

〈연구논문(학술)〉

RFID 안테나용 전도성 프린팅을 위한 PET 직물의 최적 전처리 공정연구 및 성능평가

홍진표[†] · 정찬도 · 윤석한 · 최상현¹

DYETEC 연구원, ¹스쿨룩스

A Study on Pre-treatment and Performance Evaluation for Printing RFID Antenna with Conductive Paste

Jinpyo Hong[†], Chando Jung, Seokhan Yoon and Sanghyun Choi¹

Korea Dyeing Technology Center, Daegu, Korea

¹SKOOLOOKS, Seoul, Korea

(Received: August 19, 2013 / Revised: August 30, 2013 / Accepted: October 30, 2013)

Abstract: Nowadays, terms such as ‘Smart Textile’, ‘Intelligent Textile’ and ‘Wearable Computing’ are commonly used in everyday contexts. And radio-frequency identification (RFID) is the use of a wireless non-contact system that uses radio-frequency electromagnetic fields to transfer data from a tag attached to an object, for the purposes of automatic identification and tracking. These products are required technologies which are textile treatments, printing, ink, etc. Durability of textile substrates is an essential marker for conductive ink printing process. Especially, heat stability is important, since conductive ink should be processable (annealing, curing) at temperatures below 150°C. This study was application of RFID on textiles. The textile pre-treatment processes should be carried out to use RFID antenna on textiles.

Keywords: RFID antenna, conductive printing, conductive paste, thermal contraction, smoothness

1. 서 론

최근 유연성을 갖는 회로보드와 디스플레이 등이 개발됨에 따라 신호전달 방법에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 특히 스마트 의류, 웨어러블 컴퓨터 등 섬유소재와 IT기술이 융복합화 됨으로써 섬유를 기반으로 한 다양한 신호전달 시스템이 개발되고 있다¹⁾.

기존 스마트 의류나 전자기기가 부착된 의류의 경우, 전도사를 이용하여 전자기기에 직접연결을 통한 신호전달, 필름에 전도성 잉크를 이용한 프린팅 후 섬유에 부착하는 방법 등이 주로 사용되어져 왔다. 하지만 전도사를 이용하는 경우에는 금속성분의 전도사가 삽입됨에 따라 의류의 중량이 증가하고 세탁 시 마찰에 의한 금속사의 손상으로 성능저하 및 인체에 해를 줄 수 있다. 필름을 이용하여 섬유에 부착할 경우에는 섬유소재와의 이질감으로 소비자의

쾌적성 저하의 단점으로 의류용으로는 적합하지 않다. 이러한 문제로 인해 섬유기재에 직접 전도성 잉크를 프린트하는 방법이 개발되고 있으며²⁻⁶⁾ 이때 전도성 잉크의 열소성 조건인 고온에서 형태안정성을 갖는 직물의 전처리 기술이 필요하다⁷⁻¹⁰⁾.

본 연구에서는 직물의 정련/호발 공정, 열고정, 시레(Cire) 가공, 증열, 코팅, 라미네이팅 가공 등 공정조건에 따른 직물의 형태안정성, 평활화, 내구성 테스트 등을 통하여 비교하였으며, 전도성 프린팅에 최적화된 직물의 전처리 공정에 대한 기초연구를 진행하였다.

2. 실 험

2.1 시료 및 사용조제

2.1.1 시료

섬유기재로 사용된 소재는 PET 직물로 경사 DTY 50d/72f, 위사 편평사 SDY 50d/12f의 평직 직물을

[†]Corresponding author: Jinpyo Hong (romancehong@dyetec.or.kr)
Tel.: +82-53-350-3911 Fax.: +82-53-350-3736
©2013 KSDF 1229-0033/2013-12/287-291

생지상태로 준비하였다.

2.1.2 사용조제

전처리 공정에서 사용된 조제는 정련제 SUNMORL SS-30(니카코리아(주)), 호발제 SCLEAN 606(니카코리아(주))와 가성소다(NaOH, 시약급)이며, 정련/호발 효과는 호제감별 시약인 요오드화칼륨(KI)와 Boric acid 지시약을 적용하여 육안상 호발성능을 확인하였다. 라미네이팅 가공에 적용된 접착수지는 폴리우레탄계 V-Coat 6040((주)빅스)이며, 표면 필름층에 적용된 수지는 폴리우레탄계 V-Coat 6430((주)빅스)을 적용하였다.

