

친환경 플라즈마 기술을 이용한 고품질 인쇄용지 제조 (제2보) - 표면처리된 원지를 이용한 도공지 제조 -

신동준 · 김선경 · 이용규[†]

접수일(2012년 2월 2일), 수정일(2012년 2월 15일), 채택일(2012년 2월 16일)

Manufacturing of High Quality Coated Paper using Environmental Friendly Plasma Technology(II) - Making coated paper using surface-treated base paper-

Dong Joon Shin, Sun Kyung Kim, and Yong Kyu Lee[†]

(Received February 2, 2012, Received February 15, 2012, Accepted February 16, 2012)

ABSTRACT

In the previous study, the possibility of modifying the surface properties of base paper with plasma treatment was evaluated. It was shown that only the hydrophilic properties of the base paper surface was increased while there was no changes in physical and optical properties. Only the surface of the plasma treated side was modified.

In this study, the effect of plasma treatment on binder migration was elucidated. The base paper was plasma treated with various voltage and then the plasma treated base papers were coated with varying coated weight. The surface strength of the coated paper (dry and wet pick) was increased with plasma treatment, which implies that the plasma treatment of base paper can inhibit the binder migration.

Keywords : Atmospheric plasma, base paper, surface modification, binder migration

• 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University, Chunchon, 200-701, Korea).

[†] 주저자(Corresponding author): e-mail: yklee@kangwon.ac.kr

1. 서론

도공원지의 특성은 도공층의 구조에 영향을 미치는 주요 인자이다.¹⁾ 보통 도공원지의 표면에 물의 침투를 막기 위해 사이징 처리를 하여 도공액을 도포 시 원지로의 도공액 침투를 억제하게 한다.²⁾ 또한 도공층과 인쇄적성 관계, 도공액 내의 화학적 현상과 레올로지의 이해가 필수적이다. 여러 폴리머의 혼합으로 구성된 도공액과 원지 사이의 상호작용 의해 도공층의 구조가 변하게 된다.³⁻⁵⁾ 고농도화에 따른 도공액의 적절한 레올로지, 바인더 마이그레이션의 억제는 전반적인 도공지내의 적절한 바인더 분포, 균일한 도공층을 형성을 하게 되고, 이는 도공지가 갖추어야 할 가장 중요한 요소 중 하나인 인쇄품질에 강한 영향을 미친다.⁶⁾

제품개발은 인쇄 트러블, 소비자 성향을 만족시키기 위해 표면 화학 현상의 이해가 필요하고, 이런 이유로 기계적 처리의 캘린더링이나 도공은 인쇄적성, 광학적 성질 그리고 강도를 높이기 위해 적용되어왔다.⁷⁾

재료의 부식, 촉매반응, 마찰, 마모, 경도, 입자 혹은 전자기파의 방출 및 흡수와 같은 물리적, 화학적 반응은 기저물질 보다는 표면 및 계면에서 일어나므로 표면 및 계면의 중요성이 오래 전부터 인식되어 왔다. 이와 같은 표면처리 방법 중에 대기압 플라즈마 처리는 진공장치를 수반하지 않아 비교적 저렴하며 고분자 표면 개질에 사용할 수 있는 장점이 있다.⁸⁾

선행 연구에서 도공원지의 표면 개질 가능성에 대해 연구하였고, 그 결과 원지의 물리적·광학적 특성은 변

화 없이 원지 표면에 알데하이드, 염화물, 알코올, 아민 등의 친수기가 생성되어 물과의 수소결합이 잘 일어나도록 표면의 화학 구조만 변화되었다. 또한 접촉각 측정을 통해 도공원지 반대면의 화학구조는 변하지 않았다는 점에서 금속이 아닌 종이에도 처리된 면의 화학성질만 변화했다는 새로운 가능성을 증명하였다.¹¹⁾

