

[특별강연] 도공층 공극구조가 더블코팅지의 인쇄모틀에 미치는 영향

임창국¹⁾, 이학래²⁾

1)한국제지, 2)서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공

1. 서론

인쇄모틀이란 잉크농도나 광택 혹은 색의 불규칙적인 변이 때문에 발생하는 인쇄얼룩이라고 할 수 있으며 주요한 발생원인은 바인더의 마이그레이션 이라고 밝혀져 있다.¹⁻⁶⁾ 더블코팅지는 도공층이 두개의 층으로 구성되기 때문에 각 층의 도공액 배합, 도공량 비율, 도공조건 및 건조조건 등을 적절히 고려하지 않으면 오히려 싱글 코팅지에 비해 인쇄모틀이 심해지는 단점이 있다.

인쇄모틀 평가법은 아직도 대부분 관찰자의 육안평가법에 의존하고 있는데 최근에는 디지털화상분석법을 이용한 통계적 처리법이 많이 이용되고 있다. 하지만 인쇄화상의 편차를 단순히 픽셀(pixel) 단위로 구할 경우 육안평가 결과와 상관관계가 높지 않다. 따라서 육안과 유사한 조건이 되도록 인쇄화상을 필터링하는 기법이 이러한 문제점을 극복할 수 있는 해결책의 하나로 등장하였다.

본 연구에서는 더블코팅지에 발생하는 인쇄모틀의 원인을 분석하기 위해 프리코팅층의 공극구조가 톱코팅칼라의 수분침투 거동에 미치는 영향을 분석하여 프리코팅층 공극구조 변화에 따른 톱코팅층의 공극구조와 표면특성, 라텍스 분포경향 등을 분석하였다. 아울러 인쇄모틀에 미치는 영향을 파악하기 위해 공간주파수 필터링을 실시하여 모틀지수를 산출하고 인쇄모틀을 평가 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

2.1.1 도공원지

도공용 원지로는 쌍망식초지기에서 제조한 원지를 사용 하였으며, β -formation tester로 측정된 지합의 표준편차는 5.3g/m^2 였다.

2.1.2 도공용 안료

실험에 사용된 안료는 입자의 크기 및 분포가 다른 두 종류의 중질 탄산칼슘과 2급클레이를 사용하였다.

2.1.3 도공지의 공극구조 측정

Mercury porosimeter를 사용하여 도공원지를 도공지와 동일한 조건으로 캘린더링 처리한 후 공극을 측정하고, 도공지 공극분포 영역과 비교하여 도공층 영역을 결정하였다. 제조한 샘플은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 $0.03\sim 0.2\mu\text{m}$ 범위에서 원지와 도공층의 공극이 명확히 구분되므로 이 범위를 도공층으로 선정하여 공극을 측정하였다.

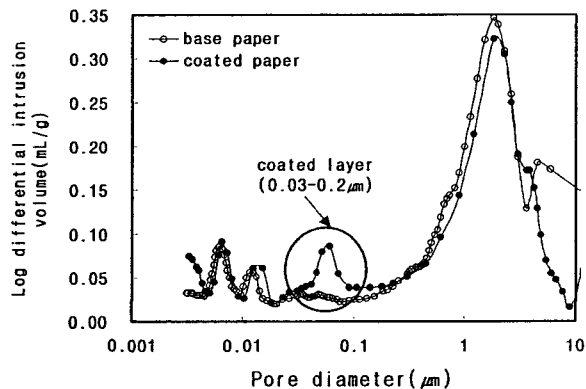


Fig. 1 Pore size distribution of base paper and coated paper.

