



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

터치 패널용 Ag Paste의 물성 연구



2012년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

인 쇄 공 학 과

송 재 형

공 학 석 사 학 위 논 문

터치 패널용 Ag Paste의 물성 연구

지도교수 남 수 용

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.



2012년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

인 쇄 공 학 과

송 재 형

송재형의 공학석사 학위논문을 인준함.

2012년 2월 24일



주 심 이학박사 이 상 남 인

위 원 공학박사 신 동 윤 인

위 원 공학박사 남 수 용 인

목 차

목차	i
List of figures	iv
List of tables	vi
Abstract	vii
 I. 서 론	 1
 II. 이 론	 3
1. 터치패널(Touch Panel)	3
가. 터치패널의 종류	4
나. 터치패널의 구조 및 동작원리	5
2. Roll-to-roll 인쇄	9
가. 그라비아 오프셋	9
나. 그라비아 잉크의 전이성	11
3. 전도성 페이스트	13
가. 전도성 필러	15
나. 바인더	17
다. Percolation point 와 percolation curve	17
라. 전도성 페이스트 분산 기술	18
4. 레올로지	20
가. 동적 점탄성	23

III. 실 험	26
1. 시료	26
가. Ag 분말	26
나. 바인더	27
2. 실험방법	28
가. Ag 페이스트의 구성	28
나. Ag 페이스트 제조방법	29
다. 그라비아 오프셋 인쇄	30
3. 측정 및 분석	32
가. Ag 페이스트의 분산 특성 측정	32
나. Ag 페이스트의 점도 측정	32
다. 전도성패턴의 접착성 측정	32
라. 전도성패턴의 전기전도성 측정	33
마. 그라비아 오프셋 인쇄기를 이용한 연속인쇄성 측정	33
IV. 결과 및 고찰	35
1. Ag 페이스트의 분산성	35
2. Ag 페이스트의 레올로지 특성.	36
3. Ag 페이스트의 그라비아 오프셋 인쇄적성	40
4. Ag 입자 형태 및 용제 함량에 따른 접착력	43
5. 용제의 종류에 따른 블랭킷의 흡배출 특성	44
6. Ag 입자 형태 및 용제 함량에 따른 Ag 페이스트의 전기전도성	50
V. 결 론	52

참고문헌	54
------------	----



List of Figures

- Fig. 1. Structure of Analog Resistive Touch Penal
- Fig. 2. Fundamentals of Operating Analog Resistive Touch Penal
- Fig. 3. Structure of Capacitive Touch Penal
- Fig. 4. Fundamentals of Operating Capacitive Touch Penal
- Fig. 5. Schematic of a Typical Gravure-offset Printing Process.
- Fig. 6. Mechanism of Gravure off-set Printing.
- Fig. 7. Principles of Transcription for Gravure off-set Printing.
- Fig. 8. Comparison of The Polymer Type and High Temperature Firing Type
- Fig. 9. Percolation Point and Percolation Curve.
- Fig. 10. Various Distribution Methods.
- Fig. 11. Material Typical S-S Curved Line.
- Fig. 12. The Pseudoplastic Flow Morphology of Material.
- Fig. 13. Dynamic Viscoelasticity Measure.
- Fig. 14. SEM Pictures of Ag Powder.
- Fig. 15. Manufacture Process of Ag Paste.
- Fig. 16. Image of Gravure off-set Printing Machine.
- Fig. 17. Image of Blanket Sheet Emissions & Absorption Test
- Fig. 18. Shear Rate Dependent of Ag Pastes Viscosity for Kind of Ag Powder.
(Rate Range : 0.1~100 1/s).
- Fig. 19. Shear Rate Dependent of Ag Pastes Viscosity for Kind of Solvent.
(Rate Range : 0.1~100 1/s).
- Fig. 20. Shear Stress Dependent of G' & G'' for Ag Pastes for Kind of Ag Powder.
(stress range:0.1~1,000Pa)

Fig. 21. Shear Stress Dependent of G' & G'' for Ag Pastes for Kind of Solvent.

(stress range:0.1~1,000Pa)

Fig. 22. Time Dependent of Absorptions for Ag Pastes

Fig. 23. Variation Rate of Pattern Width

Fig. 24. Variation Rate of Pattern Thickness



List of Tables

Table 1. Type of Touch Panel

Table 2. The Type of Conductive Paste

Table 3. The Properties of Conductive Ag Powder.

Table 4. Composition and Properties of Binder Resins for Ag Pastes

Table 5. The Formulation of Ag Paste

Table 6. The Specification of Blanket Sheet

Table 7. The Specification of Printing Condition

Table 8. The Dispersibility Results of Ag Pastes

Table 9. Patterns Surface Image of Ag Pastes after Gravure off-set
Printing.

Table 10. Patterns Cross Section Image of Ag Pastes after Gravure off-set
Printing.

Table 11. Adhesive Result of Gravure off-set Patterns

Table 12. Change of Gravure off-set Patterns

Table 13. Resistivity of Patterns

A Study on Properties of Ag Paste for Touch Panel

Jae-hyung Song

*Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

Printing Electronic markets has been developed. In particular, many products for using touch panel are being produced. The devices used in everyday life from the industrial unit has been widely used to. The panel is to serve a particular function if A person's hand or an object on the screen when it reaches at determine its position. Capacitive type is the most commonly used.

Current print electronic circuits or electronic components such as a simple, these are expensive materials and manufacturing process is very complex, expensive equipment needed to replace the conventional lithography process technology is emerging as a complex process and the desired material directly into the desired position without patterning technology that can be said as a big attraction. Production of print and electronic technology can be applied to the clean production and increase productivity through process and the lithography process to reduce waste by reducing material costs through a cost reduction can

improve the competitiveness of the product. Printing of electronic devices produced by Roll-to-roll precision processing technology and control technology is applied to the printing is very cost-effective micro-geometries can be implemented as the equipment is being evaluated. In order to function as electronic devices, especially the dozens of existing non-dot printing, the printing of micro-level is required. This should not be cut off at the line so that the ink in accordance with specifications to suit the required conditions should be established.

Gravure off-set printing recently is used in electronics display market. This method has advantages of mass production and high printing speed. It is also fine pattern can be implemented

In this study, suitable for gravure offset printing of touch panel conductive paste was developed. Low temperature curing and high conductivity of the patterns formed on the flexible film with the aim of this study was to.

I. 서 론

인쇄 전자 시장은 급속한 정보화 사회 속에서 비약적인 발전을 거듭하고 있다. 특히 터치 패널을 이용한 많은 제품들이 생산 되고 있다. 휴대폰, PC, 은행의 ATM, PDA, 무인자동발권기, 자동민원발급기 등 우리생활에서 직접적으로 접하는 기기에서부터 산업용 전반에 이르기까지 터치패널이 널리 사용되고 있으며, 이는 직관적인 인터페이스와 간편한 작동방식을 제공하고 있어 그 효용가치가 크며, 기기 자체 및 설치 상에서의 공간절약의 이점이 있어 많은 분야에서의 적용이 확산되고 있는 추세이다.^{1),2)} 터치패널은 키보드나 마우스와 같은 입력장치를 사용하지 않고, 화면에 나타난 문자나 특정위치에 사람의 손 또는 물체가 닿으면 그 위치를 파악하여 특정한 기능을 처리하도록 한 패널이다. 특정 위치에 사람의 손이나 물체의 인식이 가능한 것은 터치패널 구현방식에 따라 차이가 나며, 현재 주로 사용되고 있는 정전용량(Capacitive)방식이 주류를 이룬다. 정전용량 방식은 사람의 몸에서 발생하는 정전기를 감지해 구동하는 방식이다.³⁾

인쇄전자는 현재 단순한 회로나 전자부품 등의 제조에 있어 이러한 고가의 재료와 매우 복잡한 공정, 고가의 장비가 필요한 전통적인 노광공정을 대체 할 수 있는 기술로 대두되고 있으며 복잡한 공정 없이 원하는 위치에 직접 원하는 물질을 패터닝 할 수 있는 기술로서 커다란 매력을 보이고 있다.⁴⁾

roll-to-roll 인쇄방식에 의한 전자소자 생산은 전통적으로 사용되던 인쇄기법에 최근의 정밀 제어 기술과 가공 기술이 적용되어 매우 경제적으로 미세 선폭 프린팅을 구현 할 수 있는 장비로 평가되고 있다. 특히 전자소자로서의 기능을 하기 위해서는 기존도트 인쇄가 아닌 수십 마이크로 수준

의 미세 선 인쇄가 요구되며, 선의 단절이 전혀 없어야 되므로 이에 맞게 요구되는 사양에 따른 잉크 전이 조건이 정립되어야 한다⁵⁾.

