

基質의 空隙性이 二重 塗工 構造에 미치는 影響

金炳秀^{*1} · 朴鍾烈^{*2} · 鄭鉉採^{*3}

Effect of Substrate Porosity on Double Coating Structure

Byeong-Soo Kim,^{*1} Chong-Yawl Park,^{*2} and Hyun-Chae Jung^{*3}

ABSTRACT

The process of double coating consists of bottom coating using relatively coarser pigments to improve characteristics of base paper and top coating using finer pigments to cover unevenness of the bottom coating and to give various function of the coated paper. The structure of precoating is influenced not only by its components, but also characteristics of base paper. Moreover pore size and its size distribution of precoating are expected to influence the top coating properties, but this is not well understood. Coating and printing operations involve the application of pigmented fluid on top of a porous substrate. The porosity of the substrate has been shown to influence the properties of the coating, but a good understanding of the mechanisms is lacking in the literature. The role of pore size and void volume on top coating structure is unclear.

1. 서론

도공지는 잘 알려진 바와 같이 원지의 평활성과 광학적 특성을 개선함으로써 인쇄 적성을 향상시키는데 그 목적이 있다. 최근 도공지의 고급화에 대한 일환으로 싱글 코팅(이하, 단일 도공) 공정으로 제조되던 도공지가 유럽을 중심으로 국내에서도 더블 코팅(이하, 이중 도공) 공정이 적용되고 있다.

도공층의 구조는 안료의 형태와 입자의 크기 및 분포에 따라 크게 영향을 받을 뿐만 아니라 원지의 다양한 공극성에 의해서도 변화를 가져 올 수 있다.^{1,2)} 그러나 원지와 단일 도공층만으로 구성된

경우와 달리 이중 도공에 있어서는 원지보다 감소된 공극구조로 형성된 일차 도공층 위에 미세한 입자의 안료를 사용하여 이차 도공 하는 것이 일반적인 방법으로 알려져 있다. 이러한 이중 도공에 대하여 Hassell 등³⁾은 클레이 입자의 입도 크기 분포에 뚜렷한 차이가 있음에도 불구하고 이들로부터 형성된 프리코팅(이하, 일차 도공)의 광택도와 평활성은 유사한 결과를 가져왔지만 일차 도공의 평활성이 떨어질수록 스트릭(Streak)의 결합이 증가하며, 클레이를 사용하여 일차 도공한 경우가 탄산칼슘 보다 최종 이중 도공에 있어서 더 높은 백지 광택과 인쇄 광택을 가져 왔다고 하였다. 따라서 이중 도공의 광택은 일차 도공에 사용된 안료의 크기보다는 표면의 거칠도에 의해 결

*1 메인대학교 화학공학과 (Post Doctor) (Dept. of Chemical Engineering, PSSP, University of Maine, Old town, ME 04468, USA).

*2 경상대학교 산림과학부 임산공학과 (Dept. of Forest Products, Gyeong Sang National Univ., Chinju 660-701 Korea).

*3 순천대학교 산림자원학과 (Dept. of Forest Resources, Sun Chon National Univ., Sunchon 540-742, Korea).

정된다고 보고한 바 있다.

한편 Bluvol 등⁴⁾은 단일 도공과 이중 도공의 비교에서 이중 도공이 높은 광택도와 백색도 및 평활성을 가져 올 수 있지만 비록 평활한 일차 도공 면으로 인하여 이차 도공시 블레이드 스크래치와 같은 작업성의 문제점이 있다고 보고하였다.

단일 도공과 이중 도공에 있어서 인쇄 모형을 평가하기 위해 Fujiwara 등⁵⁾은 자외선 흡광법을 사용하여 시험한 결과 이중 도공지 표면의 라텍스 농도는 이차 도공량의 증가와 비례했으며 일차 도공의 영향은 나타나지 않았다고 보고한 바 있다.

그리고 Stig 등⁶⁾은 이중 도공지를 위한 도공공정의 최적화를 다룬 보고에서 동일한 도공량이 적용되었을 때 이중 도공이 단일 도공 보다 인쇄후 평활한 표면특성을 나타내는 것은 단일 도공의 경우 인쇄과정의 습수로 인하여 섬유 팽윤이 일어난 반면 이중 도공에 있어서는 일차 도공층이 습수가 원지로 침투하는 것을 방지하기 때문이라고 밝힌 바 있다.

이중 도공에 있어서 일차 도공에 사용되는 안료의 크기와 형태는 이중 도공의 물성에 직접적인 영향을 미치는 것으로 보고되어 있지만 본 연구에서는 다공성의 일차 도공층이 이차 도공층의 구조적 형성에 미치는 공극성의 효과를 알아보려고 하였다.

