

무기안료 배합이 잉크제트용 도공액 물성 및 인쇄품질에 미치는 영향

이 광 섭* · 안 국 현 · 이 용 규
(강원대학교 산림과학대학 제지공학과)

1. 서 론

우수한 컬러 재현성과 고품질의 인쇄특성을 위한 잉크제트용 인쇄용지의 경우, 인쇄용지에 인쇄된 수성염료잉크에 대한 흡수성을 극대화하여 평면방향으로 수성염료잉크의 번짐을 최소화하고 인쇄용지 표면에서 수성염료잉크를 빠르게 고착시키기 위하여 수성염료잉크에 대해서 우수한 친수성의 특성을 갖고 구조적으로 큰 다공성의 구조를 갖는 안료인 실리카를 주성분으로 하는 도공액을 원지면에 도공하여 잉크제트 인쇄용지의 표면 및 인쇄특성을 개선시킬 수 있었다. 그러나 고품질의 인쇄물을 위한 잉크제트용 인쇄용지의 경우, 보통 인쇄용지에 비해 비용부담이 큰 단점을 가지게 되었다. 그리고 저고형분농도임에도 불구하고 액상의 점도가 매우 크게 증가하기 때문에 도공액 제조시 도공액의 유동성의 불량으로 작업성·주행성 측면에서 여러 가지 문제점이 발생하고 있다.

이에 본 실험에서는 첫째, 실리카를 주성분으로 하는 잉크제트용 도공액에 탄산칼슘과 클레이와 같은 무기안료를 배합하여 실리카 안료 대 무기안료배합비율에 따른 도공액의 점도변화를 측정하여 무기안료가 도공액의 물성에 미치는 영향에 대해서 알아보려고 하였으며 둘째, 실리카 안료에 대한 무기안료의 배합비율에 따라 제조된 잉크제트용 인쇄용지의 표면특성과 Hercules size 기구를 이용하여 인쇄용지의 흡수특성을 비교·평가한 후, 제조된 인쇄용지에 임의의 인쇄인자를 인쇄하였을 때 면적, 광학적 농도, 진원도등과 같은 인쇄적성을 종합적 평가·분석하여 클레이와 탄산칼슘과 같은 무기안료의 고품질을 얻기 위한 잉크제트용 인쇄용지에 대한 적용 가능성과 위에서 언급되었던 실리카 안료가 갖는 단점 및 문제점에 대한 개선 가능성에 주안점을 두고 연구하였다. 그리고 언급된 흑백인자에 대한 해석과 함께 $L^* a^* b^*$ 측정을 통해 인쇄용지에 인쇄된 컬러인자에까지 확대 해석하고자 하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공안료 및 바인더

본 실험에 사용된 안료는 실리카계 안료(HP 34M, Kofran, Korea)와 무기안료 안료 2종류 No.2 clay(Engelhard, USA)와 PCC(Brilliant-15, Japan)를 사용하였고 Table 1에 이들의 특성을 나타내었다. 그리고 바인더로는 PVA(PVA-117[®], KURARAY, Japan)를 사용하였다.

Table 1. Coating pigments used

Type	Product	Designation	Mean size (um)	*Surface Area, m ² /g
Silicagel	HP 34M	Silicagel	3.52	182
PCC	Brilliant-15	CaCO ₃	1.5	10
Kaolin clay	No.2 clay	Clay	1.2	10

* : BET area by N₂ adsorption

2.1.2 기타첨가제

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

2.2 실험방법

2.2.1 도공액의 제조

실험에 사용된 도공액은 안료 100 part에 PVA 20 part, CMC(KPP 8020[®], KOREAN GINSENG PRODUCTS) 1 part에 분산제를 첨가하여 pH를 9±1로 조절하면서 잉크젯용 도공액을 제조하였다. 이때, 실리카 안료 대 클레이와 탄산칼슘의 배합비율은 100/0, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 40/60, 20/80, 0/100으로 하였다.

