

도공층의 공극성이 인쇄후 잉크의 잔류 거동에 미치는 영향

- 안료와 잉크의 효과 -

김병수*¹⁾ · 정현채*²⁾ · 박종열*³⁾

(2002년 6월 12일 접수; 2002년 8월 5일 채택)

Investigation on Relationship Between Pore Structure of Coating Layer and Ink Residual Behavior

- Focused on the Effect of Pigments and Inks -

Byeong-Soo Kim*¹⁾, Hyun-Chae Jung*²⁾ and Jong-Yawl Park*³⁾

(Received on June 12, 2002; Accepted on August 5, 2002)

ABSTRACT

This paper was performed to investigate the effect of pore structure on ink residual behavior. To prepare different coating structures as substrates against inks, fine, medium and coarse calcium carbonate were used in the coating color. It is well known ink properties can affect to print qualities. After printing on the coated paper, ink layer can consider as third structure addition to paper and coating layer. To compare effect of ink properties on the surface structure and print qualities, several properties of ink were also adopted as raw material.

Particle size of pigment effect on gloss evaluation of coated paper increased with calendering. It was shown that ink transfer rate increased as surface of the sample was smooth. The ink contained low viscosity resin evaluated more print gloss. Finer pigment particle size, smaller pore size and higher porosity. Pore volume of coated paper was slightly decreased with printing as the coating was prepared with the finest particle size. However, it founded that ink resin could not affect on pore volume and distribution of printed paper

Key words : Pore structure, coating layer, ink transfer, penetration

*1) 무림제지주식회사, MooRim Paper MFG, CO., LTD

† 주저자(Corresponding author): email:bskim@moorim.co.kr

*2) 순천대학교 생명과학부, SunCheon National Univerisity, College of Life Resourcecs

*3) 경상대학교 산림자원학부, GyeongSang National University, Division of Forest Sciences

1. 서론

도공층의 공극 구조에 따른 도공지의 특성과 이들의 변화가 인쇄 품질에 미치는 영향에 대한 많은 논의가 이루어져 왔다. 특히 도공지에 있어서 도공층의 공극 크기가 과대하게 될 경우 잉크의 바니쉬 성분에 대한 선택적인 과도 침투로 인해 잉크의 접착력이 소실되어 초킹과 같은 문제를 일으키기도 한다. 이와 같이 도공층을 구성하는 안료의 입도와 분포 그리고 접착제의 종류와 사용량 등은 도공층의 구조를 결정하는 주요 인자로서 인쇄품질과 밀접한 연관성을 가지게 된다.

도공지의 횡단면 구조를 살펴보면 원지를 제 1층, 도공층을 제 2층이라 할 수 있으며, 이중 도공의 경우 원지에 이어 1차 도공층이 제 2층, 2차 도공층이 제 3층으로 이루어 진다. 일반적으로 종이 도공에 있어서 원지는 종이 자체로만 생각할 수 있지만 도공층 구조의 측면으로 바라본다면 하위의 모든 층은 상위 층에 대한 원지(substrate)의 역할을 수행하게 되어 이들의 구조적 특성이 상위 층의 구조 형성과 표면 특성에 밀접한 영향을 미친다고 볼 수 있다.

원지의 특성이 도공층에 미치는 영향을 살펴보면 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 먼저 원지의 기계적 특성이 도공층에 미치는 영향과 화학적인 특성에 따른 효과를 살펴볼 수 있으며, 원지의 기계적 특성으로는 다수의 섬유로 이루어진 표면 공극의 형태와 Z 방향으로의 모세관력 등이 있다. 또한 화학적인 특성으로는 원지의 원료 혼합에 첨가되는 내침 사이즈제와 사이즈 프레스 등과 같이 1차 건조 후 전분과 함께 부착되는 외침 사이즈제로 인한 입계 접촉각 변화에 따른 수용성 물질의 내부 침투 거동의 변화가 있다. 그러므로 모든 형태의 원지가 가지는 기계·화학적 특성이 최상위에 부가되는 도공층에 영향을 미친다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 도공층의 공극 구조에 따른 잉크의 잔류거동과 인쇄 특성을 파악하기 위해 입자의 크기가 서로 다른 중질 탄산칼슘을 주안료로 하여 도공 한 후 잉크의 구성성분을 달리하여 제조한 잉크를 이용함으로써 이들간의 상호 연관 효과를 파악하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 시험에 사용된 안료는 도공층의 공극 크기와 분

