

Roll Printing용 전도성 패턴 형성 및 물성 연구

A Studies on the Conductive Pattern Fabrication and Properties for Roll Printing

*#남수용¹

*S. Y. Nam(suynam@pknu.ac.kr)¹

¹부경대학교 화상정보공학부

Key words : Roll-to-Roll printing, Conductive paste, Ag powder shape, Ag paste rheology, Conductive pattern

1. 서론

전자 디스플레이 시장은 급속한 정보화 사회 속에서 비약적인 발전을 거듭하고 있다. 지난 100여 년간 우수한 휘도와 응답속도, 저가격으로 브라운관 형태의 디스플레이인 CRT(Cathode Ray Tube)가 1세대 디스플레이로써 디스플레이 시장을 장악하였으며, 1990년대부터는 CRT의 단점인 큰 부피와 무게를 보완한 LCD(Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display Panel), OLED(Organic Light Emitting Diode) 등의 평판 디스플레이(FPD : Flat Panel Display)가 2세대 디스플레이로써 주류를 이루어 왔다. 그러나 평판 디스플레이는 유리 기판을 사용한다는 점에서 깨지기 쉽고, 변형이 불가능하며 휴대하기 어려운 단점을 가지고 있어 이를 보완한 3세대 디스플레이로써 플렉시블 디스플레이(Flexible Display)가 현재 많이 연구되어지고 있다[1].

플렉시블 디스플레이의 제작 공법으로는 낮은 제조 단가, 대량 생산, 그리고 플렉시블성을 고려하여 피인쇄체가 roll 형태로 공급되어 패턴 형성이 가능한 roll-to-roll printing법이 각광을 받고 있다. Roll-to-roll printing법은 피인쇄체를 roll 형태로 공급하기 때문에 고속 인쇄가 가능하며 생산성이 높고, 제조 단가가 낮은 장점을 가지고 있어, 플렉시블 디스플레이 제작뿐만 아니라 스마트 카드의 회로 인쇄, RFID의 안테나 인쇄 등 플렉시블한 기관 위의 패턴 형성에 폭넓게 적용되고 있다[2-3].

본 연구에서는 이러한 roll-to-roll printing 방식 중 그라비아 인쇄법을 선택하여 전도성 paste를 이용한 전도성 패턴을 형성하였다. 선행 논문에서 최적화 한 전도성 paste로 실제 그라비아 본 인쇄기에 테스트 했을 때, 발생하는 문제점과 원인을 분석하여 적합한 그라비아 인쇄 적성 및 전도성 패턴의 물성을 검토하였다.

2. 실험

그라비아 인쇄용 전도성 paste를 제조하기 위해 Flake 타입의 Ag powder를 전도성 필러로 사용하였고, 그 물성을 Table 1에 나타내었다. 또한 분말 상태인 Ag powder에 유동성 및 피인쇄체와의 접착성을 위해 바인더 수지로써 폴리에스테르 수지를 사용하였고, 블로킹 불량 현상 방지를 위해 용제의 비점이 다른 폴리에스테르 수지 3종류를 사용하였다. 그라비아 인쇄 적성을 맞추기 위해 Ethoxyethyl acetate를 희석용제로 사용하였다. Fig. 1에 상기의 재료를 이용한 전도성 paste의 제조 공정을 나타내었다. 제조된 전도성 paste를 이용하여 그라비아 인쇄를 하기 위해 전자 조각법에 의해 제작된 350선의 그라비아 인쇄판을 사용하였고, 인쇄 압력을 0.5 MPa, 인쇄 속도를 30 m/min으로 하여 그라비아 인쇄기(Higashitani Gravure, Japan)를 이용하여 인쇄하였다. 인쇄 후, 도막을 120 °C에서 1 min간 건조함으로써 전도성 패턴을 완성하였다.

Table 1 The Properties of Conductive Ag powders

| Ag powder | Shape | Apparent density (g/cm ³) | Particle size (μm) | Surface area (m ² /g) |
|-----------|-------|---------------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| A type | Flake | 3.7 | 3 (D _{max} 7) | 0.8 |

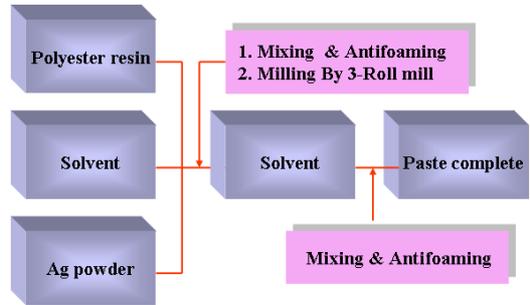


Fig. 1 Manufacture process of conductive paste.

