

도공층 공극과 인쇄적성에 관한 연구(제2보)

- 안료의 입자형태가 미치는 영향 -

김 창 근¹⁾ · 이 용 규²⁾

¹⁾ 신호제지(주) 신탄진공장 · ²⁾ 강원대학교 제지공학과

1. 서 론

도공지의 인쇄적성은 도공지의 제조방법 뿐만 아니라 사용되는 원료에 따라서 큰 차이를 나타낸다. 즉 피인쇄체로서 종이의 인쇄적성으로는 평활도, 불투명도, 광택도, 백색도, 유연성, 압축성, 표면강도, 표면 pH, 내부결합력 등을 들고 있으며, 작업성으로는 종이의 신축, 탈립, 휨, 인장강도, 정전기 등의 문제를 들고 있다.

도공지의 특성을 결정짓는 가장 중요한 요소중의 하나인 도공층의 구조는 도공액의 90% 이상을 차지하는 안료와 바인더의 상호작용에 의해 결정지어지게 된다. 즉, 안료의 형태와 크기 및 패킹을 등이 도공층의 공극특성에 크게 영향을 미치게 된다. 특히 종이의 유체흡수성은 인쇄공정뿐만 아니라 접착제의 도피 및 기타 후가공시 종이가 접하는 다양한 유체와의 상호 작용 등과 같은 작업성 및 품질에도 중대한 영향을 미친다. 따라서 도공층의 공극율, 공극의 크기 및 분포, 공극의 수 그리고 공극의 형상 등이 인쇄작업성으로 중요시되는 뒷물음과 밀접한 관계가 있는 잉크건조성, 잉크의 흡수속도 등에 영향을 미칠 뿐만 아니라 잉크 보유성(Ink Hold-out)에 따른 인쇄후 인쇄품질을 나타내는 인쇄광택(Printing Gloss) 등에도 중대한 영향을 미친다. 한편 이는 인쇄공정의 관점에서 보게되면 생산성 및 작업성과 밀접한 관계가 있는 인쇄기의 속도 및 잉크 소모량과도 밀접한 관계가 있다.

모세관 즉 도공층의 공극으로 유체의 침투 또는 흐름은 Lucas-Washburn식으로 설명할 수 있으며 이를 변형하면, t시간 경과후에 공극에 채워지는 유체의 양은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} V &= N\pi R^2L \\ &= N\pi R^2\sqrt{R\gamma\cos\theta t / 2\eta} \\ &= \frac{\varepsilon}{\tau} \sqrt{R\gamma\cos\theta t / 2\eta} \text{ 로 나타낼 수 있다.} \end{aligned}$$

즉, 잉크의 공극내로 침투하는데 있어서 공극의 수(N)가 많을수록, 직경(R)이 클수록, 공극율(ε)이 높을수록, 접촉각 θ 값이 작을수록, 표면장력(γ)이 클수록, 유지시간(t)이 길수록 잉크의 침투량이 증가한다. 반대로 잉크의 점도(η)가 높을수록, 모세관

의 형상에 따른 Tortuosity Factor(τ)가 클수록 감소하게 된다. 그리고 위의 Tortuosity는 적용한 안료의 형태와 크기 및 분포에 따라 결정지어지게 된다.

따라서 본연구에서는 입자의 형태가 서로 다른 4종류의 안료를 이용하여 입자의 형태에 따른 도공지의 특성과 인쇄적성의 상관관계에 대해서 알아보려고 하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 안료

Table 1. Properties of Pigments

Grade of Pigments	Median Dia. (μm)	Modal Dia. (μm)	2 μm Under (%)	Commercial Name
NO. 1 Clay	0.42	0.596	94.4	α -Gloss TM
GCC ^{a)}	0.71	1.06	92.9	KFMT-90 TM
PCC ^{b)}	0.68	0.63	93	Tamaparl-123 TM
Delaminated Clay	0.72	0.75	80.8	Nuclay TM

* ^{a)}GCC : Ground Calcium Carbonated * ^{b)}PCC : Precipitated Calcium Carbonated

