

다층도공층의 설계에 의한 인쇄적성 개선(제2보) - 프리코팅층의 안료배합이 탑코팅층의 특성에 미치는 영향 -

김선경 · 원종명 · 이용규[†]

접수일(2016년 4월 7일), 수정일(2016년 4월 14일), 채택일(2016년 4월 18일)

Improvement of printability by the new design of the multi-layered coating structure (II) - The effect of pigment blending in pre-coating layer on characteristics of top-coating layer -

Sun-Kyung Kim, Jong Myoung Won and Yong-Kyu Lee[†]

Received April 7, 2016; Received in revised form April 14, 2016; Accepted April 18, 2016

ABSTRACT

This study was carried out in order to investigate the effect of pigment properties in a pre-coating layer on the characteristics of a top-coating layer and the print mottle of the coated paper. Five different pigments were applied for this study as raw materials for the pre-coating layer. The properties and print mottle of the coated paper samples were evaluated according to the coating color formulation.

Type of pigments applied in a pre-coating layer was one of the most important factor to control the properties of pre and top coating layer. Surface properties of pre and top coated paper were improved by blending GCC which had smaller particle size, with clay. Properties of a top-coating layer was affected by the pigment properties used in the pre-coating layer. It was found that print mottle of coated paper can be improved by replacing part of GCC with smaller particle size GCC or clay in pre-coating layer.

Keywords: *Multi-layer coating structure, pre-coating layer, print mottle, pigment, particle size*

• 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: yklee@kangwon.ac.kr

1. 서론

다층도공은 상하의 도공액 배합을 서로 다르게 하여 원가를 절감하면서도 고품질의 상품을 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한 동일한 도공량 일 때도 2회로 나누어서 도공하기 때문에 바인더 마이그레이션(binder migration)이 적고, 잉크 착육이 균일하며 인쇄모틀(mottle)이 적어 인쇄 속도를 올릴 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 다층도공 시 각 층의 도공조건을 적절히 고려하지 않으면 싱글도공지에 비해 인쇄모틀이 심해진다는 단점이 있다.^{1,2)}

도공액 내 안료는 가장 큰 부분을 차지하고 있기 때문에 도공층 내에서 가장 큰 역할을 한다. 특히 안료의 입자경 및 입자분포 그리고 입자형상에 의하여 공극 특성이 달라진다고 알려져 있으며 보통 입자크기가 미세한 안료를 첨가하거나 클레이 사용할 시 입자경이 큰 GCC(Ground calcium carbonate)를 단독으로 사용하였을 때 보다 공극의 크기가 작아진다고 하였다.^{3,4)} 일반적으로 제지업체들은 원가 절감을 위해 프리코팅층에 입자경이 큰 GCC를 단독 적용하고 있다. 이렇게 형성되어진 프리코팅층은 원가적으로는 이점을 가지고 있지만 입자가 큰 안료들로 구성되고 있어 입자가 작고 균일한 안료로 구성되어 있는 탑코팅층 대비 불균일한 프리코팅층을 형성하고 있으며 그에 따라 탑코팅층 및 최종 인쇄적성에 영향을 미치게 된다. 이러한 문제로 인하여 최근 프리코팅층에 적용하고 있는 입자경이 큰 GCC의 일부를 입자경이 작거나 종횡비(Aspect ratio)가 큰 안료로 대체하여 프리코팅층의 특성을 변화시키려는 연구가 진행 중이다.^{5~8)} 이는 도

공층의 주성분인 안료의 입자경 및 입자형태가 도공층의 공극 특성을 조절하며 도공지 자체의 물성뿐만 아니라 인쇄적성에도 밀접한 관계가 있기 때문이다.

이렇게 프리코팅층에 입자경이 작은 안료 및 종횡비가 큰 안료의 첨가는 프리코팅층의 공극구조 및 물성을 변화시키며 탑코팅층 도포 시 프리코팅층의 공극구조 변화에 따라 탑코팅층 도공액 내 바인더의 마이그레이션이 감소하게 된다. 이렇게 바인더 마이그레이션의 감소가 일어남에 따라 최종 인쇄모틀이 감소하게 된다. 즉 프리코팅층의 안료 배합 조절에 따라 탑코팅층의 인쇄적성을 향상시킬 수 있다.

