

RFID용 전도성 잉크에 적합한 도공층 설계 (제1보)

—도공액 성분에 따른 전도성잉크의 표면저항의 변화—

정해성 · 김창근¹ · 이용규[†]

(2011년 1월 31일 접수: 2011년 2월 28일 채택)

Design of the Coated Layer Suitable with Conductive Ink for RFID(I)

— Effect of coating color components on the surface resistance of conductivity ink —

Hae Sung Jung, Chang Geun Kim¹ and Yong Kyu Lee[†]

(Received January 31, 2011; Accepted February 28, 2011)

ABSTRACT

The conventional coated paper has many functional problems for printed RFID tag. This study was carried out in order to evaluate the effect of coating color components on conductivity of printed coated paper. It has been well known that the efficiency of printed RFID tag is influenced by surface properties of substrate. The required properties for suitable substrate of printed RFID tag are high smoothness and waterproof property.

In this study high grammage base paper surface sized with PVA was used. Coated paper was manufactured with five different formulations. Types of coating pigments and dosage of latex were varied. It was obtained high smoothness and also less binder demand with clay than GCC. On the other hand, suitable surface resistance and smoothness of coated paper for RFID tag was obtained with 20% of latex. Besides it shows the possibility of using coated paper for printed RFID tag.

Keywords : RFID tag, conductivity, printability, surface resistance

* 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

1. 서론

RFID (Radio frequency identification)란 비접촉 방식으로 사물에 부착된 얇은 평면 형태의 태그를 식별하여 전자신호 정보를 처리할 수 있는 시스템이다. 이러한 RFID 시스템은 기본적으로 태그와 리더기(reader) 그리고 서버(server)와 미들웨어(middleware) 등으로 구성된다. RFID tag는 기존의 바코드처럼 물건의 정보를 보유하고 있으면서 하나의 리더기로 여러 RFID tag를 동시에 읽어낼 수 있기 때문에 물류/유통 산업에 획기적인 변화를 가져다 줄 수 있을 것으로 예상된다.^{1,2)}

전도성잉크를 인쇄하여 RFID tag를 생산하는 방법은 기존의 생산 방식인 스크린프린팅, 에칭 등 복잡한 전통적인 전자회로 제조기법보다 훨씬 효과적으로 빠른 시간 내에 원하는 형상 제조가 대량생산이 가능하리라 예상된다. 전도성잉크를 이용한 인쇄방식이 기능적인 요소에 문제가 되지 않는다면 기존의 공정을 대체하여 경제적인 파급효과가 무한하게 커질 것이라 예상되고 있다.³⁾ 현재 전 세계적으로 RFID tag용 전도성 잉크에 대한 많은 개발이 진행되고 있고 상용화 수준에 이르지만 아직까지는 태그의 적용 대상의 소재 및 부착위치, 적용요건 등의 개발은 미흡한 실정이다. 전도성잉크를 이용한 RFID 태그의 적용은 그 종류가 다양하고 각각의 장·단점에 맞추어 사용용도 및 목적이 다르기 때문에 각 적용방법에 따라 패키징 소재와의 적합성을 파악하고, 인식효율을 최적화하기 위한 기술 개발이 필요하다.⁴⁾

RFID tag의 인쇄는 패키징 소재에 따라 그 적용에 많은 문제점이 드러나고 있는데 대표적인 문제로 RFID 무선주파수의 인식효율은 패키징 표면 상태가 거칠어짐에 따라 떨어지는 것으로 나타나고 있다. 이러한 문제점으로 인해 주로 PET 필름에 인쇄하는 경우가 대부분이다. PET 필름의 표면은 굴곡이 적고 탄력성과 내구성성이 우수하여 보편적으로 사용되고 있다. 현재의 RFID 상용화 수준에서 PET 필름의 방식이 적합할 수 있지만 대량생산화 될 경우 재활용과 친환경적인 부분에서 단점이 드러나게 된다. 이미 리우회의에서 협약이 본격화되었고 국내에는 1993년에 발효된 환경법에 의해 코팅사용이 부분적으로 금지 되고 있을 뿐만 아니라 수출을 제한시키는 제도적 장치까지 적용되고 있다. 적용대상을 종이로 대체할 경우 이와 같은 단점을 보완할

