

水性银墨基墨的粒径影响因素研究

彭辰晨¹, 邢洁芳¹, 刘玉娇¹, 季韩森¹, 闫继芳¹, 魏先福², 黄蓓青²
(1.南京林业大学, 南京 210037; 2.北京印刷学院, 北京 102600)

摘要: **目的** 研究铝银浆的种类、研磨树脂的对应颜基比及分散剂配比对水性银墨基墨粒径的影响。**方法** 以铝银浆为油墨颜料, 与研磨树脂、分散剂、去离子水及助剂均匀混合搅拌, 制备成水性银墨基墨, 通过激光粒度仪测试基墨粒径。**结果** 使用 DZR05 号铝银浆, AZR 研磨树脂, 颜基比(质量比)为 2:3, 760 与 3200 分散剂的质量比为 2:3, 分散剂的质量分数为 5% 时, 制备的水性银墨基墨粒径最小。**结论** 性能良好的铝银浆, 合适的研磨树脂及对应颜基比, 适宜的分散剂配比及质量分数, 有利于降低水性银墨基墨的粒径。

关键词: 水性银墨基墨; 粒径; 分散稳定性; 单纯形重心试验法

中图分类号: TS802.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)11-0145-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.11.021

Influencing Factors of Particle Size of Water-based Silver Ink Paste

PENG Chen-chen¹, XING Jie-fang¹, LIU Yu-jiao¹, JI HAN-sen¹, YAN Ji-fang¹,
WEI Xian-fu², HUANG Bei-qing²

(1.Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;

2.Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effects of the types of aluminum silver paste, the corresponding binder ratio of grinding resin, dispersant ratio and mass fraction of dispersants on the particle size of water-based silver ink paste. The water-based silver ink paste was prepared by mixing aluminum silver paste with grinding resin, dispersant, deionized water and auxiliary agent. The particle size of the ink paste was tested by laser particle size analyzer. The particle size of water-based silver ink paste prepared with DZR05 aluminum silver paste and AZR grinding resin was the smallest when the binder ratio was 2:3, the ratio of 760 dispersant to 3200 dispersant was 2:3 and the mass fraction of dispersant was 5%. The particle size of water-based silver ink paste can be reduced by aluminum silver paste with good properties, suitable grinding resin and its corresponding binder ratio, suitable dispersant ratio and mass fraction.

KEY WORDS: water-based silver ink paste; particle size; dispersion stability; simple barycenter method

水性银浆油墨指用细小的铝薄片代替传统油墨中的颜料或染料制备而成,是一种具有特殊金属闪亮效果的油墨^[1]。水性银墨具有金属光泽,能起到提升产品外观,提高防腐性和延长使用寿命的作用,主要应用在工业涂料、汽车涂料、印刷油墨以及塑料加工

等领域^[2-3]。水性银墨属于有机颜料的一种,有机颜料的分散一直是研发与生产过程中的一项难题^[4-5]。水性银墨中颜料的分散性对其光学性能和流变性能均具有直接影响,良好而稳定的分散性是其生产的必要前提^[6],同时也在一定程度上决定着印刷品的实地密度

收稿日期: 2019-04-24

基金项目: 江苏省产学研前瞻性联合研究项目(BY2016006-01)

作者简介: 彭辰晨(1993—),女,南京林业大学硕士生,主攻印刷油墨、印刷材料。

通信作者: 邢洁芳(1964—),女,博士,南京林业大学副教授,主要研究方向为印刷材料及设备。

及光泽度等性能。研究表明,当油墨体系中颜料粒子的粒径较小、粒径分布较集中时,油墨的分散性较好。

由于水性银墨中含有铝银浆、树脂、去离子水及多种助剂,且制备方法和生产工艺不同,影响其分散性的因素较为复杂。水性银墨分散性影响较大的因素主要有铝银浆的特性、合适的颜基比以及是否使用分散剂等,因此文中制备水性银墨基墨,通过测试基墨粒径,探究铝银浆的种类、研磨树脂的对应颜基比、分散剂配比和质量分数对水性银墨基墨分散性的影响。

1 实验

1.1 仪器与试剂

主要仪器:电子天平,CP153型,奥豪斯仪器(常州)有限公司;磁力搅拌机,HZ85-2型,北京中兴伟业仪器有限公司;激光粒度仪,S3500型,美国Microtrac公司。

