

안료의 혼합비율이 잉크젯 인쇄특성에 미치는 영향

이 용 규* · 안 국 현 · 이 광 섭

(2001년 11월 5일 접수; 2002년 2월 12일 채택)

Influence of Mixing Ratio of Pigments on Ink-jet Printing Properties

Yong-Kyu Lee[†], Kug-Heon An and Kwang-Seob Lee

(Received on November 5, 2001; Accepted on February 12, 2002)

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the viscosity of coating colors and ink-jet printing properties with different coating colors with various blending ratios of silica based pigments. The volume of pigments was measured to evaluate the effect of the pigments on the viscosity of coating colors. Contact angle, the change of ink diameter, optical density, and the area and perimeter of a printed letter were evaluated to examine the effect of the ink absorption on the ink-jet printing properties.

Generally, as the amount of silica pigments increased the ink-jet printing quality improved. But this caused an increase of the overall coating viscosity.

Keywords : *blending ratio of pigments, silicagel, ink-jet printing properties, optical density, viscosity*

1. 서 론

잉크젯 인쇄기술은 다양한 매체에 인쇄할 수 있는 범용성을 목적으로 한 경우, 사진에 필적하는 컬러 재현성, 우수한 기록특성을 위한 잉크젯 프린터 생산 기술 개발 및 잉크젯 인쇄용지의 개발에 주안점을 두고 발전해 왔다.

특히, 후자에 언급된 잉크젯 전용지의 경우 수성 염료잉크에 대한 흡수성을 극대화하여 잉크의 블리드(bleed)와 위킹(wicking)을 최소화하고, 보다 많은 잉

크를 빠르게 종이 표면에 고착시키기 위하여 강한 친수성 및 우수한 다공성을 갖는 안료와 바인더를 주성분으로 하는 도공액을 원지면에 도공하여 잉크젯 인쇄용지의 표면특성 및 인쇄특성을 개선시킬 수 있었지만, 도공액 제조시 고형분 농도의 작은 증가에도 불구하고 점도가 급격하게 증가하여 도공생산공정에서 작업성·주행성면에서 문제점을 발생시키고 있기 때문에, 도공액의 유동성을 개선시키기 위한 노력들이 이루어지고 있다.¹⁻²⁾

그리고 본 실험에서 사용된 실리카계 안료 중

* 본 연구는 2001년도 강원대학교 기성회 일반 연구비에 의해 수행된 결과의 일부임.

• 강원대학교 산림과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: yklee@cc.kangwon.ac.kr

Table 1. Properties of pigments for paper coating

Type	Product	Designation	Mean size (μm)	Specific gravity
Silica gel	Tixosil 34K	Silicagel A	3.93	1.40
Silica gel	HP 34M	Silicagel B	3.52	1.28
Silica gel	Y 110	Silicagel C	3.67	1.73
Silica gel	X 110	Silicagel D	7.64	1.89
Clay	No. 2 clay	No. 2 clay	1.18	2.64

Silicagel A와 Silicagel B 안료를 주성분으로 하여 PET 필름에 도포된 도공층의 경우 수성염료잉크가 도공층 두께방향으로 과도하게 흡수되어 도공층 표면에 잔류하는 잉크량을 감소시켜 잉크의 광학적 농도값을 저하시키는 문제점이 나타났었고, 동일한 실리카계인 Silicagel D 안료를 주성분으로 하여 도포된 도공층의 경우 표면에 임의의 문자를 인쇄했을 때, 잉크가 도공층 평면방향으로의 번짐과 함께 도공층으로의 불균일한 잉크의 흡수로 요철이 많은 불균일한 문자의 경계면을 형성하는 문제점이 나타났었다. 그리고 비실리카계 안료인 No. 2 clay를 주성분으로 하여 도포된 도공층의 경우 육각판상형의 입자형태와 도공층 표면에 인쇄된 잉크를 흡수할 수 있는 용량에 한계가 있어 도공층 내부로 더 이상 흡수·침투하지 못해 도공층 표면에 잔류하는 잉크입자의 응집으로 잉크젯 인쇄특성이 매우 불량한 결과가 나타났었다.³⁻⁴⁾

따라서 본 논문에서는 첫째, 도공액 배합시 도공액의 유동특성에 영향을 미치는 여러 인자중에서 도공액의 대부분을 차지하고 있는 안료가 도공액의 유동특성에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 실리카계 안료와 No. 2 clay를 사용하여 안료 슬러리를 제조한 후 안료 슬러리의 점도에 변화와 안료 체적비를 측정하여 각 안료가 차지하고 있는 체적비가 도공액의 점도변화에 미치는 영향을 비교·평가한 후, 안료혼합에 따른 도공액의 유동성 개선에 대해서 검토하였다.

