

UV 喷墨油墨分散性评价方法的研究

作者：魏先福、王娜等

摘要：UV 喷墨油墨对颜料粒子的粒径大小、分散性和分散稳定性有极高的要求，颜料粒子的分散状态直接影响到喷墨油墨的使用性能和喷墨成像印刷品的质量。设计了四种具有不同颜基比的 UV 喷墨油墨配方并制备了色浆样品，用三种方法对颜料粒子的分散状态进行了评价。研究表明，激光粒度仪测试法与显微镜图片观测法的评价结果一致，颜基比 2:1 的色浆样品具有良好的分散性；紫外可见吸收光谱法的测试结果能够反映一定的趋势，但评价方法的确立有待于进一步研究。

关键词：UV；喷墨油墨；分散性；吸收光谱

The Research of methods of valuing the dispersivity of UV-curable inkjet ink

WANG Na, WEI Xian-fu, HUANG Pei-qing, GUO Jing

(Beijing Institute of Graphic Communication, Laboratory of Printing & Packaging Material and Technology Laboratory, 25 Xinghua North Road, Daxing, Beijing, 102600)

Abstract: UV-curable inkjet ink owns high demand on particle size, dispersity and the dispersed stability of the pigments. The performance and imaging quality of the ink were directly influenced by the dispersed state of the pigments. Four kinds UV-curable inkjet inks with different ratios of pigment to pro-polymer were designed and prepared. The dispersed state of the pigment was valued by three kind methods. The results indicate: the results measured by means of Laser particle size analyzer is in accord with the micrographics through the microscope. The UV-curable inkjet ink has better dispersity as the ratio of pigment to pro-polymer in the UV-curable inkjet ink is 2:1. The results obtained by the ultraviolet-visible molecular absorption spectrometry can reflect the trend of the dispersivity. However, more research is needed if the method was developed to estimate the dispersivity.

Keywords: UV; UV-curable inkjet; dispersivity; absorption spectrometry

1. 引言

UV 喷墨油墨由于低 VOC 排放，瞬时干燥，适用于多种承印物，固化前不会干燥从而使得喷头不会被堵塞，且油墨成分稳定，印刷质量高等优点，越来越受到喷墨成像领域的广泛关注，成为最近的研究热点[1]。分散性是油墨的重要性能之一，它不仅影响油墨的着色力和透明度（遮盖力）等光学性质，还对油墨的粘度和油墨喷墨性能有一定的影响[2-3]。评价颜料分散体系颜料粒子分散性的方法有多种，如目测观察法、激光粒度仪测试法、显微镜图像观测法、流变学参数评价法[3-4]

不同的评价方法由于评价手段、评价条件以及观察的角度不同，均存在一定的利弊。目测观察法直接进行肉眼观察，无需特殊仪器，简便易行，但只能通过观察是否出现沉淀、分层液面来定性判断体系的分散稳定性；显微镜图像观测法通过观测显微镜图像，再经对图像的适当处理，一定程度上可以定量评价粒子大小及其分散状态，比较直观；激光粒度仪测



试法利用激光粒度仪直接测量分散粒子的粒径大小和粒度分布,可以直接给出测量数据,是目前使用较多的评价方法,但由于测试过程需要对样品进行稀释,某种程度上改变了分散体系的原始状态。本论文设计了UV喷墨油墨的配方,利用研磨法制备了UV喷墨样品,采用激光粒度仪测试法和显微镜图像分析法,对制备的UV喷墨样品的颜料粒子分散性进行评价,同时探讨了通过测试样品的紫外可见光吸收光谱,根据光谱吸收强度的差异评价颜料粒子分散性的可行性。

2.实验

2.1 原材料

预聚物: 聚酯丙烯酸酯 Viajet100, 比利时 UCB 公司;

单体: 丙烯酸 2-乙氧基乙酯 (EOEOEA)、新戊二醇二丙烯酸酯 (NPGDA) 和三丙烯酸酯 (TMPTA), 天津天骄;

颜料: RT-355-D, Ciba 公司;

分散剂: BYK9077, BYK 公司。

2.2 仪器设备

YM-I 型研磨机 (实验室自制);

UV-2501PC 紫外可见分光光度计 (日本岛津公司);

S3500 激光粒度仪 (美国 Microtrac 公司);