2.2 정련/호발 및 열수축 최소화 전처리 공정

전도성 프린팅을 위한 직물 정련/호발 테스트는 IR 염색설비(Mathis사)를 이용하여 진행하였으며 70°C 승온 후 조제를 투입하고 95°C에서 60분간 처리하였다. 정련/호발을 마친 시료는 산첨가 중화공정을 거치고 수세하여 준비한다. 열수축 최소화를 위한 공정으로는 텐터설비를 이용한 열고정, 코팅, 증열의 공정에 따른 열수축을 비교하였다.

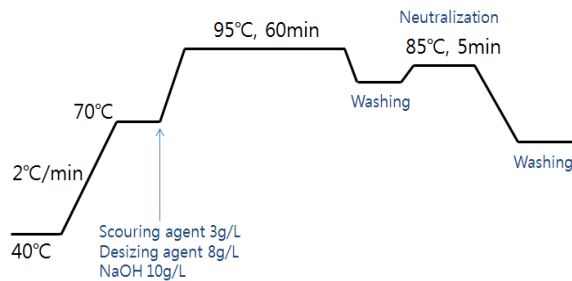


Figure 1. Scouring and Desizing process on PET weaving samples.

2.3 형태안정성 및 내구성 평가

사용된 전도성 페이스트는 금을 주성분으로한 메탈베이스 조성물이며, 인쇄된 소재는 열소성 공정에서 발생할 수 있는 형태변화를 테스트 하기 위하여 각 공정별 시료를 150°C 오븐에서 20분간 처리 후, 오븐처리 전후의 경위사 방향 길이변화를 수축률(%)로 표현하였다. 또한 전도성 프린팅 시료의 세탁에 대한 내구성 테스트는 RFID 안테나 시료를 전도성 페이스트를 이용하여 프린팅하고 열소성을 거친 후, Kenmore Automatic Washer 설비를 이용하여 20회 세탁 후 건조를 하고 인식률에 대한 테스트를 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 정련호발 및 열고정 공정을 통한 직물기재의 열수축 비교

전도성 프린팅 공정에서 실버베이스의 전도성 페이스트의 프린트 후, 150°C 이상 온도조건에서 금속성분의 물성확보와 전위밀도 증가를 위한 열소성이 요구된다. 이때 직물의 열수축이 발생되면 인쇄된 문양이나 직물기재의 불량으로 사용하기 힘들다. 따라서 금속성분의 소성조건에서 변형을 최소화하기 위하여 고밀도의 직물을 선정해야 하며, 프린팅 및 열소성 공정에 앞서 형태변형을 최소화 할 수 있는 전처리 공정을 진행해야 한다.

직물기재의 정련과 호발공정은 표면의 불순물을 제거하여 전도성 페이스트의 직물표면에 도포를 원활히 하게 하는 필수공정이며, 기존의 PET 정련/호발 조건으로 테스트를 진행하였다. 정련/호발 후 직물에 잔존하는 호제는 호제감별시약인 요오드화칼륨(KI)과 Boric acid 지시약을 적용하여 제거됨을 확인하였다.

열수축 방지를 위한 열고정 공정은 정련호발을 마친 시료를 물이 담긴 욕조에 함침한 후, 맹글을 이용해 3bar의 압력으로 squeezing 하고 Lab. tenter (Mathis, LTE) 설비를 이용하여 160°C의 온도조건으로 2분간 처리를 하였다.

정련호발 및 열고정 공정을 마친 시료는 각각 150°C의 온도조건으로 오븐에서 20분간 방치 후, 수축률(%)을 측정하였으며 Table 1에서와 같이 열고정 공정을 거치면서 열에 의한 수축이 줄어들었음을 알 수 있다.

3.2 직물 평활도 확보를 위한 Cire 가공

전도성 페이스트의 균일한 인쇄 및 도포를 위해서는 직물표면의 평활도가 중요하다.

Table 1. Contraction percentage of pre-treated PET samples

Contractions (%)	Scouring/Desizing Sample	Heat setting Sample
Warp direction	3.84	1.54
Wefth direction	4.96	2.69

직물이나 니트의 경우 원사의 교차에 의한 굴곡이 발생함으로 이러한 굴곡이 심할 경우 인쇄문양의 끊김, 비균일 도포 또는 내구성 저하의 문제가 발생될 수 있다. 따라서 직물표면의 평활도를 높이기 위한 열압착 Cire 공정을 진행하였다. Cire 가공 공정조건은 캘린더 설비를 이용하여 140°C의 고온 롤러를 이용하여 50kgf/cm²의 압착을 가해 표면에 열과 물리적 압력으로 가했으며 단위면적(g/m²)당 중량이 미미하게 낮아지며 직물의 후도가 얇아짐을 확인하였다. Figure 2에서 Cire 가공 전후의 샘플에 대하여 디지털 현미경 설비를 이용하여 50배 확대 관찰한 결과를 나타내었으며, Cire 가공을 거친 샘플의 표면이 열고정만 한 샘플과 비교하여 보다 평활도가 높고 광택이 나타남을 관찰할 수 있었다. 프린팅 테스트에서도 큰 차이는 아니지만 Cire 가공 후 샘플이 보다 균일하게 잉크가 도포됨을 확인하였다.

