

P.B.15:3 数码印花用水性涂料墨水的制备与性能研究

王挺, 王丽*, 王颖, 张嘉楠

(宁波大学 材料科学与化学工程学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 采用单一变量法, 研究了 PVP-8000、Solsperser-20000、BYK-190、Tween-20 对酞菁铜 Pigment Blue 15:3 分散体系的离心稳定性、黏度、表面张力、颜料平均粒径的影响, 发现 BYK-190 相较于 Solsperser-20000 更适合在水中分散酞菁铜颜料. 通过正交实验筛选出各项性能较好的 4 种颜料分散体系, 并进行了流变性能的测试, 优化得到综合分散效果最佳的分散体系为: BYK-190、PVP-8000 和 Tween-20 的质量分数分别为 3.5%、6.0% 和 5.0%, 比吸光度为 0.943, 黏度为 6.0 mPa·s, 表面张力为 43.7 mN·m⁻¹, 平均粒径为 194.4 nm.

关键词: 酞菁铜颜料; 稳定性; 数码印花; 水性涂料墨水

中图分类号: TS194.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2020) 02-0113-08

墨水是数码喷墨印花的主要耗材之一^[1], 而涂料墨水适用于各种面料, 具有着色强度高、耐晒、耐气候性能优良、印花工艺简单、污染少、节能减排等优势, 是喷墨印花墨水的发展方向^[2-3]. 为了制备分散稳定、着色力强、耐摩擦的涂料墨水, 颜料和分散剂的选择尤为重要. 酞菁铜颜料 Pigment Blue 15:3(P.B.15:3), 其结构如图 1 所示, 具有高亮度、高色度、较好的耐光和耐气候色牢度以及经济、无毒等优点.

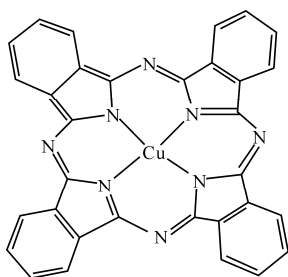


图 1 酞菁铜 Pigment Blue15:3 结构

酞菁铜颜料粒子为非球形结构, 疏水性很强, 必须使用分散剂才能稳定分散于水相中^[4-5]. 结构合适的分散剂不仅可以提高研磨效率, 还可以提高颜色的鲜艳度, 降低分散体系的黏度, 增加其稳定性. 超分散剂含有多锚固段和长的溶剂化段, 在

颜料表面易形成“多点”吸附, 可显著提高颜料分散体系的稳定性. 高分子分散剂通过空间位阻使颜料稳定. 非离子表面活性剂能显著降低水的表面张力, 对有机颜料产生润湿、分散及稳定等作用.

目前, 大部分研究采用一种分散剂对酞菁铜颜料在水中进行分散, 如文献[4,6-7]研究了非离子表面活性剂聚乙二醇硬脂酸酯(Myrij 45)、聚乙二醇辛基苯基醚(Triton X-100)、阴离子表面活性剂十二烷基硫酸钠(SDS)对酞菁铜颜料分散性的影响, 通过吸附研究、粒径分布、Zeta 电位、冻融稳定性等测试表征分散稳定性, 侧重单一分散剂对颜料的分散稳定作用, 未涉及应用于数码印花墨水的性能研究. 杨超等^[8]通过红外光谱、热重分析以及稳定性测试, 研究了非离子表面活性剂 Tween 20/ Span 20 和纤维素酶对酞菁铜颜料的协同分散能力, 也未涉及流变性能和数码印花的应用. 文献[9-10]提供了 P.B.15:3 颜料喷墨打印墨水的配方及其制备方法, 采用聚羧酸型高分子分散剂、水溶性共溶剂和非离子表面活性剂, 使颜料稳定地分散于水性介质中, 制得的墨水具有不堵喷头、防水、色彩亮丽、耐光等特点, 但未指出其分散规律及原理. 目前涂料墨水因稳定性等性能未完全达到实际要求,

收稿日期: 2019-10-22.

宁波大学学报(理工版) 网址: <http://journal.lg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 宁波大学横向科技项目 (HK2015000095).

