h was the best condition for the second step. The preferred mass fraction of the polymerization inhibitor was 0.5%. 1,6-Hexanediol diacrylate (HDDA) and Trimethylolpropane triacrylate(TMPTA) with a mass ratio of 1:1 being added into the PUA. Under this condition, the cured films had the highest gel fraction and excellent overall performance. In addition, using the compound photoinitiator system made the coating to be of the highest curing rate and the optimal mass fraction was 3%.

Keywords: polyurethane acrylate; UV-curable; gel fraction; photo-curing rate