

RFID용 전도성 잉크에 적합한 도공층 설계 (제2보)

—도공량과 캘린더 압력에 따른 도공지의 변화—

정해성 · 조병욱 · 김창근¹ · 이용규[†]

(2011년 7월 27일 접수: 2011년 8월 22일 채택)

Design for the Coated Layer suitable with Conductivity Ink for RFID(II)

—Effect of coated weight and calender pressure on coated paper—

Hae-Sung Jung, Byoung-UK Cho, Chang-Kuen Kim¹ and Yong-Kyu Lee[†]

(Received July 27, 2011: Accepted August 22, 2011)

ABSTRACT

This study was carried out in order to evaluate the effect of coated weight and calender pressure on conductivity of printed RFID tags. The printed RFID tags have been manufactured with gravure printing and it has been well known that the efficiency of printed RFID tags is influenced by surface properties of substrate. In this study, coated paper was prepared with four different coated weight and three different calender pressure. After printing conductivity ink on coated paper, surface resistance was measured to evaluate the efficiency of the printed RFID tag. It was found that, with increasing of coated weight and calender pressure, the paper gloss, smoothness, brightness and gravure printability were improved while the surface resistance of the printed RFID tag was decreased.

Keywords: RFID, conductivity ink, calender pressure, coated weight, surface resistance

1. 서 론

RFID용 전도성 잉크를 사용하는 태그 인쇄는 포장 소재에 따라 그 적용에 많은 문제점이 드러나고 있다.

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

¹ 강원대학교 창강제지기술연구소(Chang-Gang Paper Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea).

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

대표적인 문제로, RFID 무선주파수의 인식효율은 패키징 소재의 표면 상태가 거칠어짐에 따라 떨어진다. RFID 태그 소재로 플라스틱 필름을 주로 사용하고 있는데, 이는 플라스틱 필름의 평활도가 좋고 탄력성과 내구성이 우수하기 때문이다.¹⁾ 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.²⁾ 하지만 태그 인쇄용으로 종이를 사용할 경우 많은 문제점이 있을 수 있다. 종이로 대체하기 위해서 무엇보다 RFID용 태그의 기능적인 부분을 유지해야 하는데, 종이의 경우 필름에 비해 표면의 평활도가 불량하고, 종이의 고유 특성 때문에 RFID용 전도성 잉크에 들어있는 전도성 충전제가 인쇄 후 종이표면에 불균일하게 위치하게 된다. 또한 인쇄 후 건조되면서 종이 내부로 전도성 충전제가 불균일하게 마이그레이션하게 되고, 이 때문에 전도성 충전제를 종이표면에 온전히 남겨두지 못하는 상황이 발생된다.³⁾ 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.⁴⁾ 이러한 도공액을 적용하여 본 연구에서는 도공공정 중 도공량과 캘린더 공정이 전도성에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공원지

본 연구에 사용된 도공원지는 polyvinyl alcohol이 3.5 g/m² 표면처리 된 D사의 원지를 분양받아 사용하였으며 원지의 두께는 139 μ m, 평량은 110 g/m²이다.

2.1.2 도공안료

본 연구에 사용된 도공안료는 Engelhard USA에서 분양받은 clay를 사용하였다. 물성은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Properties of pigment

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

2.1.3 바인더 및 기타 첨가제

바인더는 라텍스(Lutex 701, LG-chemical, Korea)를 사용하였고, 그 물성은 Table 2와 같다. 분산제(WY-117, 정원화학), 윤활제(NOPCOTE C-104, San nopco, Korea), 내수화제(WR-30N, 우진산업), 증점제(WR-330N, 우진산업)를 기타 첨가제로 사용하였다.

Table 2. Properties of latex

Solids content (%)	Particle size (\AA)	Viscosity (cPs)	Tg ($^{\circ}$ C)	Gel content (%)
50.0	1650	300	25	80

2.1.4 잉크

잉크는 NINK-Ag WM5035 (ABC NanoTech, Korea)인 은 나노 입자가 들어있는 전도성 잉크젯 잉크를 사용하였고, 물성은 Table 3과 같다.

