

铜版纸印品UV上光油的研制

张正健, 黄汝权, 陈蕴智, 尹鹏瑞

(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: **目的** 研究UV上光油各组份对上光后铜版纸印品光泽度、附着牢度和固化时间的影响,并研制出性能优良的铜版纸印品UV上光油配方。**方法** 选取合适的预聚物、单体和光引发剂,通过控制各组份变量,配制不同UV上光油,观察各项性能的变化情况。**结果** 研制出性能优良的铜版纸印品UV上光油配方,即双酚A环氧丙烯酸酯、丙烯聚氨酯低聚物、TMPTA、TPGDA、DPGDA、Irgacure 907、Darocure184、BYK-320的质量分数分别为30%、15%、36%、4.5%、4.5%、3.6%、0.9%和0.5%。**结论** 当预聚物质量比 $m(\text{EA}):m(\text{PUA})$ 为2:1、光引发剂质量比 $m(907):m(184)$ 为4:1、单体质量比 $m(\text{TMPTA}):m(\text{TPGDA}):m(\text{DPGDA})$ 为8:1:1时,上光后铜版纸印品光泽度和附着牢度提高,膜层固化时间较短。

关键词: UV上光油; 配方; 铜版纸; 附着牢度; 光泽度; 固化时间

中图分类号: TS802.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)09-0144-06

Development of UV Varnish for Printing Samples of Copper Printing Paper

ZHANG Zheng-jian, HUANG Ru-quan, CHEN Yun-zhi, YIN Peng-rui

(Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: The aim of this work was to study the effect of the components of UV varnish on the glossiness, adhesion fastness and curing time of the copper printing paper after polishing, and to develop a UV varnish formula with good performance for copper printing paper. Appropriate prepolymer, monomer and photoinitiator were selected to prepare different UV varnish by changing the contents of the components. The changes of the performance were observed. The best formula was prepolymer epoxy acrylate (30%), PUA (15%); Monomer TMPTA (36%), TPGDA (4.5%), DPGDA (4.5%); Photoinitiator Irgacure 907 (3.6%), Darocure184 (0.9%), BYK-320 (0.5%). The glossiness and adhesion fastness of the copper printing paper were improved and the film curing time was shortened when the prepolymer EA:PUA was 2:1, photoinitiator 907:184 was 4:1, and monomer TMPTA:TPGDA:DPGDA was 8:1:1.

KEY WORDS: UV varnish; formula; copper printing paper; adhesion fastness; glossiness; curing time

UV上光技术作为印刷的延伸及对印刷品的精加工方式而被广泛采用,成为实现和提高印刷品档次的重要手段^[1]。UV上光油的主要成分是UV预聚物、单体和光引发剂助剂(包括流平剂、消泡剂、基材润湿剂等)^[2],具有环保、生产效率高、适用范围广、能耗低和上光质量好等诸多优点,在上光市场的占有率每年增长30%~40%^[3]。通过对预聚物中聚氨酯丙烯酸树脂类和环氧丙烯酸树脂类的合理搭配,提高UV上光油的固化速度、附着牢度、光泽度和柔韧性等方面的性能。在选用上光油的活性单体时,由于官能度不同对

上光油的影响也不一样,官能度越高,固化速度越快,但稀释效果不好,因此,需要合理选用不同官能度的单体合理搭配,以提高固化速度和稀释效果。同时,选用合适的光引发剂调配用量,使其能够充分吸收紫外光波长,也能提高固化速度和效果^[4-6]。鉴于此,通过配方研究和优化设计,研制出一种用于铜版纸印品的UV上光油。

1 实验材料及仪器

材料:铜版纸,定量128 g/m²,采用IGTC1胶印适

收稿日期:2014-10-15

作者简介:张正健(1981—),男,江苏人,天津科技大学副教授,主要研究方向为印刷材料及适性。

性仪进行打样,获得印品试样;预聚物双酚A环氧丙烯酸酯和丙烯聚氨酯低聚物六官能团;活性单体TMPTA(三羟甲基丙烷三丙烯酸酯)、TPGDA(二缩三丙二醇二丙烯酸酯)和DPGDA(二丙二醇二丙烯酸酯);Irgacure 907(裂解型)和Darocure184(裂解型)光引发剂;助剂(流平剂)BYK-320(具有消泡功能的流平剂)。