수가 있다. 하지만 종이로 대체하기 위해서는 무엇보다 태그의 기능적인 부분이 유지 되어야 하는데 종이의 경우 필름에 비해 표면의 굴곡이 많고 종이의 특성상 지필도의 불균일성으로 RFID용 전도성잉크에 들어있는 전도성 충전제가 인쇄 후에 불안정하게 위치하게 된다. 또한 인쇄 후 건조 되면서 불균일한 migration이 일어나 전도성 충전제를 종이표면에 온전히 남겨두지 못하는 상황이 발생된다.⁵⁾ 이러한 문제점은 앞에서도 언급했지만 RFID인식 효율과 직결되는 개념으로 우선적으로 개선되어야 할 과제이다.

본 연구에서는 현재 패키징 소재로 많이 사용되고 있는 도공지의 표면 상태를 조절하여 전도성 잉크를 이용한 RFID Tag의 적용 가능성을 연구하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공원지, 안료

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. 도공안료는 Engelhard USA에서 분양받은 clay와 Omya에서 분양받은 Setacarb-K를 사용하였으며 그 물성은 Table 1에 나타내었다.

2.1.2 바인더와 기타 첨가제

바인더는 라텍스(Lutex 901, LG-chemical, KOREA)를 사용하였으며 그 물성은 Table 2에 나타내었다. 기타 첨가제로서 분산제(Dispersant), 윤활제(Lubricant), 내수화제(Insolubilizer) 및 증점제(Thickener)를 사용

Table 1. Properties of pigments

Pigment	Clay	GCC 95
Type	powder	slurry
pH	7.0	9.5
Viscosity(cPs)	-	197
Solid content(%)	99.9	75.1
Brightness(%)	87.5	91.3
Company	Engelhard USA	OMYA KOREA

Table 2. Properties of latex

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

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

하였다.

2.1.3 잉크

잉크는 NINK-Ag WM5035 (ABC NanoTech, KOREA)인 은 입자가 들어있는 전도성 잉크젯 잉크를 사용하였으며 그 물성은 Table 3에 나타내었다.

2.2. 실험방법

2.1 도공액의 제조

도공액은 Table 4와 같이 배합하여 제조하였다. 물에 NaOH를 넣어 pH를 조절한 후에 분산제와 안료를 첨가하여 슬러리 형태로 약 15분간 교반 후 각각의 첨가제를 유동성 개량제, 바인더, 윤활제, 내수화제 순으로 도공액을 제조하였다.

2.2 도공액의 물성 측정

도공액의 점도는 저점단 점도계(DV-II Viscometer,

Table 4. Formulations of coating color. (unit: pph)

Component	Art grade				
	100	100	-	-	40
Clay	100	100	-	-	40
GCC95	-	-	100	100	60
Binder	20	25	20	25	10
NaOH	0.12				
Dispersant	0.02				
Lubricant	0.50				
Insolubilizer	1.00				
Thickener	0.10				
Solid content(%)	65	60	65		

Brookfield, U.S.A)를 사용하여 측정하였다(60rpm, no. 4 spindle사용). pH는 pH측정기 (PB-11, Sartorius Korea. Ltd)를 사용하였으며, 보수성은 보수성 측정기 (A Å-GWR, Kaltec scientific inc, U.S.A)를 사용하여 30초 동안 탈수한 양으로 물성을 측정하였다.

2.3 도공지 제조

도공지의 제조는 실험용 반자동 코터 (K-control coater, RK print Coat Instrument Ltb, U.K)를 사용하여 원지에 도공량 $22 \pm 1 \text{ g/m}^2$ 으로 편면 도포한 후, 10 5℃의 열풍 건조기 (YJ-8600D, Yujin Electronics, KOREA)에서 30초간 건조하였다. 슈퍼 캘린더 (Supercalender, Beloit Corporation, U.S.A.)를 사용하여 온도 70℃, 압력 300 psi에서 도공면이 Cotton filled roll쪽으로 향하게 하여 1회 캘린더링하였다.