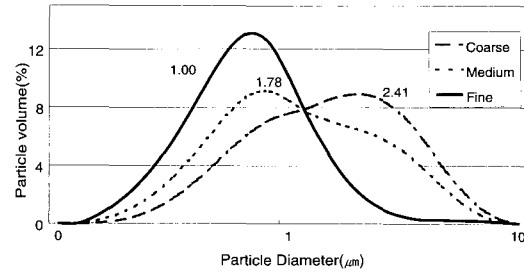


Fig. 1. Particle size distribution.

포에 따른 효과를 파악하기 위해 안료의 크기 및 분포가 다른 세 종류의 중질 탄산칼슘을 사용하였으며, 이들의 입도 분포는 Fig. 1에 나타내었다. 도공지의 제조에 사용된 접착제는 종이 도공용 S/B 라텍스를 적용하였다. 그리고 도공층의 공극성에 따른 잉크의 잔류거동을 알아보기 위해 실험실적으로 제조된 옅색 잉크로써 잉크에 배합된 레진의 분자량과 함량을 달리하여 공시 잉크로 사용하였다.

2.2 실험 방법

도공층의 공극 특성을 달리하기 위해 선택된 세 종류의 탄산칼슘을 사용하고 라텍스와 물을 사용하여 적절한 유동성을 부여한 뒤 제조하였고, 제조된 도공액의 보수성과 유동성 측정 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다.

Table 1. Properties of coating color

Items	Unit	Coarse	Medium	Fine
Water Retention	g/m ²	341	306	278
B.F viscosity	cPs	188	362	818
T.S.C	%	61.5	61.6	62.7

Table 1과 같은 특성을 나타낸 도공액을 실험실용 로드(rod)를 사용하여 도공량이 15, 20, 25g/m²이 되도록 하였으며, 이때 원지로는 상업용 wood free 80g/m²를 사용하였다. 이렇게 제조된 도공지를 RI형 인쇄시험기(아키라, 일본)를 사용하여 도공층의 구조적 특성에 따른 잉크의 잔류 거동을 파악하였다. 인쇄 시험 전후의 무게로부터 다음 식과 같이 잉크 전이량을 계산하였다.

Ink transfer (g/m²) = W_i - W_s 식 1)
 여기서, W_i : Basis weight of printed sample
 W_s : Basis weight of substrate

상기의 여러가지 조건으로부터 제조된 도공지와 인쇄 후 도공지는 각각의 조건에 따른 공극성의 변화를 분석하기 위해 Mercury Porosimeter(Pore sizer 932, Micrometrics사, 미국)를 이용하여 공극성을 파악하였다.

을 미치는 것으로 알려져 있다. 물론 안료의 입자 크기에 대한 적절한 접착제 투입량의 조절이 없는 상황에서는 안료 입자의 크기가 증가할수록 표면적 감소와 함께 접착제 소요량이 감소하게 되어 잉여의 접착제는 결국 과다한 필름을 형성함으로써 오히려 공극을 폐쇄시킬 수 있다는 점에 유의해야 한다. 동일한 잉크량이 전이되고 원지의 공극성이 발달해 있을 경우 잉크의 건조성은 빨라지겠지만 이에 따른 잉크 레진의 침투에 의한 소실로 인쇄 광택이 감소하게 된다.

3. 결과 및 고찰

3.1 도공지의 표면특성

세 종류의 중질 탄산칼슘을 사용하여 제조된 도공지의 표면 특성은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 사용된 안료의 평균 입자 크기가 증가할수록 표면 공극이 발달하는 것을 알 수 있다. 표면 거칠도와 공극성의 발달은 이들의 표면에 부착된 잉크가 솔벤트의 침투와 휘발을 의해 고형화 되기 전에 이들 성분의 침투 거동에 영향

3.2 광택 발현

도공층의 공극구조 중에서 특히 표면 구조의 경우 정밀한 공극 분석기로 분석하기 전에 간단한 방법으로 간접적인 확인을 할 수 있는 방법은 백지 상태의 샘플 표면에 대한 광산란계수의 측정이나 K&N 잉크 흡수성 또는 인쇄후 인쇄 광택도로부터 판단하는 것이다.