Fig. 1은 표면처리 된 도공원지에 도공액을 도포 시 발생하는 메카니즘의 모식도이다. 이에 본 연구에서는 선행 연구를 바탕으로 플라즈마의 인가전력과 도공량을 달리하여 도공 후 도공지의 물성, 인쇄적성을 통해 친수성으로 표면 개질된 원지가 도공지에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 원지, 도공안료

본 연구에 사용된 원지는 국내 H사에서 분양 받은 평

Table 1. Properties of pigments

Pigment	Clay	GCC 95
Type	powder	slurry
pH	7.0	9.5
Viscosity(cPs)	-	197
Solids content(%)	99.9	75.1
Brightness(%)	87.5	91.3
Company	E사	G사

Table 2. Properties of Latex

Solid content (%)	Particle Size (Å)	Viscosity (cPs)	Tg (°C)	Gel content (%)
50.0	1100	300	3	80

Table 3. Properties of additives

	Solid content(%)	pH
Dispersant	42.6	7.2
Lubricant	50.0	11.09
Insolubilizer	30.0	7.0
Thickner	30.2	5.2

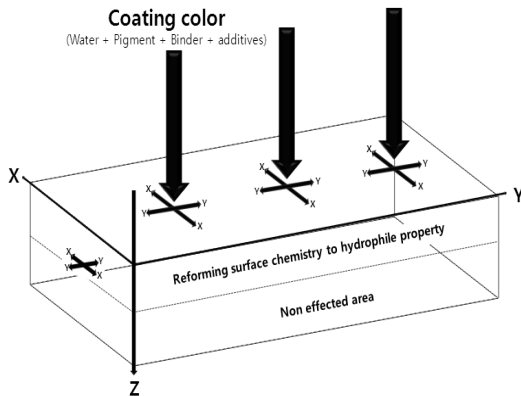


Fig 1. The schematic of binder migration in reformed base paper surface.

량 75g/m^2 , 두께 $100\mu\text{m}$ 의 도공 원지를 사용하였다. 도공 안료는 GCC(Setacab-K)와 클레이(α -gloss)를 사용하였으며 그 물성은 Table 1에 나타내었다.

2.1.2 바인더, 기타 첨가제

바인더는 라텍스(Lutex 701, LG-chemical, KOREA)를 사용하였고, 그 물성은 Table 2와 같다. 분산제(Dispersant), 윤활제(Lubricant), 내수화제(Insolubilizer), 증점제(Thickener)를 기타 첨가제로 사용하였다. 물성은 Table. 3에 나타내었다.

2.2 실험방법

2.2.1 원지 전처리 공정 - 플라즈마 처리

도공원지의 전처리 공정을 위해 Dielectric barrier discharge (DBD)형의 플라즈마를 사용하였다. 선행 연구를 바탕으로 Ar/O₂ 가스를 사용한 대기압 플라즈마를 사용하여 미처리 조건과 인가전력을 40W, 60W 조건으로 각각 처리하였다. 처리 조건을 Table 4에 나타내었다.

2.2.2. 도공액 제조

도공액은 Table 5와 같이 배합하여 제조하였다. 물에 NaOH를 넣어 pH를 조절한 후에 분산제와 안료를

Table 4. Treatment condition of power and voltage

Power	Voltage
0 W	0 kV
40 W	2.96 kV
60 W	3.71 kV

Table 5. Formulations of coating color

GCC95	80
Clay	20
Binder	10
NaOH	0.12
Dispersant	0.02
Lubricant	0.5
Insolubilizer	0.3
Thickener	0.1
Solid content(%)	65

첨가하여 슬러리 형태로 약 15분간 교반 후 각각의 첨가제를 유동제, 바인더, 윤활제, 내수화제 순으로 첨가하여 도공액을 제조하였다.

2.2.3 도공액의 물성 측정

도공액의 점도는 저점단 점도계(DV-II Viscometer, Brookfield, U.S.A)를 사용하여 측정(60rpm에서 No. 4 spindle) 하였고, pH는 pH측정기 (PB-11, Sartorius Korea, Ltd)를 사용하였으며, 보수도는 보수성 측정기 (Water retention meter, AA-GWR, Kaltec scientific inc, U.S.A)를 사용하여 30초 동안 탈수한 양으로 평가하였다.