2.2.2 도공액의 물성측정

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

2.2.3 도공지 제조

준비된 도공액을 약 $7 \pm 1 \text{ g/m}^2$ 의 도공량으로 조절하여 반자동 K-control coater를 사용하여 원지위에 편면도공 후 105°C 온도로 열풍건조기에서 건조하였다.

2.2.4 도공지 분석

Epson stylus color II 잉크젯 프린터와 HP deskjet 710C 프린터로 도공지에 임의의 문자와 망점을 인쇄하여 화상분석기를 이용하여 문자면적, 망점면적, 망점의 경계면을 측정하였고, D 196 Densitometer를 이용해서 black 인쇄영역에서 optical density (OD)를 측정하였다. Hercules size 측정기를 이용하여 인쇄용지의 흡수성을 측정하였고, Elrepho 3000을 이용하여 컬러인자에 대한 $L^* a^* b^*$ 를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 무기안료 혼합비율에 따른 도공액의 점도 변화

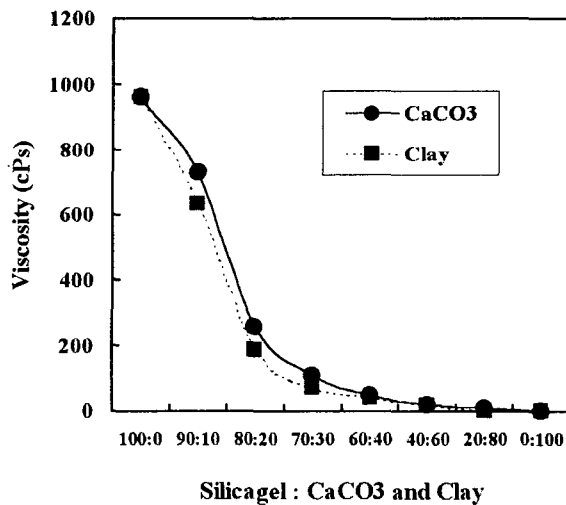


Fig. 1. Viscosity of coating color.

생각해 볼 수 있는데 첫째, Table 1에서 보는 바와 같이 무기안료인 클레이 ($10 \text{ m}^2/\text{g}$)와 탄산칼슘 ($10 \text{ m}^2/\text{g}$)의 비표면적에 비해 실리카겔 안료의 경우 비표면적이 $182 \text{ m}^2/\text{g}$ 로 현저히 큰 것을 볼 수 있다. Einstein은 현탁액의 상대점도(Relative viscosity(η_r))를 다음과 같은 식을 이용해 나타내었는데¹⁾

Fig. 1은 실리카를 주성분으로 하는 도공액에 무기안료인 탄산칼슘과 클레이의 배합비율에 따른 도공액의 점도변화를 나타낸 그림이다. 무기안료인 탄산칼슘과 클레이의 배합비율이 증가할수록 도공액의 점도가 매우 낮아져 도공액의 유동성이 좋아지는 것을 볼 수 있다. 특히, 무기 안료의 배합비율이 20 part를 기준으로 도공액의 점도가 현저히 저하되는 것을 볼 수 있다.

이는 크게 두가지 영향인자로

$$\eta_r = 1 + 2.5\phi \text{ ----- (1)}$$

여기서, ϕ 는 고형분의 체적비를 나타낸다. 즉, 도공액의 고형분 농도가 증가할수록, 입자형태가 비구형일수록 그리고 입자의 비표면적이 클수록 현탁액에서의 입자의 체적비가 증가하여 도공액의 점도가 증가하게 된다. 결국, 클레이와 탄산칼슘의 배합비율의 증가는 실리카겔의 배합량을 감소시켜 도공액상에서의 안료의 체적비를 감소시켜 도공액의 점도가 감소되어 도공액의 유동성이 양호해지는 것으로 생각된다.

