

# 실리카의 입자 크기가 잉크젯 인쇄품질에 미치는 영향

주동석 · 김효정 · 이희명 · 이용규

강원대학교 제지공학과

## 1. 서론

현재 잉크젯 프린터의 기술은 1991년 300×300 dpi의 해상도를 가지는 잉크젯 프린터의 보급이 시작된 이후 2003년도에는 4,800×1,200 dpi의 해상도를 가지는 프린터가 출시되고, 프린터의 가격 또한 상당한 수준으로 낮아지는 등 잉크젯 프린터의 기술혁신은 상당한 것으로 알려져 있다<sup>1)</sup>. 저렴한 비용으로 고품질의 컬러 인쇄물을 얻기 위해서는 이러한 프린터의 기술혁신 뿐만 아니라 잉크 및 피인쇄체의 개발과 연구가 수행되어야 한다.

잉크젯 프린터에 사용되는 수성염료잉크의 경우 60~90%의 수분을 함유하고 있다. 잉크가 종이 위에 충돌할 때 증발, 침투, 확산이 동시에 진행되면서 수성염료잉크가 건조된다. 이때 수성염료잉크가 어떻게 건조되는가가 인쇄용지의 인쇄품질에 지대한 영향 인자로 작용하게 되는데, 이상적인 측면으로는 수성염료 잉크 내에 존재하는 염료가 종이 표면에 원형의 형태로 많이 잔류하여 선명한 색상을 발현할 수 있어야 하고, 수분은 인쇄용지 내부로 빠르게 침투·건조되어 수성염료잉크가 평면방향으로 번지는 것을 방지할 수 있어야 한다<sup>2,3)</sup>.

잉크젯 용지의 특성을 발현하기 위해서는 강한 친수성으로 수성잉크와의 친화성을 향상시키고, 다공성을 가지는 도공층을 형성하여 잉크의 흡수를 개선시켜야 하기 때문에 실리카계 안료가 주로 사용되고 있으나, 특수한 바인더를 사용해야하는 제약과 도공액의 유동성이 불량한 단점으로 작업성, 주행성 측면에서 여러 가지 문제점을 가지고 있다<sup>4)</sup>.

본 연구에서는 일반적으로 사용되는 실리카 안료의 입자크기를 제어하여 잉크젯 용지에서의 흡수거동과 인쇄특성을 평가하였다. 실리카 입자크기 및 혼합에 따른 잉크젯 인쇄특성을 도공지의 표면 및 내부특성과 흡수특성과의 상관관계에서 도출하고자

수성잉크와의 접촉각, 망점의 진원도 및 광학적 농도를 측정하였다.

## 2.재료 및 방법

### 2.1공시재료

#### 2.1.1 도공안료 및 바인더

본 실험에 사용된 안료는 실리카의 입자크기를 제어하여 제조하였으며, 이들의 기본 특성은 Table 1에 나타내었다. 또한, 이들 안료의 형상은 전자주사현미경(FE-SEM)을 이용하여 촬영하여 Photo 1에 나타내었다. 바인더로는 PVA(PVA-117, KURARAY, Japan)을 사용하였다.

Table 1. The properties of precipitate silicas.

Type	Product	Designation	Mean size( $\mu\text{m}$ )	Oil absorption (DOP;ml/100g)
Precipitate	HP 34M	Silica A	2.27	349
	T34K	Silica B	3.4	336
	T43K	Silica C	10.3	329
	T38	Silica D	14.0	326

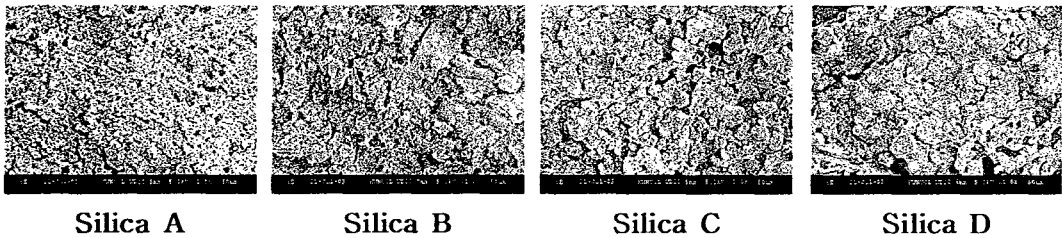


Photo 1. Scanning electron micrographs(SEM) of coating pigments.