2.2.4 도공지 제조

실험용 반자동 코터 (K-control coater, RK print Coat Instrument Ltb, U.K)를 사용하여 플라즈마 처리를 하지 않은 원지와 40W, 60W로 처리한 원지에 도공량 8g/m^2 , 20g/m^2 으로 편면 도포한 후, 105℃의 열풍 건조기 (YJ-8600D, Yujin Electronics, KOREA)에서 30초간 건조하였다. 슈퍼 캘린더(Supercalender, Beloit Corporation, U.S.A.)를 사용하여 온도 70℃, 압력 350psi에서 도공면이 Steel roll쪽으로 향하게 하고 2회 통과하여 도공지를 제조하였다.

2.2.5 도공지의 물성측정

도공지 물성은 거칠음도(PPS, L&W, Sweden), 백지 광택(Gloss meter, Model T480A, Technidyne corp, U.S.A.), 백색도, 불투명도(Elrepho 3300, Datacolor, International, U.S.A.)를 슈퍼캘린더 전, 후 각각 측정하였다.

2.2.6 인쇄 적성평가

인쇄적성의 평가는 잉크의 인쇄광택, 잉크 뒷문음, 잉크세트성(Ink set-off), Dry pick, Wet pick 을 RI- II TESTER를 이용하여 측정하여 5점법으로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 도공액 물성 평가

Table 5의 배합조건에 따라 제조한 도공액의 물성을

Table 6. Properties of coating color

Viscosity(cPs)	Water Retention(g/m ²)	pH
549.9	99.12	9.3

Table 6에 나타내었다.

3.2 도공지 물성 및 인쇄적성

3.2.1 슈퍼캘린더 처리 전후의 백지광택과 거칠음도

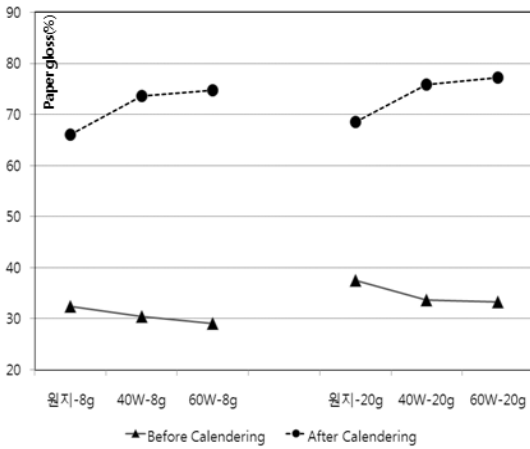


Fig. 2. Paper gloss of coated paper. (Before and after calendaring)

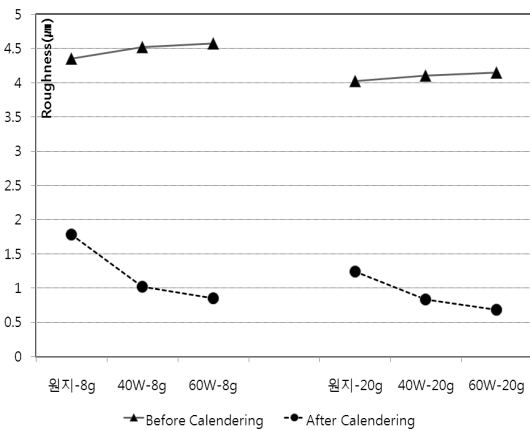


Fig. 3. Roughness of coated paper. (Before and after calendaring)