만일, 도공층에 단위면적당 n 개의 모세관이 있다고 가정하면, 단위면적당 침투되는 액체의 부피(V_A)는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_A = n\pi r^2 l = n\pi r^2 \left(\frac{(2\gamma r \cos\theta + \Delta P_e r^2)}{4\eta} \right)^{1/2} (t)^{1/2} \quad (1)$$

식 (1)에서 도공층 두께가 일정하여 액체의 침투거리 l 이 일정하다고 가정하면, 도공층내 공극부피는 mercury porosimeter를 이용한 수은침투법으로 구할 수 있으므로 도공층내의 상대적인 공극수(n_r)를 아래와 같이 계산할 수 있다.

$$n_r = \frac{V_A}{\pi r^2 l} \quad (2)$$

따라서 본 실험에서는 수은침투법을 이용하여 도공층내 공극부피와 평균 공극 직경을 측정하고 이를 바탕으로 식 (2)를 이용하여 도공층내의 상대적인 공극수(n_r)를 계산하여 공극수비(relative pore ratio)를 산출하였다.

2.1.4 모틀지수 산출

옥타브 밴드패스 필터링한 인쇄화상의 모틀을 상호 비교하기 위해 아래 식 (3)과 같이 밴드패스 영역별 분산계수를 이용하여 모틀지수(mottle index)를 구하였다. 모틀지수 산출 시 0.25 mm 이하의 변이는 와이어 마크와 같은 미세한 변이가 영향을 미칠 수 있으므로 계산에서 제외하였고, 또한 4 mm 이상의 변화는 실제 인쇄물에 나타나는 경우가 드물기 때문에 배제하였다.

$$Mottle\ index = \frac{cov_{(bp0.25-0.5)} + cov_{(bp0.5-1.0)} + cov_{(bp1.0-2.0)} + cov_{(bp2.0-4.0)}}{4} \times 100 \quad (3)$$

3. 결과 및 고찰

3.1 안료종류 및 혼합비에 따른 프리코팅층의 동적수분침투 거동

안료의 종류에 따른 동적 수분흡수 거동을 측정한 결과 Fig. 2에 나타낸바와 같이 안료의 크기가 미세한 GCC 95와 2급클레이의 경우 GCC 60에 비해 동적보수성이 우수한 것으로 나타났다. 안료혼합비율에 따른 동적 수분흡수 거동을 Fig. 3에 나타내었는데 조대한 중질탄산칼슘(GCC 60)의 비율이 많을수록 원지쪽으로 흡수되는 수분의 양이 증가되는 것으로 나타났다.

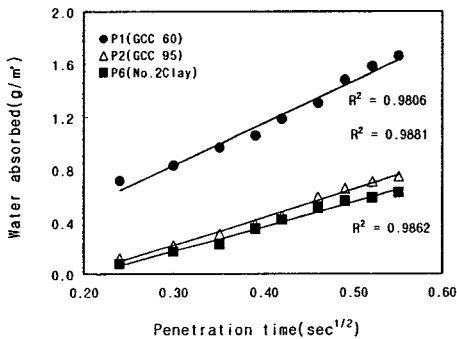


Fig. 2 Effect of pigment composition on the dynamic water penetration.

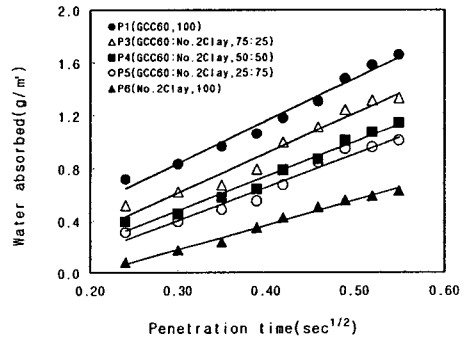


Fig. 3 Effect of pigment mixing ratios on the dynamic water penetration.