Table 2 에서는 입자의 크기가 다른 중질 탄산칼슘을 사용하여 도공량을 15g/m²에서 25g/m²까지 증가시키면서 제조된 도공지의 표면 거칠도의 결과를 나타낸 것으로 광택 처리 전후의 거칠도를 알 수 있다. 이 결과에서 보는 바와 같이 광택 처리전의 경우 안료 입자의 크기가 작아질수록 표면 거칠도가 낮아지지만 광택 처리 후에는 이러한 효과가 감소된다는 것을 알 수 있다. 이는 광택 처리시 종이에 가해지는 압력과 마찰로 인하여 세 종류의 안료 입자 차이에 의한 미세 거칠도의 효과가 안료간의 팩킹률 증가로 인해 소실되었다는 것으로 알 수 있다. 그러나 비록 광택 처리 후 표면 거칠도가 크게 변화하지는 않았지만 도공지의 표면이 광택 과정을 거치는 동안에 안료 입자의 입도가 미세해 질수록 표면 팩킹률 증가와 광산란 계수의 증가가 일어난다는 것으로 알 수 있으며, 도공량이 높아 질수록 그 효과도 증가한다는 것을 나타내고 있다.

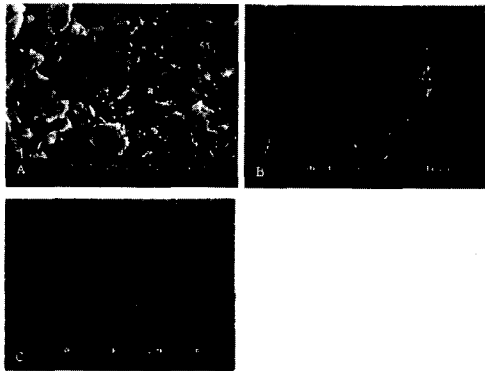


Fig. 2. Photo micro graphics of coated paper with coarse(A), medium(B) and fine(C) calcium carbonate

Table 2. Roughness evaluation results according to particle size, coating weight and calendering

Items		Before Calendering			After Calendering		
		Coarse	Medium	Fine	Coarse	Medium	Fine
Coating	15gsm	4.40	4.24	4.08	1.83	1.88	1.85
	20gsm	3.98	4.13	3.82	1.76	1.73	1.72
	25gsm	3.92	4.00	3.65	1.71	1.75	1.67

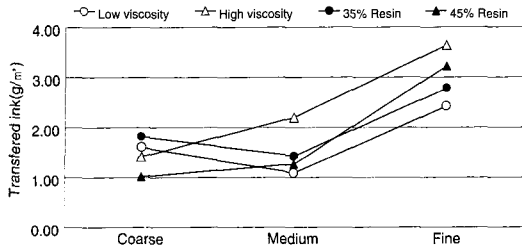


Fig. 3. Effect of particle size on ink transfer. (15gram coating weight)

3.3 잉크잔류 거동

동일한 인쇄 조건에서 입자의 크기가 서로 다른 세 가지 종류의 안료를 사용하여 잉크의 전이량을 조사하였다. 비록 짧은 시간동안 잉크 롤에서 피인쇄체로 잉크가 전이 되지만 피인쇄체의 표면 거칠도와 구조적 차이에 따라 잉크의 전이량이 달라 질 수도 있다는 가정을 하였다. Fig. 3에서는 입자의 크기와 잉크의 종류를 달리했을 때 잉크의 전이량 결과를 나타낸 것이다. 이 결과에서 보는 바와 같이 안료 입자의 크기가 미세해 지고, 잉크에 적용된 레진의 분자량이 높을 때 잉크의 전이량이 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 도공량이 증가할수록 도공층의 부동화가 천천히 진행되며 이 결과 빠른 부동화점을 지나는 도공층에 비해 공극성이 저하되며 이 결과 인쇄 낚하에서 발생하는 잉크의 전이량도 감소될 것으로 예측된다. 이는 도공량의 감소가 다소 공극성이 풍부한 도공층을 형성하는

것은 사실이지만 상대적으로 도공량이 증가하게 될 경우 절대적인 공극량이 증가할 것이기 때문이다.

