

RFID용 전도성잉크에 적합한 도공층 설계 (제2보)

-전도성잉크에 적합한 도공지 제조-

정해성*, 김창근†, 이용규

강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과, 창강제지기술연구소†

1. 서 론

RFID용 전도성잉크를 사용하는 태그 인쇄는 포장소재에 따라 그 적용에 많은 문제점이 드러나고 있다. 대표적인 문제로, RFID 무선주파수의 인식효율은 패키징 소재의 표면 상태가 거칠어짐에 따라 떨어진다는 것이다. 이러한 이유로 RFID 태그 소재로 플라스틱 필름을 보편적으로 사용하는데, 이는 플라스틱 필름의 평활도가 좋고 탄력성과 내구성이 우수하기 때문이다. 현재 상용화된 RFID 태그 소재로 플라스틱 필름이 보편적으로 사용되고 있지만, 이는 재활용과 친환경적인 면에서 문제점이 드러나고 있다. 1993년에 리우협약에 의해 발효된 환경법은 지류 포장재에 플라스틱의 사용을 제한하고 있다. 이러한 문제점은 종이로 대체할 경우 해결될 수가 있다. 하지만 태그 인쇄용으로 종이를 사용할 경우 많은 문제점이 있을 수 있다. 종이로 대체하기 위해서 무엇보다 RFID용 태그의 기능적인 부분을 유지해야 되는데, 종이의 경우 필름에 비해 표면의 평활도가 불량하고, 종이의 고유 특성 때문에 RFID용 전도성잉크에 들어있는 전도성 충전제가 인쇄 후 불안정하게 위치하게 된다. 또한 인쇄 후 건조 되면서 종이 내부로 전도성 충전제가 불균일하게 마이그레이션하게 되고, 이 때문에 전도성 충전제를 종이 표면에 온전히 남겨두지 못하는 상황이 발생된다. 이러한 문제점은 RFID 인식 효율과 직결되고, RFID를 종이에 직접 인쇄할 때 우선적으로 개선되어야 할 과제이다.

선행된 연구에서는 전도성 잉크에 적합한 도공지 개발을 위하여 도공액 설계를 통해 전도성이 우수한 도공지를 제작하였다. 이러한 도공액을 적용하여 본 연구는 도공공정 중 도공량과 캘린더링 변화를 주어 전도성에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공원지

본 연구에 사용된 도공원지는 Polyvinyl alcohol이 표면처리 된 D사의 원지를 분양받아 사용하였다. 물성은 Table. 1에 나타내었다.

Table 1. Properties of base paper

	Base weight(g/m^2)	Thickness(μm)	PVA Coat weight (g/m^2)
Base paper	110	139	3.5

2.1.2 도공안료

본 연구에 사용된 도공안료는 Engelhard USA 안료를 분양받아 사용하였다. 물성은 Table. 2에 나타내었다.

Table 2. Properties of pigments

Pigment	Clay
Type	powder
pH	7.0
Viscosity(cPa)	-
Solid content(%)	99.9
Brightness(%)	87.5
Company	Engelhard USA

2.1.3 바인더와 기타 첨가제

바인더는 라텍스(Lutex 910, LG-chemical, KOREA)를 사용하였고, 바인더의 물성은 Table 3과 같다. 첨가제로 분산제(Dispersant), 윤활제(Lubricant), 내수화제(Insolubilizer), 증점제(Thickner)를 사용하였다.

Table 3. Properties of binder

Viscosity(cPa)	Tg(°C)	Gel content(%)	Solid content(%)	Particle Size(Å)
300	25	80	50.0	1650

2.1.4 잉크

잉크는 NINK-Ag WM5035 (ABC NanoTech, KOREA)인 은 나노 입자가 들어있는 전도성 잉크젯 잉크를 사용하였고, 물성은 Table 4와 같다.

Table 4. Properties of ink

Appearance	Conductive silver ink-jet ink
Content (%)	50
Particle size (nm)	20
Viscosity (cPs)	15
Specific gravity	1.40
Surface tension (dyne/cm)	30

2.2 실험방법

2.2.1 도공액의 제조

도공액은 Table 5와 같이 배합하여 제조하였다. 물에 NaOH를 넣어 pH를 조절한 후에 분산제와 안료를 첨가하여 슬러리 형태로 약 15분간 교반 후, 각각의 첨가제를 증점제, 바인더, 윤활제, 내수화제 순으로 첨가, 배합하여 도공액을 제조하였다.