Fig. 2와 Fig. 3은 도공지의 물성 중 슈퍼캘린더 처리 전후의 백지광택과 거칠음도를 나타낸 결과이다. 거칠음도가 낮아질수록 백지광택은 향상되었다. 슈퍼캘린더 처리 전 조건에서 플라즈마 처리된 원지로 제조한 도공지는 플라즈마 처리 하지 않은 도공지보다 백지광택이 낮고 높은 거칠음도를 나타냈다. 슈퍼캘린더 처리 전 도공지의 거칠음도는 도공층 표면에 매크로러프니스(Macroroughness) 구조가 남아 있어 평활하지 않은 표면구조를 형성한다.^{9,10)} 또한 도공원지에 플라즈마 처리의 인가전력이 높아질수록 도공지의 백지광택이 감소하고 거칠음도가 다소 높아지는 경향을 나타냈다. 하지만 슈퍼캘린더 처리 후 조건에서 처리 전 조건과 비교해 보았을 때 백지광택은 100% 이상 향상되어 도공층 표면이 매우 평활해진 것을 확인 할 수 있었다. 슈퍼캘린더 처리에 의해 도공층 표면구조가 미시적인 수준의 거칠음으로 평활하게된 것을 확인 할 수 있었다.^{1,2)} 한 가지 흥미로운 점은 슈퍼캘린더 처리 전 플라즈마를 처리하지 않은 도공원지보다 플라즈마 처리한 도공원지를 사용한 도공지가 백지광택이 낮고 거칠음도가 높게 나타났으나, 슈퍼캘린더 처리 후 플라즈마 처리한 도공원지를 사용한 도공지가 처리 하지 않은 도공지보다 우수한 결과를 나타냈다. 이는 Ar/O₂가스를 사용한 플라즈마 처리로 인해 도공원지 표면 특성이 친수성으로 개질되어 물과의 결합력이 더욱 강해지고¹¹⁾, 원지에 도공액을 도포 시 물과 바인더 마이그레이션이 Z방향(이 아닌 X, Y방향으로 도포되어 캘린더 처리 후

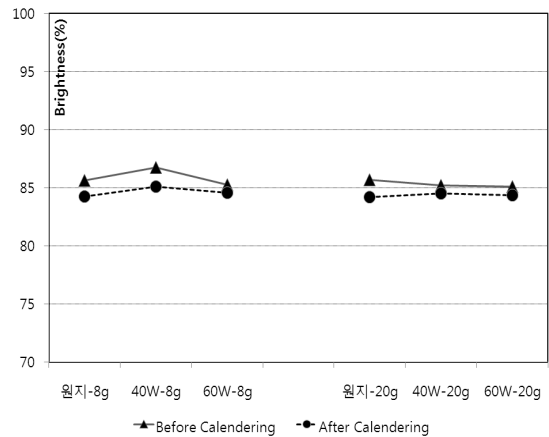


Fig. 4. Brightness of coated paper. (Before and after calendaring)

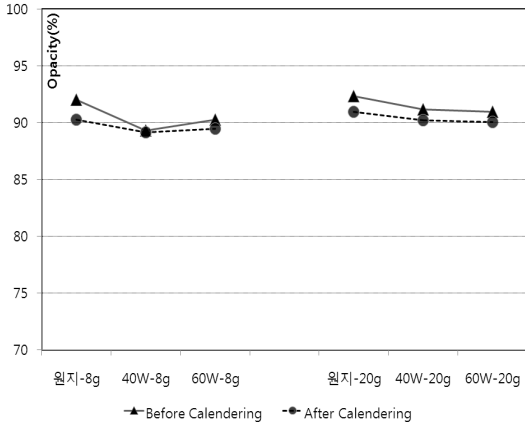


Fig. 5. Opacity of coated paper.
(Before and after calendering)

균일하게 도공층을 형성 할 수 있다고 사료된다. (Fig. 1)

3.2.2 슈퍼캘린더 처리 후의 백색도와 불투명도

Fig. 4와 Fig. 5는 도공지의 물성 중 슈퍼캘린더 처리 후의 백색도와 불투명도를 나타낸 결과이다. 각 조건마다 미세한 차이는 나타냈지만 플라즈마 처리는 도공지의 백색도와 불투명도에 크게 영향을 미치지 않음을 확인 할 수 있었다. 높은 압력으로 슈퍼 캘린더 처리를 할 경우, 도공층을 투명하게 하여 광 흡수도를 증대시켜 불투명도가 저하되어²⁾ 슈퍼캘린더 처리 전 물성 값보다 다소 낮거나 변화가 거의 없는 결과를 나타내었다.