그리고 둘째, 실리카와 안료를 주성분으로 하는 도공액의 경우 실리카 안료의 silanol기와 PVOH의 수산기사이의 수소결합 때문에 매우 빠르게 도공액의 유동성이 불량해지는 주된 요인이 될 수 있는데²⁾, 클레이와 탄산칼슘의 배합비율이 증가할수록 실리카 안료의 배합비율이 감소하여 실리카 안료의 silanol기와 PVOH의 수산기사이의 수소결합 정도를 감소시켜 도공액의 점도에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 특히, 무기 안료의 배합비율이 20 part를 기준으로 도공액의 점도가 현저히 저하되는 것을 볼 수 있는 데, 후자에 언급된 실리카 안료와 PVOH의 사이의 수소결합으로 인한 도공액의 점도변화의 단적인 예라고 생각된다.

3.2 무기안료의 배합비율에 따른 잉크젯 인쇄용지 표면특성

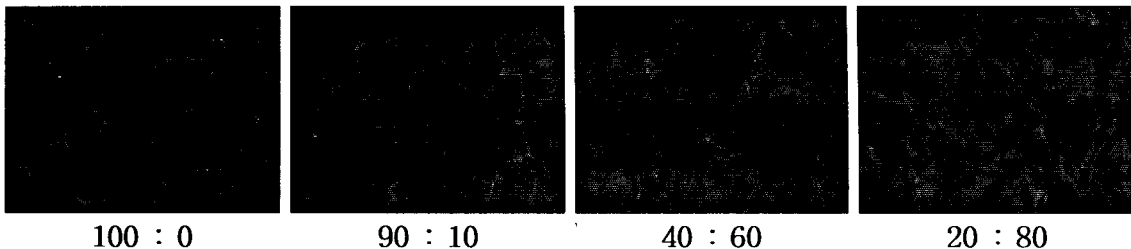


Photo 1. The coated surface on the coated paper. (silicagel : CaCO₃)

먼저 수성염료잉크의 흡수특성에 대한 잉크젯 인쇄용지의 인쇄특성을 평가하기 전에 무기안료의 배합에 따라서 도공지 표면의 변화를 알아보려고 광학현미경을 이용하여 무기안료의 배합비율에 따른 잉크젯 인쇄용지의 표면을 촬영하여 Photo 1에 나타내었다. 보시는 사진과 같이 클레이와 탄산칼슘의 배합비율이 증가할수록 원지의 표면층이 확연히 드러나는 것을 볼 수 있다. 특히, 무기안료의 배합비율이 1/2이상을 넘어가게 되면서부터 더욱 뚜렷해지는 것을 볼 수 있다. 이는 실리카 안료량이 감소함에 따라서 비표면적이 감소되어 단위 면적당 도포되는 안료의 감소로 도공액의 피복율이

감소하기 때문인 것으로 생각된다. 결국, 클레이와 탄산칼슘의 배합비율이 증가하게 되면 잉크젯 인쇄용지로의 수성염료잉크의 흡수특성은 도공층의 영향 보다는 원지의 영향이 지배적으로 미칠 것으로 기대된다.