3.2 안료종류 및 혼합비에 따른 프리코팅층 공극구조

평균 입경이 가장 큰 GCC 60을 사용한 경우 GCC 95, 2급클레이를 사용한 경우에 비해 수은의 침투부피가 가장 적어 도공층의 공극부피가 적음을 알 수 있었다. GCC 60 단독사용에 비해 입경이 미세한 2급클레이의 비율이 증가할수록 수은의 침투부피는 증가하고 평균입경은 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 도공층 내 공극의 수도 2급클레이의 비율이 증가할수록 증가되었다. 이러한 사실로 미루어볼 때 도공층 내에 미세한 안료의 구성비율이 증가하면 조대공극(macro pore)보다는 미세공극(micro pore)의 수가 증가됨을 알 수 있다.

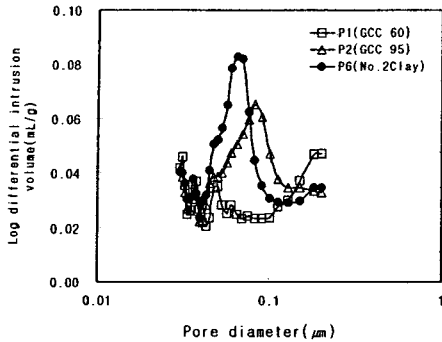


Fig. 4 Pore size distribution depending on pigment compositions.

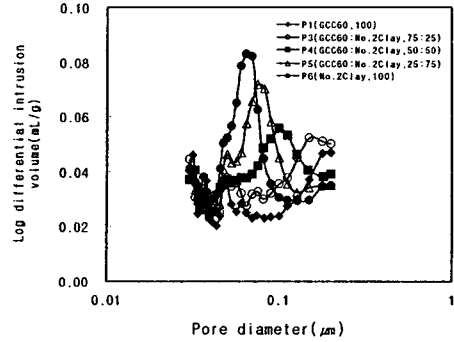


Fig. 5 Pore size distribution depending on pigment mixing ratios.

3.3 안료 종류 및 혼합비에 따른 톱코팅층 표면 라텍스분포

프리코팅층에 공극이 많이 존재할 경우 톱코팅칼라 내의 수분이 프리 코팅층으로 급속히 침투됨을 확인한 바 있다. 도공액에 포함되어 있는 라텍스와 같은 바인더들은 안료에 비해 상대적으로 크기가 미세하므로 부동화 농도에 도달하기 전까지는 도공층 내에서 수분과 함께 이동된다. Table 1 및 Fig. 6에 프리코팅층으로 침투되는 수분의 양과 톱코팅층 표면의 라텍스에 대한 UV흡광도를 나타내었다. 프리코팅층에 공극이 적은 P1, P3는 톱코팅칼라의 수분침투가 상대적으로 적어서 도공층 표면에 라텍스가 많이 존재하였으나 반면에 공극이 많은 P5와 P6는 원지쪽으로 수분과 함께 라텍스가 많이 이동되어 표층에는 적게 분포되었음을 알 수 있다.

Table 1 UV absorbance of the top coated layer and the amount of absorbed water into the precoated layer depending on pigment formulations

Formulations	Pigment (Pre+Top)	Absorbed water (g/m ²)	UV absorbance
P1T1	GCC60,100+T1	0.36	4.06
P2T1	GCC95,100+T1	0.39	4.41
P3T1	GCC60:No.2Clay,75:25+T1	0.42	3.92
P4T1	GCC60:No.2Clay,50:50+T1	0.45	3.01
P5T1	GCC60:No.2Clay,25:75+T1	0.51	2.41
P6T1	No.2Clay,100+T1	0.50	2.52

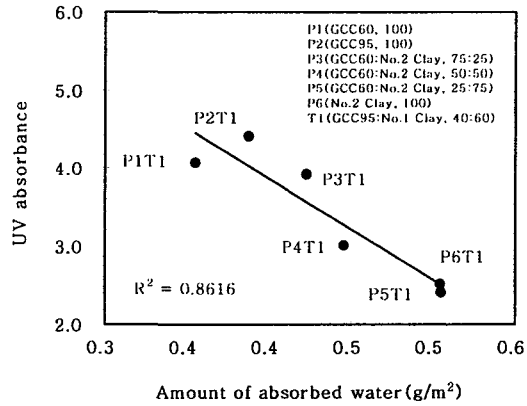


Fig. 6 UV absorbance of the top coated layer depending on the amount of absorbed water into the precoated layer.