둘째, 다양한 안료 배합비율에 따른 도공층에서 수성염료잉크의 흡수특성이 잉크젯 인쇄특성에 미치는 영향을 비교 평가하여 위에서 언급된 안료의 종류에 따른 인쇄특성 평가시 제기되었던 문제점을 보완하고자 하였다. 또한, 원지의 영향을 배제하고 잉크젯용 도공층을 평가하기 위하여 원지 대신 PET 필름을 사용하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공안료 및 바인더

본 실험에 사용된 안료는 실리카계 안료 4종류(HP 34M[®]; KOFRAN, 미국, Tixosil 34K[®]; KOFRAN 미국, X-110[®]; 신흥규산, Y-110[®]; 신흥규산)와 비실리카계 안료인 No. 2 클레이(Engelhard, USA)를 사용하였고 Table 1에 이들의 특성을 나타내었다. 그리고 바인더로는 PVA(PVA-117[®], KURARAY, 일본)를 사용하였다.

2.1.2 기타 첨가제

안료의 분산을 위해 분산제(WJ-400[®]; 우진산업)를 사용하였으며 기포발생을 방지하기 위해서 소포제(PRONAL-208[®]; 우진산업)를 첨가하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 Under coating용 도공액의 제조

Under coating용 도공액을 조제하기 위하여 슬러리 상태의 PVA(KL-318[®])를 고속 교반기(Kady mill)로 교반하면서 일정량의 안료(No. 2 클레이)를 첨가하였다.

2.2.2 Top coating용 도공액의 제조

실험에 사용된 Top coating용 도공액은 안료 100 part에 PVA 20 part, CMC(KPP 8020[®], KOREAN GINSENG PRODUCTS) 1.5 part, 분산제 1.5 part를 배합하여 최종 고형분 농도를 13%로 하였다. 안료의 배합비율은 다음과 같다. Silicagel A와 Silicagel

B를 주성분으로 하여 기타 안료 Silicagel C, Silicagel D, 그리고 No. 2 clay와의 배합비를 90/10, 80/20, 그리고 70/30으로 변화시켰다.

2.2.3 도공액의 물성측정

(가) 도공액의 점도 및 pH

도공액의 점도는 Brookfield형 점도계(No. 34 spindle, 100 rpm)로 측정하였다. 도공액의 pH는 pH meter(Mettler Delta 340)를 사용하여 측정하였다.

(나) 도공액의 체적측정

고속 분산기에 의해 교반된 안료 슬러리(고형분 농도 : 10%) 40 mL를 취해 원심분리용 튜브(45 mL)에 넣었으며 11,000 rpm에서 1시간 동안 원심분리 후 형성된 안료의 침강체적을 이용하여 도공액상에 존재하는 안료의 체적비를 구하였다.

2.2.4 도공필름 제조

준비된 under coating용 도공액을 반자동 K-control coater(No. 2 bar)를 사용하여 PET 필름 위에 편면도공 후 20분 간 상온에서 건조하였다. 그리고 top coating용 도공액을 약 $8 \pm 1 \text{ g/m}^2$ 의 도공량으로 조절하여 반자동 K-control coater를 사용하여 편면 도공필름을 제조 후 상온에서 건조하였다.