KEYENCE 超景深三维纤维系统 (基恩士公司)。

2.3 样品的制备

根据前期研究结果[5-6], 设计了颜基比分别为 1:1、2:1、3:1 和 4:1 的 UV 喷墨油墨样品配方, 用 YM-I 型研磨机进行研磨, 控制研磨时间均为 24 小时, 制成 UV 喷墨油墨色浆测试样品。表 1 表示了四种颜基比 UV 喷墨油墨样品的配方组成。

表 1 四种 UV 喷墨油墨样品的配方

Fig1. The composition of four kinds of UV-curable inkjet ink samples

3.结果与讨论

3.1 激光粒度仪测试法

激光粒度仪测试法是根据激光通过测试样品时, 由于样品中分散粒子的大小及分散状态引起激光发生散射, 通过检测散射光的强度计算粒子的粒径大小及粒度分布。此方法具有测量精度高、测量速度快、重复性好、可测粒径范围广的特点。图 1 为颜基比 2:1 样品的粒度分布图。从粒度分布图中, 可以得出粒子的粒径大小及其粒度分布。

图 1 颜基比 2: 1 样品的粒度分布图

Fig1. Granularity distributing state of the UV-curable inkjet ink sample with the ratio of pigment to pro-polymer 2:1

利用激光粒度仪测量了四种颜基比的色浆样品, 并统计了各样品的粒度大小和粒径分布, 统计结果如表 2 所示。

表 2 各样品墨的粒度大小和粒径分布

Fig2. The size and Granularity distributing state of the pigments in different UV-curable inkjet ink samples



从表 1 的统计数据可以看出,随着颜基比的增大,颜料粒径呈现先减小后增大的趋势,说明颜基比的变化对色浆的分散性有很大影响,这与体系的黏度和颜料表面的润湿性能有很大关系。一般来说,颜料粒子在体系中的分散经过三个过程[7-8]:(1) 粒子表面的润湿。对于 UV 喷墨油墨体系,润湿过程是预聚物分子在颜料粒子表面吸附过程。因此颜料粒子表面与预聚物之间的亲和性决定着粒子表面能否被润湿。粒子表面的良好的润湿性可以使颜料粒子迅速地与体系中的预聚物相接触,很好地将预聚物分子吸附在表面,有助于粒子的润湿分散。(2) 研磨分散。由于颜料粒子间总是存在范德华力作用,颜料颗粒会相互团聚形成凝聚体,需将其重新分散开,这需要给予一定的剪切力或撞击力。研磨过程实质上就是给体系施加一个剪切作用。(3) 稳定过程。颜料粒子在剪切作用下形成分散状态,但一旦剪切作用停止,颜料粒子将又会重新相互接近而再次凝聚。稳定过程实际上就是采取有效方式,防止颜料粒子的再次聚集。另外,分散连续相的粘度直接影响着颜料粒子的扩散作用,粒子在高粘度体系中扩散速度较慢,反之,扩散速度加快,容易造成粒子的“再凝聚”。对于本研究体系,颜基比越大,预聚物在体系中所占的比例越小,体系的黏度降低。当颜基比为 1:1 时,体系连续相的黏度最大,影响到粒子的扩散润湿,导致粒子不易达到最佳分散状态。从表 2 所示的测试结果看,当颜基比为 2:1 时,体系可以达到对颜料的最佳润湿,经研磨后,颜料粒子分散状态最佳,表现为粒径最小,分布均匀。随着颜基比的增大,至 3:1 和 4:1 时,体系黏度降低,经过研磨分散了的颜料颗粒,在研磨剪切作用停止后,粒子的扩散运动比较剧烈又将使粒子易于聚集。因此,随着颜基比的增大,粒径呈现先减小后增大的趋势。

3.2 显微镜图片观测法

加相等的油墨色浆样品,用丝杠均匀涂布在玻璃载玻片上,制成显微镜观察样品。利用高倍显微镜拍摄放大 500 倍的显微图片,从图片中可以直观判断粒子的分散状态,利用图像处理软件,可以量测粒子的尺寸,并计算出粒度分布。图 2 为颜基比 2:1 和 4:1 两种色浆样品的显微图片。从图片可以直观看出,颜基比 2:1 样品的颜料粒子大小比较均匀,且部分状态良好。通过图像处理,量测 4 种样品 5mm 以下和 7mm 以下粒子的数量,结果如表 3 所示,可以发现,颜基比 2:1 样品无论 5mm 以下还是 7mm 以下的粒子数所占的比例均最大,3:1 样品次之,4:1 样品最差。这一结果与激光粒度仪测试结果完全吻合,说明颜基比为 2:1 时,UV 喷墨油墨色浆体系达到一个最佳的分散状态,且颜料粒子的分散粒径最小。