이에 본 논문에서는 입자경이 서로 다른 GCC 2종, clay 2종 및 talc 1종을 프리코팅층에 적용한 후 프리코팅층 및 탑코팅층의 물성 변화를 확인하였으며 두 가지 방법의 인쇄 실험을 통하여 프리코팅층의 안료배합이 인쇄모틀에 미치는 영향에 대하여 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공원지

본 연구에 사용된 도공원지는 M사의 원지를 사용하였다. 그 물성은 Table 1에 나타내었다.

2.1.2. 안료

본 연구에 사용된 도공용 안료로 입자크기가 서로 다른

Table 1. Properties of base paper

	Grammage (g/m ²)	Thickness (μ m)	Brightness (%)	Whiteness (%)	Opacity (%)
Base paper	60	84.96	90.21	81.51	83.73

Table 2. Properties of pigments

Pigments	% <10 μ m	% <25 μ m	% <50 μ m	% <75 μ m	% <90 μ m	Mean particles diameter(d50%, μ m)
GCC1	1.020	1.501	2.267	3.781	6.108	2.267
GCC2	0.203	0.298	0.722	1.147	1.526	0.722
Clay1	0.144	0.203	0.293	0.586	2.090	0.293
Clay2	0.144	0.261	1.691	3.344	6.241	1.691
Talc	2.801	4.366	6.084	8.526	10.75	6.084

2가지 종류의 GCC 및 Clay 그리고 1가지 종류의 Talc를 사용하였으며 그 물성은 Table 2와 같다.

2.1.3. 바인더

도공용 바인더는 2가지 종류의 SB 라텍스(탑코팅층: 샘플 A, 프리코팅층: 샘플 B)를 사용하였으며 그 물성은 Table 3과 같다.

Table 3. Properties of latices

	Tg(°C)	Particle size (nm)	pH
Sample A	-3	120	8.0
Sample B	17	140	8.5

2.2 실험방법

2.2.1 도공액의 제조

프리코팅층용 도공액의 고형분 농도를 62 %로 탑코팅

Table 4. Formulations of pre-coating color

	(Unit : Part)				
	A	B	C	D	E
GCC 1	100	80			
GCC 2	-	20	-	-	-
Clay 1	-	-	20	-	-
Clay 2	-	-	-	20	-
Talc	-	-	-	-	20
SB latex			12		
NaOH			0.12		
Dispersant			0.02		
Rheology Modifiers			0.10		
Lubricant			0.50		
Insolubilizer			0.30		

Table 5. Formulation of top-coating color

	(Unit : Part)
	T
GCC 3	70
Clay 1	30
SB-latex	12
NaOH	0.12
Dispersant	0.02
Rheology Modifiers	0.10
Lubricant	0.50
Insolubilizer	0.30

층용 도공액의 고형분 농도는 65 %로 제조하였다. 프리코팅층용 도공액은 Table 4와 같이 안료의 배합비를 달리 하였으며, 탑코팅층용 도공액은 Table 5와 같이 제조하였고, 그 물성은 Table 6과 같다.

Table 6. Properties of coating color

	Formulation	Water retention (g/m ²)	Viscosity (cPs)	pH
	A, GCC1(100)	125.75	240	11.49
	B, GCC1:GCC2 (80:20)	104.88	320	11.53
Pre	C, GCC1:Clay1 (80:20)	88.00	540	10.50
	D, GCC1:Clay2 (80:20)	103.88	420	10.78
	E, GCC1:Talc (80:20)	107.63	290	11.17
Top	T, GCC2:Clay1 (70:30)	91.38	1360	10.40

2.2.2. 도공지 제조

도공지는 실험실용 반자동 코터(K-control coater, RK print Coat Instrument Ltd, UK)를 사용하여 제조하였다. pre-coating 도공량을 편면 9±2 g/m² 으로 조정하여 실시한 후, 105 °C의 열풍 건조기(YJ-8600D, Yujin Electronics, Korea)에서 30초간 건조하였다. 그 위에 9±2 g/m²의 top-coating을 하여 열풍건조기에서 30초간 건조시켰다. 그 후, 슈퍼 캘린더(Supercalender, Beloit Corporation, USA)를 사용하여 온도 70 °C, 압력 300 psi에서 도공지가 steel면으로 향하게 한 후 1회 통과시켰다.