2.2.5 도공필름 분석

T458 cm-94의 Tappi standard에 준하여 일정량의 잉크방울(0.1 μm)을 마이크로 주사기를 이용하여 필름 위에 떨어뜨린 후 화상분석기를 이용하여 접촉각을 촬영하였으며 화상분석기 자체의 프로그램을 이용하여 접촉각을 측정하였다. Epson社의 잉크젯 프린터(Epson stylus color II)로 도공필름에 임의의 문자

를 인쇄하였다. 그리고 D 196 Densitometer를 이용하여 흑색 인쇄영역의 색농도(optical density)를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 안료의 혼합비율에 따른 도공액의 점도변화

PVOH와 실리카를 주성분으로 하는 잉크젯용 도공액은 도공액의 고형분 농도가 완만하게 증가함에도 불구하고 도공액의 점도는 급속하게 증가하는 유동특성을 갖게 된다.⁹⁾ 실제 실험실상에서 실리카 안료와 PVOH를 주성분으로 하는 도공액을 제조하면서 도공액의 고형분 농도를 조절하는 과정에서 특히, Silicagel A와 Silicagel B 안료를 주성분으로 하는 도공액의 고형분 농도의 경우 18~20%임에도 불구하고 동일한 실리카계인 Silicagel C와 Silicagel D 안료의 도공액보다 도공액의 유동성이 매우 불량해 도공액의 분산에 어려움이 있다. Einstein은 현탁액의 상대점도(Relative viscosity(η_r))를 다음과 같은 식을 이용해 나타내었는데¹⁰⁾

$$\eta_r = 1 + 2.5\phi \dots\dots\dots (1)$$

여기서, ϕ 는 고형분의 체적비를 나타낸다. 도공액의 고형분 농도가 증가할수록, 그리고 입자형태가 비구형일수록 고형분의 체적비가 증가하여 도공액의 점도가 증가하게 된다.

이와 같이 고형분의 체적비가 도공액의 유동성에 크게 영향을 미치는 것으로 생각되어, 본 실험에 사용된 실리카계 안료와 비실리카계 안료(No. 2 clay)를 사용하여 고형분 농도 10%로 안료 슬러리를 제조한 후 각 안료 슬러리의 점도를 구하여 Table 2에 나타내었다.

Table 2에서 보는 바와 같이 동일한 고형분 농도의

Table 2. Physical properties depending on the type of pigments

	Silicagel A	Silicagel B	Silicagel C	Silicagel D	No. 2 clay
Specific gravity	1.40	1.28	1.73	1.89	2.64
Volume (cm ³)	12.36	15.27	6.76	4.70	1.62
Volume (%)	30.90	38.17	16.90	11.75	4.05
Viscosity (cP)* (No. 18 spindle, 100 rpm)	1,669	1,938	448	256	192

* Solids content : 10%

Table 3. Viscosity of the coating formulation

Viscosity and formulation		90/10 part	80/20 part	70/30 part
		Viscosity (cPs), (No. 34 spindle, 100 rpm)		
Silicagel A	No. 2 clay	1,133.0	550.0	499.0
	Silicagel D	1,350.0	915.2	627.2
	Silicagel C	1,242.0	1,018.0	748.0
Silicagel B Silicagel C	No. 2 clay	1,242.0	1,011.0	544.0
	Silicagel D	1,530.0	1,030.0	691.2
	Silicagel C	1,606.0	1,427.0	957.0

조건하에서 비중이 낮은 안료일수록 도공액상에서 안료가 차지하는 체적비가 증가하고 있다. 식 (1)에서 언급했듯이 고형분의 체적비가 증가하게 되면, 도공액의 점도는 증가하게 된다. Table 2와 같이, 안료 체적비가 30% 이상인 Silicagel A와 Silicagel B 안료의 경우 도공액상에서 유동면적이 매우 커 전단력에 대한 응력발생률이 높아 다른 기타 안료에 비해 매우 높은 점도가 나타난 것으로 생각된다. 그리고 실리카계 안료가 비실리카계 안료에 비해 낮은 비중으로 인해 안료 체적비의 증가로 유동면적이 확대되어 도공액 점도가 전반적으로 높은 것을 볼 수 있다.

본 실험에서는 각 안료가 독립적으로 도공층을 형성할 때 잉크젯 인쇄특성에 나타났던 문제점을 상호보완하기 위해서, 전반적으로 잉크젯 인쇄특성이 양호한 Silicagel A와 Silicagel B 안료를 주안료로 해서 Silicagel C, Silicagel D와 No. 2 clay를 혼합하여 도공액을 제조하였는데 안료혼합비율에 따른 도공액의 점도변화를 Table 3에 나타내었다.