3.4 잉크에 의한 도공층의 공극 변화

인쇄된 도공지의 횡단면 구조를 살펴보면, 단일 도공(single coating)은 원지를 지지체로 하여 도공층이 형성되어 있고, 이중 도공(double coating)의 경우에는 1차 도공이 2차 도공의 지지체를 담당하는 구조로 이루어져있다. 단일도공에서 원지의 공극성이 도공층 구조에 미치는 영향은 이중 도공에서 1차도공이 2차 도공의 도공층 구조에 미치는 영향과는 다소 차이가 있을 것으로 판단된다. 지지체와 최종 구조체간의 공극성은 Fig.4 및 5와 같이 표현 할수 있다. Fig.4에서 보는 바와 같이 단일 도공후 인쇄된 경우 전체 공극량은 원지의 공극, 도공층의 공극 그리고 잉크층이 지나는 공극을 합한 값에서 각 구성층 간의 임계면에서 발생하는 수용성 또는 미립자의 충전효과로부터 잠식당한 임계면의 공극을 제한 것이 된다. 원지의 경우 전체 부피의 약50% 이상이 공극이 차지하며, 도공층의 경우 약 20% 정도가 공극이 차지 하는 반면, 잉크층의 경우에는 잉크 안료를 도공 안료로 레진을 접착제로 본다면 C.P.V.C.(Critical Pigment Volume Concentration) 이상으로 잉크가 구성되기 때문에 경화된 잉크층에서 측정할 수 있는 공극량은 극히 낮은 수준으로 예측할 수 있다.

그러므로 이론적으로만 생각한다면 인쇄된 도공지의 총공극량은 원지의 공극(PV_{BP})과 도공층의 공극

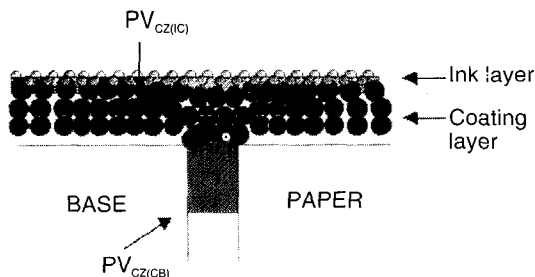


Fig. 4. Schematic drawing for coating components anchoring effect into substrate as like base paper for single coating and 1st coating for double coating Here, PV_{CZ(IC)} is pore volume in the critical zone between ink and coating layer. PV_{CZ(CB)} is pore volume in the critical zone between coating and base paper.

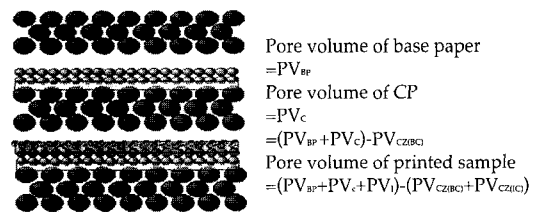


Fig. 5. Theoretical pore volume variations according to add layers. Here, PV_{BP} is pore volume of base paper PV_C is pore volume of coating layer. PV_{CZ(IC)} is pore volume of critical zone between base paper and coating layer. PV_I is pore volume of ink layer. PV_{CZ(IC)} is pore volume of critical zone between ink and coating layer.

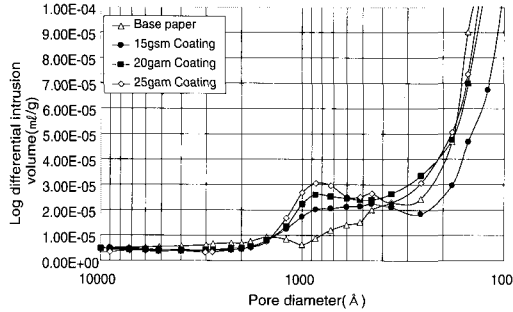


Fig. 6. Effect of coating weight on pore distribution of coated paper.