Table 5. Formulations of coating color (unit : pph)

Clay	100
Binder	20
NaOH	0.12
Dispersant	0.02
Lubricant	0.50
Insolubilizer	1.00
Thickener	0.10
Solid content(%)	60

2.2.2 도공액의 물성 측정

도공액의 점도는 저점단 점도계(DV-II Viscometer, Brookfield, U.S.A)를 사용하여 측정 (60 rpm, No. 4 spindle)하였고, pH는 pH측정기 (PB-11, Sartorius Korea. Ltd)를 사용하였으며, 보수성은 보수성 측정기(Water retention meter, AA-GWR, Kaltec

scientific inc, U.S.A)를 사용하여 30초 동안 탈수한 양으로 평가하였다.

2.2.3 도공지 제조

실험용 반자동 코터 (K-control coater, RK print Coat Instrument Ltb, U.K)를 사용하여 원지에 도공량 5, 7, 18 g/m²으로 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 150, 250, 350 psi로 각각 도공면이 Cotton filled roll쪽으로 향하게 하여 2회 통과시켰다.

2.2.4 도공지의 물성측정

도공지 물성은 거칠음도(PPS, L&W, Sweden), 백지광택(Gloss meter, Model T480A, Technidyne corp, U.S.A.), 백색도(Elrepho 3300, Datacolor, International, U.S.A.)를 측정하였다.

2.2.5 그라비아 인쇄의 망점빠짐(Missing Dot) 측정

인쇄적성 평가는 IGT 인쇄적성시험기를 사용하여 헬리오 시험기(helio test)로 망점 빠짐을 측정하였다. 헬리오 시험기의 조건은 Table 6에 나타내었다.

Table 6. Condition for Helio test

	Constant speed (m/s)	pressure (N)	Ink
Helio test	1.0	400	Helio test Ink

2.2.6 저항 측정방법

전도성 잉크의 전도도를 평가하기 위해서 제조한 전도성 잉크가 인쇄된 도공지에 전도성 잉크를 인쇄 후 Membrane witch Council of the SGIA에서 정한 ASTM F1896-98(American Society for Testing and material)규격을 따라 표면저항(surface resistivity or sheet resistivity)을 측정하였다. 그 방법을 Fig. 1 에 나타내었다.

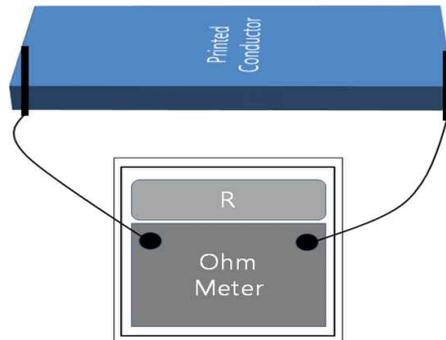


Fig. 1. ASTM F1996-98(American Society for Testing and materials).

3. 결과 및 고찰

3.1 도공액 물성 평가

Table 5의 배합조건에 따라 제조한 도공액의 물성을 Table 7에 나타내었다.

Table 7. Properties of coating color

Viscosity(cPs)	Water Retention(g/m2)	pH
577	98.2	8.4

3.2 도공지 물성 및 그라비아 인쇄적성

3.2.1 백지광택과 거칠음도

Figs. 2와 3은 도공량과 캘린더 압력이 도공지의 백지광택과 거칠음도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 도공량을 증가시키면 백지광택과 평활도가 향상되었다. 이는 도공량을 증가시킨 결과, 광택도와 평활도가 향상되었다고 발표한 내용과 일치한다.¹⁾ 캘린더 압력의 증가는 백지광택과 평활도를 향상시켰다. 도공지의 백지광택과 평활도는 캘린더의 압력을 변화시켜서 개선시킬 수 있다는 Lee등의 결과와 일치한다.²⁾

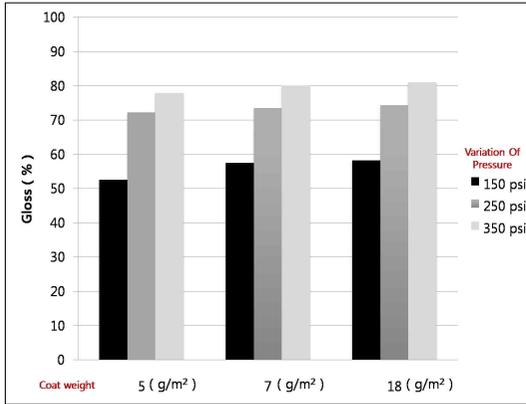


Fig. 2. Gloss.