본 연구에서는 터치패널 전극 인쇄가 가능하고 roll-to-roll printing 중 그라비아 오프셋 인쇄에 적합한 전도성 페이스트를 개발하여, 저온에서 경화되면서 우수한 전도성을 띌 수 있는 전도성 패턴을 플렉시블한 필름 위에 형성하는 것을 본 연구의 목표로 하였다.



Ⅱ. 이 론

1. 터치패널 (Touch Panel)

최근 컴퓨터 기술의 발달에 따라 다양한 용도의 Computer based system 이 개발되고 있으며 또한 Key 입력은 사람 손의 조작 범위 내에서 어느 정도 개수의 Key를 누르거나 접촉하는 것에 의해 그 Key에 맞는 명령을 기기에 의해 행한다. 그러나 컴퓨터를 사용하는 본래의 목적인 정확·신속·편리 등을 위해서 사용자가 편리하게 사용할 수 있는 장치가 필요해지며, 이것은 Key를 쳐서 선택하는 것보다 디스플레이화면을 손가락으로 직접 눌러 선택하는 편이 조작의 오류도 없고 이해도 쉬워지게 된다. User 인터페이스에 관해서는 키보드 입력 중심의 CUI에서 마우스를 중심으로 한 포인팅디바이스에 의한 GUI로 이행했다. User needs는 컴퓨터에 대해서 고속성과 저가격과 함께 사용이 간편한 것을 추구하고 있다.

터치패널은 디스플레이에 표시되어 있는 버튼을 손가락으로 접촉하는 것만으로 컴퓨터를 대화적, 직감적으로 조작함으로써 남녀노소 누구나 쉽게 사용할 수 있는 입력장치이다. 고속정보화 사회에 돌입한 요즘에 있어서 거의 매일 사람들은 무슨 일이던 간에 컴퓨터와 접하고 있다. MS-WINDOWS의 보급과 네트워크의 발달에 의해 데이터 베이스에 액세스를 간단히 할 수 있게 되고 점점 다양한 인간들이 여러 곳에서 컴퓨터에 접속하는 필요성이 증가하고 있다.

컴퓨터를 누구라도 간단하게 사용할 수 있기 위해서 인터페이스로서 터치

패널은 상당히 유용한 디바이스이다. 휴대폰, 컴퓨터, 은행 등의 ATM은 물론 가두의 검색안내시스템, 무인계약단말, POS, 게임기 등 폭 넓은 분야에서 사용되고 있다.

가. 터치패널의 종류

Table 1.에 나타난 바와 같이 터치 패널은 구조와 입력 원리에 따라 크게 4가지로 구분이 되며 저항막 방식과 정전용량 방식이 주로 사용된다.

Table 1. Type of Touch Panel

type	Resistive Overlay	Capacitive Overlay	Infrared Beam	Surface Acoustic Wave
method of touch	 finger, stylus pen	 finger	 finger	 finger, stylus pen
transmissivity	under 85%	more than 90%	100%	more than 92%
advantage	low cost	high transmissivity, durability	large size	large size
weakness	low transmissivity, durability	can not react to fingernails, gloves	high cost	Vulnerable to contamination
resolution	best	best	better	good
Multi-touch	possible	possible		
application	navigation, PDA, cell phone, game console	kiosk, ATM, cell phone, game console	POS, game console	kiosk, ATM

1)저항막 방식 - 투명전극이 코팅되어 있는 두 장의 기판을 합착시킨 구조로써 손가락이나 펜으로 압력을 가해 상부와 하부의 전극층이 접촉되면 전기적 신호가 발생되어 위치를 인지하는 방식이다.

2)정전용량 방식 - 일정량의 전류를 ITO Sensor를 통해 흐르게 한 후 사

용자가 Window에 터치하면 Window 주위에 발생하는 Capacitance에 의해 좌표와 감도를 인식하는 방식이다.

3)적외선 광(광 Sensor MATRIX) 방식 - 적외선의 직진성을 이용하여 장애물에 부딪치면 차단되는 속성을 활용한 방식이다. 즉, 적외선 광 방식의 터치패널은 발광소자와 수광소자가 마주보도록 패널주위에 광을 다수 배치해서 Matrix를 만드는 구조로, 사용자에게 의해서 광선을 차단하면 차단된 부분의 출력이 저하되고 그 부분의 X, Y좌표를 얻어서 입력좌표를 판단하는 원리를 가지고 있다.

4)초음파 반사 방식 - 표면과 발생의 Transducer는 압압효과를 응용한 압전소자가 사용되는데 이러한 압전소자는 외부에서 전압을 인가하면 형태가 신축하고 반대로 외부에서 변형을 가하면 전압이 발생하는 특징을 이용하여 Glass 표면에 접촉하면 표면과의 일부는 반사해 압전소자군으로 되돌아오면서 전압이 발생하게 된다. 이 전압을 이용하여 표면과를 발생시키고 반사파가 되돌아오기까지의 시간을 압전소자로 계산이 가능하게 되는 것이다. 표면과를 X와 Y방향으로 교대로 발생시킴으로 인해서 각각의 입력점까지의 거리를 파악하게 됨으로 인해서 위치를 결정하는 원리를 가지고 있다.

나. 터치패널의 구조 및 동작원리

대표적으로 현재 주로 사용되고 있는 저항막 방식과 정전용량 방식의 구조와 동작원리 다음과 같다.

1)저항막 방식의 구조

아래 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 4선 저항막식 터치패널은 상부전극(투명도전막이 형성된 PET필름)과 하부전극(투명도전막이 형성된 유리 기판),

연결배선(Flexible cable)으로 구성되고 하부전극 위에 Dot Spacer를 상부 전극에 대향하도록 형성된 구조이다.

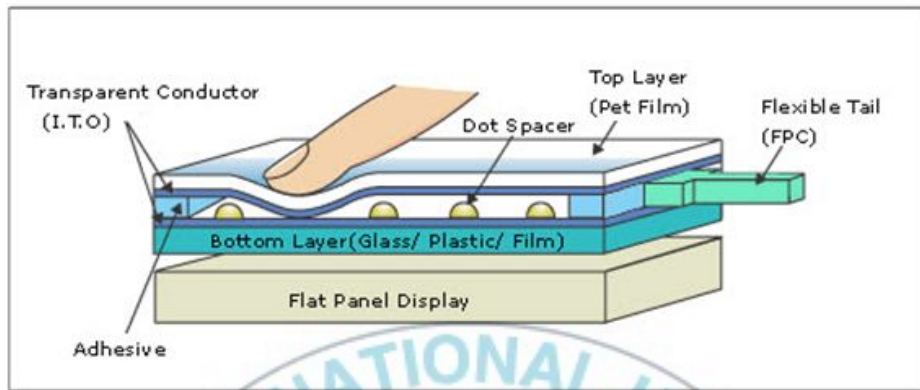


Fig. 1. Structure of Analog Resistive Touch Penal

2)저항막 방식의 동작 원리

위의 Fig. 1에 나타난 것과 같이 표시면을 Pen 으로 누르면 상부 전극이 하부 전극에 접촉하여 ON상태로 되고, Pen을 떼면 상부전극이 복원되어 OFF상태로 된다. 하부전극은 투명한 저항막의 양면에 평행한 전극을 설치하여 전압을 인가하면 전극간에 전위분포가 발생하게 된다.