3.3 직물 열수축 최소화 코팅/증열가공

열수축 방지를 위한 열고정 공정을 통하여 직물의 열에 의한 수축을 약 2배가량 감소시켰다. 표면의 평활화를 위한 Cire 공정에서도 열이 가해지는 공정이나 수축에는 크게 영향을 미치지 않았으며, 전도성 페이스트의 열소성 공정에서 보다 안정적인 섬유기재가 되기 위해서는 추가적인 열수축 공정이 요구된다. 이에 수지를 이용한 코팅공정과 증열을 통한 열처리 공정 테스트를 추가적으로 진행하였다. 코팅공정과 증열을 거친 시료의 열에 의한 수축율을 측정하여 평가하였다.

코팅공정은 1mm knife를 이용하여 floating 방식으로 gap을 -125mm로 코팅수지를 도포한 후, 180°C의 조건에서 3분간 건조를 하였다. 사용된 코팅수지는 (주)빅스의 V-Coat 750L 수지로 폴리우레탄계 코팅수지이다.

코팅된 시료는 고온스티머를 이용하여 170°C의 증기로 3분간 처리하였으며, 열수축 테스트를 진행하였다.

열수축 테스트 결과는 Table 2에서와 같이 앞서 열고정한 시료와 비교해볼 때 코팅가공을 거친 시료의 열에 의한 수축이 상당히 줄어들음을 알 수 있었다. 이는 코팅공정에서 열에 의한 고정효과도 있겠지만 직물을 구성한 원사에 수지가 도포됨으로 처리되는 열에너지를 분산시킬 뿐 아니라 물리적으로 직물의 변형도 보존해주기 때문이라 사료된다. 고온의 증기를 이용하여 습식의 열고정을 진행할 경우에도 코팅에 비하여 적은 수준이나 직물의 열수축을 줄여주는 효과를 볼 수 있었다.

Table 2. Contraction percentage of coated and steamed PET sample

Contractions (%)	Heat setting Sample	Coating Sample	Coating/Steaming Sample
Warp direction	1.54	0.81	0.72
Weft direction	2.69	0.98	0.85

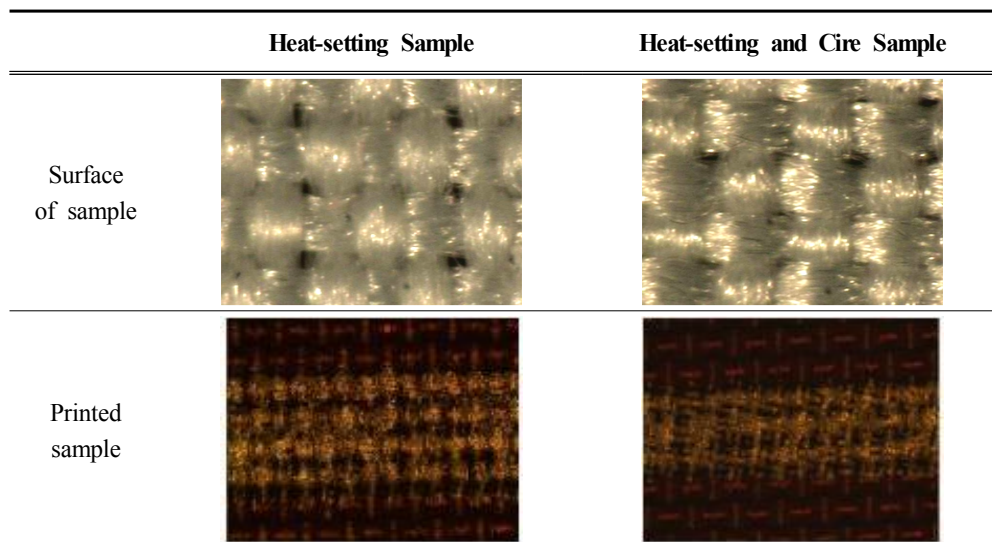


Figure 2. Comparison of Heat-setting and Cire treated PET samples (×50).