3.2.3 도공지의 인쇄적성 측정

Fig 6은 인쇄광택과 잉크 뒷문음·잉크 세트성과 dry pick, wet pick 강도를 측정된 결과를 나타낸다. 거칠음도가 가장 큰 영향인자인 인쇄광택은^{12,13)}, Fig. 3의 결과를 바탕으로 거칠음도가 우수한 플라즈마 처리 도공지가 처리 하지 않은 도공지 보다 인쇄광택이 증가하였다(Fig. 6). 반면 플라즈마 처리한 도공지보다 처리하지 않은 도공지의 잉크세트성이 높은 결과를 나타냈다. 이는 잉크로부터 용제가 급속하게 손실될 때 수지를 동시에 빼앗겨 표면에 마이크로 스케일의 안료입자와 마이크로 스케일의 거칠음이 나타나기 때문에 잉크세트성이 빠르면 인쇄광택이 저하된다는 Lee 등의 연구 결과와 일치하였다.^{14,15)} 또한 플라즈마 처리로 표면이 친수성으로 개질된 도공원지는 원지표면에 바인더가 적절

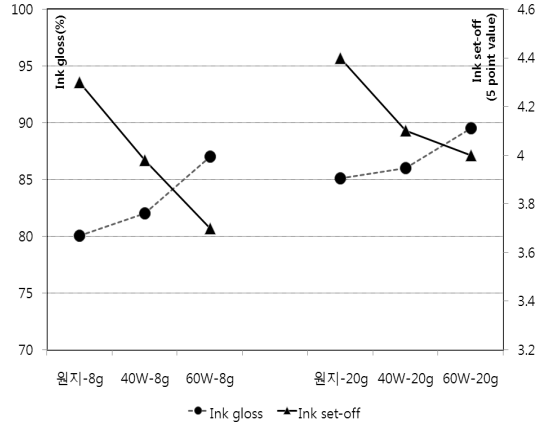


Fig. 6. Ink gloss and ink set-off of coated paper.

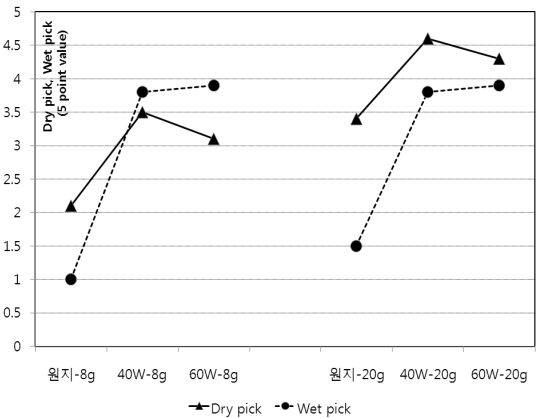


Fig. 7. Dry pick and wet pick of coated paper.

하게 분포되어 균일한 필름층을 형성하여 처리 하지 않은 도공지보다 dry pick 강도가 25~28% 증가하였고, wet pick의 경우 40~50% 강도 증가와 40 W의 인가전력을 사용한 도공지가 우수한 결과를 나타냈다(Fig 7).

4. 결론

본 연구는 친환경 대기압 플라즈마를 사용하여 도공원지의 표면을 친수성으로 개질 하고, 원지의 표면개질이 도공지의 인쇄품질에 어떠한 영향을 미치는 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표면처리된 도공원지를 사용한 도공지는 슈퍼캘린더 처리 후 처리하지 않은 도공 지 보다 높은 백지광

- 택과 우수한 거칠음도로 인하여 높은 인쇄광택을 나타내었다.
2. 도공원지의 플라즈마 처리는 도공지의 광학적 특성에 거의 영향을 미치지 않았다.
 3. 친수성으로 개질된 도공원지는 도공액의 도포 시 바인더 마이그레이션이 Z방향이 아닌 X, Y방향으로 균일한 필름층이 형성되어 도공층에 바인더가 적절하게 분포되어 dry pick, wet pick 강도가 증가하였다.