3.2 무기안료의 배합비율이 잉크젯 인쇄용지 특성에 미치는 영향 - 흑백

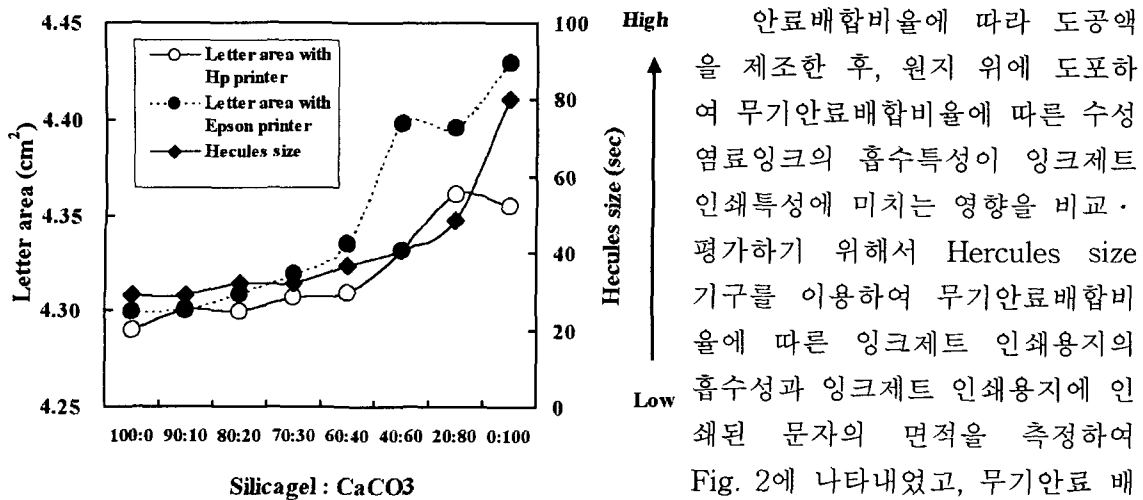


Fig. 2 Area of letter and Hercules size value.

지에 임의의 문자를 인쇄하여 일정한 시간(약 10초)이 경과한 후에 표면에 잔류하는 수성염료잉크를 찍어낸 문자를 Photo 2에 나타내었다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 클레이와 탄산칼슘이 증가될수록 도공지로의 흡수특성이 매우 불량해지고 인쇄용지에 인쇄된 문자의 면적이 커지고 있다. 인쇄용지의 흡수성은 젖음성(wettability)과 침투성(penetration)로 나누어 생각할 수 있는데³⁾, 클레이와 탄산칼슘의 증가로 인한 수성염료잉크의 인쇄용지로의 흡수의 지연과 증가된 원지의 영향은 인쇄용지 표면에서 수성염료 잉크의 두께 방향으로의 침투성 보다는 서서히 평면 방향으로 수성염료잉크가 번지는 젖음성의 특성이 발현하여 수성염료의 번짐이 증가하여 인쇄된 문자의 면적이 증가하는 것으로 생각된다. 이는 Photo 2와 Fig. 3에서 보는 바와 같이 실리카 보다는 탄산칼슘과 클레이의 배합비율이 큰 60 part 이상에서 인쇄용지에 잔류하는 수성염료잉크량과 인쇄된 문자의 면적이 빠르게 증가되는 것으로부터 확인할 수 있다.

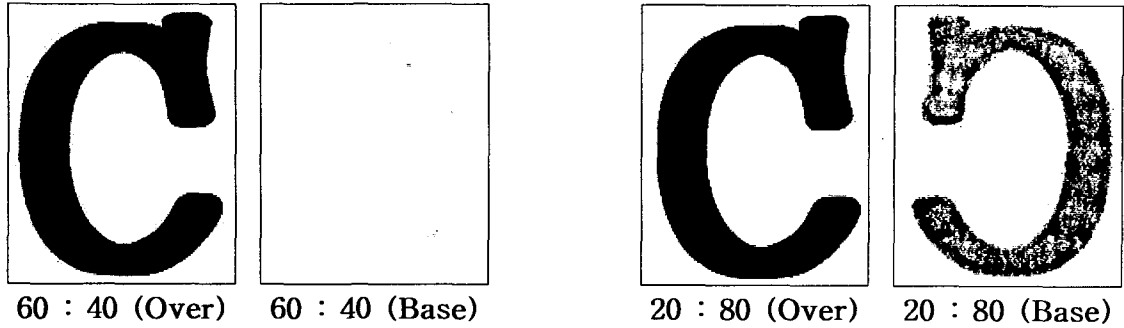


Photo 2. Letter print on the coated paper (silicagel : CaCO₃)

망점의 진원도는 식(2)에 의해서 계산이 되는데,

$$Shape\ factor = \frac{4\pi \times (area)}{(perimeter)^2} \text{-----} (2)$$

망점이 원에 가까울수록 1의 값을 나타내고 직선에 가까울수록 0에 가까운 값이 나타난다. 즉, 진원도가 1에 가까울수록 선명한 화상을 나타내게 된다⁴⁾. Photo 3에서 보는 바와 같이 클레이와 탄산칼슘의 배합비율이 증가할수록 망점의 진원도는 서서히 감소하게 되는데 원지의 영향이 강하게 나타나기 시작하는 60 part 이상에서는 빠르게 악화되어 100 part에서는 잉크가 섬유를 따라 번지는 현상까지 나타나고 있다.