3.4 프리코팅층 안료 종류에 따른 인쇄모틀 경향

Fig. 7에 나타난 바와 같이 프리코팅층에 입경이 큰 GCC 60을 사용한 P1T1은 인쇄모틀 지수값이 작아 양호한 반면, 입경이 미세한 GCC 95나 2급클레이를 사용한 P2T1과 P6T1은 불량하였다. 또한 이러한 경향은 0.25 mm부터 4 mm에 이르는 모든 영역에서 동일한 경향을 나타내었다. Fig. 8에 도공층의 공극크기 표준편차와 모틀지수 간의 상관관계를 그래프로 나타냈는데 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 즉 프리코팅층에 미세공극이 많을수록 톱코팅칼라 중의 수분은 프리코팅층으로 급격히 침투되고 톱코팅층의 공극크기 편차도 커지며 이에 따라 톱코팅층 라텍스분포가 불균일해지는 것으로 추정된다.

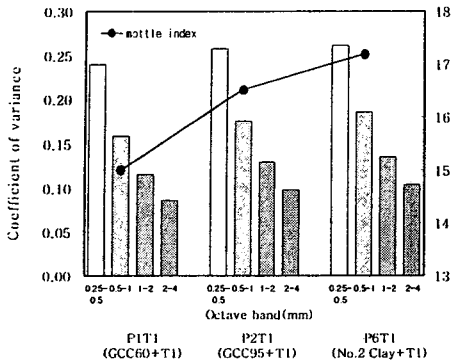


Fig. 7 Coefficient of variance vs. mottle index depending on pigment compositions of the precoated layer.

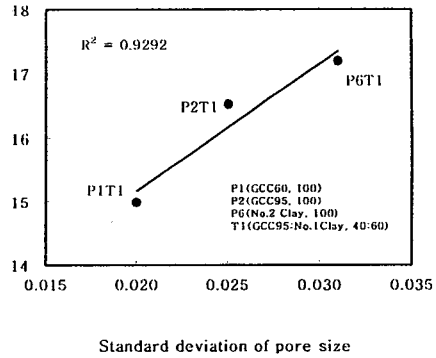


Fig. 8 Standard deviation of pore size vs. mottle index depending on pigment compositions of the precoated layer.

3.5 프리코팅층 안료 혼합비에 따른 인쇄모틀 경향

Fig. 9에서 볼 수 있듯이 프리코팅층에 2급 클레이의 비율이 증가될수록 모든 옥타브밴드 영역에서 분산계수가 증가하는 경향을 나타냈으며 이로 인해 모틀지수도 상승하여 모틀이 심해지는 것으로 나타났다. Fig. 10에 도공층 공극크기의 표준편차와 모틀지수와 상관을 나타내었는데 그림에서 알 수 있듯이 공극크기 편차가 증가할수록 모틀은 악화되는 것으로 나타났다.

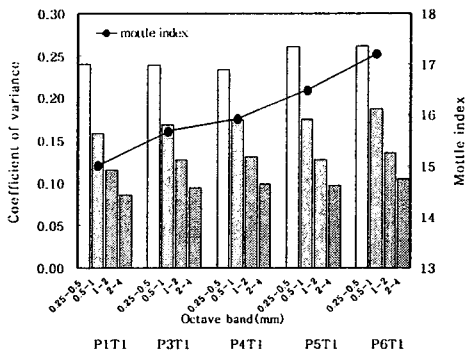


Fig. 9 Coefficient of variance vs. mottle index depending on pigment mixing ratios of the precoated layer.