3. 결과 및 고찰

본 논문에서는 선행 논문에서 그라비아 인쇄 교정기에 최적화 시킨 전도성 paste를 이용하여 그라비아 본 인쇄기에 인쇄하였을 때, 나타나는 문제점 및 원인을 파악하여 실제 그라비아 인쇄기에서 우수한 패턴 형성을 얻을 수 있었다.

그라비아 본 인쇄기로 그라비아 인쇄용 전도성 paste를 인쇄하였을 때, 퍼짐성 불량이 나타난 인쇄패턴과 나타나지 않은 인쇄패턴을 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2를 보면, 왼쪽 사진이 인쇄 후 퍼짐성이 나타나 패턴 재현이 제대로 이루어지지 않았고, 오른쪽 사진은 인쇄 후 퍼짐성이 나타나지 않고 샤프한 인쇄패턴이 나타남을 알 수 있다. 이는 선행 실험과 다른 인쇄기를 사용함으로써, 전도성 paste의 점도가 적합하지 않아 인쇄패턴의 퍼짐성 불량이 나타남을 알 수 있었다.

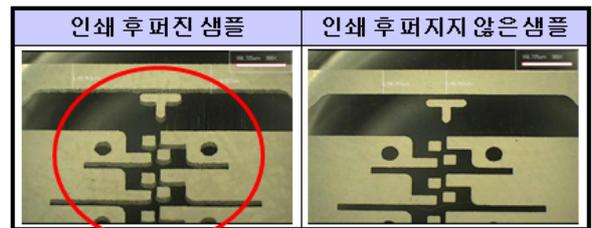


Fig. 2 The spread characteristics of print pattern.

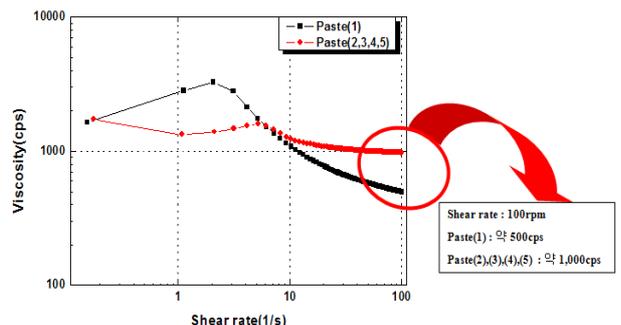


Fig. 3 The viscosity profiles by shear rate of Ag pastes.

Fig. 3에서 Paste (1)은 선행 논문에서 최적화된 전도성 paste로

점도는 500cps(100rpm일 때)이며, Paste (2)~(5)은 본 연구에서 최적화시킨 점도로 1000cps(100rpm일 때)를 나타냄을 알 수 있다. Paste (2)~(5)로 인쇄를 하였을 때, Fig. 2에 오른쪽 사진과 같이 인쇄패턴이 퍼지지 않고, 샤프한 패턴이 얻어짐을 알 수 있었다. 그리고 Fig. 4는 그라비어 인쇄용 전도성 paste를 인쇄하였을 때, 독터링 불량량이 발생한 인쇄패턴과 발생하지 않은 인쇄패턴을 나타내었다.

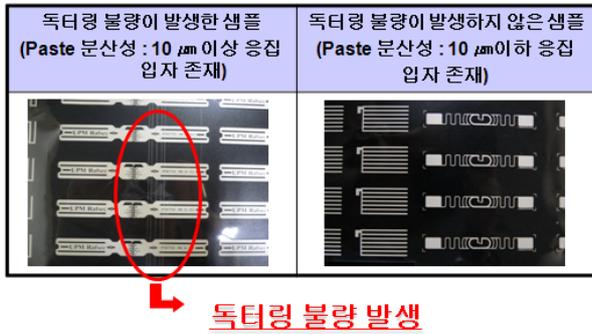


Fig. 4 The doctoring characteristics of print pattern.