대기압 플라즈마 처리 기술을 이용하여 도공지의 가장 중요한 인자인 도공원지¹⁾ 표면을 의도적으로 변형시켜 고품질 도공지 제조의 가능성을 확인하였다. 표면 처리를 위해 사용 되는 가스양과 인가전력을 조절한다면 사용 목적에 맞게 요구되는 도공지의 특성을 선택하여 제조할 수 있을 것으로 사료된다. 고급 안료를 사용하지 않아도 인쇄품질이 양호한 도공지를 제조할 수 있다고 사료되지만, 설비 부분 관련해서 경제적인 측면에 대해 앞으로 더 많은 연구가 필요하다. 또한 본래 금속 표면을 친수성/소수성으로 개질하기 위한 플라즈마 기술에 기질을 종이로 하여 연구한 사례가 극기 드물기 때문에 앞으로 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입(No. 2011-0013656). 플라즈마 측정에 도움을 주신 강원대학교 화학공학과 이원규 교수님께 감사드립니다.

인용문헌

1. 이학래, 도공원지의 특성이 도공지 품질에 미치는 영향, 제지계 224:67 (1991).
2. 이용규, 종이도공학, 강원대학교 제지공학과 (2008).
3. Gron, J and Rantanen, R., Surface sizing and film coating, Pigment coating and surface sizing of paper. pp.489-539.

4. Hua, X., Tanguy, P. A., Li, R. and Wagner, J. S., Effect of basestock formation on paper coating, Tappi J. 79(5):112 (1996).
5. Lee. Y. K., Onabe. F. and Usuda, M., Studies on the properties of coating colors. VI Properties of coating color containing amphoteric latex, Japan Tappi J. 46(8):75 (1992).
6. Nowicki, S.C. and Davis, H.T., Drying and binder migration in coated papers(1991), Department of Chemical Engineering and Material Science, University of Minnesota.
7. Fardim, P., Paper and surface Chemistry-Part2- Coating and Printability, Instituto de Quimica, Universidade estadual de campinas, SP, Blazil.
8. Dong S. W., Kim, T.K. and Won Lee, W.G., "Effect of Low pressure and Atmospheric Pressure Plasma Treatment on Contact Angle of Polycarbonate Surface." J, Korean Ind. Eng. Chem, Industrial Chemistry, Vol 21.
9. 이용규, 도공층의 구조, Journal of Korea TAPPI, Vol. 34, No.2, pp.84~98 (2002).
10. Deqiang, M. and Carter, R.D., Huber engineered materials, Prediction of coating structure change during calendering, Department of chemical and biological engineering university of maine.
11. 신동준, 김선경, 이용규, 친환경 플라즈마 기술을 이용한 고품질 인쇄용지 제조(1보) 전압의 변화에 따른 도공원지 표면처리, Journal of Korea TAPP, Vol. 43, No.5, pp.55-59 (2012).
12. 전성재, 조절된 코팅구조상에서 옅색 인쇄광택의 발현 Part 2, 한국펄프·종이공학회 2003년 추계학술발표논문집 pp. 121~134 (2003).
13. Hunter, C., Millan, G., Komarowska, K., Proverb, R., Dilts, K., Pawloska, L. and O'Toole, M., Printability improvements in various paper grades, LANXESS corporation business Unit paper.
14. 이용규, 정경모, 제지안료의 최신기술과 동향, 제지기술 23호 pp. 12~24 (2009).
15. Dimmick, A., Saari, J., Mangin, P., and Daneault, C., Precoat and topcoat effects on final printability - part 2: coating structure analysis with mercury intrusion, TAPPI papercon'09 conference (2009).