

光引发剂对 UV 柔印油墨固化速度的影响

作者：魏先福、黄蓓青、张婉、张敬才】

摘要：设计了 UV 柔印油墨的配方，选用了三种光引发剂制备油墨样品，测试了油墨样品的固化速度。研究表明，不同的光引发剂及其用量对油墨固化速度有较大影响，三种光引发剂中，使用 907 制备的油墨固化速度最快；采用配方实验的方法研究了复合光引发剂对油墨固化速度的影响，测试结果显示其固化速度低于使用单一光引发剂 907 的固化速度。油墨样品中引发剂 907 的含量为 8% 时固化速度最快。

关键词：UV 柔印油墨；光引发剂；固化速率

中图分类号：TS202.3 文献标识码：A 文章编号：

Effect of Photoinitiator on Curing Rate of UV Flexo Ink

WEI Xian-fu HUANG Bei-qing ZHANG Wan ZHANG Jing-cai

Abstract: The formulation of UV Flexo Ink was designed, the inks were prepared by choosing three photoinitiators and the curing rates of inks were tested. The results show that different photoinitiators and its percentages significantly affect the curing rates of inks, and the curing rate of ink prepared by 907 is the fastest in three photoinitiators. The effect of co-photoinitiators on curing rate of ink is studied by the way of formulation experiment and the tested result indicates that the curing rates of co-photoinitiators are lower than the curing rate of photoinitiator 907. The curing rate of the ink is the fastest of all, when the quantity of photoinitiator 907 is 8%.

Key words: UV flexo ink; photoinitiator; curing rate

随着柔印以及 UV 固化技术的迅速发展，UV 柔印油墨相比较于传统的水性和溶剂型柔印油墨，在操作性、印刷品质、固化速度、环境保护等众多方面有着明显的优势[1]。固化速度是 UV 油墨的一个重要性能，直接影响了 UV

柔印的印刷速度[2]。UV 柔印油墨由 UV 单体(活性稀释剂)、预聚物、光引发剂、颜料以及其它助剂组成，其中光引发剂对体系的固化速度影响很大，它通过紫外光线的特定波长，激发并分解产生自由基，引发聚合反应，直接影响到预聚物和单体能否快速交联固化[3][4]。因此，选择合适的光引发剂是设计 UV 柔印油墨配方的重要环节。

本论文通过选用五种光引发剂制备油墨，测试其固化速度，分别探讨光引发剂对 UV 柔印油墨固化速度的影响，选用三种固化速度快的光引发剂进行复配，通过配方试验的方法确定了复合光引发剂的最优比例；改变光引发剂的含量制备 UV 柔印油墨，测试了油墨的固化速度，可以得到最佳的光引发剂含量。

1. 实验

1.1 原材料

研磨预聚物：丙烯酸酯类预聚物 6311-100；

成膜预聚物：丙烯酸酯类预聚物 6325-100, EB450；

单体：丙烯酸 2-乙氧乙氧基乙酯 (EOEOEA)、新戊二醇二乙氧基双丙烯酸酯 (NPGDA) 和三丙烯酸酯(TMPTA)；

颜料：四色版宝红,Ciba；

光引发剂：2, 4, 6-三甲基苯甲酰基-二苯基氧化膦 (TPO) 和 2-羟基-2 甲基-1-苯基-1-丙酮 (1173)；1-羟基-环己基-苯基甲酮 (184)；2-甲基-1-[4-甲硫基苯基]-2-吗啉基-1-丙酮(



907); 2-异丙基硫杂蒽酮(ITX);

分散剂: 192

1.2 仪器设备

BM-T 型篮式砂磨机;

JJ-1 型精密增力电动搅拌器;

紫外光固化机, 美国 FUSION;

1.3 样品制备及性能测试

按照色浆及油墨配方用天平定量称取原料, 混合均匀, 然后用 BM -

T 型篮式砂磨机进行研磨来制备 UV 柔印油墨色浆及油墨样品, 其中, 色浆配方为颜料: 预聚物: 单体: 分散剂=25 (重量百分数, 下同): 16.7: 56.3: 2, 配好的色浆与成膜预聚物、调稀单体以及光引发剂再以一定的比例混合, 制备油墨样品。分别探讨单一光引发剂对 UV 品红柔印油墨固化速度的影响; 再分别选用三种固化速度快的光引发剂进行复配, 通过配方试验的方法确定了复合光引发剂的最优比例。

本实验通过测试在一定功率的紫外灯的照射条件下样品的临界固化速度来考察光引发剂对油墨固化速度的影响。

2. 结果与讨论

2.1 不同光引发剂对 UV 柔印油墨固化速度的影响

以品红为例, 分别用光引发剂 TPO、184、907、1173、ITX (在油墨中所占的比例为 6%) 来制备油墨, 并测试所制备油墨的固化速度, 测试结果如图 1 所示。