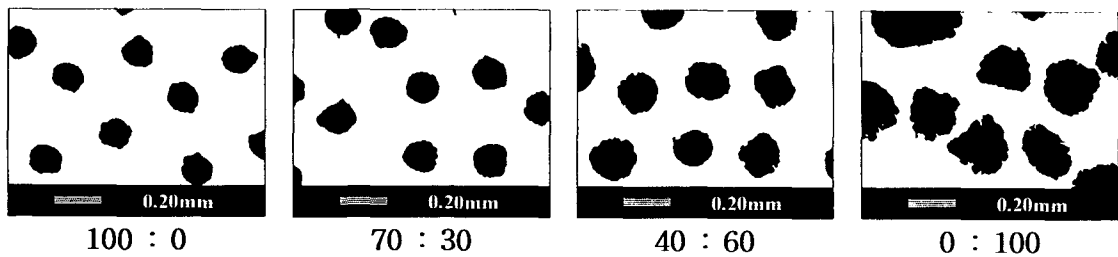


Photo 3. Shape factor on the coated paper (silicagel : CaCO₃)

3.2 무기안료의 배합비율이 잉크제트 인쇄용지 특성에 미치는 영향 - 컬러

잉크제트 인쇄용지에서의 컬러특성을 비교·평가하기 위해서 Hunter L, a*, b* 시스템을 이용하여 안료배합비율에 따른 컬러색상의 변화를 측정하여 Fig. 3에 나타내었고, Fig. 4에서는 컬러의 광학적 농도값과 contrast를 측정하여 안료배합비율에 따른 인쇄된 컬러의 색상에 미치는 영향에 대해서 알아보았다.

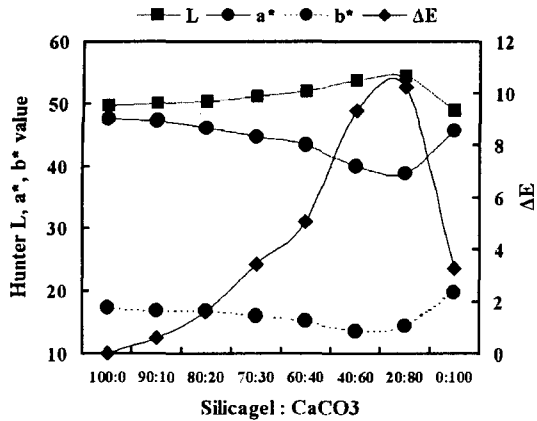


Fig. 3. Hunter L, a*, b* and color difference.

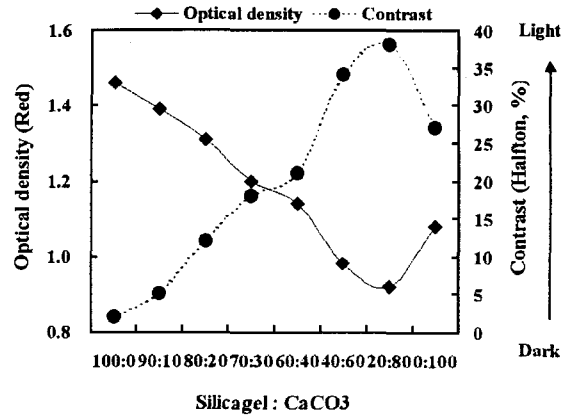


Fig. 4. Optical density and contrast.