2.2.3 도공지 물성 측정

프리코팅만을 실시한 도공지와 그 위에 탑코팅까지 처리한 도공지의 거칠음도(PPS, L&W, Sweden), 광택도(Gloss meter, Model T480A, Technidyne corp, USA), 백색도, 백감도 그리고 불투명도(Elrepho 3300, Datacolor, International, USA) 값을 측정하였다.

2.2.4 도공지의 인쇄 모듈 평가

도공지의 인쇄 모듈을 평가하기 위하여 Croda 잉크

테스트 및 RI(RI-II, KRK, Japan) 인쇄 실험을 실시하였다. Croda 잉크 테스트는 Croda 잉크를 실험 시편(5cm × 10cm)에 전이시킨 다음, 일정 시간(3분, 5분) 후 닦아내어 인쇄의 균일성을 판단하였다. RI 인쇄 실험의 경우는 실험시편(3.5cm × 20cm)에 0.3 cc의 Magenta 잉크를 인쇄한 다음, 0.2 cc의 Cyan 잉크를 Magenta가 인쇄되어진 시편 위에 천천히 trapping하여 인쇄의 균일성을 확인하였다. 인쇄모틀을 측정하기 위하여 잉크농도 측정기(DI96, GRETAG)를 이용하여 각각의 시편에서 50회 정도 잉크농도를 측정 후, 측정값의 표준오차를 구하여 인쇄 균일성을 평가하였으며 이를 도공지의 인쇄모틀로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 프리코팅층의 안료배합이 도공지 물성에 미치는 영향

3.1.1 거칠음도 및 광택

Fig. 1은 도공지의 거칠음도 결과를 보여주고 있다. 프리코팅층의 거칠음도에서는 입자경이 작은 GCC와 clay 및 talc를 첨가하면 입자경이 큰 GCC 대비 프리코팅층의 거칠음도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. Talc의 경우 광택에서와 같이 탑코팅 후 캘린더 처리를 함에 따라 거칠음도 낮아지는 것을 확인할 수 있었는데 이는 talc의 우수한 캘린더 적성으로 인하여 안료가 평활하게 배치되어진 결과라 사료된다. 탑코팅의 거칠음도는 대체적으로 프리코팅층의 영향을 받는 것을 확인하였다.

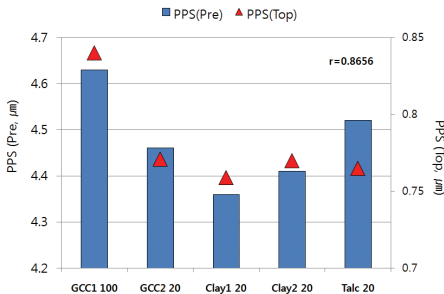


Fig. 1. Roughness of pre and top coated paper.

Fig. 2는 프리코팅층에 서로 다른 안료배합을 적용한 도공지의 광택 결과를 보여주고 있다. GCC의 입자경이 작아짐에 따라 프리코팅층의 광택이 증가되었다. 또한 판상형 안료인 clay를 첨가 및 clay의 입자경에 작아짐에 따라 프리코팅층의 광택이 향상되는 것을 확인하였다. Talc의 경우 다른 안료에 대비하여 입자경이 크기 때문에 프리코팅층의 광택이 낮은 경향을 보였으나 탑코팅 후 캘린더 처리를 함에 따라 광택이 좋아졌다. 이는 talc의 우수한 캘린더 적성에 인한 결과라 사료된다. 탑코팅층의 배합비가 같음에도 불구하고 탑코팅층의 광택이 서로 다른 값을 나타내었는데 이는 프리코팅층에 입자경이 작은 안료를 첨가함에 따라 프리코팅층의 거칠음도가 개선되어 탑코팅층의 면특성에 영향을 미침에 따라 광택 특성에도 영향을 미친다고 사료된다.