主要试剂:PS9100型铝银浆、806型铝银浆,东莞市唯芝美颜料有限公司;103型铝银浆,香港禾生(国际)有限公司;5[#]铝银浆,苏州曼特博合金材料有限公司;5[#]、105[#]铝银浆,大自然铝业有限公司;9008型铝银浆,章丘银箭金属颜料有限公司;AZR、BT20研磨树脂,天津阿托兹精细化工有限公司;3AH树脂,广东彤德新材料有限公司;750型、760型分散剂,德国Degussa公司;3139型、3200型分散剂,广东摩能化工;810型消泡剂;去离子水,自制。

1.2 基墨的制备及分散性表征

基墨也叫色浆,水性油墨基墨的制备是将去离子

水、分散剂、消泡剂、研磨树脂和颜料按配方量依次加入,在高速搅拌机上搅拌30 min,再使用高速研磨机分散设备,通过添加氧化锆珠,研磨基墨2 h,达到分散颜料初级粒子的目的^[7]。水性银墨中所使用的颜料主要是水性铝银浆,为了阻止铝银浆因性质活泼与水发生反应,通常铝银浆表面会有一层包覆层^[8],同时为了避免破坏包覆层,制备水性银墨基墨时只需要将水性铝银浆与研磨树脂、分散剂、助剂、去离子水等混合均匀搅拌,不需要研磨。研究水性银墨的分散稳定性,主要针对基墨中铝银浆粒子的分散稳定性。

颜料颗粒在油墨体系中研磨分散的难易程度称为油墨的分散性,一般采用包覆之后的铝银浆粒子直径大小的分布状况来表示,通常以比例不低于95%的铝银浆粒子能够达到某直径大小来表示油墨的颜料颗粒粒径^[9]。其粒径值越小,分布越窄,则表示油墨颜料的分散性越好。

2 结果与讨论

2.1 铝银浆种类对分散稳定性的影响

在查阅大量文献的基础上,结合市场使用情况,选择了7种使用较为广泛的水性铝银浆,具体参数见表1,编号为1—7,与研磨树脂、分散剂、助剂、去离子水等按照一定比例在磁力搅拌机上充分搅拌混合,制备成水性银墨基墨。使用激光粒度仪测试基墨粒径,随后将基墨密封保存,间隔一段时间再次测量基墨粒径,每次测量前使用磁力搅拌机充分搅匀基墨。7种基墨粒径的具体数值见表2。

表1 铝银浆基本参数
Tab.1 Basic parameters of aluminum silver paste

编号	型号	厂家	粒径/ μm	固含量/%
1	PS9100	东莞市唯芝美颜料有限公司	3	60
2	806	东莞市唯芝美颜料有限公司	6~10	60
3	103	香港禾生(国际)有限公司	3	70
4	5 [#]	苏州曼特博合金材料有限公司	5	62
5	5 [#]	大自然铝业有限公司	5	70
6	105 [#]	大自然铝业有限公司	5	60
7	9008	章丘市银箭金属颜料有限公司	7	56

表2 7种铝银浆粒径1个月具体数值
Tab.2 Particle sizes of seven kinds of aluminum silver pastes for 1 month

编号	第1天	第2天	第3天	第4天	第5天	第6天	第7天	第15天	第30天
1	27.27	27.03	27.60	27.41	28.01	27.22	28.04	27.44	26.95
2	40.86	43.86	39.14	36.15	34.58	32.91	38.80	32.09	36.88
3	30.98	27.71	27.87	30.89	27.24	29.61	27.59	26.94	29.49
4	26.96	24.26	23.09	24.73	24.50	24.64	24.29	25.87	27.56
5	23.50	23.74	22.90	23.98	23.28	23.40	23.88	23.55	24.32
6	26.20	24.42	23.93	26.14	24.43	23.48	25.67	24.34	25.04
7	36.71	37.08	37.55	42.89	38.47	42.86	32.55	44.00	39.87