고 접착제로는 S/B 공중합으로 제조된 합성 접착제(Dow, Latex)를 사용하였다.

2.2 실험 방법

클레이를 고속 교반기에서 고형분 농도 70%가 되도록 하여 분산제를 0.1% 사용하여 분산시킨 뒤 수산화나트륨을 사용하여 pH 9.0이 되게 조절하였다. 분산이 완료된 클레이 슬러리를 이용하여 고형분 함량 60%로 하고 접착제를 10pph 투입한 후 저속 교반기에서 충분히 교반시킨 뒤 일, 이차 도공을 위한 도공액으로 사용하였다.

각 조건에 따른 도공은 Draw down coater를 사용하여 Table 2와 같은 조건으로 polyester(mylar) 필름 위에 도공 한 후 건조온도에 의한 영향을 배제시키기 위해 실온에서 동일한 조건으로 시편을 제조하였다. 또한 각 도공 조건에 따른 도공층의 일차 임계 고형화점(FCC)과 이차 임계 고형화점(SCC)을 Fig. 1과 같은 장치를 사

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

본 실험에서 사용한 안료는 Table 1과 같은 특성을 지닌 1급 클레이(ECC)를 사용하였다. 그리

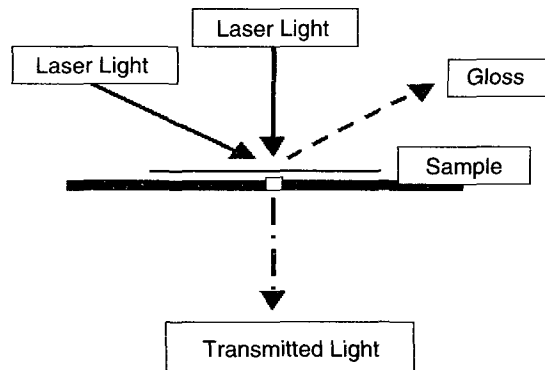


Fig. 1. Device for detecting FCC and SCC.

Table 1. Properties of clay

Property	Value	Unit
Brightness	87.5	GE
Particle size Distribution -2 μ m	96	Mass%
Residue +45 μ m(325mesh)	0.003	Mass%
Brookfield Visc. (No. 1spindle:20rpm,70% solids)	265	cPs
High Shear Visc. (2200rpm,70% solids)	6	Dynes
pH	6.9	

Table 2. Coating weight composition for single and double coating

Items	Single	D1	D2	D3	D4	D5
Top/Pre Ratio		0.2	0.5	1	2	5
Top(g/m ²)		5	10	15	20	25
Pre(g/m ²)	30	25	20	15	10	5

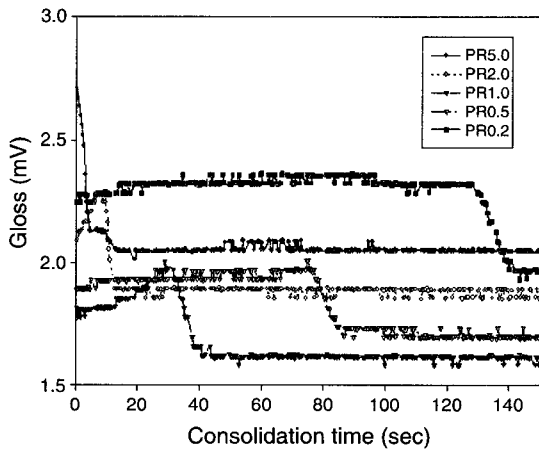


Fig. 2. Effect of pre coating weight on the FCC.

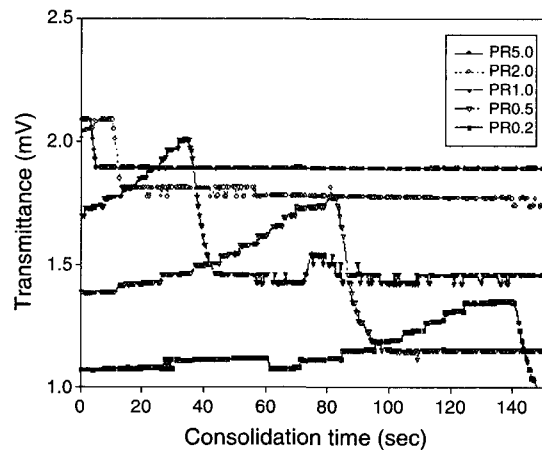


Fig. 3. Effect of pre coating weight on the SCC.