3.4 표면 라미네이팅 공정을 통한 프린팅 테스트

Cire 가공 및 표면 코팅을 통하여 직물표면의 평활도는 확보되었고 열에 의한 수축도 최소화되어 전도성 프린팅 및 열소성 공정이 가능하였다. 하지만 프린팅 된 시료의 세탁에 대한 내구성 증진을 위한 직물처리가 필요하다.

본 연구에서는 라미네이팅을 이용하여 라미네이팅 필름층에 전도성 페이스트의 인쇄가 되게 하였으며 세탁에 내구성도 테스트 하였다.

라미네이팅 가공은 이형지에 접착수지로 (주)빅스의 폴리우레탄계 V-Coat 6040을 적용하고 접착층 건조를 120°C에서 진행 후, 표면 필름층 수지로 동사제품의 폴리우레탄계 V-Coat 6030을 처리한 뒤, 전면 라미네이팅 방법으로 직물에 150°C 조건으로 접착하였다. 60°C에서 하루정도 숙성을 거친 시료를 이용하여 프린팅 공정을 진행하였다.

그 결과 Figure 3에서와 같이 표면이 평활화된 cire 가공 및 코팅 시료의 프린팅도 양호하지만 상대적으로 라미네이팅 처리된 시료의 프린팅 시료가 보다 침예한 문양이 발현됨을 볼 수 있었다.

이는 라미네이팅 처리된 폴리우레탄 필름층에 전도성 페이스트가 침투하여 원사방향에 따라 번지는 페이스트를 최소화하고 표면의 평활도도 가장 높기 때문이라 판단된다.

안테나 형태로 프린팅된 시료는 Kenmore Automatic Washer 설비를 이용하여 20회 세탁을 진행하고 (주)이그잭스의 도움으로 세탁 전후 안테나 시료의 인식 거리를 측정하였다.

송신하는 주파수 외 다른 주파수의 방해가 없도록 무반사 챔버에서 진행되었으며, 주파수는 860-960 MHz로 조정하고 Power는 최고 20dBm, 최저 -10dBm으로 하였으며 환경설정은 TX Power 27dBm으로 하여 안테나 시료가 인식되는 거리를 측정하였다. 안테나 Gain은 5dBi로 챔버 안에서의 인식 거리를 측정하여 비교하였다.

그 결과 Table 3에서와 같이 Cire 가공한 시료와 라미네이팅 시료의 세탁 전 안테나 인식거리는 유사하였으나 Cire 가공 시료의 세탁 후에는 전도성 페이스트 인쇄층이 깨짐과 탈락으로 인하여 인식이 되지 않았다.

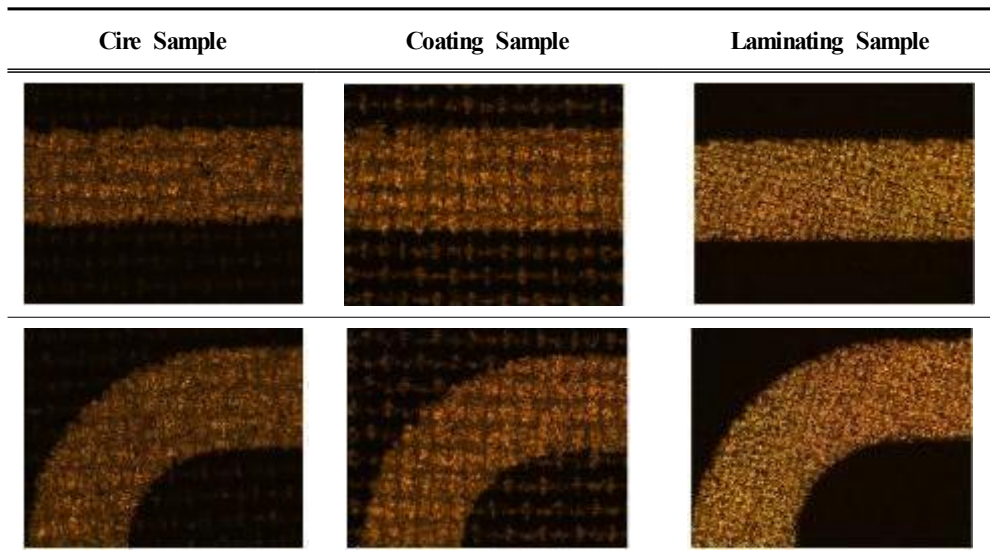


Figure 3. Printing test of each treated PET samples (x50).

