浙江理工大学学报(自然科学版),第 33 卷,第 5 期,2015 年 9 月
Journal of Zhejiang Sci-Tech University (Natural Sciences)
Vol. 33, No. 5, Sept. 2015

文章编号:1673-3851 (2015) 05-0629-06

蓝光固化低黏型聚氨酯丙烯酸酯低聚物的合成及其性能研究

曹波涛,黄　益,张海东,邵建中
(浙江理工大学生态染整技术教育部工程研究中心,杭州 310018)

摘　要:以异佛尔酮二异氰酸酯、聚丙二醇 1000 和丙烯酸羟乙酯为主要原料,采用两步法合成低黏型二官能团聚氨酯丙烯酸酯低聚物。通过二正丁胺滴定法和红外光谱法对合成反应进程进行跟踪监测,讨论反应温度、物料配比以及催化剂用量对合成过程的影响。结果表明合成聚氨酯丙烯酸酯低聚物的最佳工艺条件为:第一步反应温度 80℃,不加催化剂,反应时间 7 h;第二步反应温度为 50℃,催化剂用量占总量的 0.05%,阻聚剂用量占总量的 0.1%,反应时间 2 h。采用旋转流变仪和光量热系统对合成产物的流变性能和蓝光聚合性能进行评价,结果表明:在优化的合成条件下,所制得的聚氨酯丙烯酸酯低聚物具有黏度低、蓝光聚合性能优良的特点,能够满足蓝光固化纺织品数码印花墨水对低聚物流变和蓝光聚合性能的要求。

关键词:聚氨酯丙烯酸酯低聚物;低黏度;蓝光固化;纺织品数码印花
中图分类号:TS194.1　　**文献标志码**:A

0　引　言

与传统印花工艺相比,纺织品数码印花技术省去了分色、制版、配色、打样等流程,大大缩短了印花工艺流程。同时,数码印花技术还具有小批量、多品种、花型精细、色彩丰富等优点,是纺织品印花技术的发展方向[1-2]。纺织品数码印花技术虽然具有诸多优点,但也仍然存在一些瓶颈问题,限制其进一步快速发展。例如,染料型数码印花技术在印花加工后道仍需烘干、汽蒸、水洗、皂洗等步骤,存在耗水、耗能及污染排放等问题。此外,由于染料对纤维的选择性,染料型数码印花技术对混纺织物存在承印局限性。随后开发的颜料型数码印花技术,虽然在印花后道仅需进行高温焙烘,大大缩短了加工流程,但由于涂料型数码印花墨水中大分子粘合剂的使用,其在喷印过程中极易造成喷嘴堵塞问题,影响生产效率和产品质量。而且,涂料型数码印花的高温焙烘过程仍然存在能耗问题[3]。光固化技术的特点是快速和环保,其在牙科修复领域已得到了成熟的应用[4],且在纺织品后整理中的应用也是研究的热门[5]。针对上述情况,本课题组提出了蓝光固化纺织品数码印花技术的新设想。该设想将蓝光固化技术和纺织品数码印花技术相结合,采用蓝光固化颜料印花墨水对纺织品进行印花加工,随后墨水在蓝光辐照下,在纺织品表面发生原位聚合,实现对着色剂粒子的包覆并固化成膜。为实现上述设想,需制备具有良好流变性能以及蓝光固化性能的墨水以满足数码喷印以及蓝光固化过程的要求。

光固化墨水主要包含光引发剂,低聚物、单体、颜料以及助剂等[6]。其中低聚物作为聚合体系的主体,不仅决定了墨水的流变性能,同时也决定了墨水的光聚合性能以及固化膜的物理机械性能等[7]。在常见的低聚物种类中,聚氨酯丙烯酸酯是一类综合性能优良的低聚物,具有柔韧性好、耐磨性好、附着

收稿日期:2014－12－01
基金项目:国家自然科学基金项目(51273180)
作者简介:曹波涛(1987－),男,河南商丘人,硕士研究生,主要从事蓝光固化数码印花方面的研究。
通信作者:邵建中,E-mail:jshao@zstu.edu.cn

力强以及耐候性能优异等特点。而且，聚氨酯丙烯酸酯低聚物的组成和化学性质具有很大的灵活性，可以通过分子设计合成具有不同官能团数量、不同性能的聚氨酯丙烯酸酯低聚物，以适应不同的应用需要[8]。