아래 Fig. 2에 나타난 것과 같이 저항막의 저항값은 균일하여 전위 분포는 직선으로 되고 거리와 전위의 관계는 직선식으로 표시할 수 있다. 하부 전극에 전압을 입력하고, 접촉된 점의 전압을 상부전극에서 검출하여 이것을 A/D 변환기를 통해 Digital 값으로 변환시켜 X축의 위치를 산출한다. 또 상부전극에 전압을 입력하고, 하부전극에서 전압을 감지하여 같은 방법으로 Digital 값으로 변환시켜 Y축의 위치를 산출하면, 최종적으로 Pen이 접촉한 점의 위치 좌표(X,Y)를 결정할 수 있다.

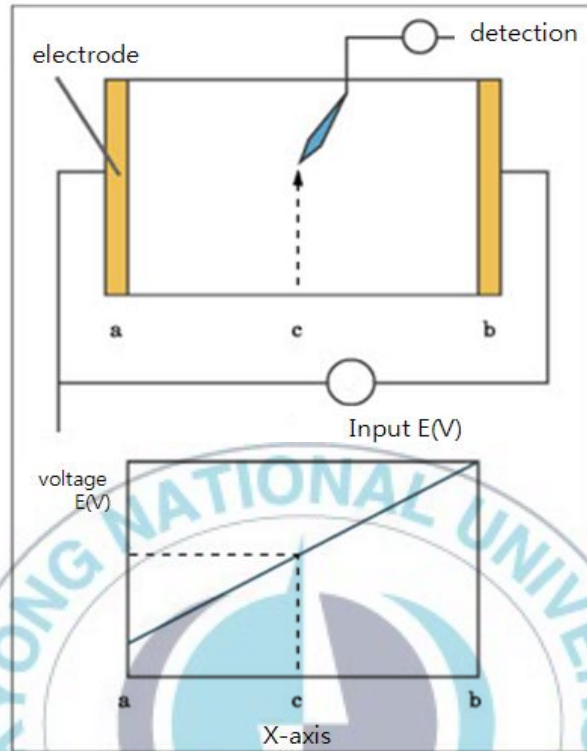


Fig. 2. Fundamentals of Operating Analog Resistive Touch Penal

3) 정전용량 방식의 구조

아래 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 정전용량 방식의 touch panel은 통상적인 저항막 방식과 달리 인간이 화면상을 touch함으로써 정전용량을 형성하고 그 콘덴서를 통하여 미약전류를 흘려 그 변화분을 검출함으로써 위치를 산출하고 있다. 이와 같은 정전용량 방식의 touch panel은 도전막을 성막한 glass 1장으로 구성할 수 있는 것이 가장 큰 특징으로 되어 있다. 따라서 저항막 방식의 2층 도전막에 비하여 고투과율을 실현 그리고 2장의 막(film - glass) 사이의 공기층을 배제할 수 있어 불필요한 반사, 2층 막에서의 newton's ring이 없고 2층 도전막에 의한 황색기미 경향을 경감, 좁은 액자화가 가능해 진다.

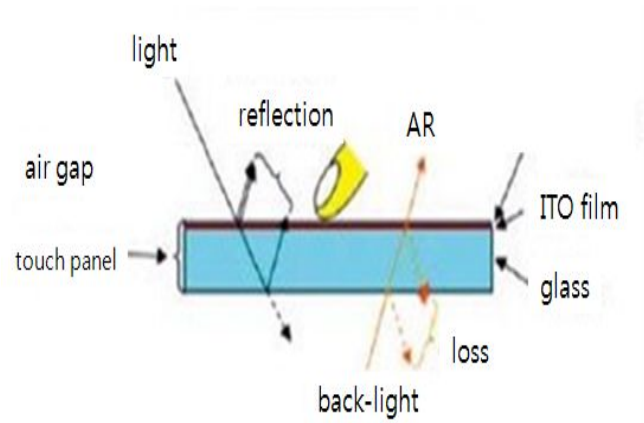


Fig. 3. Structure of Capacitive Touch Penal

4) 정전용량 방식의 동작 원리

아래 Fig. 4에 나타낸 것과 같이 정전용량 결합 방식 touch panel의 1차원 원리도를 나타낸다. 그림에서 A,B 가 touch panel로 기능하는 부분(저항치를 R로 한다)에서 그양단에 전류 검출용 저항 r을 통해 동위상, 동전위의 교류를 가한다. 동전위이기 때문에 정상전류는 흐르지 않는다. 여기서 아래 Fig. 4의 A-B간 임의의 점C를 touch 했을 경우 A-B의 층과 인간 사이에 콘덴서가 형성되어 양단으로부터 이 콘덴서를 통하여 인간에 미약 전류가 흐른다.

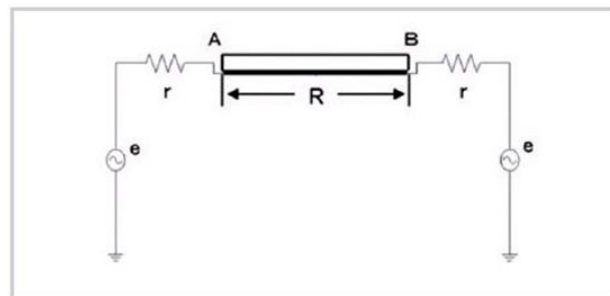


Fig. 4. Fundamentals of Operating Capacitive Touch Penal

2. Roll-to-roll 인쇄

Roll-to-roll 인쇄란 기재를 자르지 않은 상태 그대로 회전 롤에 감아 인쇄하는 방식으로, 원감절감이 가능해진 최근 부품 생산라인에 도입이 확산되고 있는 차세대 공법이다. Roll-to-roll 인쇄에는 플렉소 인쇄, 그라비아 인쇄, 그라비아 오프셋 인쇄, 오프셋 인쇄 등이 있다.^[6~9]

가. 그라비아 오프셋

반도체 디바이스에 미세하고 또한 고정밀도의 전극 패턴을 형성하는 오목판 오프셋 인쇄의 한 방법이다. 전자 회로 기판이나 표시 디바이스 등의 반도체 디바이스에 있어서의 전극 등의 형성에는 종래부터 포토리소그래피법이 이용되어 왔는데, 이 포토리소그래피법은 제조 공정이 복잡하고, 또 재료 손실이 많고, 패턴 형성에 필요한 노광 장치 등의 제조 설비에 막대한 비용이 들어 제조 비용이 매우 높아진다는 문제가 있었다. 또한, 패턴 형성시의 현상 처리 등에서 생기는 폐액을 처리하는 비용도 비싸고, 더욱이 이 폐액에 대해서는 환경 보호의 관점에서도 문제가 있었다.

그래서, 저비용으로 또한 유해한 폐액 등을 발생시키지 않은 패턴 형성 방법에 관한 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 그 중에서도 그라비아 오프셋 인쇄법은 미세패턴을 높은 정밀도로 형성하는 것이 가능한 점에서, 포토리소그래피법의 대체법으로서 주목받고 있다. 그라비아 오프셋 인쇄법에서는 인쇄용 블랭킷으로 부터 유리기판등의 피전사체에 인쇄용 잉크를 100%전사시키므로, 인쇄용 블랭킷 표면에는 실리콘 고무 시트를 사용하고, 인쇄용 잉크에는 블랭킷 표면의 실리콘 고무에 용해되기 쉬운 용제를 첨가하여 이 용제를 실리콘 고무에 용해시키고, 인쇄용 잉크와 실리콘 고무 계면의 계면 장력을 저하시킴으로써 실리콘 고무로의 인쇄용 잉크를 박리되

기 쉽게 하여 인쇄용 잉크를 블랭킷으로 부터 피전사체 상에 전사시키고 있다. 그러나 장시간의 연속 인쇄를 실시하면, 블랭킷 표면의 실리콘 고무 시트에 인쇄용 잉크에 함유되는 용제가 서서히 침투하여 실리콘 고무 시트가 팽윤되므로, 인쇄 패턴의 형상이 변동되어 인쇄의 재현성이 저하되는 문제점이 발생 할 수 있다.^[10]

그라비아 오프셋 인쇄공정에서의 잉크 전이과정은 Cylinder의 패턴내에 유입된 잉크가 Blanket cylinder로 전이 되는 과정과 Blanket cylinder에 전이된 잉크가 다시 substrate로 전이되는 두 번의 전이과정을 갖는다.