仪器:加热磁力搅拌器,德国IKA;IGT C1 印刷适性仪,荷兰 IGT;IGT UV 固化仪,荷兰 IGT 公司;NOVO-GLOSS型光泽度仪,英国易高;电子天平,北京赛多利斯仪器系统有限公司;附着力胶带,3M 公司;涂布机,德国SUMET Messtechnik。

2 实验方法

2.1 UV上光油制备方法

选定合适的预聚物、活性单体、光引发剂和助剂,先将光引发剂按照配方比例充分溶解在单体中,然后加入预聚物、助剂与其充分混合,采用磁力搅拌器搅拌一段时间,静置,待其体系稳定后即可进行涂布上光。用UV固化仪对上光后的铜版纸印品进行固化,测量固化时间、附着牢度、光泽度等相关性能。该实验对样品进行上光时没有考虑上光油的黏性值问题。

2.2 UV上光油配方

通过实验配方设计原理,结合铜版纸印品的特点进行配方研究,测试并对比不同配方上光油的光泽度、附着牢度和固化时间等参数,找出最佳配比。

2.2.1 预聚物配方

预聚物作为UV上光油中最重要的主体,其大部分都是丙烯酸类树脂,是光油的基本骨架,其性能对固化过程和固化膜层的固化速度、光泽度、附着牢度、膜层柔韧性都有影响。

通过对丙烯酸类树脂性能的评定,选出双酚A环氧丙烯酸酯(EA)、聚氨酯丙烯酸酯(PUA)等2种树脂作为主体树脂^[7-9]。EA树脂不仅固化速度快,而且具有粘接强度大、硬度高、光泽度高和耐化学药品性等优点^[10];PUA具有固化速度快,易与其他树脂混溶,涂膜的韧性、附着力、耐热性、耐磨性和耐化学品性好等特点^[11]。根据上光油配方要求,在预聚物总添加量(质量分数)为45%的前提下,改变2种主体预聚物的实验配方,见表1。其他成分不变,包括光引发剂Irgacure 907(MMMP)和Darocure 184(HCPK)的质量分数分别

为3.6%和0.9%;单体TPGDA、DPGDA和TMPTA的质量分数分别为4.5%,4.5%和36%;助剂BYK-320的质量分数为0.5%。

表1 2种主体预聚物配方
Tab.1 two kinds of main prepolymer' s formulation %

配方 编号	EA 质量 分数	PUA 质量 分数	配方 编号	EA 质量 分数	PUA 质量 分数
1	45	0	4	20	25
2	40	5	5	10	35
3	30	15	6	0	45

2.2.2 光引发剂配方

光引发剂是UV上光油的关键组分,它对UV上光油的固化速度起着决定性作用,紫外光在照射样品时,光油中的预聚物和单体依靠引发剂快速地由液态变为固态,形成良好的光油膜层。

研究选择Irgacure 907(MMMP)和Darocure 184(HCPK)作为光引发剂^[12],在总添加量(质量分数)为4.5%的条件下,考察光引发剂907和184的协同效应对UV上光油性能的影响,其实验配方见表2,其他成分不变,包括预聚物EA和PUA的质量分数为30%和15%,单体TPGDA、DPGDA和TMPTA的质量分数分别为4.5%,4.5%和36%;助剂BYK-320的质量分数为0.5%。

表2 光引发剂配方
Tab.2 The formulation of photoinitiator %

配方 编号	907 质量 分数	184 质量 分数	配方 编号	907 质量 分数	184 质量 分数
7	0	4.5	10	2.7	1.8
8	0.9	3.6	11	3.6	0.9
9	1.8	2.7	12	4.5	0

2.2.3 单体配方

单体起着润湿颜料、稀释和调节油墨的黏度的作用,同时决定着UV上光油的固化干燥和成膜性能^[8]。一般来说,官能度愈多固化速度愈快,但稀释效果愈差。在通常情况下,研究上光油时将单官能团单体和多官能团单体配合搭配使用。

研究选用二缩三丙二醇二丙烯酸酯(TPGDA)、二丙二醇二丙烯酸酯(DPGDA)、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯(TMPTA)作为上光油的活性单体^[13-15],实验配方见表3,配方中单体的总添加量(质量分数)为45%,其他成分不变,包括预聚物EA和PUA的质量分数为30%