为满足数码喷墨印花对墨水黏度的要求，本文以异佛尔酮二异氰酸酯（IPDI）、聚丙二醇 1000（PPG-1000）、丙烯酸羟乙酯（HEA）为主要原料，二月桂酸二丁基锡为催化剂，对羟基苯甲醚为阻聚剂，合成了低黏型二官能团聚氨酯丙烯酸酯（PUA）低聚物，并对合成工艺条件以及产物的流变性能、蓝光聚合性能进行了优化和评估。

1 实 验

1.1 主要实验试剂与仪器

实验试剂：异佛尔酮二异氰酸酯（分析纯）、聚丙二醇 1000（化学纯）、丙烯酸羟乙酯（分析纯）、二月桂酸二丁基锡（分析纯）、对羟基苯甲醚（分析纯）、溴甲酚绿指示剂（分析纯），均来自阿拉丁试剂有限公司；樟脑醌（纯度>98.0%）、4-二甲氨基苯甲酸乙酯（纯度>98.0%）、丙烯酸异冰片酯（纯度>90.0%），来自梯希爱（上海）化成工业发展有限公司；丙酮（分析纯）、甲苯（分析纯）、异丙醇（分析纯）、二正丁胺（分析纯）、盐酸（分析纯）、无水乙醇（分析纯），来自浙江三鹰化学试剂有限公司。

主要仪器：MCR52 旋转流变仪（奥地利 Anton Paar）、Q2000 差示扫描量热仪（美国 TA）、Vertex 70 傅立叶红外光谱分析仪（德国 Bruker）、Instron 2365 万能材料试验机（美国 Instron）、DF-101S 集热式恒温磁力搅拌器（金坛市晶玻实验仪器厂）、KQ-250DB 数控超声波清洗器（昆山市超声仪器有限公司）、AB104-N 电子分析天平（梅特勒-托利多仪器有限公司）、DHG-9070A 电热恒温鼓风干燥箱（上海一恒科技有限公司）。

1.2 聚氨酯丙烯酸酯低聚物的合成工艺

采用两步法合成 PUA，如图 1 所示。第一步合成反应：在三口烧瓶中按一定摩尔比依次加入 IPDI 和真空脱水的 PPG，控制水浴温度为 5℃左右，搅拌 10 min 后测定体系中—NCO 基团的初始含量值。随后以 2℃/min 的升温速率升至反应温度进行第一步合成反应。反应过程中间歇取样测定反应过程中—NCO 基团的含量变化，当体系中—NCO 基团含量达到理论值（—NCO 含量为初始值的一半）时，结束第一步合成反应并降温至 50℃。

在第二步合成反应中，按上一步反应后测得的—NCO含量加入等摩尔比的 HEA，同时加入一定量的催化剂和质量分数为 0.01%的阻聚剂，在 50℃条件下进行反应并监测—NCO 基团含量变化。当体系—NCO 基团含量值小于 0.5%时达到反应终点，取出产物并避光低温保存。