从图 1 中可以看出用 TPO、907 和 ITX 制备的油墨的固化速度都较快, 其中用 907 制备的油墨的固化速度相对最快。这主要是由于颜料的紫外光光谱吸收曲线与光引发剂紫外光光谱吸收曲线有着密切的关系, 经过实验测得大多数颜料在其吸收紫外光光谱上都存在吸收光较弱的部分, 这被称之为颜料的“光谱窗口” [5], 充分利用这些透光窗口, 选择和该窗口匹配的光引发剂是提高 UV 柔印油墨固化速度的关键。光引发剂的吸收峰在有效范围内越多, 其对紫外光的捕获能力相对较强[6]。另外, 由于光引发剂发挥效应的前提是可以吸收光能[7], 因此, 光引发剂与 UV 光源的辐射谱带是否匹配也直接影响到固化反应的快慢。UV 光源 D 灯的辐射峰在 250nm、310nm、380nm 附近。

从图 2 品红颜料的光谱吸收曲线上可以看出其吸收紫外线较弱的区域在 265nm、300nm

-310nm、350nm-360nm 附近, 即在此处品红颜料对紫外光的吸收较弱。光引发剂 907 在品红颜料的透光窗口处存在吸收峰为 310nm, 又因为此处正好是在光源辐射的主波峰附近, 所以其固化速度最快。光引发剂 ITX 在品红颜料的透光窗口 265nm 附近有吸收峰 255 nm, 并且其另一个吸收峰 380nm 在光源辐射的主波峰附近, 因此, 其固化速度较快。而光引发剂 TPO 在品红颜料的透光窗口 265nm 和 300nm 附近也都有吸收峰分别为 269nm 和 298nm, 并且它的吸收峰比较多, 捕捉紫外光的机会比较多, 在其吸收峰 379nm 处与光源辐射主波长 380nm 附近相对应。因此, 光引发剂 TPO 的固化速度也较快。

光引发剂 1173、184 虽然在透光窗口附近也有吸收峰, 但是可能由于自身的引发效率不高, 所以固化率比较低。

2.2 复合光引发剂对 UV 柔印油墨固化速度的影响

利用配方试验设计复合光引发剂配方, 采用三组分单纯形重心设计[8]。设 X1, X2, X3 分别表示 TPO、ITX、907 三种光引发剂在复配光引发剂配方中所占的比例。由于



采用配方试验中的单纯形重心设计 ($m=3$), 共有 7 种复配光引发剂配方, 如表 1 所示。按此配方制备油墨, 并测试所制备油墨的固化率, 如表 1 所示。由于 $m=3$, 所以回归方程的形式如下:

将表 1 中的数据代入公式, 其中, y 为固化率, 可得 7 个方程, 联立这 7 个方程就可以算出回归方程的 7 个回归系数, 从而得到实验指标固化速度 y 与变量之间的回归方程为:

由回归方程得出的值越大, 说明按此配方所得的油墨综合性能越好, 通过规划求解可以得出, 当 $X_1=0$, $X_2=0$, $X_3=1$ 时, 回归方程可得到最大极值为 36。通过试验及数据分析得知, 光引发剂 TPO、907、184 复合后没有单一使用光引发剂 907 的固化效果好。

2.3 光引发剂含量对 UV 柔印油墨固化速度的影响

采用光引发剂 907, 改变其含量制备 UV 柔印品红油墨, 测试所制备油墨的固化速度, 测试结果如图 3 所示。

从图 3 可以得出, 随着光引发剂含量的增加, 油墨的固化速度也随之增加, 但增加到一定含量后, 固化速度不会继续上升, 反而有所下降。这是由于光引发剂含量低时, 在光的辐射下只能产生少量自由基, 并有部分被氧所消耗, 很难发生固化反应。当光引发剂含量增加时, 其吸收辐射能产生的自由基就会增加, 引发单体和预聚物发生交联反应, 速度加快。但是, 当光引发剂含量过高时, 其产生的自由基会过量, 将增加自由基相互碰撞结合的机率, 真正引发单体和预聚物发生交联反应的自由基会减少, 故而固化速度降低。所以, 不是光引发剂含量越高固化速度越快。对于本实验中的品红油墨, 当光引发剂 907 的含量为 8% 时, 可以得到最快的固化速度。

3. 结语

1) 用单一光引发剂 907, ITX, TPO 制备的 UV 柔印油墨的固化速度较快, 其中 907 的固化速度最快;

2) 根据配方试验, 用单一光引发剂 907 比复合光引发剂 907、ITX、TPO 制备的 UV 柔印油墨的固化速度快;

3) 油墨的固化速度随着光引发剂含量的增加而增加, 但当光引发剂含量增加到某一定值后, 固化速度反而会随着光引发剂含量的继续增加而成下降趋势, 因此, 光引发剂含量并不是越多越好。对于 UV 柔印品红油墨, 当光引发剂 907 的含量为 8% 时, 可以得到最快的固化速度。

参考文献:

[1] 王子美, 刘瑞芳, 唐正宁等译. 柔性版印刷原理与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.

[2] 骆光林. 柔性版印刷油墨[J]. 机电信息, 2005, (14): 54-57.

[3] 陈用烈, 曾兆华, 杨建文. 辐射固化材料及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.

[4] 陈文等. UV 自由基固化油墨的研究[J]. 包装工程, 2005, 26(12): 26-28.

[5] 姜英涛. 涂料基础, 北京: 化学工业出版社[M], 2004.

[6] 杨建文, 曾兆华, 陈用烈. 光固化涂料及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.

[7] 王德海, 江棣. 紫外光固化材料—理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.



[8] 李云雁,胡传荣,试验设计与数据处理[M]. 北京:化学工业出版社,2005.