Table 3에 나타난 안료의 혼합비율에 따른 도공액의 점도변화는 Table 2에서 설명이 되었던 안료 체적비에 따른 도공액 점도변화의 특성을 그대로 보여 주고 있다. 첫째, 주안료로 사용된 Silicagel A 안료에 혼합된 도공액의 점도와 Silicagel B 안료에 혼합된 도공액의 점도를 비교했을 때, 각 안료혼합비율에 상

관없이 Silicagel B 안료에 혼합된 도공액의 점도가 Silicagel A 안료에 혼합된 도공액의 점도보다 높게 나오고 있다. 이는 실험에 사용된 안료 중 최대의 체적비(38.2%)를 갖는 Silicagel B 안료의 안료특성이 반영된 것이라 생각된다. 둘째, Silicagel C, Silicagel D와 No. 2 clay 안료순으로 도공액상에서 안료의 체적비가 16.9%, 11.8%, 그리고 4.1%로 차지하는데 Table 3에서 보는 바와 같이 동일한 안료배합비율에서 비교했을 때, Silicagel C, Silicagel D과 No. 2 clay 안료순으로 도공액상에서 안료 체적비의 감소에 따른 도공액 점도의 감소를 보여 주고 있다. 셋째, 안료체적비가 매우 큰 안료인 Silicagel A와 Silicagel B의 혼합비율이 감소할수록, 다시 말하면 Silicagel A와 Silicagel B 안료에 비해 상대적으로 도공액상에서 안료 체적비가 작은 Silicagel C, Silicagel D와 No. 2 clay 안료의 혼합비율이 증가할수록 도공액의 점도는 감소하는 것을 볼 수 있다.

이와 같이 도공액상에서 서로 다른 체적비를 갖고 있는 안료의 혼합을 통해 전체적인 도공액의 점도를 줄일 수 있는 긍정적인 효과를 얻었다. 따라서 전반적으로 잉크젯트 인쇄특성이 양호하지만 저고형분 농도(13%)에서 도공액이 제조되었던 실리카계 Silicagel A와 Silicagel B의 경우 다른 실리카계 안료 혹은 비실리카계 무기안료와의 혼합을 통해 보다 고고형분 농

Table 4. Contact angle of ink droplet on the coating layer

Viscosity		90/10 part	80/20 part	70/30 part
		Contact angle (degree)		
Formulation	No. 2 clay	45.0	50.3	53.0
	Silicagel A	43.3	47.6	52.3
	Silicagel C	42.6	41.3	43.0
Silicagel B	No. 2 clay	44.6	50.0	52.6
	Silicagel D	43.3	48.0	53.3
	Silicagel C	42.3	42.6	42.6

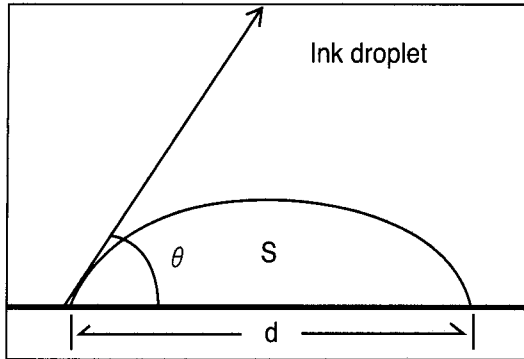


Fig. 1. Contact angle and diameter of ink droplet.

도의 조건에서도 도공액이 제조될 수 있을 것으로 기대된다.

3.2 안료혼합비율이 잉크젯 인쇄특성에 미치는 영향

안료배합비율에 따라 도공액을 제조한 후, PET 필름 위에 도포하여 안료배합비율에 따른 도공층에서의 수성염료잉크의 흡수특성을 알아보기 위해서 수성염료잉크의 접촉각을 Table 4에 나타내었다. 그리고 수성염료잉크의 접촉각 변화율, 그리고 접촉각 변화율에 따른 도공층 표면에 접촉되어 있는 수성염료잉크방울의 지름과 같은 흡수특성을 측정하여 문자의 면적, 광학적 농도 등과 같은 인쇄특성과 비교·평가하였다 (Figs. 3~6).

Table 4에서 보는 바와 같이, 도공층에 형성되는 잉크방울의 접촉각이 40~55°의 범위로 도공층이 수성염료잉크를 쉽게 받아들일 수 있는 친수성의 특성을 갖고 있는 것을 알 수 있다.