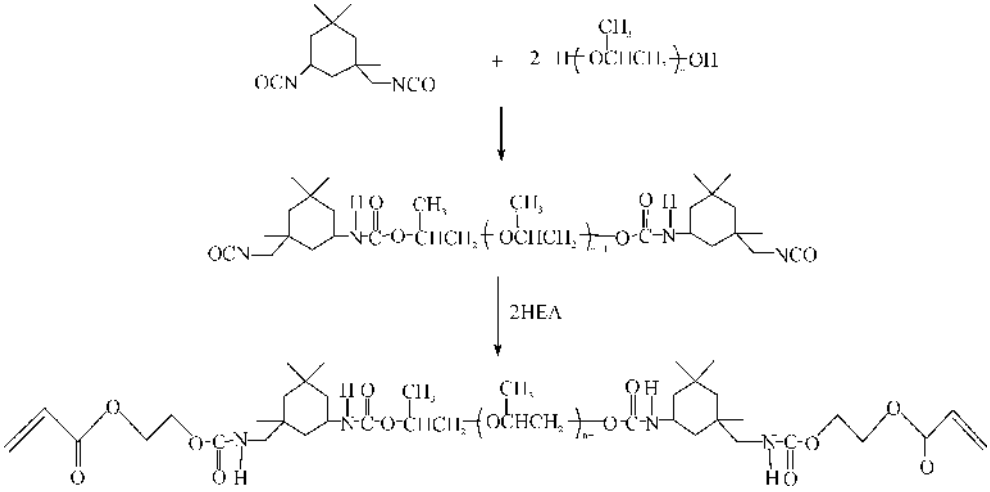

图 1 二官能团聚氨酯丙烯酸酯低聚物的合成工艺路线

1.3 分析测试

1.3.1 异氰酸根基团含量测定

a）二正丁胺滴定法：

采用二正丁胺法对反应体系中异氰酸根基团的含量进行测定。准确称取 1.50 g 的样品放入锥形瓶中，加入无水甲苯 10 mL，振荡使之溶解，用移液管加入 1.0 mol/L 二正丁胺甲苯溶液 10 mL，摇匀，放置 15 min 后加入异丙醇 50 mL，0.1%溴甲酚绿指示剂 3 滴，用 0.5 mol/L 的盐酸标准溶液滴定至样品溶液由蓝色变成黄色即为终点。

计算公式：

$$NCO=\frac{(V_0-V_1)\times N_{HCl}\times 4.2}{W}\times 100\% \quad (1)$$

其中：V_0—空白消耗 HCl 标准溶液体积（mL）；V_1—

样品消耗 HCl 标准溶液体积(mL)；N_{HCl}—HCl 标准溶液浓度(mol/L)；W—样品质量(g)。

b) 红外 FTIR-ATR 光谱法：

采用傅立叶红外光谱对聚氨酯丙烯酸酯低聚物两步合成过程中的特征基团进行表征和分析。用吸管在反应液中取 1 滴作为测试样品进行测试，以—CH伸缩振动峰(3 100～2 800 cm^{-1})为内标，对得到的谱图进行归一处理，并通过—NCO 基团在红外谱图中的峰面积计算其转化率。

1.3.2　流变性能测试

采用旋转流变仪及同轴圆筒(CC-27)附件对自制低聚物的静态和动态流变性能进行测试。静态流变性能测试参数：温度 25℃，剪切速率 1～100 s^{-1}；动态流变性能测试参数：温度 25～65℃，剪切速率 50 s^{-1}。

1.3.3　蓝光聚合性能测试

以 CQ/EDMAB 为引发剂，聚氨酯丙烯酸酯低聚物为聚合体系制备蓝光聚合反应液，采用 Photo-DSC 对低聚物的蓝光聚合性能进行测试。

在 Photo-DSC 测试中，称取约 15 mg(精确至 0.01 g)的蓝光聚合反应液于敞口坩埚中，同时放置空坩埚作为参比样。辐照光源经 400～500 nm 滤光片后得到蓝光并通过两路光纤分别导入样品和参比。为避免光聚合过程中出现氧阻聚，在光照前通入 50 mL/min 流速的超纯氮气以隔绝空气。采用恒温模式(25℃)对蓝光聚合反应产生的热流进行实时记录。

1.3.4　固化膜拉伸性能测试

采用夹片法制备一定厚度的蓝光固化薄膜，参考国标 GB/T 16578.1—2008《塑料薄膜和薄片耐撕裂性能的测定》使用万能材料试验机对蓝光固化薄膜进行拉伸实验。相关参数设置如下：温度 20 (±2)℃、相对湿度为 65%±3%、夹具间距为20 mm，拉伸速度为 10 mm/min。

2　结果与讨论

2.1　聚氨酯丙烯酸酯低聚物合成条件优化

2.1.1　反应温度的优化

第一步合成反应条件的控制对产物分子结构和分子量大小至关重要。过高的反应温度或者催化作用将导致扩链反应从而影响产物结构的规整性，同时造成体系黏度的提高甚至暴聚[9]。因此，控制第一步合成反应温度是得到低黏度聚氨酯丙烯酸酯低聚物的关键。在第一步合成反应条件优化中，通过监测不同合成反应温度下(60、70、80、90℃)体系—NCO基团的含量变化情况以优选合适的反应温度条件。

图 2 是不同反应温度下第一步合成反应中体系—NCO 基团的转化率变化情况。随着反应温度的升高，由于—NCO 与—OH 的反应不断加速，使得—NCO 基团的转化速率不断提高，达到—NCO 理论值的时间不断缩短。在 90℃时，虽然反应速率较快，但反应后期出现体系黏度过大的现象。这是因为—NCO 与—OH 属放热反应，过快的热量释放会造成局部温度过高，引发扩链副反应，从而造成低聚物黏度的增大。相反，若反应温度过低则会延长合成反应时间，降低合成效率。为了得到结构规整、低黏型的聚氨酯丙烯酸酯低聚物，优选反应温度为 80℃。