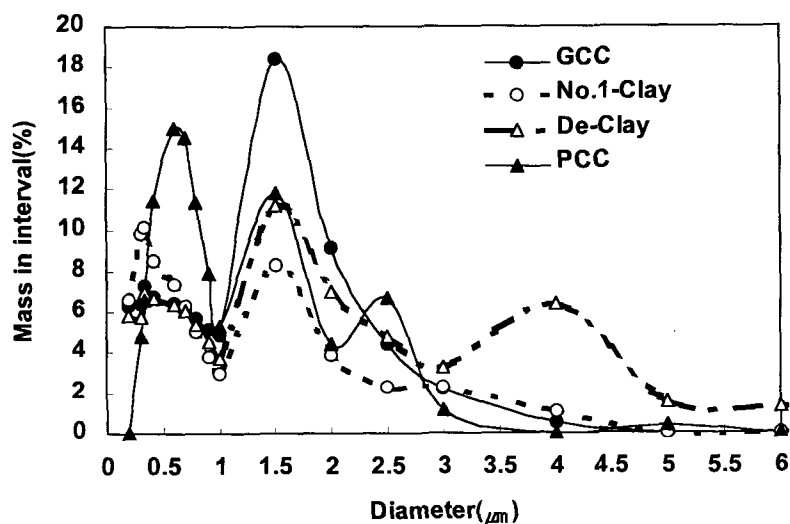


Fig.1 Particle size distribution of pigment

2.2 실험 방법

2.1 도공액 조제

Table 2. Formulation of coating colors (Unit:ppt)

Pigment	Binder	Lubricant	Insolublizer	Thickener
100	13	0.5	0.3	0.2

2.2.2 도공지 제조

45° Blade가 장착된 CLC코터(Cylindrical Laboratory Coater)를 이용하여 850m/min의 속도로 도공량 15g/m²으로 맞추어 편면 도공지를 제조하였다. 실험실 슈퍼카렌더를 사용하여 선압 50kg/cm, 온도 70℃에서 10m/min의 속도로 4회 통과 시켜 물성측정, 인쇄적성 실험을 위한 재료 및 공극측정용 시료로 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 안료의 입자크기가 도공액 특성 미치는 영향

3.1.1 도공액의 물성

Table 4. Properties of coating colors

Pigments	Viscosity (cPs)	pH	Solid Content (%)	Water Retention (g/m ²)	Sedimentation Vol.*
GCC	1860	9.31	65.2	185	60.9
NO. 1 Clay	2430	9.30	65.1	103	66.5
Delaminated Clay	2670	9.32	64.7	112	66.8
PCC	1980	9.31	58.1	264	73.6

* Sedimentation Volume은 농도를 58.1%로 조정하여 측정함.

3.2 안료크기가 도공지 물성에 미치는 영향

3.2.1 평활도와 백지광택

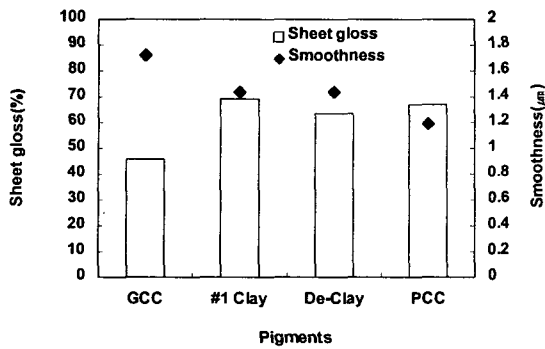


Fig. 2 Sheet gloss and smoothness of coated paper

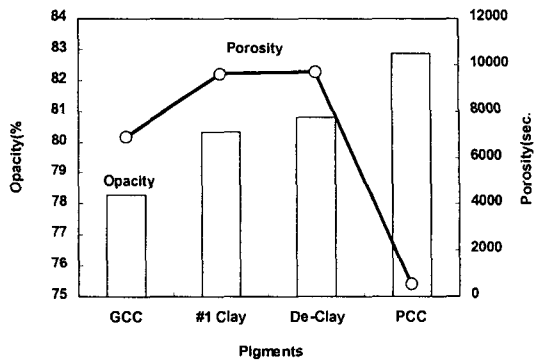


Fig.3 Opacity and porosity of coated paper

평활도는 PCC > No.1 Clay = De-Clay > GCC의 순으로 우수한 결과를 보였으며, 백지광택은 No.1 Clay > PCC > De-Clay > GCC의 순으로 우수한 결과를 보였다.