第一作者: 王挺 (1994-), 女, 浙江台州人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 精细化学品. E-mail: 1013190334@qq.com

*通信作者: 王丽 (1963-), 女, 辽宁沈阳人, 教授, 主要研究方向: 精细化学品. E-mail: wangli1@nbu.edu.cn

尚未广泛应用^[11-12]。

为探究颜料分散规律及其性能,本文在文献[13]基础上,选用高分子分散剂聚乙烯吡咯烷酮 PVP-8000、超分散剂 Solsperse-20000 和 BYK-190、非离子表面活性剂 Tween-20 对酞菁铜蓝色颜料在水性体系中进行分散,测试分散体系的各项性能(离心稳定性、黏度、表面张力、平均粒径、流变性),探究不同分散剂对各项性能的影响,以期制备出分散稳定、粒径小、符合喷墨印花要求的颜料分散体系。

1 实验部分

1.1 试剂和仪器

试剂: Pigment Blue 15:3(简称 P.B.15:3)(Clariant 公司); Tween-20 和聚乙烯吡咯烷酮(PVP-8000)(阿拉丁试剂(上海)有限公司); Solsperse-20000(美国诺誉化工); BYK-190(毕克助剂(上海)有限公司)。

仪器: 低速台式离心机 TDL-4(上海安亭科学仪器厂); 磁力搅拌器 84-1A(上海司乐仪器有限公司); 行星式球磨机 QM-3SP2(南京南大仪器有限公司); 表、界面张力仪 JZHY-180 型(承德金和仪器制造有限公司); 旋转黏度计 NDJ-1 型(上海上天精密仪器有限公司); 紫外可见分光光度计 TU-1950(北京普析通用仪器有限责任公司); 激光粒度分布仪 ZS90(英国 Malvern 公司); 高温旋转流变仪 HR-3(美国 TA 仪器公司)。

1.2 酞菁铜颜料水性分散体系的制备方法

称取一定量的 Tween-20, 加入 10 mL 去离子水, 搅拌均匀得到分散液; 称取一定量的超分散剂溶于 10 mL 去离子水中, 搅拌均匀后转移到上述分散液中, 再搅拌至均匀。向该分散液中分别加入质量分数为 5.0% 的酞菁铜颜料和一定量的 PVP-8000, 搅拌 6 h 后移至球磨罐中, 加入一定量的去离子水, 使分散体系为 50.0 g。将球磨罐放入球磨机中, 以 $300 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 的转速球磨 0.5 h, 制得酞菁铜颜料水性分散体系。

1.3 性能测试

离心稳定性: 取 0.125 g 酞菁铜颜料分散液于 250 mL 容量瓶中, 稀释定容, 在具有最大吸光度波长 638 nm 下测定吸光度为 A_0 ; 在 $2000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 下离心 10 min, 取离心管上层液体 0.125 g, 同上稀

释定容, 测定其吸光度为 A 。比吸光度 a 的计算公式为: $a=A/A_0$ 。

黏度: 采用 NDJ-1 型旋转式黏度计, 测定 25 °C 下酞菁铜颜料分散体系的黏度。

表面张力: 采用 JZHY-180 表、界面张力仪, 测定 25 °C 下酞菁铜颜料分散体系的表面张力。

粒径分布: 将酞菁铜颜料分散体系稀释一定倍数, 采用 ZS90 激光粒度分布仪测定其在 25 °C 下的平均粒径。

流变性: 采用 HR-3 高温旋转流变仪, 测定酞菁铜颜料墨水的流变性。

2 结果与讨论

2.1 PVP-8000 用量对 Solsperse-20000 分散体系性能的影响

当 Tween-20 和 Solsperse-20000 的质量分数分别为 5.00% 和 1.25% 时, PVP-8000 用量对分散体系离心稳定性、表面张力和黏度的影响如图 2 和图 3 所示。