선행 논문에서는 전도성 paste의 분산성이 5~7 μ m으로 Ag powder의 1차 입자 수준으로 분산이 되었으나, 그라비어 본 인쇄기로 인쇄를 하게 됨에 따라 사용되는 전도성 paste의 양의 10배 이상 증가하여 같은 제조 조건으로 제조하였지만 전도성 paste의 분산성은 10~12 μ m으로 제대로 분산이 이루어지지 않았다. 이에 따라 인쇄패턴의 독터링 불량 현상이 나타남을 알 수 있었다. 그래서 분산성 확보를 위해 전도성 paste에 분산제(BYK-180)를 사용하여 5~7 μ m의 분산성을 확보하였으며, Fig. 4의 오른쪽 사진과 같이 독터링 불량량이 없는 우수한 인쇄패턴을 얻을 수 있었다.

Fig. 5는 그라비어 인쇄용 전도성 paste를 인쇄하였을 때, 블로킹 불량량이 발생한 인쇄패턴과 발생하지 않은 인쇄패턴 결과를 나타내었다.

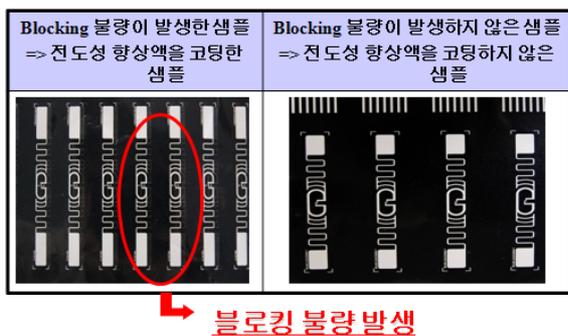


Fig. 5 The Blocking characteristics of print pattern.

선행 논문에서는 소량의 Ag paste를 사용하여 인쇄를 하였으나, 그라비어 본 인쇄기로 인쇄를 하게 됨에 따라 사용되는 Ag paste의 양이 증가하였고 인쇄된 인쇄물의 양도 많아지게 되었다. 선행 연구에서는 인쇄패턴을 롤 형태로 만들어 보관하더라도 양이 얼마되지 않아 인쇄패턴에 가해지는 압이 거의 없었으나, 본 연구에서는 인쇄물의 양이 증가함에 따라 가해지는 압이 증가하게 되었고, 미건조된 부분의 인쇄패턴이 인쇄된 피인쇄체의 뒷부분에 묻어서 블로킹 불량 현상이 나타남을 알 수 있었다. 이에 따라 건조성 향상을 위해 기존에는 고비점(202 $^{\circ}$ C) 용제인 NMP(N-Methylpyrrolidone) base의 폴리에스테르 수지를 사용하였으나, 본 연구에서는 중비점(187 $^{\circ}$ C) 용제인 Butyl lacton base의 폴리에스테르 수지를 사용하였다. 그 결과, 인쇄패턴의 건조성을 향상시킬 수 있었으며, 인쇄패턴의 블로킹 불량 현상을 방지할 수 있었다.

4. 결론

선행 논문에서 그라비어 인쇄교정기로 최적화된 전도성 paste로 실제 그라비어 본 인쇄기에서 인쇄패턴을 형성했을 때 나타나는 문제점 및 원인을 검토한 결과, 인쇄패턴의 퍼짐성 불량, 독터링 불량, 블로킹 불량 현상이 나타남을 알 수 있었다. 인쇄패턴의 퍼짐성 불량 현상은 전도성 paste의 점도를 높여 100rpm에 1000cps일 때, 인쇄패턴이 퍼지지 않고 우수함을 알 수 있었다. 또한 인쇄패턴의 독터링 불량 현상은 분산제(BYK-180)를 사용하여 전도성 paste의 분산성을 5~7 μ m으로 향상시키면서 인쇄패턴이 퍼지지 않고 우수함을 알 수 있었다. 마지막으로 인쇄패턴의 블로킹 불량 현상은 기존에 고비점(202 $^{\circ}$ C) 용제인 NMP base 폴리에스테르 수지를 중비점(187 $^{\circ}$ C) 용제인 Butyl lacton base인 폴리에스테르 수지를 사용함으로써, 인쇄패턴의 블로킹 불량 현상이 나타나지 않는 우수한 전도성 패턴을 얻을 수 있었다.

후기

본 연구는 산업기술연구회 전문화연구사업(COE)의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. Gregory P. Crawford, John Wiley & Sons Ltd, p495-520(2005)
2. T. Kololuoma, M. Tuomiloski, Proceedings of SPIE, 5364, p77-85(2004)
3. M. Pudas, J. Hagberg and S. Leppavuori, International journal of electronics, 92, p251-269(2003)