3.2.2 불투명도와 투기도

불투명도는 PCC > De-Clay ≥ No.1 Clay > GCC의 순으로 우수한 결과를 보였으며, 투기도는 De-Clay ≥ No.1 Clay > GCC > PCC의 순으로 높은 결과를 보였으며 특히 PCC가 매우 낮은 결과를 보이고 있다. 이는 입자의 형태 및 크기가 균일하여 Bulky한 구조를 보였기 때문이라 사료된다.

3.3 안료의 입자크기가 도공지 공극에 미치는 영향

3.3.1 Total Intruded Volume 와 공극수

공극율은 PCC > De-Clay = No.1 Clay > GCC의 순으로 높은 결과를 보였으며, 반면에 공극수는 No.1 Clay > GCC > De-Clay > PCC의 순으로 많은 결과를 보이고 있다. 이는 위 Table 4의 결과와도 일치하는 것이다. 그리고 PCC의 경우 공극율은 가장 높았으나 공극수가 가장 적은 것은 입자의 형태 및 크기가 균일하여 Bulky한 구조를 보였기 때문이라 사료된다.

3.3.2 공극직경

도공지의 공극직경을 보면 GCC는 0.13μm, No. 1 Clay는 0.07μm와 0.3μm, De-Clay는 0.1μm와 0.39μm, PCC는 0.13과 0.32 일 때 최대 공극율을 보이고 있다. 그리고 비교적 안료 입자가 작은 No. 1 Clay가 작은 공극을 많이 함유하고 있는 경향을 보이고 있으며, 적용한 안료 입자가 균일한 PCC가 큰 공극을 많이 함유하고 있다.

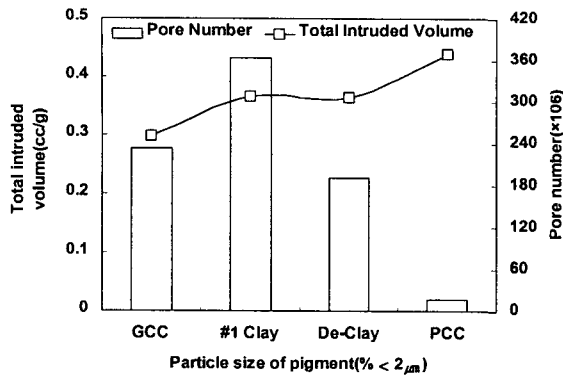


Fig.4 Total intruded volume and the number of pore

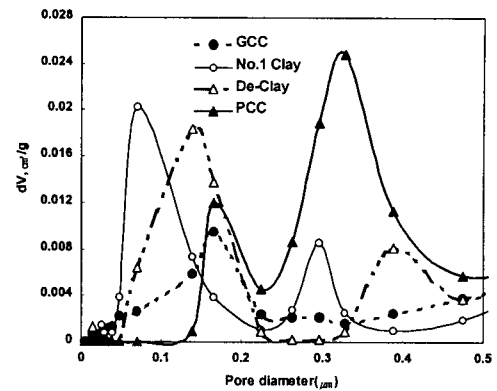


Fig. 5 Pore size by Hg porosimetry.

3.4 안료의 입자크기가 인쇄적성에 미치는 영향

3.4.1 잉크 전이량과 인쇄광택

Abrams 등은 Mercury Porosimeter를 이용하여 도공지의 공극직경을 측정 한 결과 1급 Clay를 적용한 도공지의 평균 공극직경은 $0.1\mu\text{m}$ 이하였고, 2급 Clay를 적용한 도공지의 경우는 $0.2\mu\text{m}$ 이하였다는 연구결과를 발표하였다⁴⁾. 따라서 지금까지의 연구를 종합해 볼 때 도공층의 공극직경은 $0.02\sim 1.0\mu\text{m}$ 로 알려져 있다.