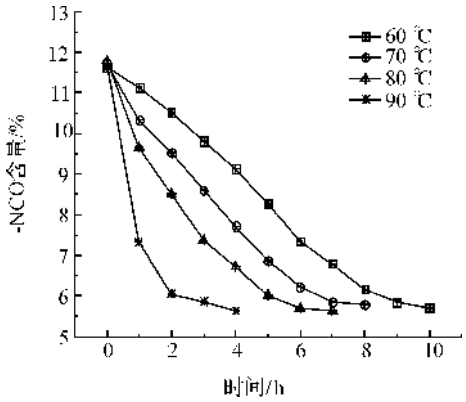

图 2　反应温度对反应速率的影响

为进一步表征—NCO 与—OH 的反应过程以及二正丁胺滴定法的准确性，采用红外光谱法对 80℃下合成过程中特征基团的变化情况进行监测，结果如图 3 所示。

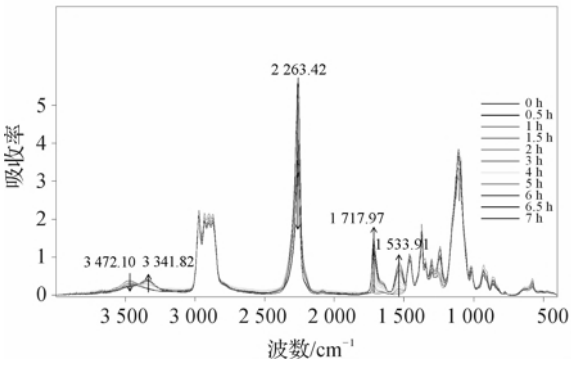

图 3　IPDI 双封端过程的红外分析图

从图 3 可以看出，随着反应的不断进行，2 263 cm^{-1}处—NCO 不对称伸缩振动峰和 3 472 cm^{-1}处—OH伸缩振动峰不断减少，同时 3 341 cm^{-1}处—NH 的伸缩振动峰，1 633 cm^{-1}处酰胺带—NH 弯曲振动峰以及 1 717 cm^{-1}处—C═O 伸缩振动峰不断增

加[10]。这些峰的变化说明了—NCO 与—OH 发生反应后产生了—NHCO—基团。

此外，通过归一法对红外谱图中—NCO 峰面积进行定量分析并计算—NCO 基团含量变化。从图 4 中可知，两种方法所测得的—NCO 含量结果基本一致。

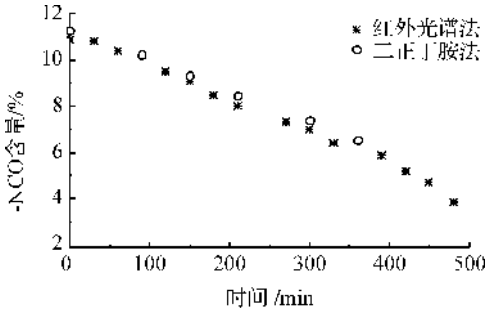

图 4 红外测试和滴定测试对比

2.1.2 催化剂用量的选择

在第二步合成反应中，选用 HEA 对上步合成中间体进行封端反应。由于 HEA 中丙烯酸双键在高温条件下易损失而影响最终产物的聚合性能[11-12]，因此通过在 50℃条件下优化不同用量催化剂来降低—NCO 与—OH 的反应活化能，从而保证封端反应的顺利进行。

图 5 可知，在不加催化剂时，50℃的温度条件无法达到—NCO 与—OH 反应的最低活化能，反应 3 h 后，体系—NCO 基团的含量无明显变化，即封端反应未顺利进行。随着催化剂用量的不断增加，封端反应所需要的时间不断减少。为避免过快的封端反应引起局部高温而造成的双键损失，选取最佳催化剂用量为 0.05%，此时封端反应时间为 2 h。