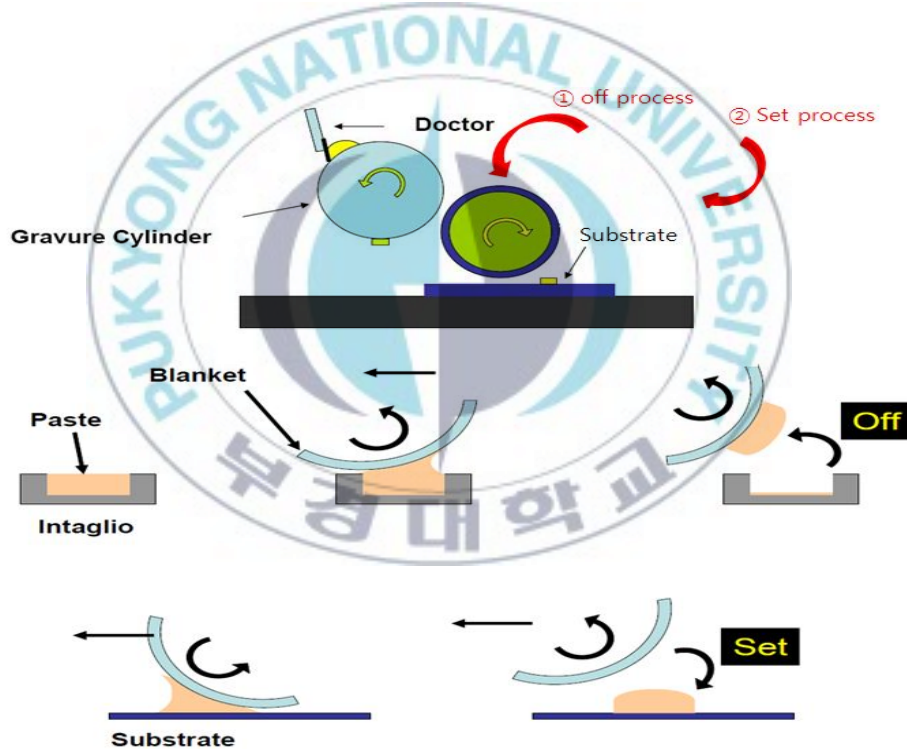


Fig. 5. Schematic of A Typical Gravure-offset Printing Process.

나. 그라비어 잉크의 전이성

그라비어 오프셋 잉크의 전이율은 피인쇄체, off 압력, Set 압력, 흡의 깊이 등에 의해 크게 달라진다. 피인쇄체에 따른 잉크의 전이는 피인쇄체가 유연한 것, 평활한 것, 흡유성이 좋은 것이 인쇄가 잘 되며, 연질 염화비닐, 그라비어 용지, 각종 플라스틱 필름 등이 이에 해당된다. 반면에 그래프트지, 부직포 등 표면 평활성이 나쁜 것과 알루미늄 판과 같이 표면이 딱딱한 것은 잉크가 잘 전이되지 않는다. 인쇄 시에 인압이 높은 쪽이 전이율 향상에 효과가 있다. off 압력이 강할수록 off 되는 도막의 양이 많으며, 이는 블랭킷으로 흡수되는 용제의 양과 잉크 바인더의 점착성과 관계가 있다. 또한 off된 도막은 set 공정에서의 압력에 전이율이 달라진다. 점착성이 강한 바인더라면 100% 전이가 되지만, 그렇지 않을 경우 높은 압력에서 전이가 이루어진다. 하지만 강한 압력은 도막의 퍼짐을 유발할 수 있기 때문에 정확한 off-set 인쇄조건을 맞추는 것이 유리하다. 그라비어 오프셋 인쇄시 발생하는 잉크의 메카니즘을 fig. 6에 나타내었다.

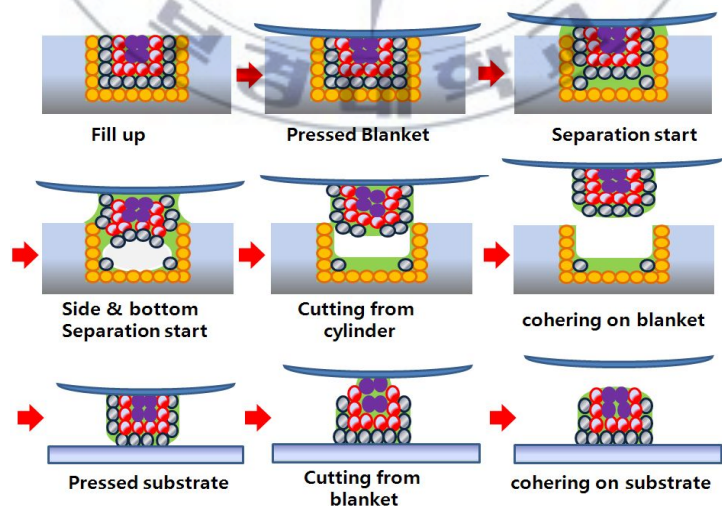


Fig. 6. Mechanism of Gravure off-set Printing.

Cylinder 홈에 잉크가 독터링에 의해 채워지게 되고, 블랭킷 실린더의 압력을 받게 된다. 이 압력이 off 압력이며, 블랭킷으로 용제의 흡수 및 바인더의 점착성에 의해 cylinder 홈에서 도막이 빠져나온다. 이 과정을 off 공정이라 한다. off 공정에서의 도막의 두께와 sharpness가 최종 도막에 영향을 미친다. 이렇게 off된 도막의 바인더의 저장탄성률(G')에 의해 블랭킷상에 응집이 일어나며, 균일한 도막을 형성하게 되고, 이 도막은 substrate에 전이된다. 이 공정을 set 공정이라 한다. set 공정에서의 압력은 패턴의 두께와 폭에 영향을 미치게 되며, set 속도는 패턴의 sharpness에 영향을 미친다. set속도가 지나치게 빠르면 패턴의 가장자리에 인쇄방향으로 수염을 발생시키기 때문에 적절한 속도가 중요하다.

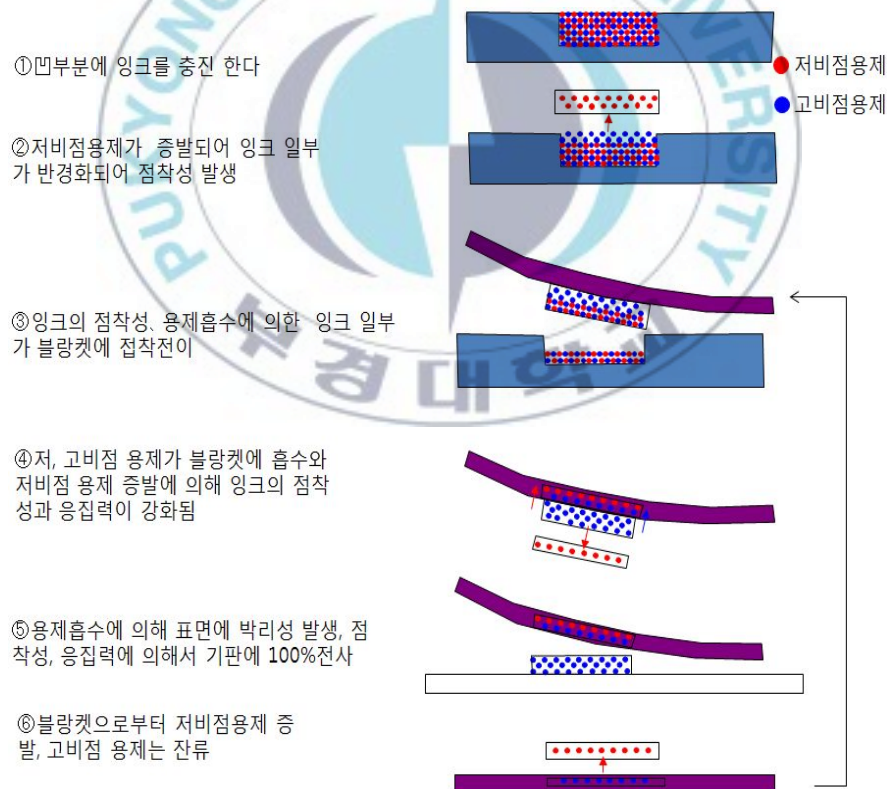


Fig. 7. Principles of Transcription for Gravure off-set Printing.