图 2 颜基比 2:1 (a) 和 4:1 (b) 两种色浆样品的显微图片

Fig2. Micrographics of two kinds of UV-curable inkjet ink samples with the ratio of pigment to pro-polymer 2:1 and 4:1

表 3 四种颜基比色浆样品的粒径分布状态

Fig3. The Granularity distributing state of four kinds of UV-curable inkjet ink samples with the different ratio of pigment to pro-polymer

3.3 紫外可见吸收光谱法的探讨

考虑到光通过一个介质时,介质对光的吸收、散射等作用,当介质状态不同时,有可能导致体系对光的吸收强度发生变化。因此,本论文探讨了利用紫外分光光度计测试 UV 喷墨油墨色浆体系的吸收光谱曲线,通过比较吸收峰强度大小,评价体系中颜料粒子分



散性的可行性。值得注意的是，测试样品的颜料浓度应尽可能保持一致。

图 3 同一样品三次紫外吸收光谱图

Fig3. The ultraviolet-visible molecular absorption spectrometry of the same sample measured by three times

首先对紫外吸收光谱法的可重复性进行了验证。图 3 中的 a, b, c 是对同一样品连续测试三次的测试结果。从测试结果可以看出，同一样品的连续三次测试的紫外光谱曲线基本重合，说明在体系状态一致的情况下，体系对光谱的吸收程度基本一致。换言之，当体系颜料浓度一致、其它成分保持不变时，紫外吸收光谱的变化将反映颜料粒子分散状态的不同。

图 4 所示为四种不同颜基比样品稀释到相同浓度后，测试的紫外光谱吸收曲线。从图中可以看出，油墨色浆样品在可见光区域有 2 个吸收峰，吸收峰波长分别为 530nm 和 570nm，与样品色相互补。颜基比 2: 1 的样品具有最高的吸收峰，即吸光强度最大。通常情况下，油墨体系中颜料粒子越小、分布越均匀，油墨的着色力越强，色饱和度越高。从这个意义上讲，颜基比 2: 1 的样品应具有较小的粒径和相对均匀的分散状态。这一推论与激光粒度仪测试结果和显微图片观测结果相一致。但其它三种颜基比的样品没有表现出相应的差值，而前述两种方法又说明了三者之间应该存在一定的不同。因此，目前还不能只根据这一结果给出绝对结论。紫外可见吸收光谱法的有效性还需进一步研究。

图 4 不同颜基比样品墨紫外吸收光谱图

Fig4. The ultraviolet-visible molecular absorption spectrometry of the UV-curable inkjet ink samples with the different ratio of pigment to pro-polymer

4. 结论

设计了 UV 喷墨油墨配方，制备了四种颜基比的油墨色浆样品，用三种不同方法对色浆样品分散性进行了测试与评价。

1. 测试、分析结果表明，颜基比 2: 1 的色浆样品颜料粒子的分散粒径最小，分散状态最均匀。

2. 激光粒度仪测试法和显微图片观测法的测试结果具有极好的一致性，但紫外可见吸收光谱测试法的可行性还有待进一步探讨与研究。

参考文献

- [1] 陈用烈. 辐射固化材料及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [2] 向阳, 王捷先. 印刷材料及适性[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2000.
- [3] 李荣兴. 油墨(下)[M].北京: 印刷工业出版社, 1986.
- [4]史红梅, 魏杰. UV 喷墨油墨的进展[J]. 信息记录材料, 2005, 2(6): 36-39.
- [5]张婉, 黄蓓青, 魏先福. 单体对 UV 喷墨油墨体系固化速度的影响[J]. 包装工程, 2007(10): 45-47.
- [6]张婉, 黄蓓青, 魏先福. 单体对 UV 喷墨油墨性能的影响[J]. 北京印刷学院学报, 2007, 6(15): 4-6.
- [7]赵雪辉. 丙烯酸酯单体结构对 UV 油墨显色性和流变性的影响[D]. 北京: 北京印刷学院, 2006.
- [8]李媛媛. 溶剂/颜料型彩色数字打样用喷墨油墨的研究[D]. 北京: 北京印刷学



院，2006.