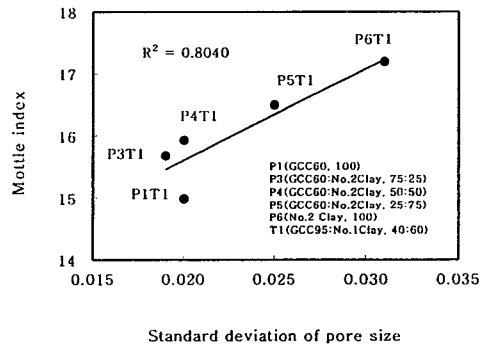


Fig. 10 Standard deviation of pore size vs. mottle index depending on pigment mixing ratios of the precoated layer.

4. 결 론

본 연구에서는 더블코팅지의 인쇄모틀 발생원인을 파악하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 수은침투법을 이용하여 도공층 공극수의 비를 측정한 결과 평균 입경이 미세한 안료의 비율이 증가될수록 프리코팅층의 공극부피는 증가하고 평균 공극직경은 감소하여 미세공극의 수가 증가되었다.

2) UV흡광도를 이용하여 도공층표면의 라텍스함량을 분석한 결과 프리코팅층의 미세공극이 많아 톱코팅칼라가 원지로 급속히 침투될 경우 톱코팅층 표면의 라텍스함량은 감소되는 것으로 나타났다.

3) 프리코팅층에 미세공극이 많았던 더블코팅지가 인쇄 모틀이 심한 것으로 나타났다. UV흡광법을 이용하여 측정한 결과 프리 코팅층에 미세공극이 많이 형성될수록 수분 및 바인더가 프리코팅층으로 급격히 이동되어 톱코팅층 표면의 라텍스함량이 감소되고 불균일하게 분포되며 이로인해 인쇄모틀이 악화된 것으로 나타났다.

4) 더블코팅지에 나타나는 인쇄모틀 원인을 조사한 결과 프리코팅층의 공극구조가 인쇄모틀에 가장 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 특히 원지의 부분적인 불균일성이 심할 경우 이를 극복하기 위해서는 먼저 프리코팅층의 도공층 구조를 적절히 형성시키는 것이 가장 중요함을 알 수 있다.

5. 참고문헌

1. Sandreuter, N.P., Predicting print mottle: a method of differentiating between three types of mottle, Tappi J. 77(7): 173(1994).
2. Arai, T., Yamasaki, T., Suzuki, K. and Ogura, T., Relationship between coating structure and print mottle, 1988 TAPPI Coating Conference Proceedings, p.187.
3. Fujiwara, H., Fujisaki, N., Shimizu, I. and Kano, I., The effect of water penetration of offset mottling, 1989 TAPPI Coating Conference Proceedings, p.121.
4. Yamazaki, K., Nishioka, T., Hattori, Y. and Fujita, K., Print mottle effect of binder migration and latex film formation during coating consolidation, Tappi J. 76(5): 79(1993).
5. Bushhouse, S.C., The effect of coating viscosity on surface latex concentration, 1991 TAPPI Coating Conference Proceedings, p.221.
6. Xiang, Y. and Bousfield D.W., The cause of backtrap mottle: chemical or physical?, 2000 TAPPI Coating Conference and Trade Fair, p.45.
7. Abrams, L., Capano, P.J., Favorite, C.W. and Johnson, R.W., Using mercury porosimetry to characterize coating pore structure and its relation to coating optical performance, 1996 TAPPI Coating Conference Proceedings, p.185.
8. Donigian, D.W., Ishley, J.N. and Wise, K.J., Coating pore structure and offset printed gloss, Tappi J. 80(5): 163(1997).
9. Johnson, R.W., Abrams, L., Maynard, R.B. and Amick, T.J., Use of mercury porosimetry to characterize pore structure and model end-use properties of coated papers- Part 1: Optical and strength properties, Tappi J. 82(1): 239(1999).