3.1.2 도공지 두께 및 불투명도

Fig. 3은 각각의 조건에서 도공된 도공지의 두께 결과를 보여주고 있다. 입자경이 작은 GCC의 첨가와 clay의 첨가로 인한 도공지의 두께 변화는 미미하였다. 반면 입자경이 큰 talc를 첨가함에 따라 두께가 증가하였는데 이

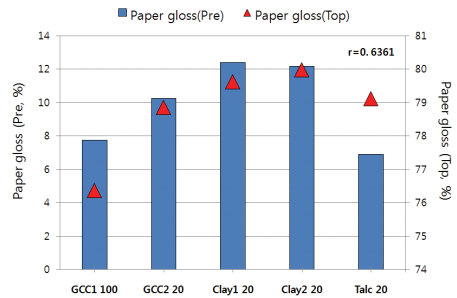


Fig. 2. Paper gloss of pre and top coated paper.

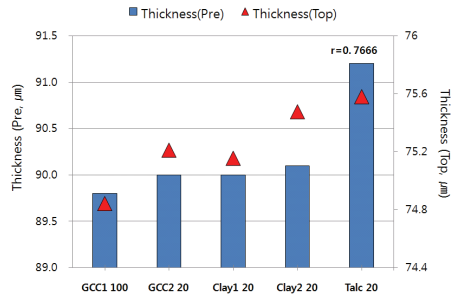


Fig. 3. Thickness of pre and top coated paper.

는 도공층의 팩킹(packing) 상태가 보다 벌크하게 형성되었으며 또한 캘린더 적성이 우수하여 높은 벌크를 유지하였을 거라고 사료된다. 이러한 결과로 인하여 프리층에 안료를 혼합시킴으로 기존 대비 벌크한 도공지를 생산할 수 있을 것이라 사료된다.

Fig. 4는 도공지의 불투명도 결과를 보여주고 있다. 프리코팅층에 입자경이 작은 GCC 및 clay 그리고 talc를 첨가하면 불투명도가 증가한다는 것을 확인하였다. 반면 탑코팅 후에는 모두 비슷한 수준을 보여주었다. 이와 같은 현상은 탑코팅까지 적용함으로써 빛의 산란이 더 이상 증가되는 효과를 얻을 수 없기 때문에 프리코팅층의 불투명도가 탑코팅층에 영향을 미치지 않는다고 사료된다.

3.1.3 도공지 백색도 및 백감도

Fig. 5는 도공지의 백색도 결과를 보여주고 있다. 백색도는 대체적으로 도공안료 자체 백색도에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대체적으로 안료 백색도가 낮은 clay

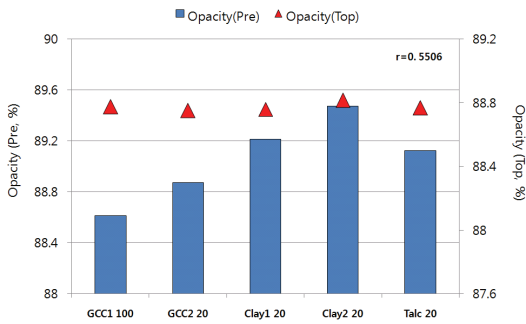


Fig. 4. Opacity of pre and top coated paper.

를 첨가함에 따라 백색도가 감소하는 것을 확인하였다. 반면 Talc는 GCC의 백색도와 유사한 값을 나타내었다. 탑코팅층이 일정함에도 백색도 값이 차이가나며 프리코팅층과 같은 경향을 나타내었는데 이는 탑코팅층의 백색도가 프리코팅층의 영향을 받았다고 사료된다.

Fig. 6은 도공지의 백감도 결과를 보여주고 있다. 도공지의 백감도는 백색도의 결과와 유사하였으며 자체적으로 안료 백색도가 GCC 대비 낮은 clay를 첨가 시 백감도가 감소하였다. Talc는 탄산칼슘과 비슷한 백감도 값을 나타내었다. 또한 백색도의 결과와 마찬가지로 프리코팅층의 백감도 특징이 탑코팅층에 영향을 미친것을 확인하였다.