(PV) 그리고 잉크층의 공극(PV)의 합으로 생각할 수 있다. 그러나 이들 각 층간의 임계면을 고려한다면 인쇄된 도공지의 총 공극량은 Fig. 5와 같이 이론적인 총공극량에서 원지와 도공층, 도공층과 잉크층간의 임계층 공극량을 재하여 구할 수 있을 것이다.

Fig. 6에서는 도공량의 증가에 따른 공극 분석의 결과를 나타낸 것으로서 1 μ m 이상에서 특징적으로 나타나는 원지의 공극 영역을 배제시키고 도공층 영역만을 분석한 결과이다. 이 결과에서 보는 바와 같이 도공량이 증가할수록 600~1000Å의 공극 크기 영역에서 공극량이 증가하는 것을 알 수 있다.

입자의 크기가 다른 세 종류의 중질 탄산칼슘을 사용하여 제조된 도공지의 공극 분포를 분석한 Fig. 7에서는 안료의 입자 크기가 작아 질수록 공극의 크기는 줄어들지만 상대적으로 공극량이 증가하는 것을 볼 수 있다. 그러나 세 종류의 안료를 사용하여 제조된 도공

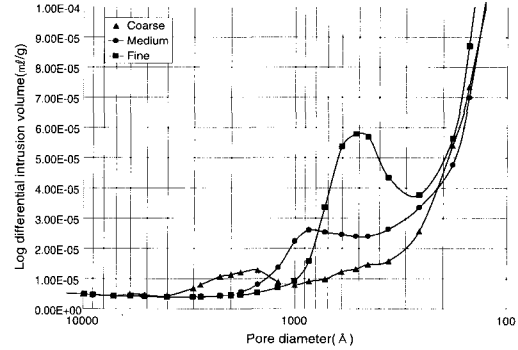


Fig. 7. Effect of particle size on pore distribution of coated paper.

액들은 동일한 량의 접착제가 적용되었기 때문에 상대적으로 안료의 입자가 큰 경우 도공 안료의 낮은 비표면적으로 인해 접착제 요구량이 감소되는 효과가 있다. 따라서 미세한 안료를 적용했을 때보다 거친 입자를 적용한 도공층의 공극량이 감소한 것은 안료간 결합에 소요된 접착제를 제한 잉여의 접착제들은 안료-접착제가 형성한 공극 사이를 메운 결과로 사료된다.

잉크의 구성 성분인 레진은 적절한 유동성을 부여함과 동시에 잉크 안료가 인쇄 후 피인쇄체와 견고한 결합을 유지시킴과 동시에 높은 수준의 인쇄 품질을 유지하는데 있어서 매우 중요한 요소이다. 일반적으로 우수한 인쇄작업성과 품질을 유지하기 위해 인쇄방식, 용지의 종류 그리고 계절적 요소를 감안하여 잉크를 설계하고 있다. 본 시험에서는 레진의 첨가량과 분자량이 다른 잉크를 사용했을 때 인쇄후 피인쇄체의 잔류 거동에 차이가 있을 것으로 예측하였으며, 이러한

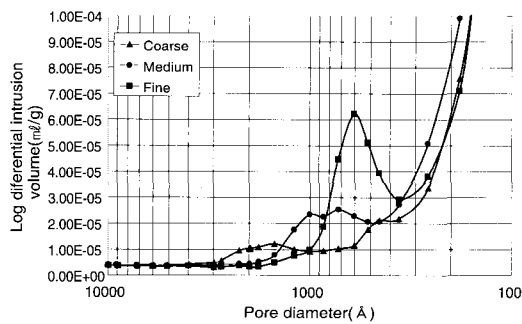


Fig. 8. Effect of resin content in the ink on pore size and distribution of printed paper (35% resin).