Fig. 3에서 나타난 L, a*, b* 시스템은 L은 희고 검은 정도를 나타내는 것으로 완전히 흰색의 L값은 100, 완전히 검은색의 L 값은 0으로 표시된다. a+값은 빨강색에 가까운 색을 나타내고 a-는 초록색에 가까운 색을 의미한다. 그리고 b+는 노란색, b-값은 파랑색을 나타낸다. 그리고 ΔE는 인쇄된 컬러색상사이의 총 색차를 계산하기 위하여 다음과 같은 식(3)을 이용하여 계산하였다⁵⁾.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (3)$$

본 실험에서는 실리카안료 100 part를 사용하여 인쇄된 컬러색상을 기준으로 하였다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 안료배합이 증가할수록 L값이 증가하면서 전체적인 색상이 밝은색쪽으로 변화하고 있다. 그리고 무기안료배합비율이 60 part 이상이 되면서부터 빠르게 색상의 변화의 차가 발생한다. Photo 1에서 보는 바와 같이 무기안료의 배합비율이 60 part이상이 되면 원지의 영향이 강하게 나타나는데 불균일한 표면으로 인해서 인쇄되지 못한 부분이나 불균일하게 인쇄된 부분이 증가되는 것을 볼 수 있다. 이러한 원지의 영향은 인쇄의 컬러색상을 밝은쪽으로 유도하고 아울러 Fig. 4에서 보는 바와 같이 수성염료잉크의 광학적 농도값도 저하되고 contrast가 저하되어 밝고 어두운 부분이 모호해져 선명한 인쇄물을 얻을 수 없을 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 실리카를 주성분으로 하는 잉크젯용 도공액에 탄산칼슘과 클레이

와 같은 무기안료를 배합하여 실리카 안료 대 무기안료 배합비율이 도공액의 물성 및 인쇄용지의 표면특성과 인쇄품질에 미치는 영향을 비교·평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

클레이와 탄산칼슘과 같은 무기안료의 배합비율이 증가할수록 도공액의 점도가 감소하여 도공액의 유동특성이 개선되는데 이는 크게 두가지 측면에서 생각할 수 있다. 무기안료의 배합비율의 증가에 따른 실리카 안료량이 감소는 첫째, 무기안료에 비해 상대적으로 비표면적인 큰 실리카 안료의 감소하기 때문에 액상에서 안료가 차지하는 총체적을 감소시켜 도공액의 점도가 감소하게 되고 둘째, 실리카 안료의 silanol기를 감소시키기 때문에 점도상승의 주 요인이 되는 PVOH의 수산기와 실리카 안료의 silanol기와 수소결합의 감소로 도공액의 점도가 감소하게 되어 도공액의 유동성이 개선되는 것으로 생각된다. 특히, 무기안료의 배합비율이 20 part가 되는 부분에서 도공액의 점도는 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다.

그리고 클레이와 탄산칼슘과 같은 무기안료의 배합비율이 증가할수록 망점의 형태와 진원도, 광학적 농도, contrast, 색농도차 그리고 수성염료잉크의 흡수도등과 같은 잉크젯 인쇄품질을 평가하기 위한 물성이 저하되는데, 특히 무기안료의 배합비율이 60part 이상에서는 잉크젯 인쇄품질이 급격히 저하되는 것을 확인할 수 있는데 이는 실리카 안료량의 감소로 인한 무기안료와 원지의 영향이 크게 증가하여 잉크젯 인쇄품질에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

인용문헌

1. Roper, J., Pigment coating and Surface sizing paper - Rheology of pigment slurries and coating formulations, TAPPI PRESS, Vol.11, (200).
2. Boylan, J.R, Using polyvinyl alcohol in ink-jet printing paper, Vol.80 (No.1) Tappi journal, pp. 68~70, (1997))
3. 고재웅, "Reprographic papers에서 종이의 wettability가 인쇄품질에 미치는 영향(상)", K. Tappi journal, 1994)
4. Gregory E. Kowalczyk, Ralph M. Trksak, "Image analysis of ink-jet quality for multi use office paper", VOL. 81 : NO. 10 TAPPI JOURNAL, (1998)
5. 원종명, "종이의 광학적 성질", 광일문화사, p. 424, (1996)