Table 3. Properties of conductive silver ink-jet ink

Solids content (%)	50
Particle size (nm)	20
Viscosity (cPs)	15
Specific gravity	1.40
Surface tension (dyne/cm)	30

2.2 실험방법

2.2.1 도공액 제조

도공액은 Table 4와 같이 배합하여 제조하였다. 물에 NaOH를 넣어 pH를 조절한 후에 분산제와 안료를

Table 4. 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
Solids content(%)	60

Table 5. Properties of coating color

Viscosity(cPs)	Water retention(g/m ²)	pH
577	98.2	8.4

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

Table 4의 배합조건에 따라 제조된 도공액의 물성은 Table 5와 같다. 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.

2.2.2 도공지 제조

도공 실험용 반자동 코터 (K-control coater, RK print Coat Instrument Ltd, 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 psi 로 각각 도공면이 cotton filled roll쪽으로 향하게 하여 2회 통과시켰다.

2.2.3 도공지 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.

Table 6. Condition for Helio test

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

2.2.4 그라비어 인쇄의 망점빠짐(Missing Dot) 측정

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

2.2.5 표면 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.

3. 결과 및 고찰

3.1 도공지의 백지광택과 거칠음도에 미치는 영향

Figs. 2와 3은 도공량과 캘린더 압력이 도공지의 백지광택과 거칠음도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 그

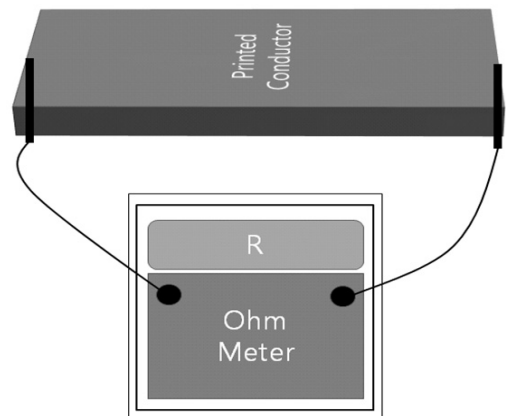


Fig. 1. ASTM F1896-98.

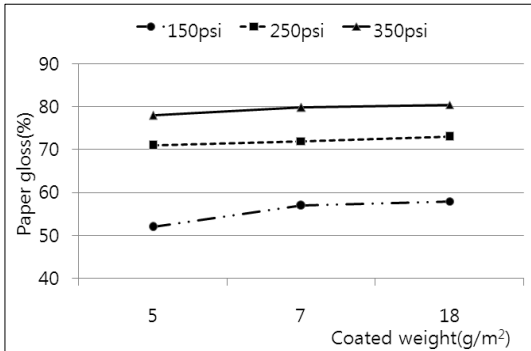


Fig. 2. Effects of coated weight and calendaring pressure on the paper gloss of coated paper.

림에서 보는 바와 같이 도공량을 증가시키면 백지광택과 평활도가 향상되었다. 이는 도공량을 증가시킨 결과, 광택도와 평활도가 향상되었다고 발표한 내용과 일치한다.⁵⁾ 캘린더 압력의 증가는 백지광택과 평활도를 향상시켰다. 도공지의 백지광택과 평활도는 캘린더의 압력을 변화시켜서 개선시킬 수 있다는 Lee 등의 결과와 일치한다.⁶⁾

3.2 도공지의 백색도에 미치는 영향

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 판단

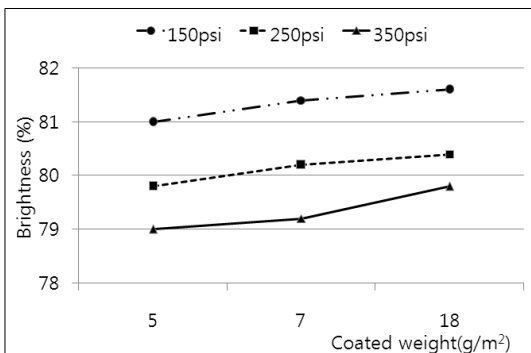


Fig. 4. Effects of coated weight and calendaring pressure on the brightness of coated paper.