Fig. 1에 나타낸 바와 같이 잉크방울의 지름변화율(d)이 증가할수록 잉크량(S)은 감소하게 된다.⁷⁾ 잉크방울 지름의 증가에 따른 잉크량의 감소는 첫째, 잉크방울 지름이 증가할수록, 도공층으로의 잉크 흡수량의 증가를 의미하고 둘째, 도공층으로의 잉크 흡수량 감소는 잉크방울이 평면방향으로의 퍼짐성이 감소되어 도공지에 임의의 문자를 인쇄시, 잉크가 평면방향으로의 확산이 감소되어 문자의 면적이 감소될 것으로 생각된다.

비실리카계 안료인 No. 2 clay 안료가 도공층의 주 성분일 때, Fig. 2에서 보는 바와 같이 첫째, 판상형의 입자형태와 둘째, 상대적으로 실리카계 안료에 비해

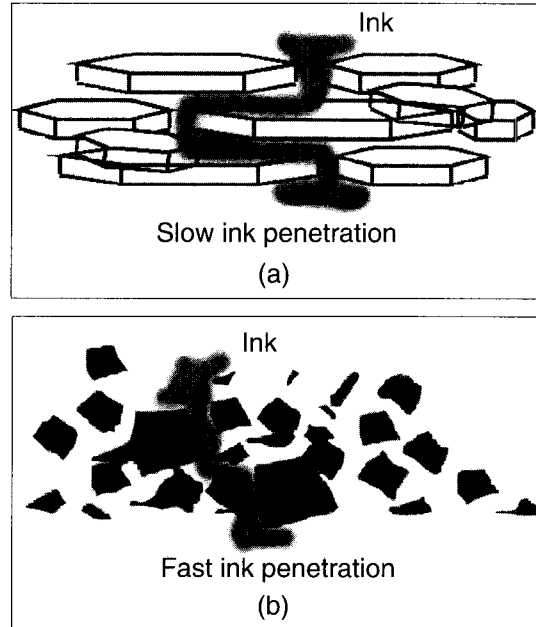


Fig. 2. Ink penetration depending the type of pigments. (a) Clay, (b) Silica

수분에 대한 친수성 및 수분을 흡수할 수 있는 다공성이 떨어지기 때문에 도공층으로의 잉크의 흡수가 매우 느리다. 이러한 클레이 안료입자의 특성 때문에 Fig. 3에서 보는 바와 같이 안료의 혼합비율에도 그대로 반영되어 No. 2 clay의 배합비율이 증가할수록 일정시간(10초)이 경과한 후의 잉크방울의 지름변화율은 감소하였고, 잉크방울 지름의 감소에 따라서 평면방향으로의 잉크의 확산이 감소되어 Fig. 3에서 보는 바와

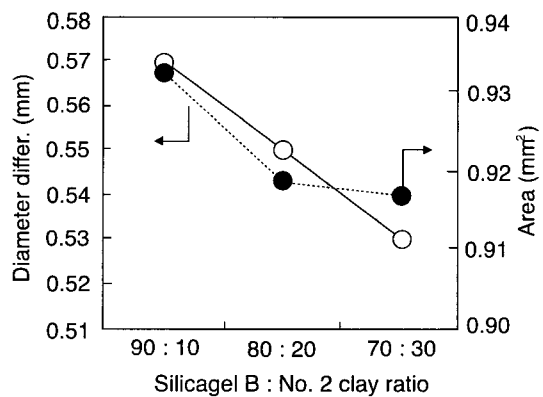


Fig. 3. Diameter difference and text area depending on the ratio of Silicagel B to No.2 clay.

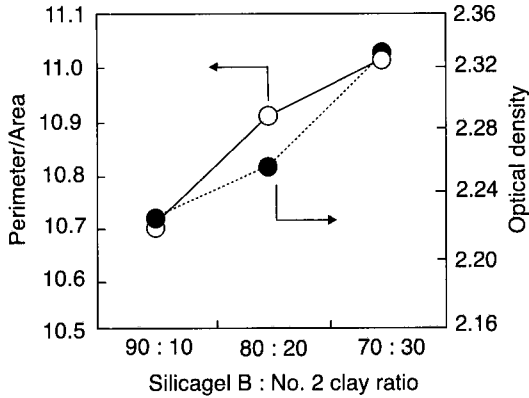


Fig. 4. Perimeter/Area and optical density depending on the ratio Silicagel B to No. 2 clay.