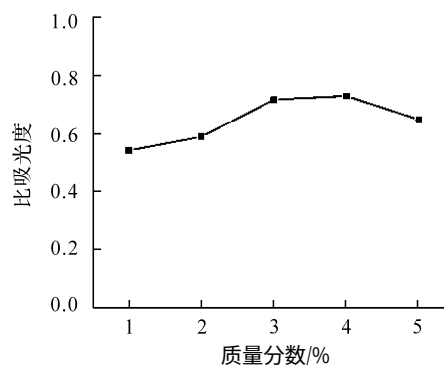


图2 PVP-8000 质量分数对 Solsperse-20000 分散体系离心稳定性的影响

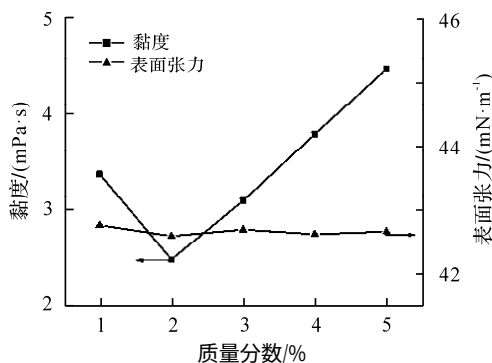


图3 PVP-8000 质量分数对 Solsperse-20000 分散体系黏度和表面张力的影响

由图 2 可知, 当 PVP-8000 质量分数从 1.0% 逐

渐增加到 4.0% 时, 比吸光度逐渐增大; 质量分数为 4.0% 时, 比吸光度最大, 离心稳定性最好; 当质量分数从 4.0% 增加到 5.0% 时, 比吸光度减小。这是由于 PVP-8000 用量较少时, 在颜料颗粒上的吸附未达到饱和, 在颗粒表面以环式和卧式吸附构型较多^[14-15], 分散剂不能有效覆盖颜料颗粒表面, 在颜料表面形成的空间位阻较小, 颜料在热运动和布朗运动作用下, 易发生团聚, 稳定性较差。当 PVP-8000 用量为 4.0% 时, 在颜料表面达到稳定的饱和吸附状态, 吸附层立体屏蔽效果最佳, 颜料分散体系的稳定性最好。当 PVP-8000 用量大于 4.0% 时, 液相中的分散剂过多, 较长的分子链之间缠绕, 易造成聚沉; 还可能使分散剂反吸附在饱和吸附状态的颜料颗粒表面, 使颗粒表面的极性降低, 从而降低颗粒与溶剂水的亲和性, 也会使颜料颗粒沉降。

由图 3 可知, 随着 PVP-8000 用量的增加, 颜料分散体系的黏度先减小后增大。当 PVP-8000 用量过少时, 颜料颗粒间易团聚, 颗粒间相对阻力较大, 因而分散体系的黏度较高。当 PVP-8000 用量逐步增加时, 团聚的颜料颗粒逐渐变小, 离散成较小的颗粒, 颗粒间相对运动阻力减小, 颜料分散体系的黏度减小。当 PVP-8000 质量分数为 2.0% 时, 黏度较小。当 PVP-8000 质量分数大于 2.0% 时, 由于 PVP-8000 带来的悬浮液内介质间的作用力增大, 导致分散体系的黏度增加, 体系的黏度为 2~5 mPa·s, 符合数码印花涂料墨水的黏度要求^[16]。而分散体系的表面张力随着 PVP-8000 用量的增加变化较小(42~43 mN·m⁻¹), 这是由于高分子表面活性剂 PVP-8000 降低表面张力的能力较弱。

综上所述, 当 PVP-8000 的质量分数为 4% 时, 颜料分散体系的离心稳定性、黏度和表面张力 3 项性能较好。

2.2 不同超分散剂对分散体系性能的影响

当 Tween-20 和 PVP-8000 的质量分数分别为 5.0% 和 4.0% 时, 超分散剂 Solsperser-20000 和 BYK-190 的质量分数对颜料分散体系离心稳定性、黏度和表面张力的影响如图 4 和图 5 所示。

由图 4 可知, 当 Solsperser-20000 或 BYK-190 质量分数为 3.5% 时, 比吸光度最大, 即分散体系的离心稳定性最佳。相同质量分数下, BYK-190 分

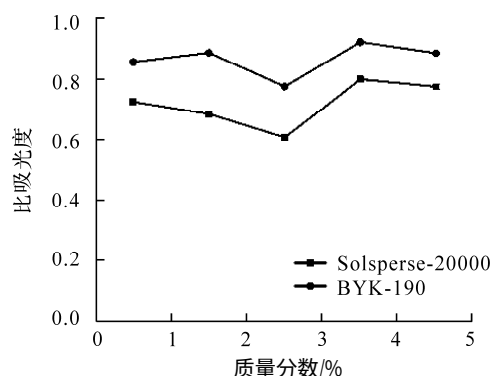


图4 超分散剂质量分数对分散体系离心稳定性的影响

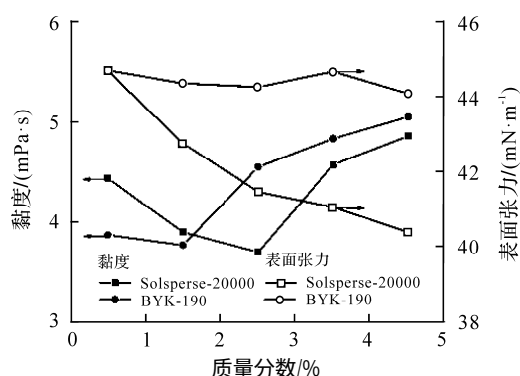


图5 超分散剂质量分数对分散体系黏度和表面张力的影响

散体系的比吸光度比 Solsperser-20000 的高。

由图 5 可知, 随着超分散剂用量的增加, 分散体系的黏度先减小后增大, 超分散剂对分散体系黏度的影响规律与 PVP-8000 类似。分散体系的表面张力随 Solsperser-20000 质量分数的增加明显下降, 这是由于 Solsperser-20000 具有显著的表面活性。而随着 BYK-190 用量的增加, 分散体系的表面张力略微降低。