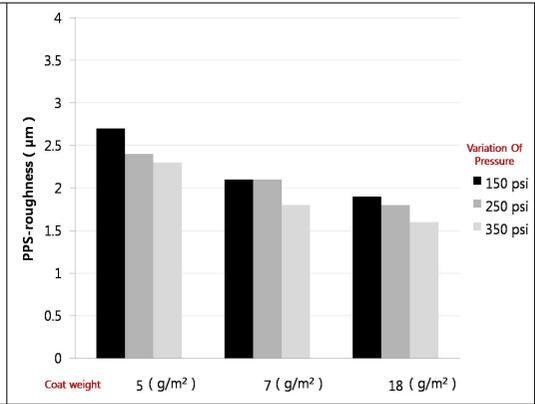


Fig. 3. Roughness.

3.2.2 백색도

Fig. 4는 도공량과 캘린더 압력이 도공지의 백색도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 도공량이 증가할수록 백색도는 높아졌다. 이는 도공층에 안료량이 증가하여 안료 고유의 백색도와 유사하게 측정되었기 때문이라고 생각된다. 캘린더 압력의 증가는 도공지의 백색도를 감소시켰다. 이는 도공지의 밀도가 증가하여, 광산란이 감소되었기 때문으로 판단된다. 또한 과도한 롤 압력에 눌러 국부적으로 섬유가 밀집되어 있는 부분과 불균형한 수분함량을 가진 섬유가 검고 투명하게 보이는 검화현상(blackening)이 도공지에 나타나 빛의 투과율을 증가시켜 백색도가 감소하였기 때문으로 판단된다.³⁾

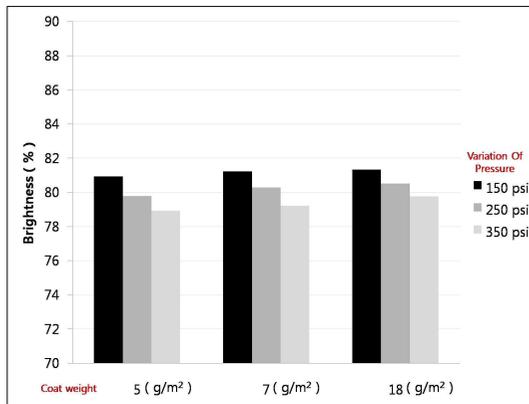


Fig. 4. Roughness.

3.2.3 그라비아 인쇄의 망점빠짐 평가

Fig. 5은 IGT 시험기로 인쇄된 인쇄 시편의 망점빠짐이 일어난 거리를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서 보는 바와 같이 도공량과 캘린더 압력이 증가될수록 그라비아 인쇄의 망점 빠짐 평가는 향상되었다. 이는 제조된 도공지의 평활도의 영향으로 IGT 시험기에서 잉크가 전이될 때 도공지의 표면 특성으로 인해 헬리오 디스크에서 받아들이는 잉크의 양이 평활한 도공지가 인쇄적성에 적합하기 때문이라 사료된다. 또한 헬리오 디스크의 포켓 형태는 점차 조각된 깊이가 증가하는 형태이므로 평활성이 매우 큰 영향인자이다. 이는 Prakash B. Malla 등이 그라비아 인쇄적성을 연구한 결과에서 압축성과 평활도에 영향⁴⁾을 받는 것을 확인할 수 있었다.

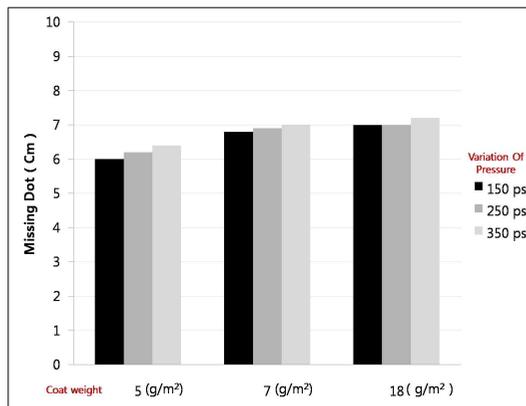


Fig. 5. Missing dot.