#### 2.1.2 기타첨가제

안료의 분산을 위해 분산제(WJ-400, Woo Jin)을 사용하였으며, 도공액의 pH를 조절하기 위해서 NaOH(10%)를 사용하였다.

## 2.2. 실험방법

### 2.2.1 도공액의 제조

실험에 사용된 도공액은 각 안료 100 part 에 PVA 30 part와 분산제 0.2 part를 첨가하여 고속교반기(Kady mill)로 교반하면서 완전한 분산이 이루어지도록 30분간 교반을 시키며 pH를 7.3±0.1로 조절하면서 잉크젯용 도공액을 제조하였다.

### 2.2.2 도공액의 물성측정

도공액의 점도측정은 Brookfield형 점도계(No.31 spindle, 60rpm)를 사용하여 측정하였고, 도공액의 pH는 pH meter(Metter Delta 340)를 사용하여 측정하였다.

### 2.2.3 도공지의 제조

도공량 8±1 g/m<sup>2</sup>으로 조절하여 반자동 K-control coater(No.2 bar)를 사용하여 원지 위에 편면 도공한 후 105°C 온도로 열풍건조기에서 30 초동안 건조하여 잉크젯 도공지를 제조하였다.

### 2.2.4 도공지의 분석

#### 가. 망점의 진원도 및 광학적 농도

도공지의 인쇄품질을 평가하기 위해서 도공지 위에 문자와 망점을 Epson 프린터와 HP프린터로 인쇄하였다. 망점의 형상과 진원도를 측정하기 위해서 화상분석기(BMI Plus, BumMI Universe Co., LTD)에 장착되어 있는 CCD camera를 광학현미경에 연결하여 촬영한 망점을 흑백영상으로 변환시킨 후, 변화된 흑백영상을 이치화된 영상으로 변환시켜 이치화된 영상의 색상을 반전시켜 최종적으로 반전된 망점의 면적과 망점의 원주길이를 측정하였다. 측정된 망점의 면적과 원주길이를 이용하여 식(1)에 대입하여 망점의 진원도를 구할 수 있다.

$$\text{Shape Factor} = 4\pi \times (\text{area}) / (\text{perimeter})^2 \quad (1)$$

여기서, area는 망점의 면적을 나타내고, perimeter는 망점의 원주길이를 의미한다. 이때, 망점의 진원도는 망점의 형태가 원에 가까울수록 1의 값을 나타내고 직선에 가까울수록 0에 가까운 값이 나타난다<sup>5)</sup>.

광학적 농도(Optical density)를 측정하고자 D196 Densitometer(Gretag, Switzerland)

를 사용하여 측정하였다. 광학적 농도는 도공층 표면에 잔류하는 염료의 고형분 농도와 밀접한 관계가 있는데, 입사각에 100%반사할 때, Optical density 값은 0, 입사각의 10%를 반사할 때, 1의 값을 갖고 입사각의 1%를 반사할 때 2의 값을 가진다<sup>6)</sup>.

#### 나. 접촉각 측정

인쇄용지의 흡수특성은 젖음성(wettability)과 침투성(penetration)으로 나눌 수 있다<sup>7)</sup>. 일반적으로 액체와 고체의 흡수특성을 평가하는 방법인 접촉각 측정이론을 이용하여 잉크젯 도공지와 수성잉크의 흡수특성을 평가하였다. 낮은 접촉각은 높은 젖음특성과 높은 표면에너지를 나타내고, 높은 접촉각은 낮은 젖음특성과 낮은 표면에너지를 나타낸다. 접촉각은 접촉각 측정기(SEO Phoenix 300)를 이용하여 측정하였으며, 측정된 접촉각은 식(2)에 나타낸 Young's equation으로 나타낼 수 있다<sup>8,9)</sup>