용하여 측정하였다. 시편의 광산란계수는 UV/visible diode array spectrophotometer를 이용하였으며, 도공층의 공극을 측정하기 위한 새로운 방법을 개발⁷⁾하고 있지만 본 보에서는 도공층에 존재하는 공극을 실리콘 오일로 치환하여 이때 치환된 오일의 무게로부터 식(1)을 사용하여 공극의 분율을 구하였다. 그리고 공극의 크기에 따른 분포는 Pore size 9320(porosimeter)을 이용 측정하였다.

$$\text{Void Fraction} = \frac{(W_2 - W_1) / D_o}{\{(W_2 - W_1) / D_o\} + \{(W_1 - W_3) / D_c\}} \quad (1)$$

W_1 : Weight of coated sample
 W_2 : Weight of oil wiped off coated sample
 W_3 : Weight of mylar film
 D_o : Density of Oil
 D_c : Density of coating

3. 결과 및 고찰

도공 직후 습윤 도공층이 구조화되는 과정을 알

아보기 위해 Draw-Down 코터에서 일정한 도공량이 필름 위에 도포되도록 조절하여 도공된 직후 두 방향에서 레이저 광을 조사하여 반사광의 양과 투과된 광량으로 부터 일차 임계 고형화점과 이차 임계 고형화점을 측정하였다.

일차 도공층의 경우 Fig. 2에서 보는 바와 같이 도공량이 증가할수록 즉 이차 도공량과 일차 도공량의 비율(pre/top)이 5.0에서 0.2로 변화됨에 따라 일차 임계 고형화가 늦게 일어난다는 것을 알 수 있었으며, 일차 임계고형화가 완료된 시점의 광반사량 수준은 도공량의 변화에 따라 일정한 경향을 나타내지는 않았다. 그러나 도공량이 낮은 경우 일차 임계 고형화점에 빨리 도달하는 것은 부동화 시점이 도공량에 대해 뚜렷한 영향을 받고 있다는 것을 나타내 주며 이는 도공량이 증가함에 따라 보다 밀집된 도공구조를 형성한다는 것을 알 수 있다.

그리고 일차 임계 고형화가 진행됨에 따라 습윤 도공층 내의 공극에 존재하던 수분이 공기로 치환되면서 공극이 형성됨에 따라 나타나는 이차 임계 고형화의 경우 Fig. 3에서 보는 바와 같이 일차 임계고형화의 경향과 일치하는 것으로 나타났다.

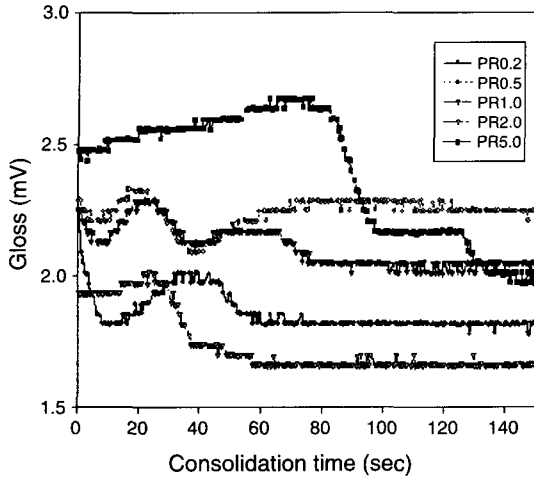


Fig. 4. Effect of top/pre ratio on the FCC.

또한 이차 입계 고형화가 완료된 시점의 광 투과량 역시 도공량의 증가에 따라 급격히 감소됨으로 불투명도가 증가하는 경향을 가져 왔다.

Fig. 4와 5에서는 이차 도공량과 일차 도공량의 비율을 달리 하면서 동일한 최종 도공량이 되도록 했을 때 이차 도공 직후 일, 이차 입계 고형화점을 나타낸 것이다. 일차 도공에서 보여 주었던 경향과는 달리 도공량의 비율(이차도공/일차도공)이 0.2에서 1.0까지는 수초 내에 도공층의 레벨링이 일어난 후 클레이 입자가 재배열됨에 따라 광반사량이 증가한 후 실질적인 일차 입계 고형화점에 도달함으로써 도공 구조의 형성이 진행된다는 것을 알 수 있었다. 그러나 도공량의 비율이 2.0과 5.0에서는 일반적인 경향으로 이차 도공량의 증가에 따라 일차 입계 고형화가 일어나는 시간이 길어지는 것을 알 수 있었다.