Table 5. Properties of printabilities

Grade of Pigments	GCC	No.1 Clay	De-Clay	PCC	Remark
Weight of ink transferred	7.20	6.51	6.81	6.75	g/m^2
Weight of damping water transferred	18.4	17.8	16.9	19.8	g/m^2
Weight of ink and damping water transferred	21.51	20.28	18.47	26.25	g/m^2
Weight of ink transferred on the damping water transferred	3.11	2.48	1.57	6.45	g/m^2
Paper Gloss	45.6	69.1	63.5	67.1	%
Printing Gloss	69.8	76.1	78.3	77.0	%
SNAP	53.1	10.1	23.3	14.8	%

잉크전이량과 공극율은 제1보의 결과와 달리 특이한 관계를 보이지 않았다. 이는 적용한 안료의 형태가 서로 다르고, 이에 따라 공극의 형태도 달라지기 때문에 잉크의 흡수거동도 영

향을 받을 것으로 사료된다. 본 실험은 동일조건에서 동일한 잉크를 사용하였을 뿐만 아니라, 인쇄시 같은 물리적인 인압이 가해지기 때문에 잉크나 습수가 종이와 접촉시 접촉각과 표면장력의 차이를 무시할 수 있으며, 접촉시간이 동일하고 잉크의 점도가 같으므로 위 서론에서 제시한 식은

$$V = \frac{N\epsilon\sqrt{R}}{\tau} \text{ 으로 나 타낼 수 있다.}$$

즉, 도공층의 잉크 흡수량은 공극율이 높을수록, 공극의 수가 많을수록, 모세관 또는 공극의 직경과 비례관계를 보이게 된다.

3.4.2 잉크세트성

잉크 세팅은 안료의 종류에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 잉크전이량이 가장 적은 No. 1 Clay가 매우 빠른 특성을 보였으며, 전이량이 가장 많은 GCC가 제일 늦은 특성을 보이고 있다. 그러나 No. 1 Clay, De-Clay 그리고 PCC가 잉크전이량의 차가 크지 않음에도 불구하고 잉크세트성에서 차이를 보이는 것은 공극의 형태에 따른 차이로 사료 된다. 백지광택이 높고 평활성이 좋음에도 불구하고 인쇄광택이 큰 차이를 보이지 않는 것은 잉크의 비휘발성분이 빠르게 침투하여 전이된 잉크가 Leveling되지 않은 상태에서 잉크의 고정화가 이루어지기 때문이라 사료된다. 이는 급속한 잉크 tack의 증가는 잉크층의 leveling 효과를 떨어뜨린다는 Bousfield(1998)등과 Donigian (1996)등의 연구와도 같은 결과를 보였다.

3.4.3 K&N 잉크수리성

K&N 잉크는 종이 표면에 존재하는 모세관의 수와 크기 및 형태에 따라 모세관력, 즉 잉크 흡인력이 달라진다. 그림에서 보는 바와 같이 적용한 안료에 따라 K&N 잉크의 흡수도는 큰 차이를 보이고 있다. 이는 위의 일반 오프셋(Off-set) 잉크 전이량과 다소 다른 결과를 보이고 있다.