Table 3. Read distance of RFID antenna tag on laminated PET sample

Read distance (m)	Cire Sample		Laminated Sample	
	before Washing	after 20 times Washing	before Washing	after 20 times Washing
	2.525	-	2.538	1.575

반면 라미네이팅 가공을 한 시료는 세탁 후에 인 식거리가 약 1m 정도 감소하였으나 약 1.5m 정도의 반경에서는 인식이 가능함을 알 수 있었다.

4. 결 론

직물기반의 전자회로 및 안테나 등 전도성 페이스트의 프린팅 제품의 경우, 금속성분 페이스트의 열소성 공정이 필요하며, 이때 150°C의 고온조건에서 직물기재의 변형이 없어야 제품화가 될 수 있다. 따라서 열에 의한 직물의 수축을 최소화하기 위한 공정별 테스트를 진행하였으며, 텐터에 의한 열고정 공정으로 열수축은 감소하였으나 1% 이하의 열수축 결과를 얻기 위해서는 수지를 이용한 코팅공정과 습식 열고정 공정인 증열공정이 필요하였다. 또한 전도성 페이스트의 인쇄성 향상 및 수지의 균일한 도포를 위해서는 직물 표면의 평활도를 높이는 과정이 필요하며, 본 연구에서는 Cire 가공과 라미네이팅 공정을 이용하여 직물기재의 표면을 평활화하여 양호한 프린팅 결과를 얻을 수 있었다.

라미네이팅 처리된 직물기재의 경우 다른 공정의 시료들과 비교하여 우수한 인쇄성을 보여주었으며 세탁에 대한 내구성도 확보하여 의류에 전자회로 및 센서 등의 활용 가능성을 보게 되었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 글로벌전문기술개발사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

1. I. Kazani, C. Hertleer, G. D. Mey, A. Schwarz, G. Guxho, and L. V. Langenhove, Electrical Conductive Textiles Obtained by Screen Printing, *Fibers and Textiles*, **20**(1), 57(2012).
2. P. Xue, X. Tao, M. Y. Leun, and H. Zhang, Wearable Electronics and Photonics, *Woodhead Publishing Series in Textiles*, **46**, 81(2007).
3. E. Gasana, P. Westbroek, J. Hakuzimana, K. D. Clerck, G. Priniotakis, P. Kiekens, and D. Tseles, Electroconductive Textile Structures through Electroless Deposition of Polyaramide Surfaces, *Surface and Coatings Technology*, **201**, 3547(2006).
4. J. Banaszczyk, G. D. Mey, A. Schwarz, and L. V. Langenhove, Current Distribution Modelling in Electroconductive Fabrics, *Fibers and Textiles*, **17**(2), 28(2009).
5. D. J. Kim, S. H. Jeong, J. H. Moon, and K. T. Kang, Ink Jet Printing of Silver Conductive Tracks on Flexible Substrates, *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, **459**(45), 337(2006).
6. B. Y. Lee, Y. H. Kim, S. N. Yang, I. B. Jeong, and J. H. Moon, A Low Cure Temperature Copper Nano Ink for Highly Conductive Printed Electrodes, *Current Applied Physics*, **9**, 157(2009).
7. D. Meoli and M. T. Plumlee, Interactive Electronic Textile Development, *J. of Textile and Apparel Technology and Management*, **2**(2), 1(2002).
8. S. Merilampi, M. Laine, and T. P. Ruuskanen, The Characterization of Electrically Conductive Silver Ink Patterns on Flexible Substrates, *Microelectronics Reliability*, **49**(7), 782(2009).
9. Y. L. Yang, M. C. Chuang, S. L. Lou, and J. Wang, Thick Film Textile Based Amperometric Sensors and Biosensors, *Royal Society of Chemistry*, **135**, 1230(2010).
10. Y. Kim, H. Kim, and H. J. Yoo, Electrical Characterization of Screen Printed Circuits on the Fabric, *IEEE Transaction on Advanced Packaging*, **33**(1), 196(2010).
11. J. W. Ryu, Y. J. Jee, H. J. Kim, S. Y. Kwon, and N. S. Yoon, Electrical Properties of Ag-coated Conductive Yarns Depending on Physical and Chemical Conditions, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **23**(1), 43(2011).
12. S. Y. Yang, H. A. Kim, and S. J. Kim, The Synthesis of One-step Type Hydrophilic Non-porous Polyurethane Resin and the Physical Property of its Coated Fabric for the Garment, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **23**(2), 131(2011).