3. 전도성 페이스트

전자 디바이스의 회로를 구성하는 도전 패스(Conductive path)를 만드는 방법은 증착법, 에칭법 등이 있지만 고비용, 낮은 생산성, 공정의 복잡함 공정상에서 발생하는 잔여물로 인한 폐기처리에 문제가 있다. 이를 해결하기 위하여 직접 인쇄방식을 이용하여 한 번의 공정으로 전도 통로를 형성하는 방법이 이용되고 있다.

전도성 페이스트 또는 전도성 잉크라고 말하는 것은 전기가 흐르는 전도성 필러를 인쇄할 수 있도록 유동성이 있는 바인더에 혼합한 것을 말한다. 전도성 페이스트는 크게 고분자 바인더(polymer binder)와 전도성 충전제(conductive filler)로 구성되어 있으며 아래와 같이 2종류로 구분할 수 있다.

첫 번째는 고온소성형 페이스트이다. 이 페이스트는 보통 전도성 필러와 글라스프리트(glass flit)을 고분자 바인더에 혼합하여 만들어진 것이다. 이렇게 만들어진 페이스트를 인쇄공정을 거쳐 도막을 형성하고 건조한 후 고온으로 처리하면 폴리머가 그 과정에서 휘발하면서 금속 필러간에 용착이 일어나고 최종 도막에는 전도성 필러와 글라스프리트만 남게 된다. 글라스성분은 필러가 용착할 때 기재 쪽으로 압축되어 기재 계면으로 편재, 밀착성을 유지하는 역할을 한다. 전도성 필러는 입자들끼리 용착하여 하나의 큰 금속 덩어리로 일체화 된 상태이다. 따라서 도전성 면에서는 상당히 고성능이 발휘될 수 있는 장점이 있지만 고온에서 건디는 기재를 사용해야 하는 단점이 있다.

Table 2. The Type of Conductive Paste

	Polymer type	High temperature firing type
Curing temperature	room temperature~200℃	500~1200℃
Conductive filler	Ag, Cu, graphite, carbon black	Ag, Pd, Au, Pt, Cu, W, Ni, RuO ₂
Binder	Synthetic polymer thermoplastic : Acrylic, Polyester thermosetting : Urethane, Phenol, Epoxy	primary binder : Acrylic, Cellulose Binder : Glass flit
Extra component	Organic solvent, dispersing agent etc.	Organic solvent, Oxidized metal
Substrate	Organic matter, Metal, Aluminium, Silicon	Alumina, Ceramic, Glass

두 번째로 고분자형 페이스트이다. 도전성 필러로는 금속, 금속산화물, 카본블랙(carbon black), 그라파이트(graphite)등이 사용된다. 바인더에 도전성 필러를 분산하여 페이스트를 제조하는데 내부에 분산된 필러는 바인더의 경화(또는 건조)와 함께 3차원적으로 연속구조를 띄고 이를 통해 전류가 흐르게 된다. 바인더는 기재와 밀착함과 동시에 필러를 고정시키는 역할을 한다. 최종도막에는 유기물이 남게 되고 경화온도는 상온에서 200℃ 정도로 낮은 온도에서 성막이 가능하기 때문에 기재를 선정할 수 있는 범위가 넓어지는 것이 장점이라고 할 수 있다.^[11]

전도성 필러는 페이스트의 구성 중에서 전체 페이스트의 체적의 70~80% 정도로 배합되기 때문에 전도성 도막이 형성될 때에 입자 간에 접촉이 일어나 도체와 같이 전기가 흐르는 것이 가능하다. 하지만 필러 입자

간에 전기저항이 존재하기 때문에 실현할 수 있는 전도성에는 한계가 있다.

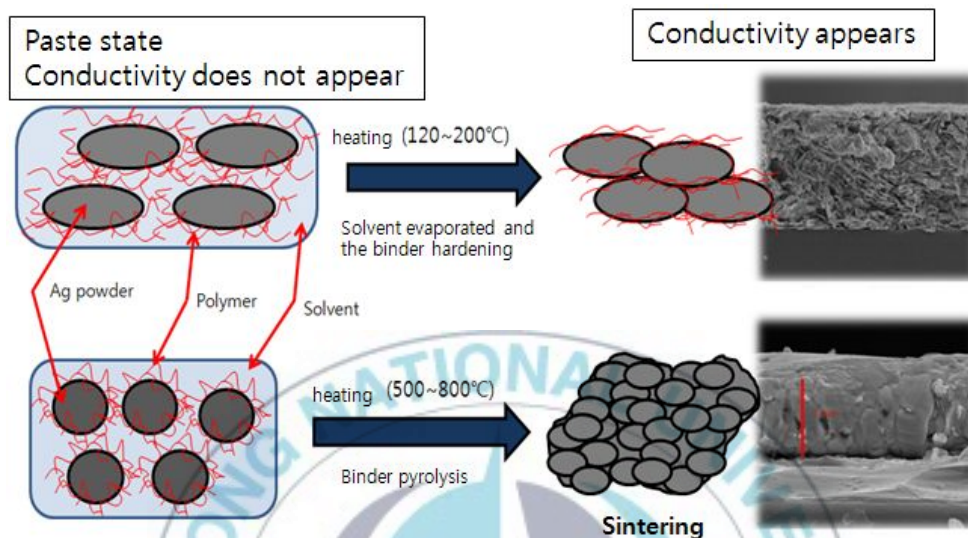


Fig. 8. Comparison of The Polymer Type and High Temperature Firing Type

이와 같이 도전성 잉크에서는 경화 온도와 도전성이 서로 상충관계에 있기 때문에 이를 해결하기 위하여 금속의 나노 입자를 활용해서 저온에서도 금속이 융착된 도막을 형성하는 것, 유기 금속화합물의 분야에서 발생되는 활성금속을 이용하여 도막을 만드는 것, 산화은을 이용하는 것, 저융점의 합금을 이용하는 것 등이 개발 되고 있다.^[12,13]

가. 도전성 필러(Conductive Filler)

전도성 필러는 도전성 페이스트를 구성하는 가장 중요한 구성 재료로써

전도성 잉크의 도막특성은 전도성 필러가 차지하는 부분이 크다. 전기가 흐르는 것이 가능한 금속은 모두 전도성 필러로 될 수 있지만 금속 덩어리에서 미립자로 가공된 표면적이 증가하게 되면 금속은 산화되기 쉬워진다. 필러의 표면이 산화되면 입계의 접촉저항이 높아지기 때문에 전도성이 발현될 수 없게 된다. 이런 이유로 사용이 가능한 전도성 필러는 귀금속이 중심이 된다.

구리(copper)는 낮은 단가와 높은 전도도에도 불구하고 시간이 지남에 따라 산화되어 전도도가 매우 낮아지게 되므로 보통 높은 전도도를 요구하는 도전 통로를 형성할 때에는 Ag를 많이 사용한다. Ag는 금속 중에서 비저항(고유저항)이 가장 낮고 금(Au), 백금(Pt)에 비해 가격이 낮기 때문이다. 물론 금속 산화물도 전도성을 띄지만 금속만큼의 전도성을 가지기는 힘들다. 카본블랙이나 흑연은 일반적인 상온의 분위기에서는 안정하기 때문에 전도성 필러로 사용이 가능하다.^[14]

이런 전도성 필러로 전도성 페이스트를 제조하여 도전 패스를 형성하면 금속 자체의 저항 보다 높아지게 된다. 그 이유는 전류가 흐르기 위해서는 전자가 입자와 입자간의 계면을 통과해야 하는데 이 때 생기는 계면저항 때문이다. 따라서 전도성 잉크의 저항을 최소화하기 위해서는 금속입자들 간의 접촉면적을 늘려야 한다. Ag의 경우는 이온을 함유한 용액을 적절한 방법으로 환원하고 건조하여 Ag powder를 제조하며 환원의 공정조건을 조정하는 것에 의해 입도 등 입도분포를 제어하는 것이 가능하다. 이렇게 제조된 Ag 입자는 그 형태가 구형에 가깝기 때문에 입자간의 접촉이 많아지게 되고 고분자형 페이스트로 사용할 경우 전도성에 어려움이 있다. 이점을 극복하기 위해 flake형으로 가공하여 입자들 간에 접촉면적을 늘림으로서 전도성 도막의 저항치를 낮게 할 수 있다. 또 flexible 회로나 디스플레이에서 요구되는 유연성 또한 갖출 수 있게 된다.^[15,16]

나. 바인더(Binder)

전도성 페이스트에 있어서 바인더의 역할은 전도성 필러를 고착시켜서 삼차원 연쇄구조를 만들면서 기재에 밀착하는 것이다. 전도성 페이스트 도막의 내구성, 내약품성, 접착력 등의 특성은 모두 바인더의 특성에 의해 좌우된다.