그리고 이차 입계 고형화의 경우 이차 도공량이 증가함에 따라 이차 고형화 점이 길어졌으나 도공량의 변화에 따라 도공 비율이 2.0까지는 크게 차이가 나타나지 않으나 도공량의 비율이 5.0인 경우 뚜렷하게 길어진다는 것을 알 수 있었다.

실리콘 오일을 사용하여 일정한 면적에 흡수된 오일의 량으로부터 도공층 내에 존재하는 공극의 분율을 산출한 결과 Fig. 6에서 보는 바와 같이 일차 도공의 경우 도공량이 감소함에 따라 공극 분율이 증가하는 것으로 나타났으며, 최종 도공량이 같은 조건에서 이차/일차 도공량의 비율이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타나 입계 고형화

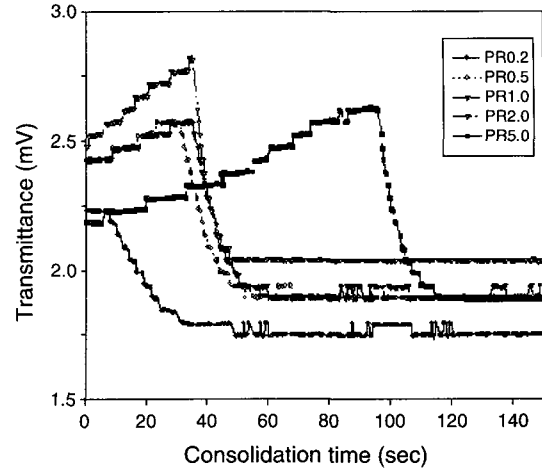


Fig. 5. Effect of top/pre ratio on the SCC.

가 빠르게 진행되는 경우 공극 분율 역시 증가한다는 것을 알 수 있었다. 또한 일차 도공과 이차 도공간의 절대 기울기간에 나타나는 차이는 다음과 같이 해석할 수 있다. 즉 이차 도공의 기울기가 일차 도공의 경우보다 감소하는 것은 이미 형성된 일차 도공층이 도공량의 증가에 따라 입계 고형화가 늦게 진행되는 것으로 부터 도공층이 보다 밀집된 구조로 형성된다는 것을 알 수 있으며 이로 인하여 이차 도공량이 낮은 경우에도 전체 도공층의 공극 분율이 감소된 것으로 나타났다.

그리고 Fig. 7의 광산란 계수의 측정 결과 일차 도공의 경우 도공량이 감소함에 따라 급격한 광산란 계수의 증가를 보인 반면 이차 도공의 경우 이차 도공량의 증가에 따라 광산란 계수간에 뚜렷한 유의성을 볼수 없었다.

Fig. 8과 9에서는 Porosimeter를 사용하여 각 조건의 변화에 따른 공극의 경향을 알아보기 위해 공극의 크기 분포를 나타낸 것이다. 이 결과에서 보여 주는 바와 같이 일차 도공량이 증가됨에 따라 공극량이 증가된다는 것을 알 수 있으며 공극의 크기별 분포에 있어서는 특별한 변화가 나타나지 않았으며 이는 동일한 안료와 도공액의 구성 비율로 적용한 경우 도공층의 공극 크기에는 뚜렷한 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다. 또한 이차 도공의 경우 일, 이차 도공량의 조절에 따른 공극량에는 큰 차이점이 없었으며, 일차 도공만으로 최종 기준 도공량을 적용한 단일 도공의 경우가 가장 많은 공극을 형성하는 것으로 나타났다.

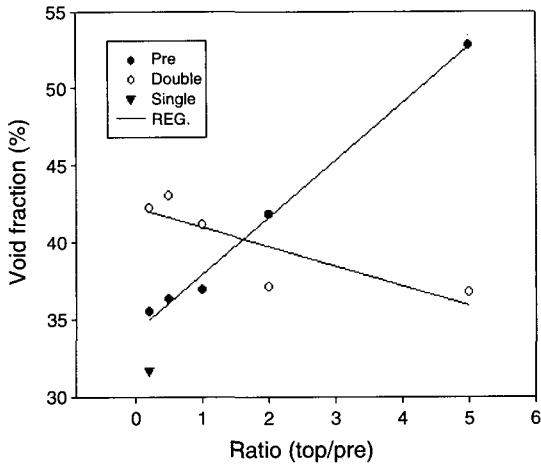


Fig. 6. Effect of top/pre ratio on the void volume.