综上所述, BYK-190 比 Solsperser-20000 更适合分散酞菁铜颜料, 当 BYK-190 的质量分数为 3.5% 时, 分散体系的综合性能较好。

2.3 表面活性剂对分散体系性能的影响

当 BYK-190 和 PVP-8000 的质量分数分别为 3.5% 和 4.0% 时, 表面活性剂 Tween-20 的用量对分散体系离心稳定性、黏度和表面张力的影响如图 6 和图 7 所示。

由图 6 可知, 随着 Tween-20 用量的增加, 分散体系的比吸光度呈现先增加再减小的趋势。当其质量分数为 5.0% 时, 比吸光度最大, 说明此时颜料分散体系的离心稳定性最好。这是由于小分子

表面活性剂 Tween-20 的疏水基向内吸附在颜料颗粒表面, 亲水基向外伸向水中, 增加了颜料颗粒表面的极性, 从而显著提高了分散体系的稳定性^[17].

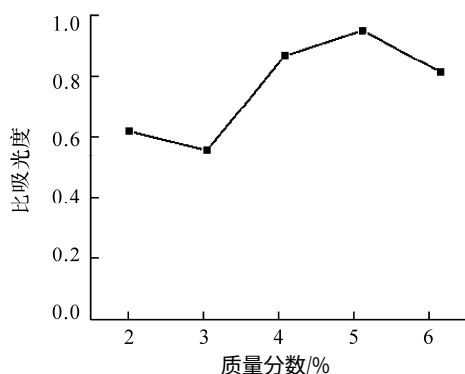


图6 Tween-20 质量分数对分散体系离心稳定性的影响

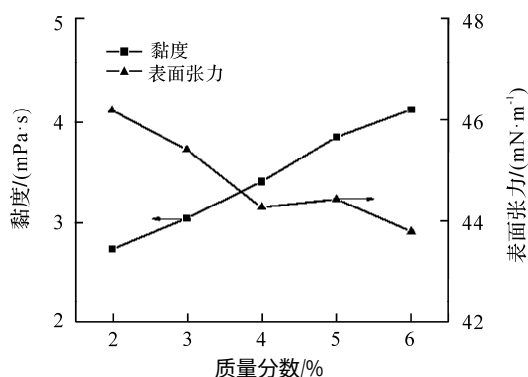


图7 Tween-20 质量分数对分散体系黏度和表面张力的影响

由图7可知, 随着 Tween-20 用量的增加, 分散体系的黏度增加, 表面张力显著降低. 这是由于 Tween-20 的疏水基吸附在颜料粒子表面, 亲水基伸向水中, 增加了颗粒表面的极性, 导致介质中颗粒间、颗粒与介质间的作用力增大, 从而导致分散体系的黏度增加. 另外, 由于 Tween-20 是典型的具有疏水、亲水端的小分子表面活性剂, 能够显著减低表面张力^[18].

综上所述, 当 Tween-20 的质量分数为 5.0% 时, 分散体系的黏度较低, 离心稳定性最好, 表面张力适宜, 综合性能较好.

2.4 PVP-8000 用量对 BYK-190 分散体系性能的影响

在 2.2 节中, 相同质量分数下 BYK-190 分散体系的比吸光度比 Solsperser-20000 高, 且当 BYK-190 的质量分数为 3.5% 时, 分散体系的综合性能较好. 因此, 为了制备分散稳定性更好、综合性能更佳的

分散体系, 在 BYK-190 分散体系中, 当 Tween-20 和 BYK-190 的质量分数分别为 5.0% 和 3.5% 时, 研究 PVP-8000 用量对分散体系离心稳定性、表面张力和黏度的影响, 结果如图 8 和图 9 所示.