바인더의 특성은 전도성에도 영향을 미친다. 예를 들어 바인더가 Ag 입자와 친화력이 매우 클 경우에 바인더가 Ag 입자를 모두 감싸서 입자간의 접촉을 막기 때문에 저항이 커지게 된다. Ag 분말은 가공할 때 입자간의 응집을 막기 위하여 표면을 지방산으로 처리한다. 지방산은 탄소와 산소로 구성되어 있는 소수성이기 때문에 소수성이 큰 바인더의 경우에는 Ag 입자와의 친화력이 커서 Ag 입자를 효과적으로 감싸게 되고 더 나은 도막특성을 가질 수 있지만 전도성의 면에서는 높은 저항을 띤다.

다. Percolation point와 Percolation curve

전도성 잉크를 제조하는 데 있어서 고려하여야 할 주요한 사항은 percolation point와 percolation 곡선이다. 고분자성 바인더 자체는 매우 낮은 전도도를 가진다. 여기에 전도성 충전제를 조금씩 넣으면 처음에는 전도도가 거의 변하지 않다가 보다 많은 양의 금속을 첨가해 금속 입자들이 서로 만나게 되면 전도도는 증가하기(또는 저항은 감소) 시작한다. 이때 이 지점을 percolation point라고 한다.

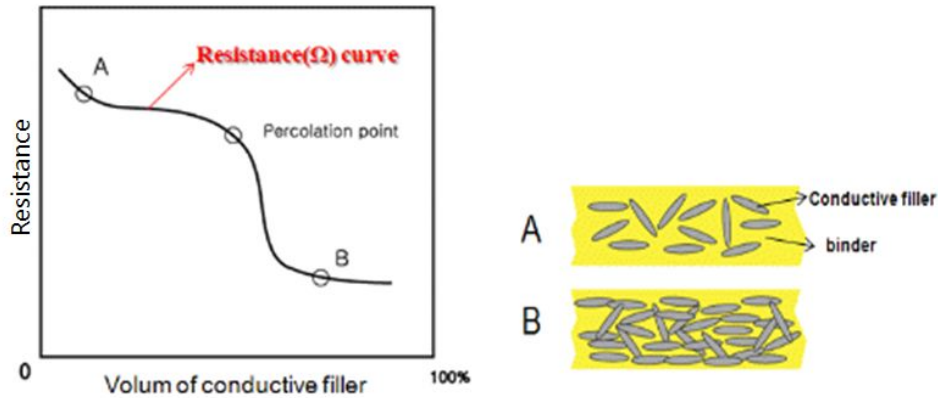


Fig. 9. Percolation Point and Percolation Curve.

이후 금속 충전제를 더 넣어주게 되면 결국 저항 값이 일정해지게 첨가량을 증가시켜도 더 이상 저항은 감소하지 않는다. 실제로 고분자 바인더에 비해 금속의 양이 지나치게 과량일 경우 고분자성 잉크는 기질에의 접착성이 감소할 뿐 아니라, 충전제인 금속 입자들의 효율적인 배열을 방해하여 전도성 페이스트의 저항은 오히려 증가하게 된다. 따라서 바람직한 전도성 잉크의 배합은 최적의 아래 부분(낮은 저항)에 해당하는 함량을 갖도록 하는 것이다. 이와 같이 잉크에 첨가된 전도성 충전제에 대한 저항의 감소 변화 그림을 percolation curve라고 한다.^[17,18]

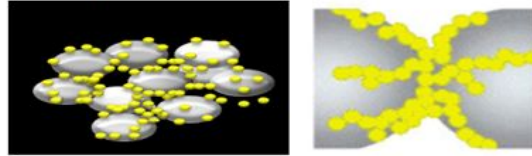
라. 전도성 페이스트 분산 기술

전도성 필러의 분산은 상술한 대로 전도성 페이스트의 물성을 결정짓는 매우 중요한 요소이다. 즉, 전도성 페이스트의 분산 특성이 좋지 못하면 페이스트의 유동성과 안정성뿐만 아니라 인쇄된 전극의 전기 전도성 및 패턴 형성에도 좋지 않는 결과를 초래한다. 그러나 전도성 필러는 일반적인 안료와는 달리 표면에 활성을 띄고 있어 입자 간의 상호작용이 강하고, 분산

특성을 향상시키기 위해 첨가되는 계면 활성제(분산제)가 전도성 필러 간의 도전 패스 형성에 오히려 장애가 되어 전도성을 감소시키는 요인이 된다. 또한 분산 공정에서 분쇄 시에 기계적 힘에 의해 전도성 필러 표면에 손상을 입게 되면 그 또한 전도성을 감소시키는 요인이 될 수 있어 우수한 분산 특성과 전기 전도성을 동시에 갖기 위해서는 전도성 필러마다의 적절한 분산 기술이 요구된다.

Ag 파우더는 파우더 간의 상호작용에 의해 쉽게 응집하려 하고, 그로 인해 바인더 속에 필러들을 일차 입자 형태로 분산시키는 것은 상당히 어렵게 된다. 일반적으로 바인더 속의 필러들을 미세 입자 크기로 분산시키기 위해서는 바인더와 상용성이 좋은 그룹과 필러 표면과 친화력을 갖는 그룹을 모두 갖춘 분산제가 사용되어지지만, Ag 페이스트의 경우에는 첨가된 분산제 성분이 전극의 전도성을 감소시키는 마이너스 작용을 할 수 있어 분산제 사용이 쉽지 않게 된다. 따라서 고분자량의 분산제를 페이스트에 첨가하는 대신 Ag 파우더 표면과 흡착력이 우수한 head부와 유기 바인더와의 친화력이 높은 tail부를 갖는 저분자량의 계면활성제를 전도성 필러 표면에 소량 코팅시킴으로써 전도성의 감소 없이 유기 바인더 속에 필러들을 일차 입자 형태로 분산시키는 것이 가능하게 된다. Fig. 11에 여러 가지 분산 공정을 나타내었다.

- Conductivity enhancement due to micro / Nano hybrid



<concept of micro/nano hybrid structure>

- Ag surface modification and dispersion methods

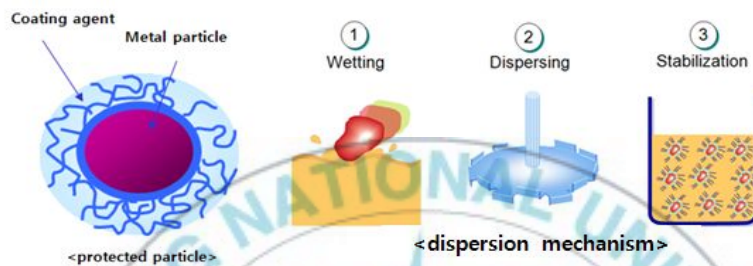


Fig.10. Various Distribution Methods.

4. 레올로지

레올로지(Rheology)는 물질의 변형과 흐름의 학문이다. 물질의 변형이 한쪽 방향으로만 일어나는 경우를 흐름이라 하며, 이 흐름에 대한 저항을 점도라고 한다.