3.2. 프리코팅층의 안료배합에 따른 인쇄모틀 평가

3.2.1 RI 테스트

Fig. 7은 RI 테스트용 인쇄기를 이용하여 트레이핑을 실

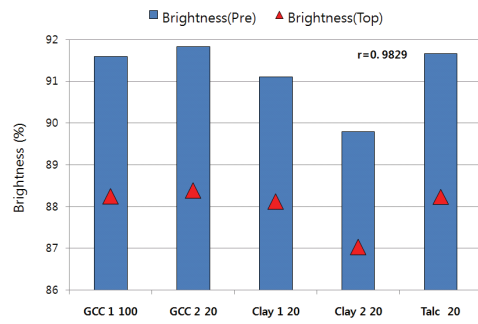


Fig. 5. Brightness of pre and top coated paper.

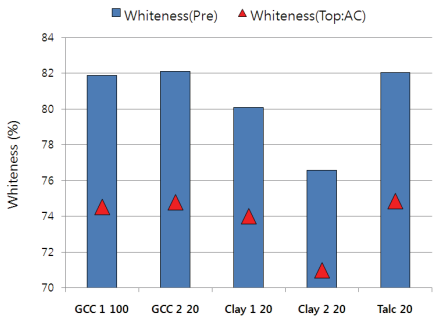


Fig. 6. Whiteness of pre and top coated paper.

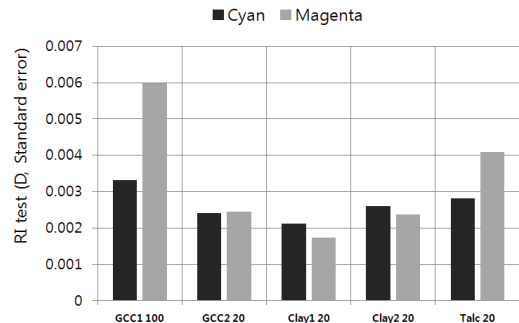


Fig. 7. Standard error result of RI printed image.

시한 인쇄 시편의 잉크농도 표준오차를 보여주고 있다. RI 인쇄 후, 잉크 농도 값의 차이는 입자경이 작은 GCC2, clay 및 talc 첨가에 따라 잉크농도의 표준오차 값이 감소하는 것을 확인하였다. 특히 프리코팅층에 입자경이 작은 clay 1 첨가 시 표준오차 값이 가장 작은 것을 확인하였다. 프리코팅층의 안료배합의 변경에 따라 탑코팅층의 인쇄적성이 변하였다. 이로 인하여 프리코팅층의 특성이 탑층의 최종 인쇄적성에 영향을 미친다고 사료된다. 또한 cyan 보다 magenta에서 그 차이가 많이 나는 것을 확인할 수 있었다.

3.2.2 Croda ink test

Fig. 8은 인쇄 모듈 평가를 위해 실시한 Croda ink 인쇄 샘플의 잉크 농도 값의 표준오차를 나타내고 있다. Croda ink 테스트 실험결과는 RI test와 유사한 경향을 나타내고 있었다. 프리코팅층에 입자경이 작은 GCC, clay 및 talc 첨가에 따라 Croda ink 농도의 표준오차 값이 감소하는 것을 확인하였으며 그 중 clay1 clay2 가 가장 우수하였다. 이는 프리코팅층에 clay 첨가 시 인쇄모듈이 가장 적게 발생한 것이라 사료된다.

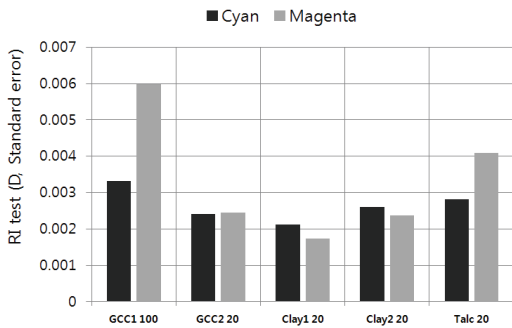


Fig. 8. Standard error result of Croda ink printed image.