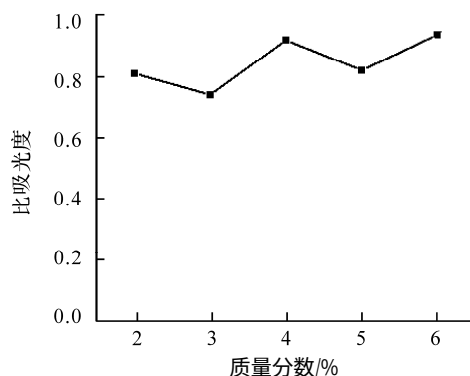


图8 PVP-8000 质量分数对 BYK-190 分散体系离心稳定性的影响

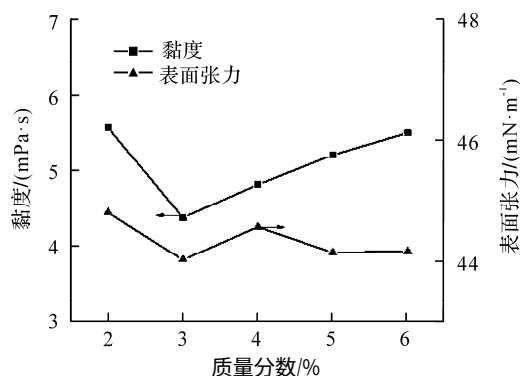


图9 PVP-8000 质量分数对 BYK-190 分散体系黏度和表面张力的影响

由图8可知, 当 PVP-8000 质量分数从 2.0% 逐渐增加到 6.0% 时, 比吸光度呈现增加趋势, 当 PVP-8000 用量为 6.0% 时, 比吸光度最大, 离心稳定性最佳. 由图9可知, 随着 PVP-8000 用量的增加, 颜料分散体系的黏度先减小后增大, 表面张力变化不大, 具体机理同 2.1 节所述.

综上所述, PVP-8000 的质量分数为 6.0% 时, BYK-190 分散体系的离心稳定性、黏度和表面张力 3 项性能较好.

2.5 正交实验结果分析

由上述单因素实验结果可知, 当 PVP-8000、BYK-190、Tween-20 的质量分数分别为 6.0%、3.5%、5.0% 时, 分散体系的综合性能较好. 超分散剂、高分子分散剂和表面活性剂是影响颜料分散体系性能的主要因素. 根据单因素实验结果设计了 3

因素 3 水平 $L_9(3^3)$ 的正交试验(表 1 和表 2), 考察 3 个因素对颜料分散体系性能(离心稳定性、黏度、表面张力、平均粒径)的影响, 结果见表 3~6.

表 1 正交实验因素及水平			
水平	A: BYK-190/%	B: PVP-8000/%	C: Tween-20/%
1	2.5	4	4
2	3.5	5	5
3	4.5	6	6

表 2 正交实验				
样品	因素			样品名
	A	B	C	
1	1	1	1	$A_1B_1C_1$
2	1	2	2	$A_1B_2C_2$
3	1	3	3	$A_1B_3C_3$
4	2	1	2	$A_2B_1C_2$
5	2	2	3	$A_2B_2C_3$
6	2	3	1	$A_2B_3C_1$
7	3	1	3	$A_3B_1C_3$
8	3	2	1	$A_3B_2C_1$
9	3	3	2	$A_3B_3C_2$

表 3 正交实验离心稳定性结果				
样品及参数	因素			比吸光度
	A	B	C	
1	1	1	1	0.888
2	1	2	2	0.767
3	1	3	3	0.896
4	2	1	2	0.881
5	2	2	3	0.808
6	2	3	1	0.876
7	3	1	3	0.824
8	3	2	1	0.796
9	3	3	2	0.915
k_1	0.850	0.864	0.853	
k_2	0.855	0.790	0.854	
k_3	0.845	0.896	0.843	
极差 R	0.01	0.106	0.011	
主次顺序	$B>C>A$			
优水平	A_2	B_3	C_2	值越大越好
优组合	$A_2B_3C_2$			

表 4 正交实验黏度结果				
样品及参数	因素			黏度/($\text{mPa}\cdot\text{s}$)
	A	B	C	
1	1	1	1	4.8
2	1	2	2	4.6
3	1	3	3	6.2
4	2	1	2	4.6
5	2	2	3	5.5
6	2	3	1	4.8
7	3	1	3	5.2
8	3	2	1	4.7
9	3	3	2	5.9
k_1	5.2	4.9	4.8	
k_2	5.0	4.9	5.0	
k_3	5.3	5.6	5.6	
极差 R	0.3	0.7	0.8	
主次顺序	$C>B>A$			值越小越好
优水平	A_2	B_1	C_1	
优组合	$A_2B_1C_1$			

表 5 正交实验表面张力结果				
样品及参数	因素			表面张力/ ($\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$)
	A	B	C	
1	1	1	1	45.8
2	1	2	2	44.7
3	1	3	3	44.4
4	2	1	2	45.4
5	2	2	3	44.3
6	2	3	1	44.6
7	3	1	3	44.3
8	3	2	1	44.1
9	3	3	2	44.1
k_1	45.0	45.2	44.8	
k_2	44.8	44.8	44.7	
k_3	44.2	44.4	44.3	
极差 R	0.8	0.8	0.5	
主次顺序	$A=B>C$			
优水平	A_3	B_3	C_3	值越小越好
优组合	$A_3B_3C_3$			