为了更直观地分析 7 种铝银浆制备的基墨粒径在 1 个月内的变化规律,将表 2 中的数据制成粒径随时间变化的折线图,见图 1。

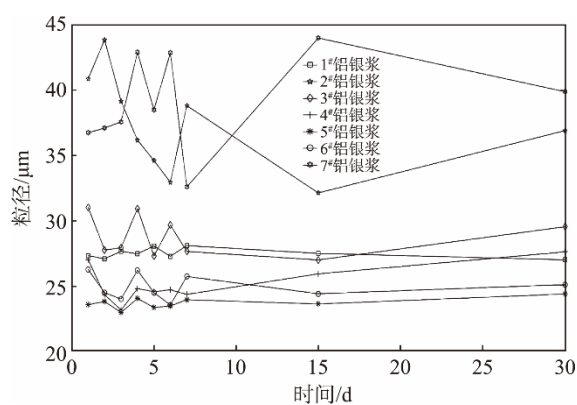


图 1 粒径随时间的变化折线

Fig.1 Line chart of particle size changing with time

由图 1 分析可知,随着时间的增加,7 种铝银浆制备的水性银墨基墨的粒径都会出现不同程度的变化。

2[#]铝银浆与 7[#]铝银浆制备成的基墨分散性最差。2[#]铝银浆的初始粒径为 6~10 μm,初始粒径较大,制备成的水性银墨基墨粒径也较大,由 1 个月粒径测试数据得到 2[#]铝银浆制备的银墨基墨平均粒径达到 37 μm,根据折线图变化趋势也可以看出,2[#]铝银浆对应的基墨粒径在 1 个月内变化非常不稳定,稳定性很差;7[#]铝银浆的初始粒径为 7 μm,制备成的水性银墨基墨平均粒径达到 39 μm,粒径非常大,1 个月粒径变化趋势也非常不稳定。分析可知,这 2 种铝银浆虽然初始粒径较大,由于生产工艺的不同,这 2 种铝银浆的性能较差,不能均匀地分散在树脂中,分散稳定性较差。

1[#]铝银浆与 3[#]铝银浆制备成的基墨分散性一般。1[#]铝银浆的初始粒径为 3 μm,制备成的水性银墨基墨平均粒径为 27 μm,由折线图趋势可以看出,1[#]铝银浆对应基墨的粒径分布较为平缓。3[#]铝银浆的初始粒径是 3 μm,制备成的水性银墨基墨平均粒径为 29 μm,粒径在 1 周左右变化幅度较大,但在第 15 天及第 30 天时间测试的数据显示,此时粒径变化幅度较为平缓。分析可知,这 2 种铝银浆的初始粒径最小,但由于初始粒径是用平均粒径表示的,加之生产工艺的不同,仍然有较大的颗粒,性能一般,分散效果一般。

4[#]铝银浆、5[#]铝银浆与 6[#]铝银浆制备的基墨分散性最好。4[#]铝银浆的初始粒径为 5 μm,制备成的水性银墨基墨平均粒径为 25 μm,前 7 d 粒径变化幅度不大,但在 7 d 之后粒径出现了增大,表明铝银浆粒子出现了团聚现象,分散性变差。5[#]铝银浆的初始粒径为 5 μm,制备成的水性银墨基墨平均粒径为 24

μm,由图 1 可知,5[#]铝银浆制备的基墨粒径变化幅度非常小,铝银浆粒子能在树脂中保持非常稳定的状态。6[#]铝银浆的初始粒径为 5 μm,制备成的水性银墨基墨平均粒径为 25 μm,由图 1 分析可知,前 7 d 粒径变化幅度较大,但经过一段时间的相溶与团聚后,能保持较为稳定的状态,且团聚作用不大,分散稳定性比较好。

由图 1 可以得出,5[#]铝银浆制备的基墨粒径最小,变化幅度最小,性能最好,因此选择 5[#]铝银浆作为水性银墨的颜料。

2.2 研磨树脂及对应颜基比对分散稳定性的影响

研磨树脂一般运用在需要研磨的颜料中,在研磨过程中,加入研磨树脂,既能有效分散颜料,又能保护颜料。在水性银墨的制备过程中,由于铝颜料颗粒外表有 1 层包覆物,研磨会破坏包覆层,因此不需要研磨。考虑到铝颜料颗粒较大,在制备过程中极易发生沉淀,所以试验过程中加入研磨树脂来提高铝颜料的分散稳定性,减缓水性银墨中铝银浆颗粒的沉降^[10-11]。