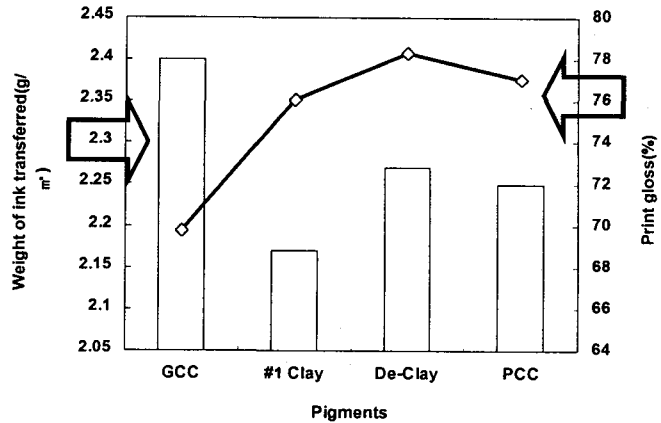


Fig.6 Weight of ink transferred and print gloss of coated paper

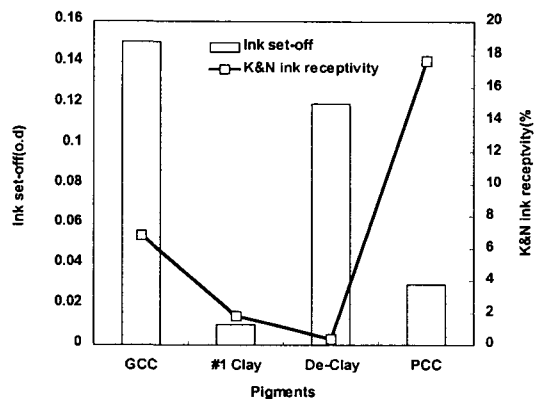


Fig.7 Ink set-off and K&N ink receptivity of coated paper

3.4.4 습수 흡수량과 잉크착육성

습수 흡수량은 공극율과 관계없이 안료의 형태에 따라 약간의 차이를 보이고 있다. 즉 PCC > GCC > No. 1 Clay > De-Clay의 순으로 감소하는 경향을 보였다. 그리고 잉크착육성도 같은 경향을 보이고 있다. 이는 전에 보고한 제1보와 반대의 결과를 나타내는 것이다. 즉 잉크착육성은 공극율과 공극의 수보다는 공극의 형태에 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

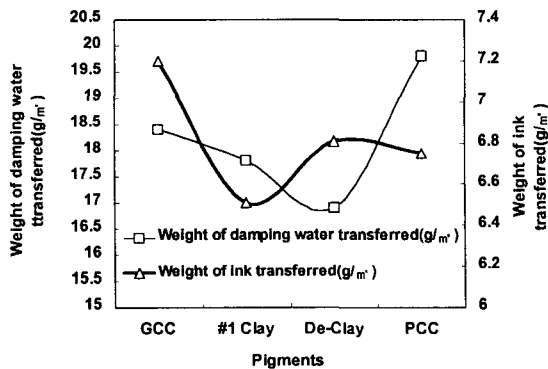


Fig.8 Relationship of damping water and ink transferred after wetting

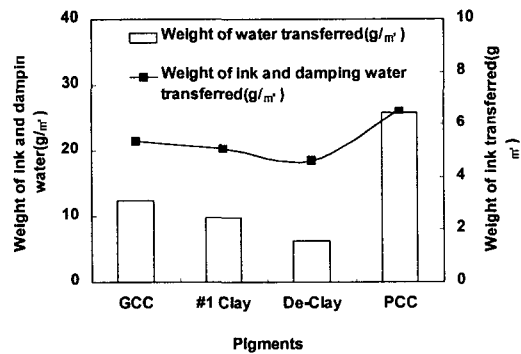


Fig.9 The result of ink and water transferred

4. 결 론

본 연구에서는 안료의 입자 형태가 서로 다른 4종류의 안료를 사용하여 도공한 후 안료의 입자크기 변화에 따른 도공지의 특성과 도공층의 공극특성 및 인쇄적성과의 상관관계에 대해서 알아보았다. 그 결과 결론은 다음과 같다.

1. 안료의 특성에 따라 도공액의 점도, 보수성 및 Sedimentation Volume등 차이를 보이고 있다.
2. 공극율은 입자의 형상과 공극수는 입자의 크기분포와 밀접한 관계가 있다. 특히 입자의 형태가 침상이면서 균일한 PCC가 공극율은 가장 높았으나 공극수는 가장 낮았다.
3. 적용한 안료의 형상이 틀릴 경우 공극율과 잉크전이량, 습수전이량, 잉크착육성, K&N 잉크수리성 및 잉크세트성등은 관계를 규정지으려면 공극의 형태, 공극수, 공극의 직경등을 고려해야 한다.
4. Mercury Porosimetry를 이용하여 도공층의 공극의 간접적인 형상을 구하는 것은 한계가 있었다.