점도는 전단속도(shear rate)에 따른 전단 스트레스(shear stress)의 비로써, Fig. 11에 나타낸 S-S 곡선(stress-strain)에서 기울기에 해당되며, 모든 재료의 유동 물성을 파악하기 위한 가장 기본적인 요소이다. 기울기의 특성에 따라서 크게 4가지 유동으로 분류할 수 있다

첫 번째로 뉴턴 유동(newtonian flow)은 전단속도에 따른 전단응력의 비가 일정한 유동으로 외력에 대해서 정비례하는 유동을 말한다. 물, 용제, 미네랄 오일(폴리머 첨가제 제외), 표준 오일 등과 같은 저분자량 액체가

대표적인 예이다. 뉴턴 유동을 하는 물질은 보통 작은 분자끼리 상호작용이 없으며(있더라도 거의 없거나, 아주 약함), 분자끼리 혹은 입자끼리 큰 상호작용력이 없다면 아주 저 농도의 폴리머 용액 또는 아주 저 농도 분산액 역시 뉴턴 유동을 하게 된다. 이와 반대로 뉴턴 유동에 대하여 곡선으로 나타나는 모든 유체는 비뉴턴성 유체(non-newtonian fluid)라고 하며, 의소성 유동이나 다일레턴트 유동을 하는 물질은 이에 포함된다.

두 번째, 의소성 유동(pseudoplastic flow)은 낮은 전단 속도에서 뉴턴 유동을 하고, 높은 전단 속도에서는 소성 유동과 비슷한 경향을 보이는 곡선이다.

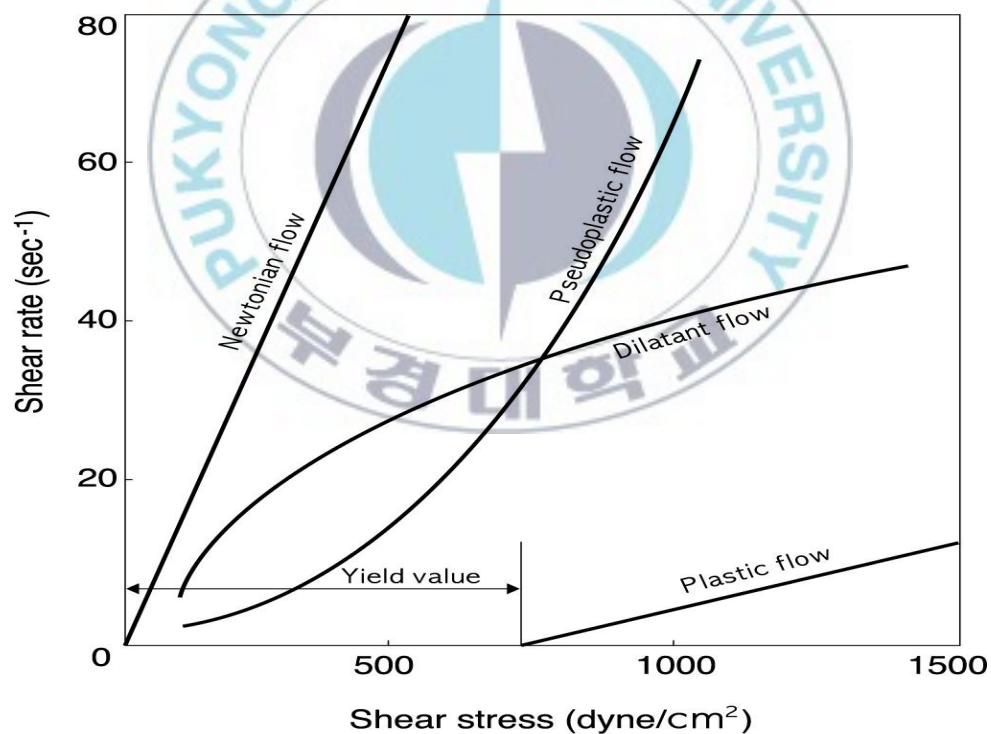


Fig. 11. Material Typical S-S Curved Line.

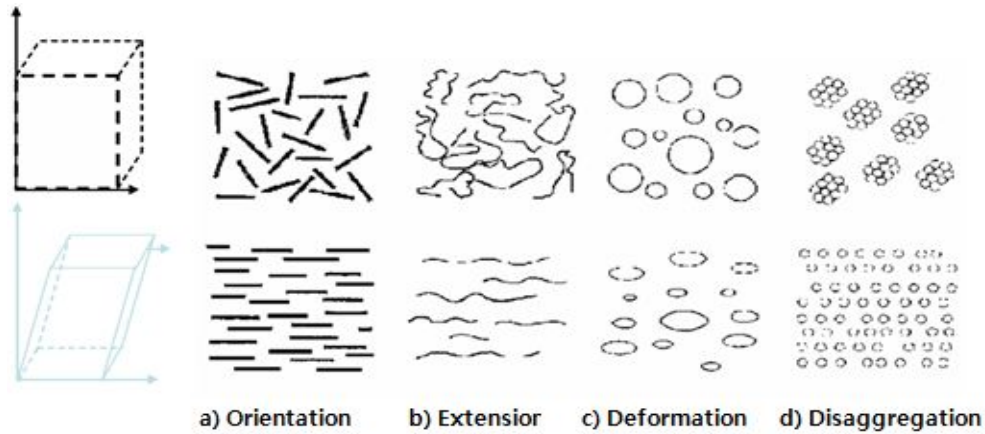


Fig. 12. The Pseudoplastic Flow Morphology of Material.

또한 의소성 유동을 shear-thinning 유동이라고 하는데, 요즈음에는 후자의 용어를 더 많이 사용한다. 플렉소잉크나 그라비아 잉크, 페인트 등이 대표적인 예이다.

잉크나 젤과 같은 입자나 분자들끼리 화학적 결합이나 상호 작용력이 있는 혼합계 물질은 shear-thinning 거동을 한다. 분산액에서 전단력은 입자들이 흐름 방향과 전단 구배 방향으로 배열되게 되며, 응집구조를 파괴시키거나 입자의 형태를 바꿀 수도 있다. 또한 전단이 가해지는 동안에 입자끼리의 상호 작용력이 감소하며, 흐름 저항을 낮출 수 있다.

세 번째, 다일레턴트 유동(dilatant flow)은 의소성 유동과 반대의 경향을 나타내는 유동을 나타내며, 전단 속도가 증가하면 액체의 점도가 낮아지는 의소성 유동과는 달리 전단 속도가 증가하면 액체의 점도가 증가한다. 또한 다일레턴트 유동은 shear-thickening 유동이라고 말하며, 이와 같은 유동은 플라스틱 졸, 세라믹 현탁액과 같은 고체나 폴리머 등의 고농도 분산액이 대표적이다.

마지막으로 소성 유동(plastic flow)은 항복응력을 가지며, 그 이상에서

전단 응력과 전단 속도 사이에 직선 관계가 성립하는 흐름을 말한다. 여기서 항복응력은 흐름에 필요한 최소한의 전단 응력을 말한다. 소성 유동은 빙햄 유동(Bingham flow)이라고 한다.^[19,20]

인쇄에서 레오로지는 매우 중요한 부분이며 레오로지의 특성을 잘 파악하여야 좋은 인쇄물을 얻을 수 있다. 레벨링을 예로 들면 인쇄 후 오렌지필이나 메쉬자국, 분화구 현상 등 도막 표면에서 생기는 결함이 있다. 이들 발생의 원인은 건조과정 중 발생하는 용제증발, 고분자량화에 따른 점성의 변화, 표면장력의 변화가 원인이다. 그 중에서도 도료의 흐름성을 생각하면 도료는 점성이 낮은 뉴턴유체로 건조가 늦고 피도물에 습윤이 쉬운 도료일수록 레벨링이 좋다.^[20]

가. 동적 점탄성(dynamic viscoelasticity)

일정한 정하중(static weight)이 아니라 진동적 변형이나 진동적 외력에 대한 점탄성을 동적 점탄성이라고 한다. 응력 또는 변형이 주기적으로 변하는 가장 간단한 모델을 보면, 다음 식과 같다.

$$\text{Input} \Rightarrow \text{strain} : \gamma = \gamma_0 \sin(\omega t) \quad (1)$$

$$\text{Output} \Rightarrow \text{stress} : \tau = G\gamma_0 \sin(\omega t) \quad (2)$$