探究研磨树脂及对应颜基比对水性银墨分散稳定性的影响,选择了实验室常用的 3 种研磨树脂,分别为 AZR 树脂、BT20 树脂和 3AH 树脂。每种研磨树脂对应 5 组颜基比,与水性铝银浆、分散剂、助剂、去离子水等充分混合搅拌,制备成 15 组水性银墨基墨,使用激光粒度仪测试这 15 组基墨的粒径,粒径具体数值见表 3。

表 3 不同研磨树脂不同颜基比下粒径数值
Tab.3 Particle size of different grinding resin with different binder ratio μm

树脂	颜基比(质量比)				
	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5
AZR	28.90	24.95	21.93	24.55	25.94
BT20	27.22	24.29	24.32	27.81	25.04
3AH0519W	23.29	25.20	24.18	23.16	23.78

分析表 3 中数据可知,这 3 种研磨树脂对于 5[#]水性铝银浆都有较好的分散作用。其中 AZR 研磨树脂在颜基比(质量比)为 2 1 时制备的水性银墨基墨粒径最大,为 28.90 μm;AZR 研磨树脂在颜基比为 2 3 时制备的水性银墨基墨粒径最小,为 21.93 μm。AZR 研磨树脂随着颜基比中树脂比例的提高,粒径呈现先减小后增大的趋势,这是因为分散的过程实际上也是流动的过程,只有达到最佳流动点,油墨搅拌时才能得到有效的剪切作用,分散才能达到最佳状态^[12-14]。继续增大研磨树脂比例,由于树脂是高分子聚合物,分子质量较大,包覆于铝银浆粒子

表面,影响油墨体系的粘度,油墨在搅拌时并没有得到有效的剪切作用,分散状态不佳。AZR 树脂由于性能优良,粘度适中,成本低廉,常用于水性油墨基墨的研磨过程,将其运用于水性银墨中时,仍然具有较好的适用性。BT20 树脂对 5#水性铝银浆也具有较好的分散作用,但在实际试验操作过程中发现,BT20 粘度最大,制备的基墨较为粘稠,流动性差,影响水性银墨的转移,因此不适合用于分散水性银墨体系中。3AH0519W 研磨树脂对 5#水性铝银浆也有较好的分散作用,且由试验数据可知,在不同颜基比下基墨粒径分布都比较均匀。3AH0519W 研磨树脂价格较高,运用于油墨制备中时,成本较高,因此市场上应用较少。

2.3 分散剂对分散稳定性的影响

分散剂是一种表面活性剂,当加入分散剂后,吸附在颜料粒子的表面,形成保护膜,在位阻效应和静电斥力的作用下使颜料粒子不能团聚,维持体系的稳定性^[15-16]。

2.3.1 分散剂对比对分散稳定性的影响

选择 4 种不同的分散剂,具体参数见表 4。将 4 种分散剂按照油墨配方试验中常用的单纯形重心试验法,设计了分散剂的四重重心试验,试验数据见表 5。

将表 5 中数据代入四重重心回归系数计算公式,得到系数见表 6。

表 4 分散剂基本参数
Tab.4 Basic parameters of dispersants

编号	型号	产品厂家	25 °C 的外观	pH 值	化学成分
1	3139	广东摩能化工	无色至红色透明液体	7~9	含有亲颜料基团的高分子量嵌段共聚体溶液
2	3200	广东摩能化工	淡黄色透明液体	10~12	丙烯酸嵌段共聚型聚合物溶液
3	750	德国 Degussa 公司	淡黄色透明液体	10~12	含颜料亲和基团的共聚物水溶液
4	760	德国 Degussa 公司	淡黄色透明液体	10~12	含颜料亲和基团的共聚物水溶液