$$\cos \theta = (r_s - r_{sl}) / r_l \quad (2)$$

### 3.결과 및 고찰

#### 3.1 실리카의 입자크기가 도공지의 인쇄특성에 미치는 영향

입자크기가 다른 Silica A~D를 이용하여 제조한 도공액의 점도를 측정하여 Table 2에 나타내었다. 입자크기가 커질수록 점도의 저하를 나타내었는데, 이것은 입자크기가 작은 안료의 비표면적이 상대적으로 크기 때문이라고 생각된다. 각각 제조된 실리카계 도공지의 흡수특성을 평가하기 위하여 시간경과에 따른 접촉각을 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 실리카의 입자크기가 커질수록 수성잉크의 초기 접촉각이 낮아지는 경향을 발견할 수 있었으며, 접촉각의 경시변화는 입자크기가 작을수록 큰 경향을 나타내었다. 잉크젯 도공에 있어서 초기 접촉각은 잉크의 번짐을 최소화하기 위해 커야되며, 접촉각의 초기 변화도 클수록 우수한 흡수특성 및 인쇄특성을 나타내게 된다<sup>3)</sup>. Silica A와 B의 경우 상대적으로 높은 초기 접촉각 및 빠른 접촉각의 경시변화를 나타내고, Fig. 2, 3 및 Photo 2에 나타낸 망점의 진원도에서도 높은 재현성을 나타내는 것을 알 수 있다.

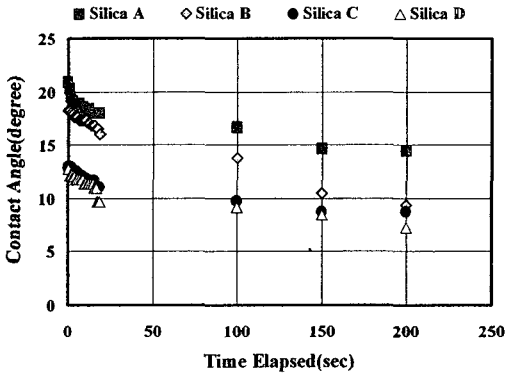


Fig. 1 Contact angle of coated paper with time elapsed.

있는 상태로 존재한다. 본 연구에서 사용한 Epson stylus II와 HP deskjet은 각각 염료잉크와 안료잉크를 사용하는 프린터로서 안료잉크를 사용하는 HP의 경우 도공층 표면에 안료성분이 잔류하게 되어 색을 발현하게 되는데, 실리카의 입자크기 즉, 도공층의 입자간 공극이 증가함에 따라 잔류하는 잉크의 양이 감소하기 때문에 광학적 농도가 저하된 것으로 생각된다.

흑색영역의 광학적 농도를 살펴보면 Epson 프린터의 경우에는 실리카의 입자크기에 따라 큰 변화를 나타내지 않았지만, HP 프린터로 인쇄한 경우 입자크기가 커짐에 따라 광학적 농도값이 감소되는 것을 알 수 있다. 일반적으로 잉크 제트에 사용되는 잉크는 색료성분으로 염료 또는 안료를 사용하게 되는데, 염료잉크의 경우는 색료성분이 용액상으로 존재하고 있지만, 안료잉크의 경우 수백 nm의 크기를 가지는 안료입자가 분산되어

Table 2. The properties of the coating color.

Silica type	Viscosity(cps)	Solids Content(%)	pH
Silica A	1883	16.3	7.35
Silica B	1115	15.7	7.33
Silica C	1056	16.3	7.32
Silica D	416	15.4	7.35

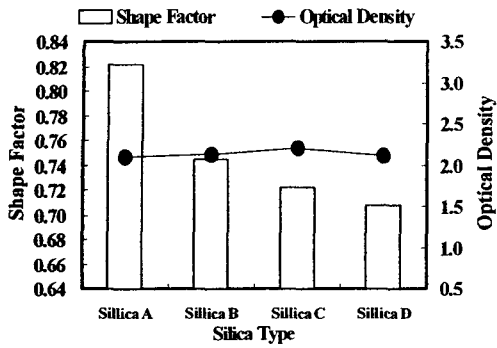


Fig. 2 Shape factor and optical density of the coated paper(Epson).

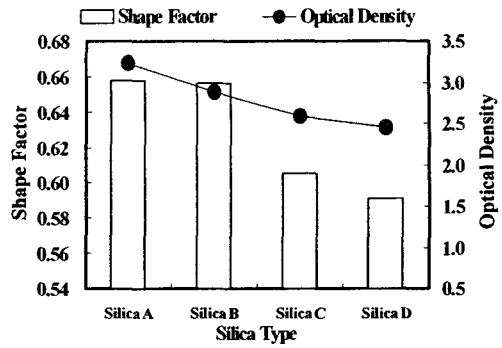


Fig. 3 Shape factor and optical density of the coated paper(HP).