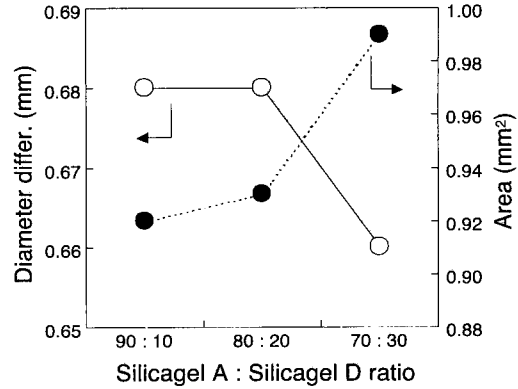


Fig. 5. Diameter difference and text area depending on the ratio of Silicagel A to Silicagel D.

같이 No. 2 clay 안료배합비가 증가할수록, 문자의 면적이 감소되었다. 그러나 안료배합비가 증가할수록 불균일한 문자의 경계면이 나타나는데 이는 판상형의 클레이 안료입자 형태로 인한 불균일한 잉크의 흡수 때문인 것으로 생각된다. 또한 판상형의 입자형태는 도공층 표면층에 잔류하는 잉크량을 증가시켜 No. 2 clay의 안료배합비가 증가할수록 인쇄된 문자의 광학적 농도값이 증가한 것을 Fig. 4에서 볼 수 있다.

표면이 거칠고 잉크의 침투가 적은 종이는 두께 방향으로의 잉크의 흡수보다는 잉크가 평면방향으로 확산된다.⁶⁾ Silicagel D 안료의 경우 입자크기가 7.64 μm 로 사용된 안료 중에서 가장 큰 입자크기를 가지고 있다. 안료입자크기가 클수록 거친 도공층을 형성하게 되는데, Silicagel D 안료를 주성분으로 하여 형성된 도공층의 경우, 다른 기타안료에 비해 상대적으로 가장 거친 도공층을 형성할 것으로 생각된다. 그리고 Silicagel D 안료와 다른 실리카계인 Silicagel A, Silicagel B와 Silicagel C 안료로 도포된 도공층과 비교했을 때, 도공층으로의 잉크 흡수량이 가장 적다.³⁻⁴⁾ 이상과 같은 Silicagel D 안료의 특성 때문에, Silicagel D 안료배합비율이 증가할수록, 도공층 표면에서의 잉크방울 지름변화율이 감소하고 있는 것을 Fig. 5에서 볼 수 있다. 잉크방울 지름변화율의 감소때문에 Silicagel D 안료배합비율이 증가할수록 문자면적이 감소할 것으로 예상되었지만, 앞에서 언급된 Silicagel D 안료의 특성은 Silicagel D 안료배합비율이 증가할수록 표면이 거칠고 잉크의 흡수량이 적은 도공층을 형성해 도공층 두께방향으로의 잉크의 흡수보다는 평면방향으로 잉크의 확산이 빠르기 때문에 배합

비율이 증가할수록 문자 면적이 증가하는 것을 Fig. 5에서 볼 수 있다. 그리고 배합비율의 증가에 따른 도공층에서의 Silicagel D 안료의 증가는 불균일한 도공층을 형성하기 때문에 잉크의 흡수특성에 영향을 미쳐 불균일한 문자의 경계면을 형성하는 것으로 생각된다. 그리고 Fig. 6에서 보는 바와 같이 Silicagel D가 증가할수록 광학적 농도가 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이는 두께방향으로의 잉크의 침투보다는 평면방향으로의 잉크 확산이 도공층에서의 잉크량을 증가시켜 Silicagel D 안료배합비율이 증가할수록 광학적 농도가 증가하는 것으로 사료된다.

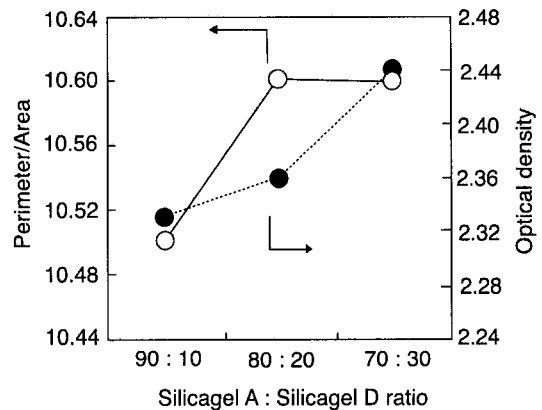


Fig. 6. Perimeter/Area and optical density depending on the ratio Silicagel A to Silicagel D.