2.4 도공지의 물성측정

도공지 물성은 거칠음도(PPS, L&W, Sweden), 백지 광택(Gloss meter, Model T480A, Technidyne corp, U.S.A.), 백색도(Elrepho 3300, Datacolor, International, U.S.A.), SEM image(SEM, scanning electron microscope)를 측정하였다.

2.5 그라비어 인쇄의 망점빠짐

인쇄적성 평가는 IGT 인쇄적성시험기를 사용하여 헬리오 시험(helio test)을 평가하였다.

2.6 저항 측정방법

전도성 잉크의 전도도를 조사하기 위해서는 저항 값(resistivity)을 측정하며, 이는 다시 표면저항(surface resistivity or sheet resistivity)과 부피저항(volume resistivity)으로 나누게 된다. 표면저항은 쉽게 말해 전도성 물질의 맨 위층(top layer)의 저항을 측정하는 것으로, Membrane Switch Council of the SGIA에서 정한 ASTM F1896-98(American Society for Testing Materials)규격을 따르는 것이 일반적이며 그 방법은

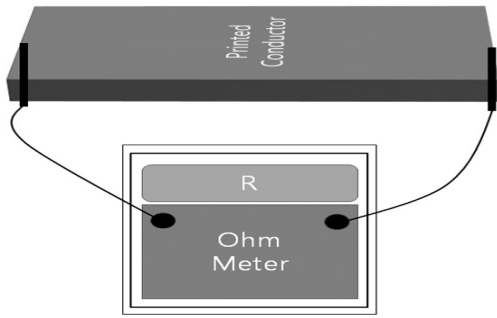


Fig. 1. ASTM F1896-98

Fig. 1에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 도공액 물성 평가

Fig. 2는 도공안료의 종류와 라텍스 투입량에 따른 물성 측정값을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 저점단점도는 클레이를 적용한 도공액이 중질탄산칼슘을 적용한 도공액 보다 높게 측정되었다.⁶⁾ 보수도에서는 클레이를 적용한 도공액이 가장 양호한 값을 나타냈다. 이는 클레이를 적용한 도공액은 클레이 형태상 조밀한 캐킹 구조를 형성함으로써 일정한 압력에서 멤브레인 필터를 통한 수분의 이탈이 적은 것으로 판단된다.

3.2 도공지 물성 및 그라비어 인쇄적성 평가

3.2.1 광택도와 거칠음도

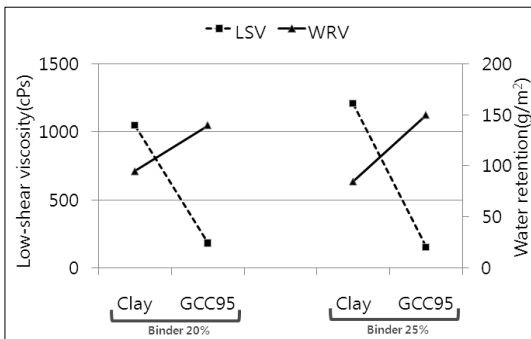


Fig. 2. Low-shear viscosity and water retention value of coating color.

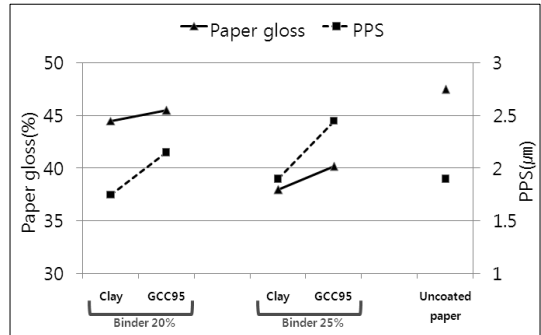


Fig. 3. Paper gloss and roughness of coated paper.

Fig. 3.은 도공지의 물성 중 백지광택과 거칠음도를 나타낸 결과이다. 그래프에서 보는바와 같이 라텍스의 투입량이 많을수록 백지광택은 낮아졌다. 거칠음도의 경우 클레이를 적용한 도공지가 중질탄산칼슘을 적용한 도공지보다 평활성이 높게 나타나는데 이는 클레이의 형태로 인한 캘린더링 적성이 우수하여 나타나는 결과라고 할 수 있다.