和 15%，光引发剂 Irgacure 907 (MMMP) 和 Darocure 184 (HCPK) 的质量分数分别为 3.6% 和 0.9%；助剂 BYK-320 的质量分数为 0.5%。

表3 单体配方
Tab.3 The formulation

	配方 编号	TMPTA 质量分数	TPGDA 质量分数	DPGDA 质量分数
$m(\text{TPGDA}):$ $m(\text{DPGDA})=$ 1:1	13	0	22.5	22.5
	14	9	18	18
	15	18	13.5	13.5
	16	27	9	9
	17	36	4.5	4.5
	18	45	0	0
TMPTA 质量 分数 36%	19	36	0	0
	20	36	2.5	2.5
	21	36	4.5	4.5
	22	36	6.5	6.5
	23	36	9	9

2.3 性能测定

2.3.1 固化次数

用固化次数来表征固化时间，固化次数越多固化时间越长。将测试样条放在 IGT UV 固化仪上，以 80 m/min 速度对其进行固化，记下样条通过传送带的次数，直到干燥。干燥程度判断方法采用 QB/T 2826—2006 中 4.6.4 进行判断，UV 光照射后印面朝上，置于玻璃板上，用回形针的尾部向印物边用力划痕，检视印物空白部分是否留有墨痕，对油墨的干燥程度作判断；同时，可用手指触摸墨膜，对墨膜干燥程度作出判断。如果墨膜未完全干燥，则再进行 UV 光照射并判断，直到干燥为止。判断试样与标样在干燥过程中是否有差别，并对结果作出记录。

2.3.2 附着牢度

UV 上光油的附着力采用 GB/T 9286—1998《涂膜附着力测定法》进行测定，用百格刀在测试样本表面划 10×10 个 1 mm×1 mm 的方格，采用 3M 胶带测试，用手抓住胶带一端，以垂直方向迅速扯掉胶带，检验其附着牢度。附着牢度分为 6 个等级(0~5)，0 级最差，5 级最好。0~4 级的脱落面积分别为大于 65%，35%~65%，15%~35%，5%~15%，小于 15%；5 级为无脱落。

2.3.3 光泽度

UV 上光油固化成膜的光泽度采用 GB 1743—89《漆膜光泽度测定法》测定，该实验采用 NOVO-GLOSS

型光泽度仪进行测量，将 UV 上光油涂布在 128 g/m² 的铜版纸上，干燥成膜后，使用 75° 角测量干燥膜层的光泽度。

3 结果与讨论

按照实验配方制备一系列 UV 上光油样本，将其涂布在铜版纸上，对各项性能进行测试。各个实验配方编号对应相应的样本编号。

3.1 预聚物配方对 UV 上光油性能的影响

预聚物中 EA 和 PUA 不同比例对附着牢度和固化时间的影响见图 1，对光泽度的影响见图 2。

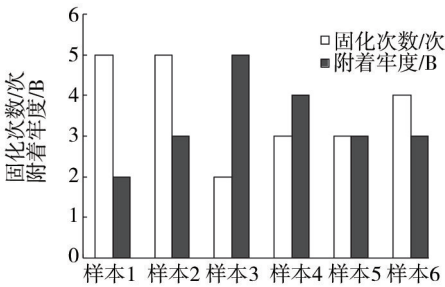


图1 不同比例预聚物对附着牢度和固化次数的影响
Fig.1 Effects of different proportions of prepolymer on the adhesion fastness and curing times

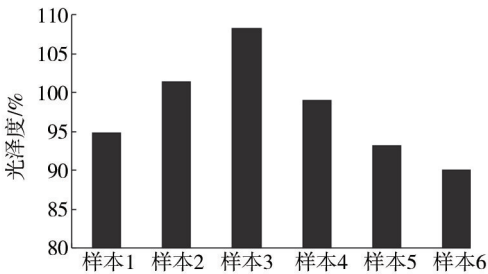


图2 不同比例预聚物对光泽度的影响
Fig.2 Effects of different proportions of prepolymer on the glossiness