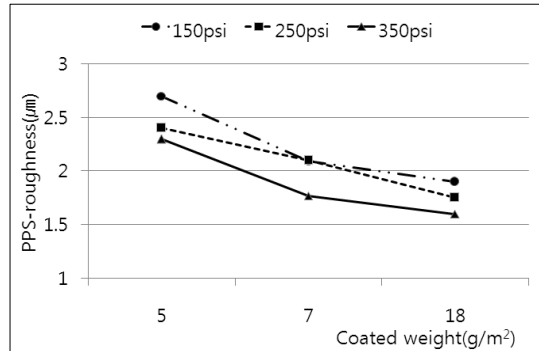


Fig. 3. Effects of coated weight and calendaring pressure on the roughness of coated paper.

된다. 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.⁷⁾

3.3 그라비어 인쇄의 망점 빠짐에 미치는 영향

Fig. 5은 IGT 시험기로 인쇄된 인쇄 시편의 망점 빠짐이 일어난 거리를 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 도공량과 캘린더 압력이 증가될수록 그라비어 인쇄의 망점 빠짐 평가는 향상되었다. 이는 제조된 도공지의 평활도의 영향으로 IGT 시험기에서 헬리오 디스크의 포켓은 깊이가 점차 증가하는 형태로서 잉크가 전이될 때, 헬리오 디스크에서 받아들이는 잉크의 양은 도공지면이 평활할수록 증가하기 때문이다. 이는 Prakash B. Malla 등이 그라비어 인쇄적성을 연구한

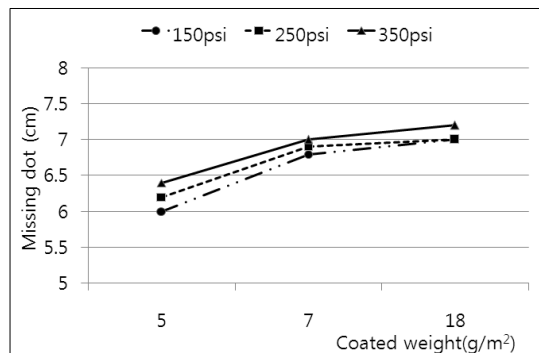


Fig. 5. Effects of coated weight and calendaring pressure on the missing dot of coated paper.

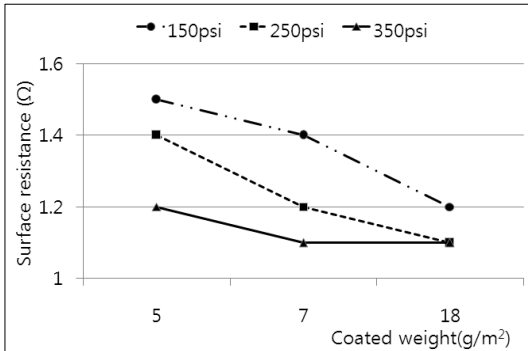


Fig. 6. Effects of coated weight and calendering pressure on the surface resistance of coated paper.

결과에서 압축성과 평활도에 영향¹⁾을 받는 것을 확인할 수 있었다.

3.4 표면저항에 미치는 영향

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 전도성 잉크를 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 전도성 잉크의 인쇄적성을 향상시켜 낮은 저항력의 결과를 보여주었다.

4. 결론

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 인

쇄적성은 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 전도성 잉크의 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.

인용문헌

1. Mario A Cruz, Mararet 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
2. 이수용, 김재능, RFID의 패키징 적용에 관한 연구, 한국포장학회지, 14권, 1호, pp.15~22(2008).
3. Lee, H. L., How can we solve the problem of print mottle?, Journal of Korea TAPPI 34(1):64-71(2002)
4. Jung, H. S., Kim, C. G. and Lee, Y. K., Desin of the coated layer suitable with conductive ink for RFID (1)-Effect of coating color components on the surface resistance of conductivity ink, Journal of Korea TAPPI 43(1): 17-22 (2011).
5. 이용규, "종이도공학", 강원대학교 제지공학과, pp. 59~60 (2008).
6. Lee, Y. K., Kim, C. G. and Lee, K. S., Effect of calendering variables on the properties of coated paper, Journal of Korea TAPPI, 33(2):49-57 (2001).
7. Prakash B. Malla at etc. "The effects of pigment type and pore structure on optical properties and LWC paper", 2000 TAPPI Coating Conference and Trade Fair. 2000