3.2.2 백색도

Fig. 4.는 도공지의 물성 중 백색도와 백감도를 나타낸 결과이다. 그래프에서 보는 것과 같이 클레이와 중질탄산칼슘의 백색도와 백감도가 비슷한 결과를 보였지만 이는 원지의 백색도가 낮은 관계로 안료에 의한 백색도의 차이를 확인하기는 어려운 조건이었다. 또한 라텍스의 투입량은 25%보다 20%의 경우 백색도가 높아지는 결과를 나타냈다.^{6, 7)}

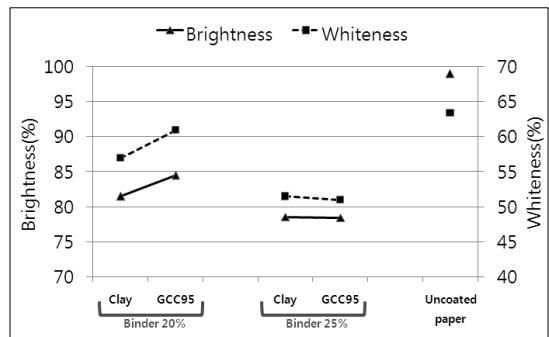


Fig. 4. Brightness and whiteness of coated paper.

3.2.4 그라비아 인쇄의 망점빠짐 평가

Fig. 5는 IGT 시험기로 인쇄된 인쇄 시편의 망점빠짐이 일어난 거리를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서 보는 바와 같이 중질탄산칼슘을 적용시킨 도공지보다 클레이를 적용시킨 도공지가 다소 향상되는 것을 확인할 수 있는데 이는 평활도의 영향으로 IGT 시험기에서 잉크가 전이될 때 헬리오 디스크에서 받아들이는 잉크의 양이 클레이를 적용한 도공지가 더 평활하기 때문이라고 사료된다.

3.2.5 표면저항 값 측정

Fig. 6은 전도성잉크를 균일하게 시편에 도포 후 표면저항을 측정한 결과이다. 표면저항의 크기가 높을수록 RFID의 태그 효율은 낮다고 알려져 있다.⁸⁾ 이번 실험에서 표면저항은 시편의 거칠음도의 결과 그래프와

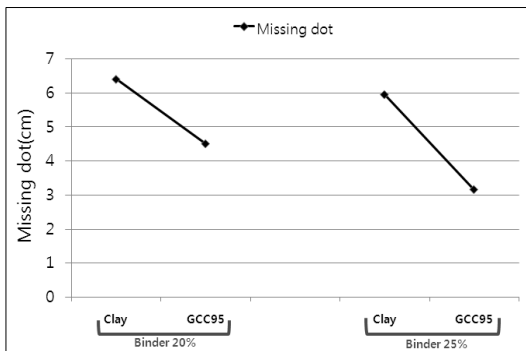


Fig. 5. The effects of coating color composition on the missing dot after IGT testing.

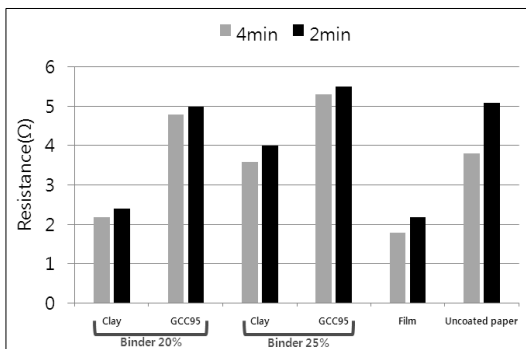


Fig. 6. Surface resistance of printed conductive ink.