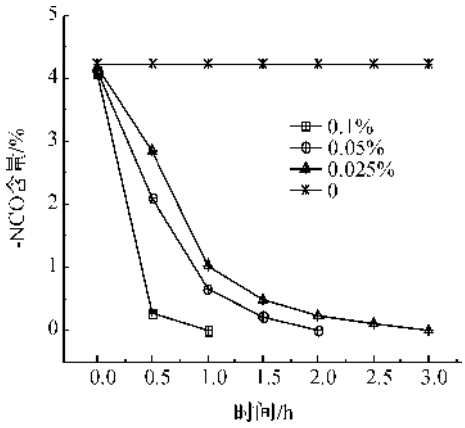

图 5 催化剂用量对反应速率的影响

同时，在优选的催化剂浓度下采用红外光谱法对第二步封端反应进行特征基团的监测，结果如图 6 所示。

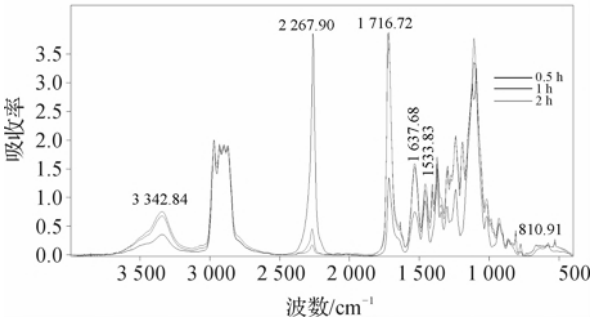

图 6 HEA 双封端过程的红外分析

加入 HEA 后，在 1 637 cm^{-1}处出现了丙烯酸双键的伸缩振动峰。随着封端反应的不断进行，2 263 cm^{-1}处的—NCO 基团吸收峰强度进一步降低，同时 3 341 cm^{-1}处的—NH 伸缩振动峰，1 533 cm^{-1}处的酰胺带—NH—弯曲振动峰以及 1 717 cm^{-1}处的脲键—C═O 伸缩振动峰均不断增强，上述特征基团的变化表明 HEA 的加入与体系中剩余的—NCO 基团发生封端反应并生成了氨基甲酸酯(—NHCO—)基团。

2.1.3 物料配比的优化

在第一步合成反应过程中，反应物料配比也是影响合成产物纯度的一个重要因素[13]。在上述优化的条件下，考察反应原料的不同配比对合成反应产物性能，尤其是黏度性能的影响，从而得到最优的物料配比。

从图 7 可知，随着 n(PPG)∶n(IPDI)比例的提高，制备得到的聚氨酯丙烯酸酯低聚物的黏度不断降低。当比例为 1∶1.9 时，过量的—OH 可增加其与低反应活性—NCO 基团的反应概率，由于扩链反应的发生，导致体系黏度增大。当比例为 1∶2.1 和 1∶2.2 时，第一步合成反应结束时会残余部分—NCO基团，其在第二步合成反应中与 HEA 发生封端反应生成小分子的封端产物[14]，如图 8 所示。由于小分子封端副产物分子量较小，其与聚氨酯丙

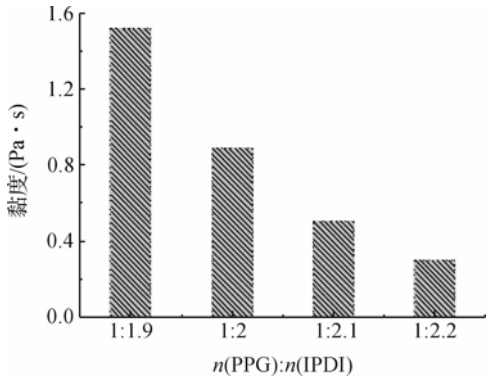

图 7 物料配比对 PUA 低聚物的影响

烯酸酯低聚物共混后可降低混合体系黏度。虽然这些小分子副产物的产生有利于降低体系黏度，但由于其参与固化过程，将影响固化膜的物理机械性能。为探讨小分子副产物对固化膜物理机械性能的影响，本文对不同物料配比下合成产物固化膜的拉伸性能进行比较，结果如图 9 所示。