4. 결론

본 연구에서는 실리카계인 Silicagel A와 Silicagel B를 주된 안료로 하여 동일한 실리카계인 Silicagel C, Silicagel D 및 비실리카계 안료인 No. 2 clay를 혼합하여 도공액을 제조하였고, 이들 안료의 혼합비율이 도공액의 물성에 미치는 영향 및 PET 필름에 혼합 안료 도공액을 도포하여 도공층에서 잉크와의 흡수특성을 고찰하여 잉크의 흡수특성이 잉크젯 인쇄적성에 미치는 영향을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

고형분의 체적비를 이용해 현탁액의 상대점도를 평가하는 Einstein의 방정식을 이용하여 도공액의 점도 변화를 평가한 결과 도공액상에서의 안료체적의 증가는 도공액의 유동성을 저해하는 영향인자로 작용될 수 있다는 것을 확인하였다. 그리고 전반적으로 잉크젯 인쇄특성이 양호하지만 저고형분 농도(13%)에서 도공액이 제조되었던 실리카계 Silicagel A와 Silicagel B 안료의 경우 상대적으로 적은 안료 체적비를 갖는 안료와의 혼합을 통해 전체적인 도공액의 점도를 줄일 수 있는 긍정적인 효과를 얻었다. 따라서 도공액 제조 시 보다 고형분 농도가 높은 조건에서 도공액이 제조될 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 안료배합비율에 따른 도공층에서의 잉크의 흡수특성이 잉크젯 인쇄특성에 미치는 영향에 대해서 평가해 본 결과 평면방향으로의 잉크의 확산보다는 두께방향으로의 잉크의 흡수성이 매우 커 광학적 농도가 저하되었던, Silicagel A와 Silicagel B 안료의 경우, 다른 안료 Silicagel C, Silicagel D, 그리고 No. 2 clay와의 혼합비율이 증가할수록 광학적 농도가 증가되는 효과를 얻었고, 비실리카계 안료인 No. 2 clay의 경우, 혼합비율이 증가될수록 도공층으로의 불균일한 잉크의 흡수로 문자인쇄시, 다른 안료에 비해 요철이 많은 문자를 인쇄하였지만, 실리카계 Silicagel A 혹

은 Silicagel B 안료의 영향으로 No. 2 clay에서 나타났던 잉크의 응집으로 인한 인쇄불량은 없어졌다. 그리고 상대적으로 평면방향으로의 잉크의 퍼짐성이 없어 혼합된 안료 중 평면방향으로의 잉크의 번짐이 없어 가장 작은 문자를 인쇄하게 된다. 따라서 클레이뿐 만 아니라, CaCO₃ 등 기타 무기안료도 실리카계 안료와 혼합으로 잉크젯 도공 안료로서의 적용 가능성이 충분히 기대된다.

인 용 문 헌

1. Miller, G. D., Jones, R. B., Boylan, J. R., Polyvinyl alcohol - a specialty polymer for paper and paper-board, Air Products and Chemicals, Inc. (1995).
2. Hentzschel, P., Pigment coating and surface sizing of paper, TAPPI PRESS, Vol. 11 (2000).
3. 이용규, 안국현, 이광섭, 안료의 종류가 잉크젯 인쇄특성에 미치는 영향, 추계학술발표논문집, 한국펄프 · 종이공학회 (2000).
4. 李鎔奎, 安國憲, 李光燮 “인크젯용지의 인자특성에 대한 塗工顔料의 影響”, 第51回 日本木材學會大會 研究發表要旨集, 日本木材學會 (2001).
5. Boylan, J. R., Using polyvinyl alcohol in ink-jet printing paper, Vol. 80 (No. 1) Tappi journal, pp. 68-70, (1997).
6. Roper, J., Pigment coating and Surface sizing paper - Rheology of pigment slurries and coating formulations, TAPPI PRESS, Vol. 11 (2000).
7. Picollet, M., Morin V., Piette P., and Le Nest J. F., Competition between gravure ink penetration and spreading on LWC coated paper”.