由图 1 可知，样本 3 的固化时间最短为 2 次，1 号和 6 号样本固化次数较多，分别为 5 次和 4 次。从固化次数上看，单组分丙烯酸类树脂制得 UV 上光油的固化时间，比混合组分的丙烯酸类树脂制得上光油的固化时间要长，并且 EA 的固化速度比 PUA 固化速度慢。当 $m(\text{EA}):m(\text{PUA})=2:1$ 时，所制得的 UV 上光油固化时间最短。由此，在固化速度方面，得出预聚物 EA 与 PUA 的质量比为 2:1。

样本 3 的附着牢度为 5B，附着牢度最佳，同时 2，4，5，6 号样本的附着牢度都在标准之上，符合生产规

定;1号光油样本的附着牢度只有2 B。故单组分EA制得的光油对铜版纸的附着牢度并不理想,原因应是EA的黏度太大,导致上光油的流动性不好,降低了上光油的附着力。随着聚氨酯的加入,附着牢度开始增加,但聚氨酯过多膜层较脆,影响了上光油的附着。因此,附着牢度较佳的是样本3和样本4。

由图2可知,样本3的光泽度最好,样本6的光泽度最低,单组分的丙烯酸类树脂光泽度要差一些。不同预聚物由于其具有不同的结构,对铜版纸印品的成膜和流平效果也不同,这就导致固化成膜后的光泽度有比较大的差异。样本6所用预聚物全为PUA,由于其固化速度较慢,导致了铜版纸上的附着能力不好,故对涂膜的流平性能有比较大的影响。从实验数据上看,4,5,6号样本随着PUA的增加,光泽度逐渐下降。可见,样本3具有较好的膜层光泽度,即EA与PUA的质量比为2:1。

3.2 光引发剂对UV上光油性能的影响

光引发剂中Irgacure 907(MMMP)和Darocure 184(HCPK)不同比例对附着牢度和固化时间的影响见图3,对光泽度的影响见图4。

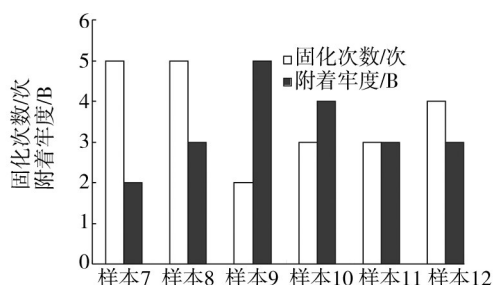


图3 不同比例光引发剂对附着牢度和固化次数的影响

Fig.3 Effects of different proportions of photoinitiator on the adhesion fastness and curing times

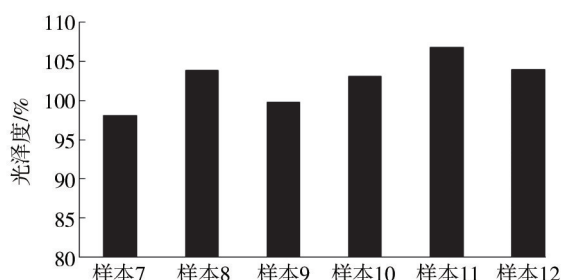


图4 不同比例光引发剂对光泽度的影响

Fig.4 Effects of different proportions of photoinitiator on the glossiness

从图3可以看出,样本11的固化次数最短为2次,样本7和样本8彻底干燥次数最多为6次,固化时

间较长。分析实验配方(表2)可知,光引发剂184的引发效率较高,但需要有光引发剂907的配合使用,随着光引发剂907加入量的增加,固化时间开始减少,当光引发剂907与184的质量比为4:1(样本11)时,固化时间短。

样本11的附着牢度为4 B,附着牢度最佳;9,10和12号样本的附着牢度为3 B,符合生产规定;7,8号样本附着牢度较差。其原因在于UV上光油固化时,2种光引发剂未能达到最佳协同作用,导致丙烯酸类树脂未完全固化干燥,从而使得上光油的附着牢度差,而随着光引发剂907比例的提高,上光油固着牢度增加。故上光油在固化完全后的附着牢度方面应参照11号样本,即光引发剂907与184的质量比为4:1。