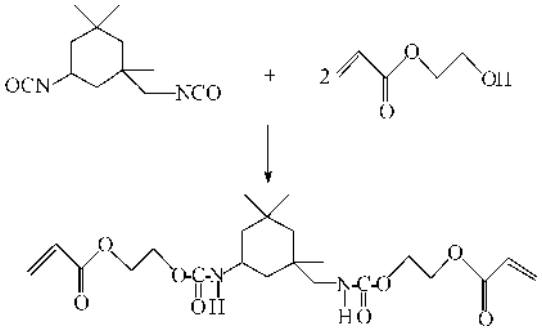

图 8　二官能团小分子副产物的生成

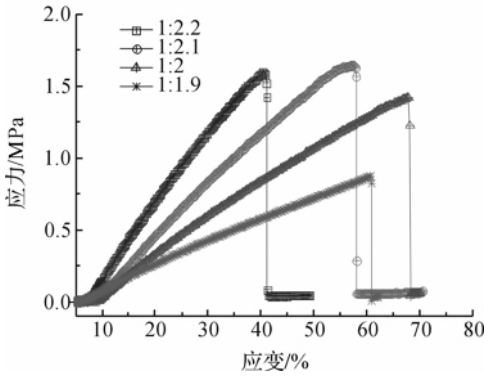

图 9　PUA 固化膜的拉伸性能测试

当 n(PPG)∶n(IPDI)为 1∶2.1 和 1∶2.2 时，即合成产物中含有一定比例的二官能团小分子副产物，两者固化膜的初始杨氏模量、断裂强度均较大。这是因为合成产物中由于二官能团小分子副产物的存在，其参与聚合反应后会增大固化膜的交联密度，从而导致固化膜的初始杨氏模量提高，最终影响固化膜的手感。当 n(PPG)∶n(IPDI)为 1∶1.9 时，固化膜初始杨氏模量较低，手感柔软。但由于该比例下合成产物的黏度较大，无法满足后续数码喷印中对墨水黏度的要求。

综合考虑第一步合成反应中物料配比对合成产物黏度以及固化膜物理机械性能的影响，优选 n(PPG)∶n(IPDI)＝1∶2 为而最佳物料配比。

2.2　聚氨酯丙烯酸酯低聚物性能测试

2.2.1　聚氨酯丙烯酸酯低聚物的流变性能

低聚物是光固化墨水配方中的主体，对墨水最终的流变性能，特别是黏度起着至关重要的影响[15]，因此通过剪切速率扫描实验评估自制低聚物的流体性质以及剪切黏度，并考察其在升温过程中黏度的变化。

由图 10 可知，在 25℃条件下，随着剪切速率的不断提高，自制聚氨酯丙烯酸酯低聚物的黏度保持不变，约为 0.88 Pa·s，表现为典型的牛顿流体特性。合成产物的牛顿流体性质以及低黏性，也验证了合成反应过程中极少的扩链副反应。此外，固定剪切速率为 50 s^{-1}时，自制聚氨酯丙烯酸酯低聚物随着温度的不断提高，其黏度不断下降。这是因为随着温度的升高，低聚物分子的运动加剧且分子间距增大，从而使低聚物内部产生了更多的空隙和自由体积，有利于低聚物分子链的活动，宏观表现为体系黏度下降。

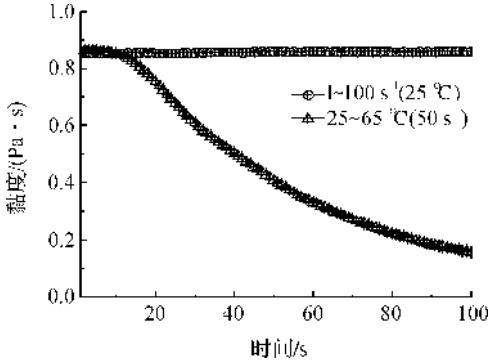

图 10　PUA 的黏度测试结果

2.2.2　聚氨酯丙烯酸酯低聚物的蓝光聚合性能

低聚物的蓝光聚合性能是影响光固化墨水固化速度及成膜性能的关键因素之一[16-17]。为评估合成产物的蓝光聚合性能，分别研究了引发剂浓度和光照强度对其聚合性能的影响。

由图 11 可知，当引发剂浓度在 2%以下时，随着引发剂浓度的不断提高，自制聚氨酯丙烯酸酯低聚物的聚合速率不断提高，且达到最大聚合速率的时间不断缩短。这是因为在一定的光照强度下，引发剂浓度的提高有利于提高活性自由基的产率，从