유사한 그래프를 나타내었는데 이것은 전도성잉크 인쇄 시 그 대상의 평활도에 따른 전도도 측정값과 상관관계가 높기 때문이다. 일반도공지의 경우 평활도가 클레이를 적용한 도공지와 유사하였으나 전도성잉크가 인쇄되고 건조되는 과정에서 원지 층으로 전도성잉크의 바인더가 흡수되어 전도성충전제의 불규칙한 배열로 표면 저항 값이 높게 측정되는 것으로 사료된다. 전류는 표면에서만 일어나는 현상이 아니므로 표면저항 측정법에 의해 부피에 대한 부분을 보정해 주어야 하는데 도공지의 경우 이와 같은 조건을 형성하기 어려운 표면 구조에서 나타난 결과 값 이라고 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 현재 RFID 기술에서 사용되는 전도성잉크를 도공지에 직접 인쇄 함으로써 그 가능성을 실험하였다. 도공지의 도공층은 표면에 수많은 공극을 가지고 있는 특징을 가지고 있다. 이러한 도공지의 특성은 전도성잉크가 인쇄될 경우 그 기능적인 역할을 수행하지 못하게 되는데 이런 문제점을 개선할 수 있도록 도공원지 처리 및 도공액을 변화시켰다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 원지의 경우 전도성잉크가 그 기능적인 역할을 수행하기 위해서는 인쇄대상이 전도성잉크를 방수할 수 있을 최소한의 조건이 필요하다. 따라서 고 평량의 원지 표면에 Polyvinyl alcohol로 표면처리를 하여 방수 도공지를 제조하였다.

2. 전도성 잉크에 적합한 도공액의 안료의 경우 전도성잉크의 특성상 인쇄되고 건조 후에 전도성 충전제는 그 형태를 조밀하게 유지해야 하는데 이러한 전도성잉크의 특성을 만족시키기 위해 인쇄대상은 높은 평활도를 요구한다. 따라서 높은 평활도를 만들기 위해서는 도공액의 안료가 원형의 형태인 중질탄산칼슘보다 판상의 형태인 클레이가 더 적합한 결과임을 확인하였다.

3. 방습한 도공지 제조를 목적으로 바인더가 표면층의 공극을 줄여 치밀한 구성을 형성할 수 있는 연구결과를 통해 바인더를 CPVC 이하로 배합하였다. 투입비는 20%, 25%를 사용한 결과 25% 바인더를 적용하여 만든 도공지의 경우 오히려 평활도를 떨어뜨려 전도성잉크에 더 적합하지 않은 것으로 확인하였다.

4. 전도성잉크의 그라비아 인쇄테스트의 경우 그라비아 인쇄특성상 평활성과 쿠션성이 요구되기 때문에 클레이를 적용한 도공지가 더 우수한 결과를 보여주었다.

본 연구결과 도공액 제조 시 안료의 경우에는 클레이를 사용하였으며 바인더의 경우 20%를 투입한 도공지가 표면 저항 값을 측정할 결과 전도성 잉크의 인쇄에 가장 적합한 결과를 나타냈다. 또한 이러한 도공지는 플라스틱 필름과 유사한 표면 저항 값으로 측정되었으므로 전도성 잉크를 사용한 RFID 태그 인쇄에 대한 가능성을 보여주었다.

참고문헌

1. 유승환, 강수진, 이관수저, “잉크에 부분적으로 잡겨 회전하는 롤 주위의 액막 유동 해석”, 대한기계학회 춘계학술대회 강연 및 논문 초록집, 2007. 5.
2. 김태현, 고분자과학과 기술. RFID용 전도성 잉크, 2008.
3. 한국남, 김남수, 용해도 낮은 금속을 이용한 전기 전도성 잉크, 한국공작기계학회 논문집, 2008.
4. 이수용, 김재능, RFID의 패키징 적용에 관한 연구. 한국포장학회지, 14권, 1호, pp. 15~22 (2008).
5. 이학래, 인쇄모를 발생 원인과 대책, 펄프종이 기술 34(1): 64-71(2002).
6. Chang Keun Kim, Yong Kyu Lee, "Studies on the Pore of Coating Layer and Printability(I) - Effects of pigment Size on Pore of Coating Layer" Journal of Korea TAPPI, 31(3), 1999
7. Lee, D. I., "Development of high-gloss paper coating latexs", TAPPI 1982 Coating Conference Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, p.125
8. 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