表 5 分散剂四重重心试验
Tab.5 Test table of quadruple barycenter for dispersants

试验号	分散剂 1 比例	分散剂 2 比例	分散剂 3 比例	分散剂 4 比例	粒径/ μm
1	1	0	0	0	22.52
2	0	1	0	0	22.77
3	0	0	1	0	22.26
4	0	0	0	1	22.13
5	1/2	1/2	0	0	22.90
6	1/2	0	1/2	0	22.10
7	1/2	0	0	1/2	22.28
8	0	1/2	1/2	0	21.92
9	0	1/2	0	1/2	22.62
10	0	0	1/2	1/2	22.72
11	1/3	1/3	1/3	0	22.22
12	1/3	1/3	0	1/3	22.18
13	1/3	0	1/3	1/3	22.44
14	0	1/3	1/3	1/3	22.52
15	1/4	1/4	1/4	1/4	22.16

表 6 四重重心回归系数
Tab.6 Regression coefficient of quadruple barycenter

系数	数值	系数	数值	系数	数值	系数	数值	系数	数值
b_1	22.52	b_4	22.13	b_{14}	-0.18	b_{34}	2.1	b_{134}	1.41
b_2	22.77	b_{12}	1.02	b_{23}	-2.38	b_{123}	-0.45	b_{234}	2.4
b_3	22.26	b_{13}	-1.16	b_{24}	0.68	b_{124}	-12.48	b_{1234}	-31.36

将回归系数代入回归方程得到分散剂的四重重心回归方程为：

$$y=22.52x_1+22.77x_2+22.26x_3+22.13x_4+1.02x_1x_2-1.16x_1x_3-0.18x_1x_4-2.38x_2x_3+0.68x_2x_4+2.1x_3x_4-0.45x_1x_2x_3-12.48x_1x_2x_4+1.41x_1x_3x_4+2.4x_2x_3x_4-31.36x_1x_2x_3x_4$$

利用 Excel 中规则求解, 求得分散剂 2/分散剂的最佳配比 (质量比) 为 2/3 时, 求得的最小粒径为 $21.89\text{ }\mu\text{m}$ 。

分散剂 2 的分子式见图 2。由图 2 可知,分散剂 2 属于丙烯酸嵌段共聚物,基团中的磺酸基可用来提供电荷,当铝银浆粒子表面带上电荷后,铝银浆粒子周围就

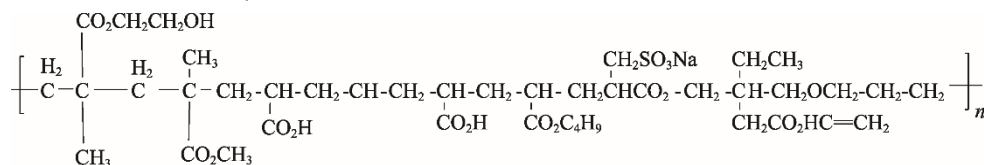


图 2 分散剂 2 分子式

Fig.2 Molecular formula for dispersant 2

2.3.2 分散剂的质量分数对分散稳定性的影响

分散剂试验中,除了分散剂的配比,分散剂的质量分数对于分散效果也有比较大的影响。在一般情况下,由于分散剂占整个体系的比例应小于 5%,因此试验选择了分散剂的质量分数为 2%~10% 5#铝银浆、研磨树脂 AZR,颜基比为 2 3 均匀搅拌混合制备成水性银墨基墨,分别测试 9 组基墨粒径,测试结果分别为 23.99,22.98,22.19,21.41,24.10,23.35,23.70,23.61,22.83 μm ,为了更直观地比较分析不同分散剂含量对平均粒径的影响,将粒径随分散剂质量分数变化的图绘制成折线图,见图 3。

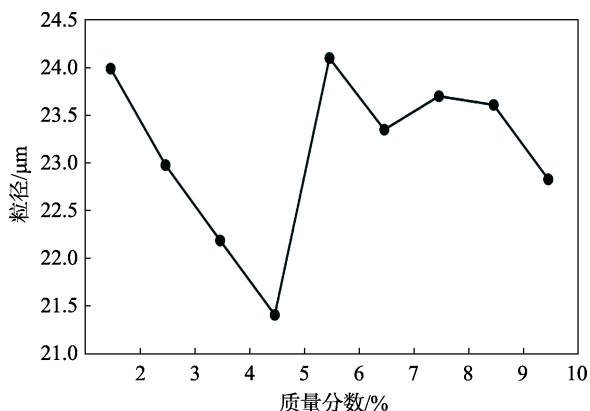


图 3 不同分散剂质量分数下基墨平均粒径

Fig.3 Average particle size of ink paste with different mass fractions of dispersants