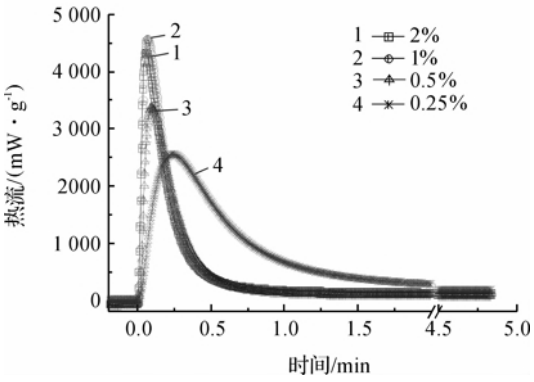

图 11　光引发剂浓度对 PUA 聚合性能的影响

而提高低聚物的聚合性能。而当引发剂浓度达到2%时，过量的活性自由基会增加相互碰撞的概率引起淬灭反应[18]，最终导致低聚物聚合速率降低。由图 7 曲线可知，光引发剂的最佳浓度为 1%。

在光聚合反应中，除了引发剂浓度外，光照强度也是影响聚合体系性能的主要因素之一。由图 12 可知，随着光照强度的提高，自制聚氨酯丙烯酸酯低聚物的聚合速率不断增大。这是因为光照强度的增加，有利于提高引发剂对辐照光源的吸收，从而增加活性自由基的产量，提高低聚物的聚合反应速率及双键转化率。

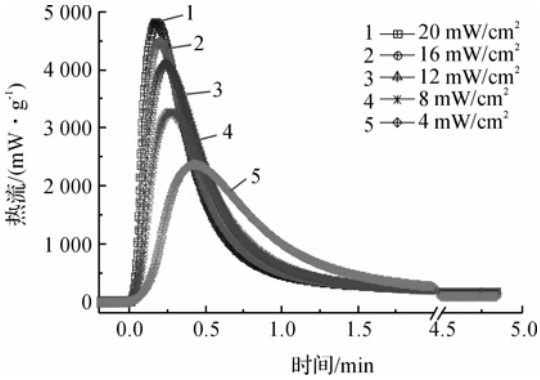

图 12 光照强度对 PUA 聚合性能的影响

3 结 论

以 IPDI、PPG1000、HEA 为主要原料，合成了二官能团聚氨酯丙烯酸酯低聚物。最佳合成工艺条件为：第一步反应温度为 80℃，不加催化剂，反应时间 7 h；第二步反应温度为 50℃，催化剂用量 0.05%，阻聚剂用量 0.1%，反应时间 2 h。

流变性能测试表明，自制聚氨酯丙烯酸酯低聚物表现为典型的牛顿流体，其黏度约为 0.88 Pa · s，基本满足光固化数码印花墨水对低聚物黏度性能的要求。此外，提高温度有利于进一步降低低聚物的黏度。

蓝光聚合性能的测试分析表明，在一定范围内，自制聚氨酯丙烯酸酯低聚物的蓝光聚合性能随着光引发剂浓度的提高而改善。过高引发剂浓度下，由于活性自由基的淬灭作用将导致低聚物聚合性能下降。优选引发剂浓度为 1.0%，可满足蓝光固化墨水对聚合体系快速固化的基本要求。此外，光照强度的提高有利于进一步改善蓝光聚合性能，加快固化速率。

参考文献：

[1] 朱钱黎. 纺织品数码喷墨印花技术[J]. 广西纺织科技，2010，39(2)：29-31.

[2] Neral B，Šostar-Turk S，Vončina B. Properties of UV-cured pigment prints on textile fabric[J]. Dyes and Pigments，2006，68(2)：143-150.

[3] 马雪玲，李景印，李自成. 提高纺织品数码喷墨印花效果的途径[J]. 纺织导报，2006 (8)：40-40.

[4] 赵 奇，吴 艳. 光固化树脂分层充填技术的应用现状[J]. 华西口腔医学杂志，2012，30(4)：335-337.

[5] 吕延晓. 光固化技术在纺织工业中应用进展[J]. 精细与专用化学品，2012，20(8)：5-7.

[6] Sung J，Kang B J，Oh J H. Fabrication of high-resolution conductive lines by combining inkjet printing with soft lithography[J]. Microelectronic Engineering，2013，110：219-223.

[7] 王永真，李 予，刘迎沛，等. UV 喷墨墨水用聚氨酯丙烯酸酯的合成及过程控制[J]. 包装工程，2013，34(13)：106-108.