从图4可以看出,样本11的光泽度最高,样本7的光泽度最低。同时还可以看出,6个实验样本总体来看光泽度都是在100%上下,故光引发剂对膜层的光泽度影响不明显。在选择较好固化膜层光泽度时,可选用样本11的参考配方。

3.3 单体对UV上光油性能的影响

研究采用二缩三丙二醇二丙烯酸酯(TPGDA)、二丙二醇二丙烯酸酯(DPGDA)和三羟甲基丙烷三丙烯酸酯(TMPTA)作为上光油的活性单体,配方中单体的建议添加量(质量分数)为45%,以此添加量进行探索性实验。

3.3.1 TMPTA对UV上光油性能的影响

当单体TPGDA与DPGDA的质量比为1:1时,TMPTA和DPGDA对UV上光油附着牢度、固化次数和光泽度的影响分别见图5和图6。

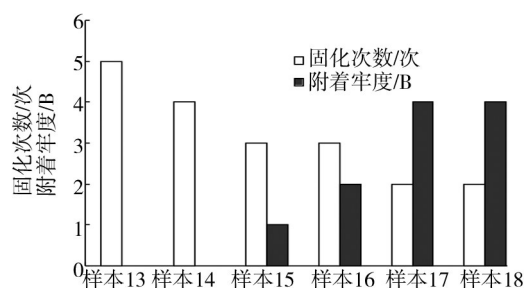


图5 TMPTA对附着牢度和固化次数的影响

Fig.5 Effects of TMPTA on adhesion fastness and curing times

从图5可见,样本17和样本18的固化时间最短为2次,样本13的固化时间最长为5次,固化效果较差。样本13中没有加入TMPTA,其他实验样品随着TMPTA的增加固化时间开始降低,原因是TMPTA为三官能团单体,TPGDA和DPGDA都是双官能团单体,

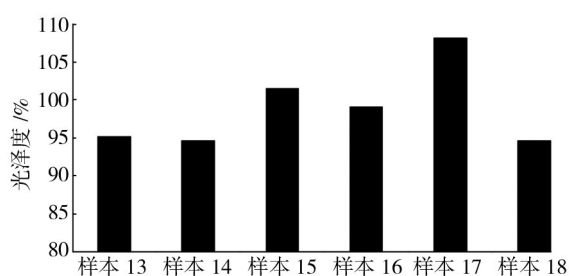


图6 TMTPTA对光泽度的影响

Fig.6 Effects of TMTPTA on glossiness

可知官能度愈多固化速度愈快。由此,选择较短固化时间时,参考样本17和样本18,单体TMTPTA、TPGDA和DPGDA的质量比为8:1:1。

样本17和样本18的附着牢度为4 B,附着牢度最佳,符合生产所需达到的规定;样本13和样本14的附着牢度为0 B,附着牢度并不理想。原因是TPGDA和DPGDA与预聚物相容性差,使得制得的上光油黏度比较小,导致上光油固化后对基材的附着能力较差,随着上光油中TMTPTA比例的增加,单体整体与预聚物相容性改善,附着牢度开始增加。故在上光油附着牢度方面,建议选用样本17和样本18,单体TMTPTA、TPGDA和DPGDA的质量比为8:1:1或45:0:0为参考配方。

从图6可见,样本17的光泽度最高是108.2%,样本18的光泽度最低是94.7%,活性单体TMTPTA、TPGDA和DPGDA三者按照一定比例混合配制的上光油,总体上看比单组分的TMTPTA或TPGDA和DPGDA二者混合配制而成的上光油测得的光泽度要高,在TMTPTA中加入双官能团单体TPGDA和DPGDA,是因为低官能团具有黏度低的特点,对上光油起到稀释作用,使整个上光油体系具有较低的黏度,其良好流动性可使上光油在基材表面充分流平,从而提高光泽度。单体TPGDA和DPGDA的质量比为1:1时,应选用单体TMTPTA、TPGDA和DPGDA的质量比为8:1:1(17号样品),其光泽度最佳。