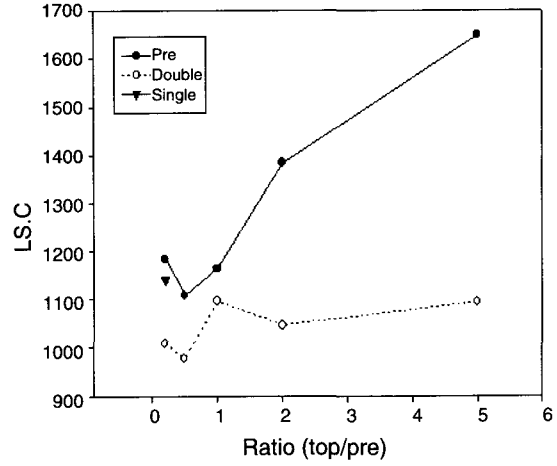


Fig. 7. Effect of top/pre ratio on the light scattering coefficient.

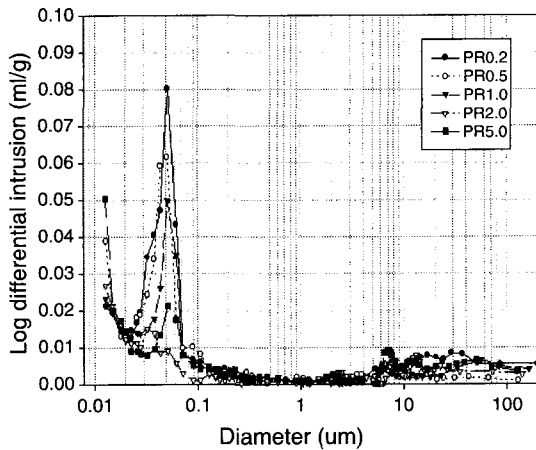


Fig. 8. Pore size distribution of pre coating.

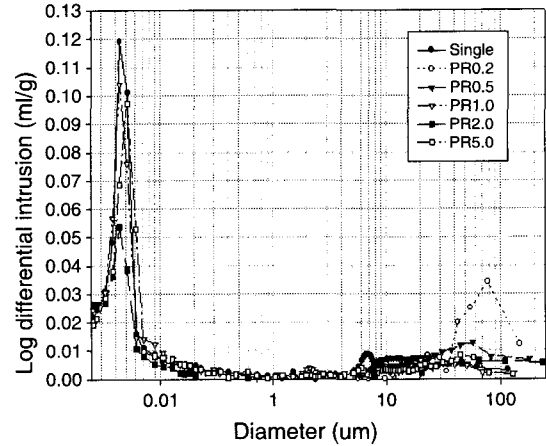


Fig. 9. Pore size distribution of double coating with different top/pre ratio.

4. 결론

단일 도공과 달리 안료로 형성된 도공층을 기질로 하는 이중 도공에 있어서 일차 도공층의 공극성이 이차 도공층의 구조적 특성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 일차 및 이차 도공층의 도공량 비율 변화에 따른 효과를 검토한 결과에 따르면 도공량이 낮은 경우 일차 임계 고형화점에 빨리 도달하는 것은 부동화 시점이 도공량에 대해 뚜렷한 영향을 받고 있다는 것을 나타내 주며 이는 도공량이 증가함에 따라 보다 밀집된 도공구조를 형성한다는 것을 알 수 있었다.

그리고 이차 도공시에는 일차 도공과 달리 도공

량의 비율(이차도공/일차도공)이 0.2에서 1.0까지는 수초 내에 도공층의 레벨링이 일어난 후 클레이 입자가 재배열됨에 따라 광반사량이 증가한 후 실질적인 일차 임계 고형화점에 도달하였다.

또한 일차 도공의 경우 도공량이 감소함에 따라 급격한 광산란계수의 증가를 보인 반면 이중 도공의 경우 이차 도공량의 증가에 따라 광산란 계수간에 뚜렷한 유의차를 볼 수 없었으며, 이중 도공을 형성하는 도공층 간의 도공량 변화에 따른 공극 분포의 분석 결과 일차 및 이차 도공량의 비율 변화는 공극 크기에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

인용문헌

1. Leskinen, A.M., Tappi J., 70(12):101 (1984).
2. Xujun, H., Philippe, A., Rounan, L. and Jay S. Van Wagner., Tappi J., 79(5):112 (1996).
3. Hassell, M. V., Plated, R.M. and Newberry. V.F., Pulp Paper Canada, 90(3):101 (1989).
4. Bluvol, G. and Swanson, E.T., Paper Technology 5:13 (1993).
5. Fujiwara, H. and Kaga., C., 1992 TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press Atlanta, GA, p.147.
6. Stig, V. R., Pentti, J.R. and Pentti, C.R., 1990. TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press Atlanta, GA, p.339.
7. Larrondo, L. and St-Amour, S., JPPS., 20(8) : J215 (1994).