[8] 李国强，于 洁，郭文勇，等. 聚氨酯丙烯酸酯的合成及光固化胶性能研究[J]. 化学与生物工程，2013，30(5)：54-56.

[9] 饶 贞，张爱清. 光固化聚氨酯丙烯酸酯胶黏剂的制备与性能[J]. 广州化工，2013，41(10)：127-129.

[10] El-Molla M M. Synthesis of polyurethane acrylate oligomers as aqueous UV-curable binder for inks of ink jet in textile printing and pigment dyeing[J]. Dyes and Pigments，2007，74(2)：371-379.

[11] Bao F，Shi W. Synthesis and properties of hyperbranched polyurethane acrylate used for UV curing coatings[J]. Progress in Organic Coatings，2010，68(4)：334-339.

[12] Gao Q，Li H，Zeng X. Preparation and characterization of UV-curable hyperbranched polyurethane acrylate[J]. Journal of Coatings Technology and Research，2011，8(1)：61-66.

[13] 刘志娟，孙向民，齐贵亮. 聚氨酯丙烯酸酯预聚体的合成及应用[J]. 化学与黏合，2009，31(1)：62-65.

[14] Wang F，Hu J Q，Tu W P. Study on microstructure of UV-curable polyurethane acrylate films[J]. Progress in Organic Coatings，2008，62(3)：245-250.

[15] 王 娜. UV 喷墨油墨分散性及流变性能的研究[D]. 北京：北京印刷学院，2009.

[16] Qiu F，Xu H，Wang Y，et al. Preparation，characterization and properties of UV-curable waterborne polyurethane acrylate/SiO_2 coating[J]. Journal of Coatings Technology and Research，2012，9(5)：503-514.

[17] 金养智. 光引发剂的进展[J]. 影像技术，2011(3)：8-18.

[18] 韩阳芳. 数码喷墨用 UV 固化油墨[D]. 上海：东华大学，2004.

(下转第 674 页)

evaluation model of ball valve, and employs the hard contact and small sliding algorithm to conduct nonlinear finite element analysis of auxiliary contact of seal. Sealing specific pressure is figured out under different pressure angle, sealing width, and specific value between mean diameter of sealing face and external diameter of inlet valve seat sleeve, and the sealing performance is evaluated. Meanwhile, this paper discusses the value range of these three variavles in the design process. The results show that, under different pressure angle and sealing width, the specific pressure distribution on the sealing face presents a trend of parabola and inverse proportional function respectively. The pressure angle should be chosen as large as possible, to reduce the friction torque under the condition of meeting the sealing condition. There exists an optimal value of the width of the sealing face. If the projection width at the radial direction is more than 7 mm, the sealing is not tight; when the value is less than 5mm, stress concentration will be caused.

Key words: metal sealing; sealing specific pressure; pressure angle; sealing width; finite element analysis

(责任编辑: 康 锋)

(上接第 634 页)

Synthesis and Properties of Low-Viscosity Blue-Light Cured Urethane Acrylate Oligomer

CAO Bo-tao, HUANG Yi, ZHANG Hai-dong, SHAO Jian-zhong

(Engineering Research Center for Eco-Dyeing and Finishing of Textiles, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Low viscosity urethane acrylate oligomer with two functional groups was synthesized with two-step method by using isophorone diisocyanate (IPDI), propylene glycol 1000 (PPG-1000) and hydroxyethyl acrylate (HEA) as principal raw materials. Di-n-butylamine titration and infrared spectroscopy were used to track and monitor synthetic reaction process. The effects of reaction temperature, material molar ratio, catalyst dosage on the synthesis process of urethane acrylate oligomer were discussed. The results show the optimal conditions are listed as follows: in Stage 1, reaction temperature 80℃, no catalyst, and reaction time 7 h; in Stage 2, reaction temperature 50℃, catalyst dosage 0.05% of total weight, polymerization inhibitor dosage 0.1% of total weight and reaction time 2 h. Rotational rheometer and photo-differential scanning calorimetry (Photo-DSC) were used to assess rheological property and blue light polymerization property of synthetic product. The results show that urethane acrylate oligomer prepared under optimized synthesis conditions has low viscosity and blue light polymerization property and can satisfy the requirements of rheological and blue light induced polymeric performance for oligomer in photocurable digital printing ink.

Key words: urethane acrylate oligomer; low viscosity; blue light curing; textile digital printing

(责任编辑: 许惠儿)