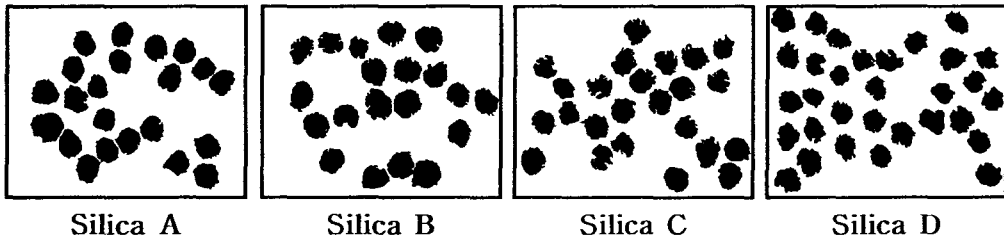


Photo. 2 Dot shape on coated paper according to the size of silicas.

### 3.2 실리카의 혼합비율이 도공지의 인쇄특성에 미치는 영향

실리카의 입자크기에 따른 도공지의 흡수특성 및 인쇄특성을 바탕으로 실리카의 입자크기 가장 작은 Silica A와 입자크기가 가장 큰 Silica D를 일정한 배합비율로 혼합하여 도공액을 제조하였으며, 그 특성을 Table 3에 나타내었다.

Table 3. The properties of the coating color

Silica A : Silica D	Viscosity(cps)	Solids Content(%)	pH
100:0	1883	16.3	7.35
80:20	1373	15.4	7.25
60:40	924	14.6	7.30
40:60	689	15.6	7.24
20:80	512	15.1	7.31
0:100	416	15.4	7.35

Silica A를 기준으로 Silica D의 배합비율이 증가함에 따라 도공액의 점도는 감소하는 경향을 나타내는 것을 알 수 있다. 일반적으로 입자의 형상이 동일한 안료일 경우, 단일분산계보다 2분산계(bimodal dispersion)쪽이 입자간의 자유공간이 많기 때문에 점도가 낮아지며 건조상태에서 최밀 충전이 가능해지는 것으로 알려져 있다<sup>10)</sup>. 본 결과값을 볼 때, 2분산계에 있어서 현격한 점도저하를 나타내지는 않았지만, Silica D로 갈수록 점도의 저하폭이 작아지는 것으로 볼 때, 이러한 2분산계 이론에 어느 정도 일치하고 있는 것으로 생각된다.

실리카의 배합에 따른 망점의 형상을 Photo 3에 나타내었으며, 망점의 진원도 및 광학적 농도를 평가하여 Fig. 4, 5에 나타내었다. 흡수특성 및 인쇄특성이 불량한 Silica D의 배합비율이 증가함에 따라 망점의 진원도 및 광학적 농도값이 비례적으로 저하되는 것을 알 수 있다. 또한 HP 프린터로 인쇄한 부분의 광학적 농도를 살펴보면 Silica D가 20 part첨가되었을 때, 급격하게 저하되는 것을 알 수 있는데, 이 부분이 도공층의 공극으로 안료잉크의 색료성분이 침투할 수 있는 임계점으로 작용하였을 것으로 생각된다.

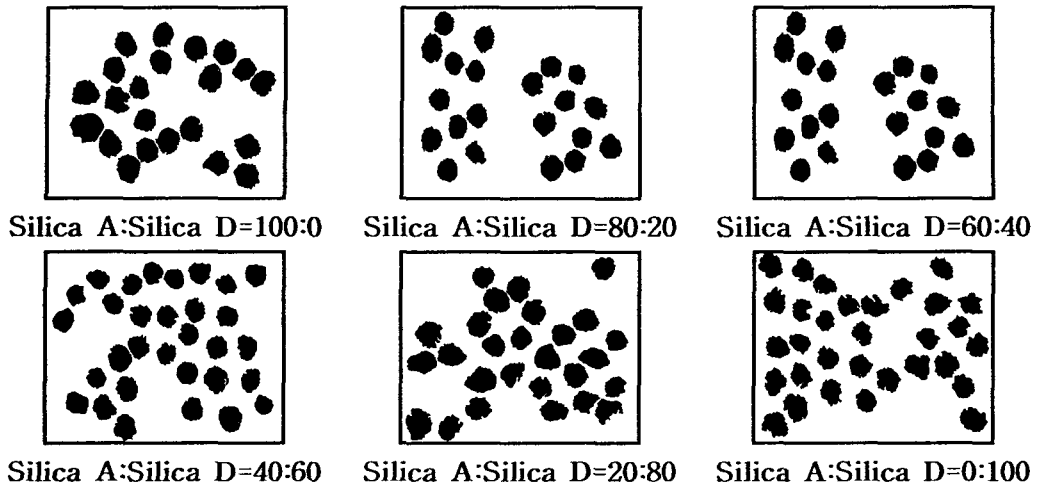


Photo. 3 Dot shape on coated paper according to the blending ratio of silicas.