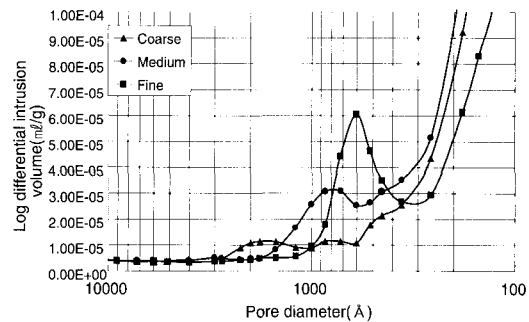


Fig. 9. Effect of resin content in the ink on pore size and distribution of printed paper (45%).

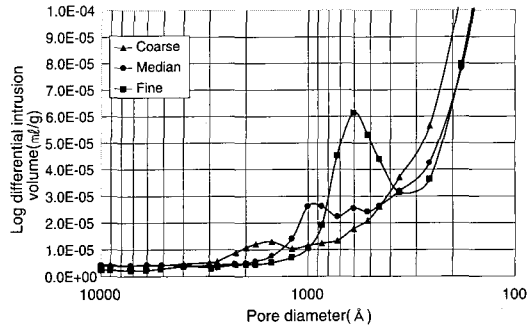


Fig. 10. Effect of ink resin viscosity on pore size and distribution (low viscosity).

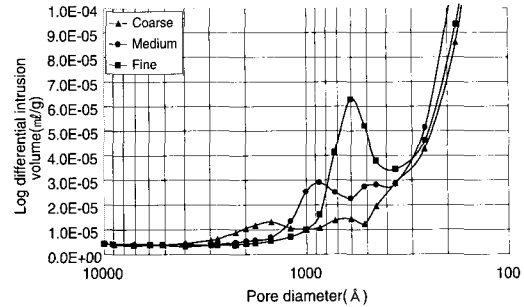


Fig. 11. Effect of ink resin viscosity on pore size and distribution of printed paper (high viscosity).

가정을 확인하기 위해 인쇄 후 샘플의 공극을 분석하기로 하였다. Fig. 8과 9에서는 세 가지 입자의 크기를 가지는 안료를 사용하여 제조된 도공지를 사용하여 레진의 함량이 35%일 때와 45%일 때를 비교한 결과이다. 이 결과에서 보는 바와 같이 잉크의 레진 함량에 따른 효과는 크게 나타나지 않았다. 분자량이 다른 레진을 사용하여 제조된 두 가지 종류의 잉크가 인쇄 후 도공지의 공극 변화에 미치는 영향을 파악한 결과 Fig. 10과 11에서 보는 바와 같이 특이한 차이점이 없는 것으로 나타났다.

4. 결론

도공층의 공극성이 인쇄 후 잉크의 잔류 거동에 미치는 영향을 파악하기 위해 우선 안료의 입자 크기와 잉크의 종류를 달리하여 고찰하였다. 잉크의 전이율은 도공지의 표면이 평활할수록 증가하는 것으로 나타났으며, 안료 입자의 크기가 작아질수록 공극의 크기는 작아지지만 공극률은 더 높아지는 결과를 보였다. 그리고 도공지의 공극 부피는 가장 미세한 안료를 적용했을 때 인쇄 후 다소 감소하는 것으로 나타났지만 잉크 레진은 인쇄 후 도공지의 공극 부피와 공극 크기 분포에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

참고 문헌

1. Douglas W. Donigian, Joseph N. Ishly, and Kenneth J. Wise. 1997. Coating pore structure and offset printed gloss. Vol.80(5) : 163 - 172.
2. Rainer Knappich, Peter Burri, Gerold Lohmuller, and Peter Hugener. 2000. Wet and dry coating structure of calcium carbonate pigments with narrow particle size distribution. Tappi Journal. Vol.83(2) : 91 - 98.
3. Ting Hung and Pierre Lepoutre. 1998. Effect of basestock surface structure and chemistry on coating holdout and coated paper properties. Tappi Journal. Vol.81(8) : 145 - 152.
4. Y.H. Zang and S. Aspler. 1995. The influence of coating structure on the ink receptivity and print gloss of model clay coatings. Tappi Journal. Vol.78(1) : 147 - 154.
5. Z.Richard Zhang, Roger W. Wygant, and Anthony V. Lyons. 2001. A fundamental approach to understand the relationship between top coat structure and paper performance. Tappi Journal. Vol.84(3) : 1 - 23.