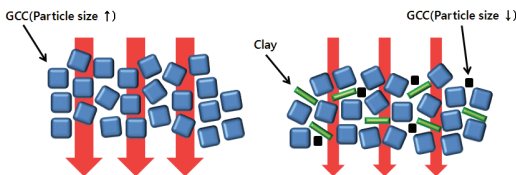


Fig. 9. Water behavior from top coating color with two different pre-coated layers.

연구 결과에 따르면 프리코팅층의 특성이 탑코팅층에 영향을 주는 것을 확인하였다. 특히 프리코팅층에서 가장 큰 부분을 차지하는 안료의 특성에 따라 프리코팅층 및 탑코팅층의 인쇄적성에 영향을 준다는 것을 확인하였다. 특히 입자경이 작고 중횡비가 큰 안료를 프리코팅층에 적용함에 따라 Fig. 9에서와 같이 프리코팅층의 공극구조를 변경시켜 탑코팅층 도포 시 탑코팅층 내 수분의 이동을 억제 시키게 된다. 그에 따라 탑코팅층 내 바인더 마이그레이션이 감소되며 바인더 마이그레이션 억제에 따라 인쇄모듈이 감소한다고 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 프리코팅층에 서로 다른 다섯 가지 도공 안료를 적용하여 프리코팅층과 탑코팅층의 물성변화를 관찰하였고 인쇄를 통하여 인쇄모듈에 미치는 영향을 평가하였으며 그 결과는 다음과 같다.

입자경이 작은 GCC와 clay의 첨가로 프리코팅층의 광택이 증가하였으며, 거칠음도는 감소하였다. 입자경이 큰 talc 적용 시 두께에서 가장 큰 값을 보여주었다. 프리코팅층의 거칠도 개선에 따라 탑코팅층의 거칠도에 영향을 미쳤으며 그 결과 광택에 영향을 미쳤다. 프리코팅층에 clay를 첨가함에 따라 프리코팅층의 백색도와 백감도가 감소하였다. 탈크는 백색도와 백감도에서 GCC와 비슷한 수준이었다. 프리코팅층의 백색도 및 백감도는 탑코팅층에 영향을 미쳤다. 프리코팅층에 입자경이 작은 GCC 및 clay 첨가 시 인쇄모듈이 감소되는 것을 확인하였다.

본 연구로부터 기존의 입자경의 큰 GCC를 단독으로 적용하는 프리코팅층에 입자경이 작거나 중횡비가 큰 안료를 적용하게 되면 프리코팅층 및 탑코팅층의 특성을 개선시키며 이는 곧 최종 인쇄적성에 영향을 미치게 되며 그에 따라 고품질의 도공지를 생산할 수 있을 것이라 사료된다.

Literature Cited

1. Arai, T., Yamasaki, T., Suzuki, K., Ogura, T., and Sakai, Y., Relationship between print

- mottle and coating structure, 1988 Coating Conference (1988).
2. Deqiang Ma., R. Douglas Carter, Robert E. H., and Ching-Yih Chen, Print mottle reduction through clay engineering and pore structure in paper coating, 2005 Coating Conference Proceedings
 3. Matte, D., Dimmick, A., Saari, J., Mangin, P., and Daneault, C., Precoat and topcoat effects on final printability. Part 2. Coating structure analysis with mercury intrusion, PaperCon '09 Conference (2009).
 4. Matte, D., Mangin, P., Lanouette, R., and Daneault, C., Precoat and topcoat effects on final printability · Different precoat pigments (100% parts), PaperCon 2010 Conference (2010).
 5. Hirons, T., and Nesbit, T., Effect of Kaolin addition to calcium carbonate precoat, 2006 Coating Conference Proceedings (2006).
 6. Kumano, A., Higuchi, A., Watanabe, T., and Matsui, H., Reducing mottle through coating structure design, 1993 Coating Conference Proceedings (1993).
 7. Gagnon, R., and Hiscock, D., Reducing back-trap mottle in multiLayer coating systems: Influence of precoat composition and structure, 2006 Coating & Graphic Arts Conference (2006).
 8. Nutbeem, C., and Hallam, B., Functional pre-coats for multilayer coating, Asian paperconference (2010).