表6 正交实验平均粒径结果

样品及参数	因素			平均粒径/nm
	A	B	C	
1	1	1	1	191.4
2	1	2	2	191.2
3	1	3	3	197.4
4	2	1	2	193.7
5	2	2	3	196.0
6	2	3	1	191.8
7	3	1	3	198.4
8	3	2	1	192.9
9	3	3	2	196.2
k_1	193.4	194.5	192.0	
k_2	193.8	193.4	193.7	
k_3	195.8	195.1	197.3	
极差 R	2.4	1.7	5.3	
主次顺序	$C>A>B$			
优水平	A_1	B_2	C_1	值越小越好
优组合	$A_1B_2C_1$			

注: 黏度、表面张力、平均粒径分别在 2~10 mPa·s、40~60 mN·m⁻¹、小于 1 μm 范围内。

通过正交实验, 根据 4 项性能(比吸光度、黏度、表面张力、平均粒径)筛选出颜料分散体系的最优组合为: $A_2B_3C_2$ 、 $A_2B_1C_1$ 、 $A_3B_3C_3$ 、 $A_1B_2C_1$ 。

2.6 最优组合分散体系的各项性能

制备最优组合 $A_2B_3C_2$ 、 $A_2B_1C_1$ 、 $A_3B_3C_3$ 、 $A_1B_2C_1$ 的颜料分散体系, 并测定其比吸光度、黏度、表面张力和平均粒径, 结果见表 7。

表7 分散体系的各项性能

样品名	比吸光度	黏度/(mPa·s)	表面张力/(mN·m ⁻¹)	平均粒径/nm
$A_2B_3C_2$	0.943	6.0	43.7	194.4
$A_2B_1C_1$	0.898	4.3	44.5	193.6
$A_3B_3C_3$	0.922	6.5	42.9	197.5
$A_1B_2C_1$	0.877	4.4	44.8	190.3

由表 7 可知: $A_2B_3C_2$ 的比吸光度最高, 说明其离心稳定性最好; $A_2B_1C_1$ 的黏度最小; $A_3B_3C_3$ 的表面张力最小; $A_1B_2C_1$ 的平均粒径最小。该结果与正交实验结果完全相符。样品 $A_2B_3C_2$ 的各项性能都达到了喷墨印花墨水的相关要求(黏度: 2~10 mPa·s; 表面张力: 40~60 mN·m⁻¹; 粒径<1 μm)^[18], 该分散

体系综合性能最佳。

对上述正交实验得到的 4 个颜料分散体系进行了流变性能测试, 结果如图 10 和图 11 所示。

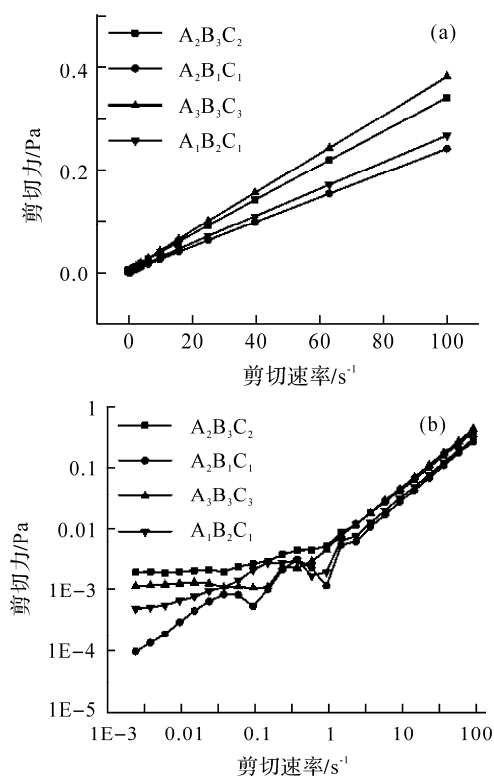


图10 分散体系剪切应力的流变曲线(a)和局部放大(b)

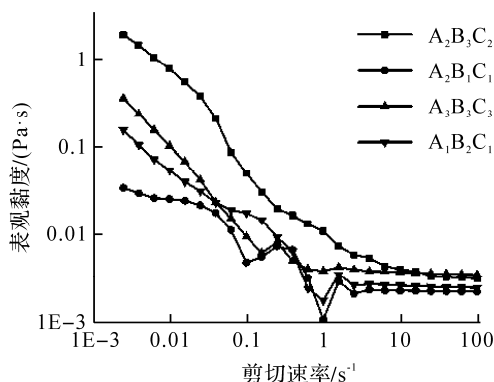


图11 分散体系黏度的流变曲线

采用 Herschel-Bulkley(H-B)^[15,19]方程对图 10 中的剪切应力 τ 与剪切速率 $\dot{\gamma}$ 的关系曲线进行拟合, 拟合方程为: $\tau = \tau_y + K\dot{\gamma}^n$, 其中 τ_y 为屈服应力; K 为稠度系数; n 为流动特性指数。拟合结果见表 8。