3.2.4 표면저항 값 측정

Fig. 6은 전도성 잉크를 인쇄 후 표면 저항을 측정한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 도공량과 캘린더 압력의 증가는 표면저항을 감소시켰다. 전체적인 경향성은 거칠음도 변화 그래프와 같았다. 이는 전도성잉크를 포장 재료에 인쇄한 결과, 인쇄되어진 전도성 잉크 표면저항이 포장 재료의 거칠음도와 밀접한 연관성이 있다는 것과 일치하였다.⁵⁾ 따라서 도공량과 캘린더 압력의 증가는 도공지의 표면 상태를 평활한 상태로 만들어 전도성잉크의 인쇄적성을 향상시켜 낮은 저항력의 결과를 보여주었다.

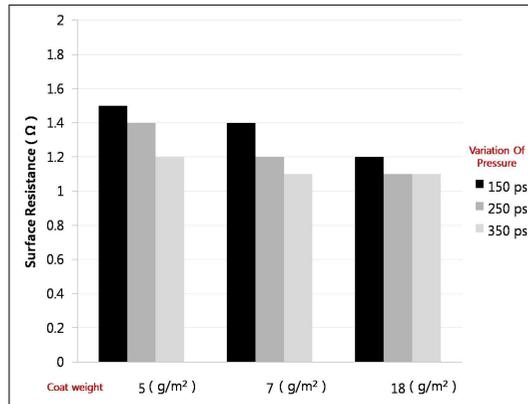


Fig. 6. Surface resistance.

4. 결 론

본 연구에서는 도공지 제조 공정 중 도공량, 캘린더 조건을 변화시켜 RFID 전도성 잉크에 적합한 도공지를 제조하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 도공량과 캘린더 압력을 증가시키면 도공지의 백지광택과 평활도, 백색도는 향상되었다.
2. 도공량과 캘린더 압력을 증가시키면 그라비아 인쇄적성은 향상되었다. 이는 도공량과 캘린더 압력의 증가가 도공지의 평활도를 개선시켰기 때문이라고 판단된다.
3. 도공량과 캘린더 압력의 증가는 전도성 잉크의 표면 저항을 감소시켰다.

본 연구 결과에 따르면 도공량과 캘린더 압력 증가는 인쇄되어진 전도성잉크의 표면 저항을 감소시키는 것으로 확인되었다. 저항력 감소 원인은 거칠음도와 밀접한 연관성이 있는 것으로 판단된다. 본 연구와 선행된 연구 결과를 통해 설계되어진 도공지는 전도성 잉크 인쇄에 적합하여 회로기판 기능을 수행할 수 있을 것이라 사료된다.

5. 참고문헌

1. 이용규, “종이도공학”, 강원대학교 제지공학과, pp. 59~60 (2008).
2. 이용규, 김창근, 이광섭, “캘린더 처리조건이 도공지 품질에 미치는 영향”, Journal of Korea TAPPI, 33(2), 2001
3. Prakash B. Malla et al. "The effects of pigment type and pore structure on optical properties and LWC paper", 2000 TAPPI Coating Conference and Trade Fair. 2000
4. M. Pudas, N. Halonen, P. Granat, J. Vähäkangas(2005), "Gravure printing of conductive particulate polymer inks on flexible substrates", Progress in Organic Coatings, Vol. 54, pp. 310-316.
5. Mario A. Cruz, Margaret Joyce, Paul D. Fleming, Marion Rebros, Alexandra Pekarovicova, "Surface Topography Contribution to RFID Tag Efficiency Related To Conductivity", TAPPI Coating and Graphic Arts Conference, 2007
6. 이수용, 김재능, RFID의 패키징 적용에 관한 연구. 한국포장학회지, 14권, 1호, pp. 15~22 (2008).
7. 이은곤, RFID 확산 전망 및 시사점-환경 분석, 가격전망 및 정책적 시사점. 정보 통신정책, 제 16권, 13호, 통권 351호, 2004.
8. 김태현, 고분자과학과 기술. RFID용 전도성 잉크, 2008.
9. 한국남, 김남수, 용해도 낮은 금속을 이용한 전기 전도성 잉크, 한국공작기계학회 논문집, 2008.
10. 유승환, 강수진, 이관수저, “잉크에 부분적으로 잠겨 회전하는 롤 주위의 액막 유동 해석”, 대한기계학회 춘계학술대회 강연 및 논문 초록집, 2007. 5.
10. Lee, D. I., "The Critical Pigment Volume Concentration Concept for Paper Coatings: I. Model Coating Systems Using Plastic Pigments and Latex Binders for Paper Coating Applications" Journal of Korea TAPPI, 34(5), pp. 1-17 (2002)
11. Lee, D. I., "Development of high-gloss paper coating latexes", TAPPI 1982 Coating Conference Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, pp. 125