综上所述,随着分散剂质量分数的增加,基墨粒径逐渐减小,当分散剂质量分数增加至 5%时,基墨粒径达到最小值,随着分散剂质量分数的继续增加,基墨粒径逐渐增大,保持在 23 μm 左右。结果表明,当分散剂质量分数较小时,此时油墨体系中的分散剂

会被带上相反电荷的离子云所围绕,当体系中的 2 个铝银浆颗粒相互靠近时,电荷之间排斥作用阻止了粒子产生聚集,最终阻止粒子之间发生絮凝。而分散剂 3 属于含颜料亲和基团的共聚物水溶液,一端的链段与树脂相容性较好,一端的链段与颜料粒子相亲性好,依靠这些亲和基团吸附在铝银浆粒子表面,最终在铝银浆粒子的周围形成较大的空间位阻,使得铝银浆粒子不得聚集。当 2 种分散剂复配使用时,能产生协同效应,使分散作用发挥到最大效果。当分散剂 2 与分散剂 3 的质量比为 2/3 时,这 2 种分散剂的协同作用发挥到最大,此时分散效果最好,粒径达到最小值 21.89 μm 。

占比较小，只有少量分散剂吸附在铝银浆粒子表面，作用力较小，对铝银浆粒子的分散效果较弱。随着分散剂质量分数的增加，对铝银浆粒子的分散效果加强，当分散剂质量分数达到 5% 时，基墨的粒径达到最小值 21.41 μm ，此时分散效果达到最佳。继续增大分散剂质量分数，体系中的分散剂已经处于饱和状态，加入多余的分散剂反而打破了油墨体系的平衡状态，分散效果不能得到明显提升，继续增加分散剂质量分数没有意义，因此分散剂质量分数保持在 5% 时，分散作用力最大，分散效果最好。

3 结语

文中研究了水性铝银浆的种类,研磨树脂及对应的颜基比,分散剂配比及分散剂质量分数对水性银墨基墨分散稳定性的影响。首先选定了 7 种铝银浆,制备成水性银墨基墨,连续 1 个月测试基墨粒径,最终选择粒径最小,变化最小的铝银浆。在选定铝银浆的基础上,选择了实验室常用的 3 种研磨树脂,每种研磨树脂对应 5 组颜基比,分别制备成水性银墨基墨,选择粒径最小的研磨树脂及对应的颜基比。再设计分散剂的四重重心试验,确定分散剂的最佳配比,最后选择了 9 种分散剂进行基墨的制备及粒径的测试。综合分析试验结果,选择 5[#]铝银浆,AZR 树脂,颜基比为 2/3,当 760 分散剂与 3200 分散剂的质量比为 2/3,质量分数为 5%时,制备的水性银墨基墨分散稳定性最好。

参考文献:

- [1] 赵文龙. 环氧丙烯酸酯乳液的合成及其在水性银浆

- 油墨中的应用研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2017: 58—67.
- ZHAO Wen-long. Epoxy Acrylate Emulsion's Synthesis and Its Application in Water-based Silver Ink[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2017: 58—67.
- [2] 闫继芳, 王琪, 彭辰晨, 等. 水性纯丙乳液的合成及其附着性能[J]. 精细化工, 2018, 35(11): 1961—1967.
- YAN Ji-fang, WANG Qi, PENG Chen-chen, et al. Synthesis and Adhesion Properties of Waterborne Polyacrylate Emulsions[J]. Fine Chemicals, 2018, 35(11): 1961—1967.
- [3] 马腾飞. 银浆铝粉自交联包覆改性研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2017: 35—47.
- MA Teng-fei. Organic Modification of Aluminum Powder Coating[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2017: 35—47.
- [4] BAZRAFSHAN Z, ATAEEFARD M, NOURMOHAMMADIAN F. Modeling the Effect of Pigments and Processing Parameters in Polymeric Composite for Printing Ink Application Using the Response Surface Methodology[J]. Progress in Organic Coatings, 2015, 82: 68—73.
- [5] RAHELA K, MOJCA F, NINA H, et al. Colorimetric Properties of Reversible Thermochromic Printing Inks[J]. China Printing and Packaging Study, 2010, 86(3): 271—277.
- [6] 曹瑞春, 魏先福, 王琪, 等. 水性油墨分散技术研究进展[J]. 精细化工, 2017, 34(3): 241—249.
- CAO Rui-chun, WEI Xian-fu, WANG Qi, et al. Research Progress on Dispersion Technique of Water-based Ink[J]. Fine Chemicals, 2017, 34(3): 241—249.
- [7] 谷锐, 王亚轩, 刘艳菲, 等. 水性树脂类基墨的制备及探讨[J]. 中国涂料, 2017, 32(7): 24—27.
- GU Rui, WANG Ya-xuan, LIU Yan-fei, et al. Research and Preparation of Waterborne Resin Color Paste[J]. China Coatings, 2017, 32(7): 24—27.
- [8] 陶畅, 马志领, 刘渊博, 等. 多功能水性铝粉颜料的制备及应用[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2019, 39(2): 159—165.
- TAO Chang, MA Zhi-ling, LIU Yuan-bo, et al. Preparation and Application of Multifunctional Waterborne Aluminum Pigment[J]. Journal of Hebei University(Natural Science Edition), 2019, 39(2): 159—165.
- [9] 徐英杰, 彭莱, 赵优, 等. 吸收剂含量对电磁吸收油墨油墨印刷适性的影响[J]. 包装工程, 2018, 39(11): 137—141.
- XU Ying-jie, PENG Lai, ZHAO You, et al. Effect of Absorbent Content on the Printability of Electromagnetic Absorbing Ink-jet Ink[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(11): 137—141.
- [10] 罗春林, 黄梁. 无树脂型色浆的研磨和制备方式研究[J]. 化工管理, 2018(7): 187—188.
- LUO Chun-lin, HUANG Liang. Grinding and Preparation of Resin-free Color Paste[J]. Chemical Enterprise Management, 2018(7): 187—188.
- [11] 金逐中, 孙丽莉, 丁娜, 等. 无树脂研磨色浆在各种树脂体系中的应用[J]. 山东化工, 2014, 43(4): 33—37.
- JIN Zhu-zhong, SUN Li-li, DING Na, et al. Application of Resin-free Grinding Paste in Various Resin Systems[J]. Shandong Chemical Industry, 2014, 43(4): 33—37.
- [12] 董前年, 张彩云. 铝颜料的分类及其在塑料行业中应用概述[J]. 山东化工, 2015(15): 95—98.
- DONG Qian-nian, ZHANG Cai-yun. The Classification of Aluminum Pigments and Its Application in Plastics Industry[J]. Shandong Chemical Industry, 2015(15): 95—98.
- [13] 谢程程, 庞明军, 巢建伟. 温度和剪切协同作用对十六烷基三甲基氯化铵溶液表观黏度的影响[J]. 化工进展, 2019, 38(5): 2441—2450.
- XIE Cheng-cheng, PANG Ming-jun, CHAO Jian-wei. Effect of Synergistic of Temperature and Shear Rate on Apparent Viscosity of Cetyltrimethyl Ammonium Chloride Solution[J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2019, 38(5): 2441—2450.
- [14] 熊华玉, 包婷, 文为, 等. 水基油墨聚合物连接料的研究进展[J]. 胶体与聚合物, 2016, 34(2): 82—84.
- XIONG Hua-yu, BAO Ting, WEN Wei, et al. Research Progress of Polymers Binder for Water-based Ink[J]. Chinese Journal of Colloid & Polymer, 2016, 34(2): 82—84.
- [15] 彭辰晨, 邢洁芳, 闫继芳, 等. 乳化剂对丙烯酸乳液性能的影响[J]. 包装工程, 2018, 39(17): 66—70.
- PENG Chen-chen, XING Jie-fang, YAN Ji-fang, et al. Effect of Emulsifier on Properties of Acrylic Emulsion[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(17): 66—70.
- [16] 郝永亮. 油墨中颜料分散性及连接料稳定机理的研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2011: 55—61.
- HAO Yong-liang. Pigment Dispersion and Binder Stability in Printing Ink[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2011: 55—61.