由表 8 知, 相关系数 R^2 趋近于 1, 说明颜料分散体系的流变特性能够很好地用 H-B 方程进行拟合。4 个分散体系的流动指数 n 均小于 1, 说明其均

具有假塑性. 稠度系数 K 越大, 说明颜料分散体系的黏度越大. 据 Stoke 公式: $V=2d^2(\rho-\rho_0)g/9\eta^{[20-21]}$, 其中 d 为颗粒直径; $\rho-\rho_0$ 为颗粒与流体密度差; g 为重力加速度; η 为黏度. 沉降速率 V 与黏度成反比, 即黏度越大, 沉降速率越小, 分散体系越稳定. 屈服应力 τ_y 大, 说明分散体系稳定, 屈服应力 τ_y 和 K 综合影响分散体系的稳定性. 由此可知, $A_2B_3C_2$ 颜料分散体系的稳定性最佳, 该结论与正交实验结果一致.

表8 分散体系 H-B 模型参数

样品名	方程	R^2
$A_2B_3C_2$	$\tau=0.001810+0.00377\gamma^{0.9673}$	0.999 7
$A_2B_1C_1$	$\tau=0.000455+0.00236\gamma^{0.9982}$	0.999 9
$A_3B_3C_3$	$\tau=0.000840+0.00377\gamma^{0.9834}$	1.000 0
$A_1B_2C_1$	$\tau=0.000851+0.00274\gamma^{0.9871}$	0.999 9

由图 11 知, 随着剪切速率的增加, 分散体系的黏度逐渐变小后趋于稳定, 表现出剪切变稀的行为, 这表明该分散体系是假塑性流体. 黏度随剪切速率增加而减小, 这是由于分散体系是网状结构, 当其受到剪切作用后, 网状结构被剪切力破坏, 使得颜料粒子以较小的网状结构或粒子态分散于体系中, 分散体系黏度下降^[22-23]. 当剪切速率为 $0.1\sim 10\text{ s}^{-1}$ 时, $A_2B_1C_1$ 、 $A_1B_2C_1$ 和 $A_3B_3C_3$ 这 3 个分散体系的黏度和剪切应力均有小幅波动(图 10 和图 11), 说明这 3 个分散体系的稳定性相对较差, 而 $A_2B_3C_2$ 分散体系的流变曲线较稳定, 说明其分散体系的稳定性较好, 这些现象与正交实验和表 8 的结论一致.

综上所述, $A_2B_3C_2$ 体系分散最均匀, 离心稳定性最好, 表面张力为 $43.7\text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$, 黏度为 $6.0\text{ mPa}\cdot\text{s}$, 平均粒径为 194.4 nm , 各项性能都达到了喷墨印花墨水的相关要求^[18], 综合分散效果最佳.

3 结论

采用单一变量法探究了分散剂对颜料分散体系性能的影响, 发现当酞菁铜颜料质量分数为 5.0% 时, PVP-8000、BYK-190 和 Tween-20 的最佳质量分数分别为 6.0%、3.5% 和 5.0%, 此时分散体系的黏度较低, 离心稳定性较好, 表面张力适宜, 综合性能较好.

通过正交实验发现, 当酞菁铜颜料质量分数

为 5.0%, BYK-190、PVP-8000 和 Tween-20 质量分数分别为 3.5%、6.0% 和 5.0% 时, 离心稳定性最佳, 表面张力为 $43.7\text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$, 黏度为 $6.0\text{ mPa}\cdot\text{s}$, 平均粒径为 194.4 nm , 综合分散效果最佳, 该分散体系是假塑性流体, 具有剪切变稀性能.

参考文献:

- [1] Guan Y, Tawiah B, Zhang L P, et al. Preparation of UV-cured pigment/latex dispersion for textile inkjet printing[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2014, 462:90-98.
- [2] Fu S H, Fang K J, Zhang X, et al. Preparation of waterborne nanoscale pigment dispersions for formulation of ink jet inks[J]. Journal of Imaging Science and Technology, 2008, 52(5):050501-1-4.
- [3] Hakeim O A, Arafa A A, Zahran M K, et al. Characterisation and application of pigmented UV-curable inkjet inks[J]. Pigment & Resin Technology, 2018, 47(2):164-172.
- [4] Dong J N, Chen S, Corti D S, et al. Effect of Triton X-100 on the stability of aqueous dispersions of copper phthalocyanine pigment nanoparticles[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2011, 362(1):33-41.
- [5] 付少海, 关玉, 吴敏, 等. 纺织品喷墨印花墨水的研究进展[J]. 纺织导报, 2012(4):34-37.
- [6] Dong J N, Corti D S, Franses E I, et al. Adsorption of Myrj 45 on copper phthalocyanine pigment nanoparticles and effect on their dispersion stability in aqueous solution[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2011, 390(1/2/3):74-85.
- [7] Zelina J P, Njue C K, Rusling J F, et al. Influence of surfactant-based microheterogeneous fluids on aggregation of copper phthalocyanine tetrasulfonate[J]. Journal of Porphyrins and Phthalocyanines, 1999, 3(3): 188-195.
- [8] 杨超, 王蕊, 蔡玉青, 等. Tween 20/Span 20 和纤维素酶协同分散酞菁铜颜料[J]. 印染助剂, 2018, 35(4):35-41.
- [9] 房宽峻, 王潮霞, 张霞. 一种纳米颜料喷墨打印墨水及其制备方法: CN1687258A[P]. 2005-10-26.
- [10] Sano T, Takemoto K, Watanabe K. Processes for producing pigment dispersion and ink composition: US20030374516[P]. 2004-11-16.
- [11] Agbo C, Jakpa W, Sarkodie B, et al. A review on the mechanism of pigment dispersion[J]. Journal of Dispersion Science and Technology, 2018, 39(6):874-889.

- [12] Zelina J P, Rusling J F. Molecular orientation in self-assembled films of copper phthalocyanine tetrasulfonate and a cationic surfactant[J]. *Microporous Materials*, 1995, 5(4):203-210.
- [13] 于辉, 王丽, 林施, 等. P.V.19 数码印花用水性涂料墨水[J]. *印染*, 2017, 43(21):30-35.
- [14] 郝龙云. 分散剂对超细有机颜料水性分散体系稳定性的影响[D]. 青岛: 青岛大学, 2003.
- [15] Zhou Y, Yu D, Wang C L, et al. Effect of ammonium salt of styrene-maleate copolymer on the rheology of quinacridone red pigment dispersion[J]. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 2004, 25(2):209-215.
- [16] 梅林. 水性聚合型分散剂对有机颜料分散性能的研究[D]. 上海: 复旦大学, 2010.
- [17] 徐燕莉. 非离子表面活性剂在颜料表面处理中的应用[J]. *北京化工大学学报(自然科学版)*, 1998, 25(3):77-82.
- [18] 许增慧, 沈莉萍, 李翠萍, 等. 数码喷墨印花墨水的研究现状与发展趋势[J]. *印染助剂*, 2013, 30(1):1-4.
- [19] 钱纪军, 陈爱平, 刘众鑫, 等. 炭黑中性笔墨水书写性能的流变学表征[J]. *精细化工*, 2009, 26(5):506-508; 520.
- [20] Tadros T. Application of rheology for assessment and prediction of the long-term physical stability of emulsions[J]. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2004, 108:227-258.
- [21] 李月月, 刘守军, 吴瑞娟, 等. 借助流变曲线优化中性墨水配方[J]. *精细化工*, 2014, 31(9):1140-1144; 1172.
- [22] Haramagatti C R, Dhande P, Bhavsar R, et al. Role of surfactants on stability of iron oxide yellow pigment dispersions[J]. *Progress in Organic Coatings*, 2018, 120: 260-265.
- [23] Sis H, Birinci M. Wetting and rheological characteristics of hydrophobic organic pigments in water in the presence of non-ionic surfactants[J]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2014, 455: 58-66.

Preparation and properties of P.B.15:3 water-based pigment ink for digital printing

WANG Ting, WANG Li*, WANG Ying, ZHANG Jianan

(School of Materials Science and Chemical Engineering, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The effects of PVP-8000, Solsperser-20000, BYK-190, and Tween-20 on centrifugal stability, viscosity, surface tension and average particle size of Pigment Blue 15:3 dispersions are investigated by single factor experiment. The results suggest that BYK-190 is more suitable for dispersing the copper phthalocyanine pigment than Solsperser-20000 in water-based system. Four dispersions with good properties are selected by conducting the orthogonal experiment, in which their rheological properties are tested. In the optimized dispersion system, BYK-190, PVP-8000 and Tween-20 are found to have the mass fraction of 3.5%, 6.0% and 5.0%, respectively. The absorbance ratio is 0.943; the surface tension reads $43.7 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$; the viscosity reveals being $6.0 \text{ mPa}\cdot\text{s}$; and the average particle size reaches 194.4 nm .

Key words: copper phthalocyanine pigment; stability; digital printing; water-based pigment ink

(责任编辑 史小丽)