3.3.2 TPGDA和DPGDA对UV上光油性能的影响

当单体TMTPTA的质量分数为36%时,改变TPGDA和DPGDA的量进行探索实验。TPGDA和DPGDA对UV上光油性能的影响分别见图7和图8。

从图7可以看出,样本21的固化时间最短为2次,固化速度较快;样本19和样本20的固化时间最长为4次。导致固化时间的不同的原因是TPGDA的活性高于DPGDA,二者相互影响,在配制上光油时只加入1种单体时无法得到上光油理想的固化时间。故保持TMTPTA的量不变,改变其他2种单体对UV上光油固化时间的影响时,选用单体TPGDA与DPGDA质量比

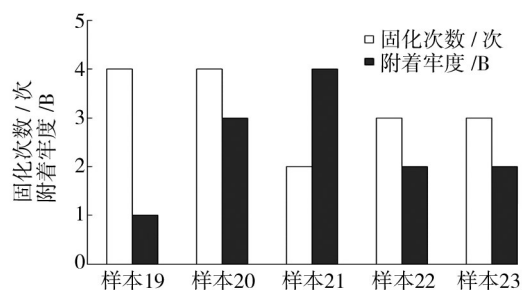


图7 TPGDA和DPGDA对附着牢度和固化次数的影响

Fig.7 Effects of TPGDA and DPGDA on adhesion fastness and curing times

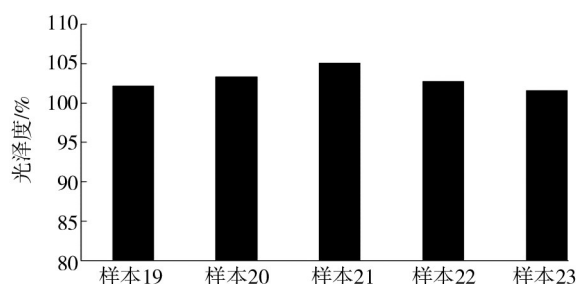


图8 TPGDA和DPGDA对光泽度的影响

Fig.8 Effects of TPGDA and DPGDA on the glossiness of UV varnish

为1:1的参考配方(样本21)。

样本21的附着牢度为4 B,附着牢度最佳;样本20的附着牢度也在标准之上,符合生产规定;样本19的附着牢度只有1 B,所制得上光油附着能力及膜层柔韧性较差,影响上光油的附着。TPGDA能赋予UV上光油良好的稳定性和膜层柔韧性,当TPGDA与DPGDA的质量比为1:1时,附着牢度最好,故保持TMTPTA的量不变,改变其他2个单体对UV上光油附着牢度的影响时,选用TPGDA与DPGDA的质量为1:1的参考配方(样本21)。

从图8可以看出,样本21的光泽度最好为105.1%,样本23的光泽度最低为101.6%;5个实验样本光泽度都是在102%左右,光泽度均较好,说明单体TPGDA和DPGDA对膜层的光泽度影响不是很明显。从光泽度看,可选择单体TPGDA与DPGDA质量比为1:1的参考配方。

4 结语

通过研究设计实验配方,并按实验配方制备一系列UV上光油样本,将其涂布在铜版纸上,对其各项性能进行测试,进而达到对上光油中各组分对其性能影

响的研究。根据实验数据可知,当预聚物EA与PUA的质量比为2:1,光引发剂907与184质量为4:1,单体TMPTA、TPGDA和DPGDA质量比为8:1:1时,上光油的性能最佳。最终得到了性能优良的铜版纸印品UV上光油配方,即双酚A环氧丙烯酸酯、丙烯聚氨酯低聚物、TMPTA、TPGDA、DPGDA、Irgacure 907、Darcure184、BYK-320的质量分数分别为30%,15%,36%,4.5%,4.5%,3.6%,0.9%和0.5%。

参考文献:

- [1] 朱梅生,程冠清.印刷品上光技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
ZHU Mei-sheng, CHENG Guan-qing. Print Polishing Technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [2] 王晓芳.水性UV光油的研制[D].曲阜:曲阜师范大学,2010.
WANG Xiao-fang. The Preparation of Water-based UV Varnish[D]. Qufu: Qufu Normal University, 2010.
- [3] 关森. UV上光为印刷品锦上添花[J]. 今日印刷, 2005(8): 40—42.
GUAN Miao. UV Varnish Make Printing Better[J]. Printing Today, 2005(8): 40—42.
- [4] 王晓芳,魏先福,黄蓓青,等.光引发剂对水性UV光油固化性能的影响[J].中国印刷与包装研究,2012,1(4):46—49.
WANG Xiao-fang, WEI Xian-fu, HUANG Bei-qing, et al. Effect of Photo-initiator on Curing Characteristic of Water-based UV Varnish[J]. China Printing and Packaging Study, 2012, 1(4): 46—49.
- [5] 王晓芳,黄蓓青,魏先福,等.预聚物和单体对水性UV光油性能的影响[J].北京印刷学院学报,2009,12(6):30—32.
WANG Xiao-fang, HUANG Bei-qing, WEI Xian-fu, et al. Effect of Prepolymer and Monomer on Performance of Water-base UV Varnish[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2009, 12(6): 30—32.
- [6] 郑莉.“绿色”材料—水性上光油的应用[J].印刷技术,1998(5):25—26.
ZHEN Li. Green Materials—Application of Water-based UV Varnish[J]. Printing Technology, 1998(5): 25—26.
- [7] 李镇江. UV固化聚氨酯/环氧丙烯酸酯胶粘剂的研制[D].绵阳:西南科技大学,2010.
LI Zhen-jiang. Study of UV-curable Polyurethane/Epoxy Acrylate Adhesive[D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2010.
- [8] 姚梅.光固化环氧丙烯酸酯胶粘剂的研究[D].西安:西北工业大学,2007.
YAO Mei. Study on UV-Curing of Epoxy Acrylate Adhesive [D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2007.
- [9] 刘海涛.紫外光固化胶粘剂的粘接强度研究[J].中国胶粘剂,2011,20(5):15—18.
LIU Hai-tao. Study on Bonding Strength of UV Curable Adhesive[J]. China Adhesive, 2011, 20(5): 15—18.
- [10] 廖峰,赖学军,曾幸荣.紫外光固化环氧丙烯酸酯的研究进展[J].化学与黏合,2010,32(3):46—49.
LIAO Feng, LAI Xue-jun, ZENG Xing-rong. Research Progress in Study on UV-curable Epoxy Acrylate Resin[J]. Chemistry and Adhesive, 2010, 32(3): 46—49.
- [11] 付锴,周集义.紫外光固化聚氨酯丙烯酸酯研究进展[J].化学推进剂与高分子材料,2009,7(2):6—12.
FU Kai, ZHOU Ji-yi. Research Progress of UV-curable Polyurethane Acrylate[J]. Chemical Propellants & Polymeric Materials, 2009, 7(2): 6—12.
- [12] 魏先福,赵雪辉,黄蓓青,等.丙烯酸酯单体结构对UV油墨流变性影响的研究[C]//北京:中国科协学术年会论文集,2005:93—97.
WEI Xian-fu, ZHAO Xue-hui, HUANG Bei-qing, et al. Study on Effect of Acrylate Monomer Structure on UV Ink Rheology[C]//Beijing: The Collection of Academic Annual Meeting Chinese Science Association, 2005: 93—97.
- [13] 肖浦,吴刚强,史素青,等.基于 α -2羟烷基苯酮(HAPK)可聚合大分子光引发剂的合成及其引发三丙二醇双丙烯酸酯(TPGDA)光聚合动力学研究[J].感光科学与光化学,2006,24(3):206—210.
XIAO Pu, WU Gang-qiang, SHI Su-qing. Synthesis of Macro-photoinitiator Based on HAPK and Kinetics for Photopolymerization of TPGDA[J]. Photographic Science and Photochemistry, 2006, 24(3): 206—210.
- [14] 张世海,李斌,唐黎明,等.TMPTA红外激光光聚合的实时动力学研究[J].高等学校化学学报,2001,7(22):1250—1252.
ZHANG Shi-hai, LI Bin, TANG Li-ming, et al. Real-time Kinetics Study on the Infrared Laser-induced Photopolymerization of TMPTA[J]. Chemical Research in Chinese Universities, 2001, 7(22): 1250—1252.
- [15] 张婉,魏先福,黄蓓青,等.单体对UV喷墨油墨性能的影响[J].北京印刷学院学报,2007,12(6):4—6.
ZHANG Wan, WEI Xian-fu, HUANG Bei-qing, et al. The Effect of a Monomer on the Performance of UV-curable Ink-jet Ink[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2007, 12(6): 4—6.