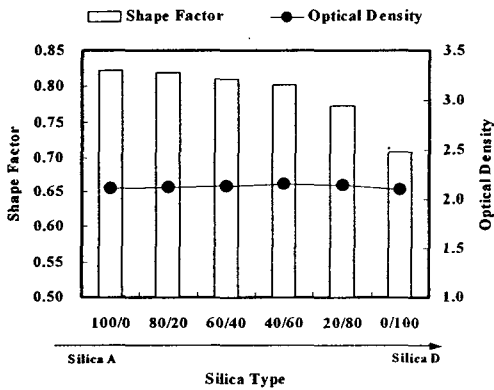


Fig. 4 Shape factor and optical density of the coated paper (Epson)

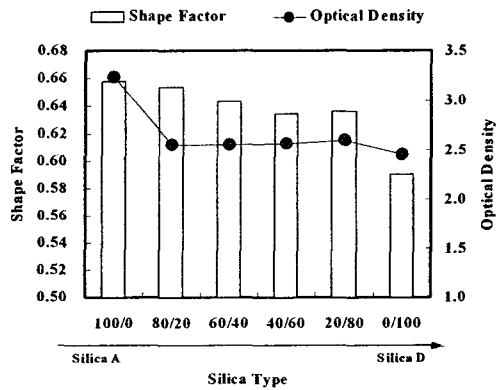


Fig. 5 Shape factor and optical density of the coated paper(HP)

#### 4. 결 론

본 연구에서는 입자크기를 제어한 4종류의 실리카를 이용하여 입자크기 및 혼합비율



에 따른 잉크젯용 도공지의 흡수특성 및 인쇄품질을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

실리카계 안료의 입자크기가 작아질수록 도공액은 높은 점도를 나타냈으나, 높은 초기 접촉각과 빠른 접촉각의 경시변화를 나타내어 높은 진원도의 망점을 재현할 수 있었다. 또한 입자크기가 큰 안료를 일정 비율로 혼합한 결과 도공액의 점도를 저하시킬 수 있었지만 실리카 입자의 비표면적 감소와 도공층의 공극변화에 따라 번짐이 큰 인쇄품을 나타내었다. 또한 수성잉크 내에 존재하는 색재의 특성에 따라 그 흡수거동이 상이함을 망점의 진원도 및 광학적 농도로 확인할 수 있었다.

## 인용문헌

- 1) D. Glittenberg, A. Voigt and D. Donigian "Novel pigment-starch combination for the online and offline coating of high-quality inkjet papers"
- 2) "고품질 잉크젯 인쇄를 위한 종이의 기본적 과제", The paper industry journal 311(8) : p.75-79, 1998
- 3) Gemma Morea-Swift, Helen Jones, "The use of synthetic silicas in coated media for ink-jet printing", 2000 TAPPI Coating Conference and Trade Fair.
- 4) John R. Boylan, "Using polyvinyl alcohol in ink-jet printing paper" TAPPI JOURNAL, p.68 1997
- 5) Gregory E. Kowalczyk and Ralph M. Trksak, "Image analysis of ink-jet quality for multi use office paper", VOL81:NO.10 TAPPI JOURNAL, 1998
- 6) "Papermarking science and technology", TAPPI PRESS Book 13, p.33 1998
- 7) 고재웅, "Reprographic papers에서 종이의 wettability가 인쇄품질에 미치는 영향 (하)", K. Tappi journal, 1994
- 8) Leo Neimo, "Internal sizing of paper", Chapter 7 in Papermaking Chemistry, Book 4, Papermaking Science and Technology, p.152-158, 1999
- 9) Heimenz, P. C., "Surface Tension and Contact Angle", Chapter 6 in Principles of Colloid and Surface Chemistry. pp. 287~352, 1986
- 10) 室井宗一, 紙塗工, 高分子ラテックスの應用, 高分子刊行會, 第 IV章, pp. 107-108, 1992