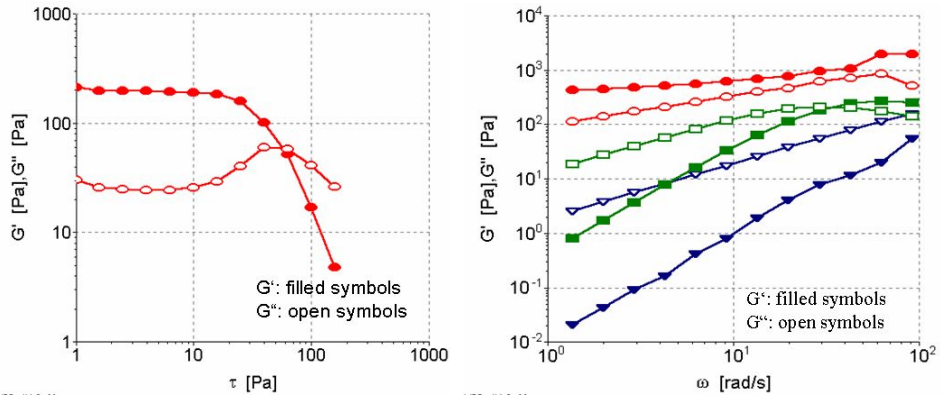
즉, 어떤 유체에 γ 만큼의 변형을 sin 형태로 주었을 때 느끼는 응력 τ 가 식 1과 같다. 여기서 G 는 강성률(rigidity)이고, G' 은 에너지를 잠시 저장했다가 방출하는 상태이므로 저장 탄성율(storage modulus)이라고 부르고, 일정한 위상에서 어긋나는 위상 비율 G'' 은 에너지를 즉시 방출하는 성질을 갖는다고 하여 손실 탄성율(loss modulus)이라고 부른다. δ 와 G' , G'' 의

관계를 식 3에 나타내었다.

$$\tan\delta = G''/G' \quad (3)$$

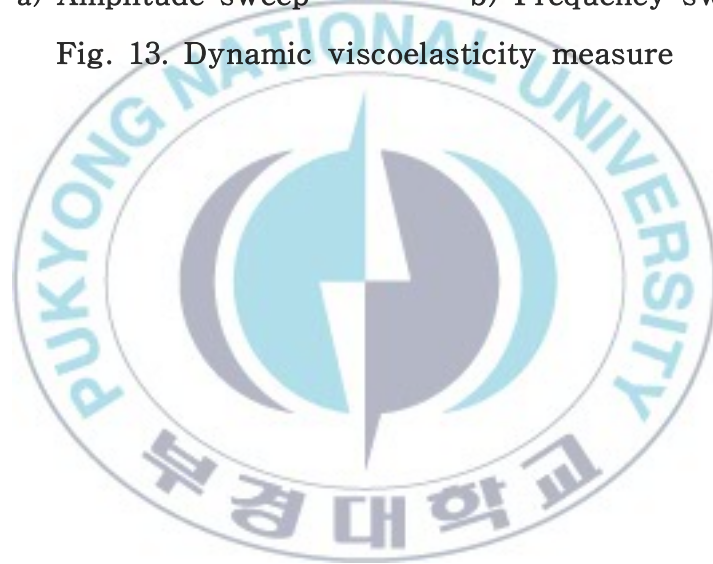
실제로 G' 는 에너지 보관의 탄성과 관련이 있고, G'' 는 에너지를 그때 그때 소모해 버리므로 점성과 관련이 있는 계수이다. 따라서 $\tan\delta$ 의 값은 그 물질이 얼마나 점성과 탄성에 관련 있는지를 나타낸다. $\tan\delta$ 값이 크면 물질이 점성을 많이 가지고 있어 저분자 물질 또는 뉴턴 유동에 가깝다고 볼 수 있고, $\tan\delta$ 값이 작으면 분자 간에 엉킴 현상이 심하고 분자들이 스프링 처럼 꼬여 있어서 탄성을 많이 가지고 있는 고분자 물질 또는 분자량이 큰 물질이라고 판단할 수 있다.

또한 이 동적 점탄성 거동을 통해 페이스트 속의 안료와 분산제 그리고 수지 간의 상호작용을 간접적으로 분석할 수 있고, 스크린 인쇄 시의 스크린 인쇄 적성도 예측할 수 있다. 일반적으로 페이스트 속의 안료와 분산제 그리고 수지 간의 상호작용이 강할수록 탄성을 나타내는 G' 이 점성을 나타내는 G'' 보다 크고, amplitude sweep에서는 낮은 응력 하에서 G' 과 G'' 의 평탄역이 길며, 보다 높은 응력에 의해 G' 과 G'' 이 감소하기 시작한다. 또한 frequency sweep에서는 더 높은 각주파수에서 G' 과 G'' 이 교차하며, 상호작용이 매우 강할 때에는 각주파수 전 구간에서 G' 이 G'' 보다 크게 나타난다.^[21]



a) Amplitude sweep b) Frequency sweep).

Fig. 13. Dynamic viscoelasticity measure



Ⅲ. 실 험

1. 시료

가. Ag 분말

본 연구에서는 터치패널 전극에 전도성을 부여해줄 전도성 필러로서 크기와 형상이 다른 Ag 파우더 3종류를 사용하였으며, 구형의 Ag 파우더(KP-P3, (주)코나텍) 1종류와 플레이크형의 Ag 파우더(HP0202END, (주)희성금속)와 (Silver platelet, Tokusen) 2종류를 사용하였다.

Ag 파우더의 특징을 Table 3에 나타내었고, 형상을 SEM 촬영하여 Fig. 14에 나타내었다.

Table 3. The Properties of Conductive Ag Powder.

Type	Particle size (D50)	Particle size Distribution	Specific surface area	Tap density
Flake A	1.9 μ m	1.0~3.0 μ m	1.0~2.0m ² /g	3.0~4.2g/cm ³
Flake B	2.2 μ m	1.0~4.0 μ m	1.0~1.5m ² /g	2.5~3.5g/cm ³
Spherical C	1.4 μ m	0.7~3.0 μ m	0.5~0.8m ² /g	3.8g/cm ³

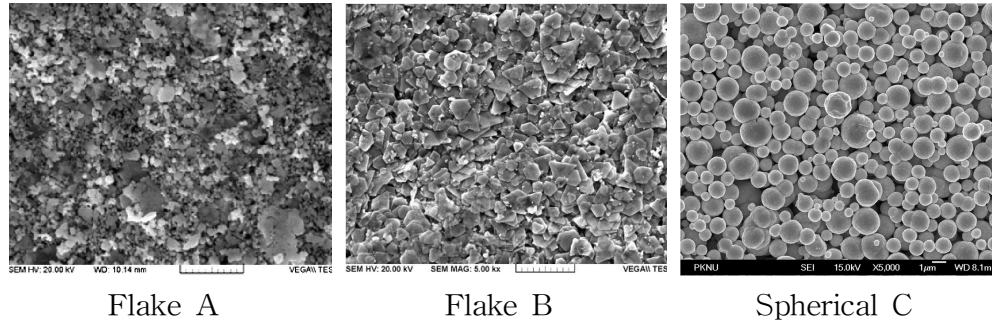
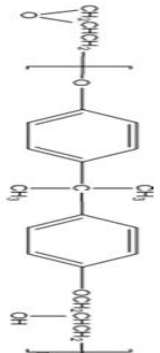


Fig. 14. SEM pictures of Ag powder.

나. 바인더(Binder)

Substrate에 대한 접착성과 분말 상태인 전도성 필러에 유동성 및 인쇄성을 부여해 줄 도막형성 재료로써 용액중합법에 의해 합성된 용액상의 에폭시 수지 (FPE-170, FP(주))를 사용하였다. Table 4에 바인더 수지의 물성을 나타내었다.

Table 4. Composition and Properties of Binder Resins for Ag Pastes

Type	Composition	Molecular weight	T _s (°C)	Viscosity (cps)	Solid (%)	Base solvent
Epoxy FPE-170		1750 ~ 2100 g/eq	115-125	8,000 ~ 10,000	50	BCA

그라비아 오프셋 인쇄 적성을 향상시키기 위해 base 용제로써 바인더 수지에 대해 용해력이 우수하며, 고비점 용제인 BCA(2-(2-Butoxyethoxy) ethyl acetate,을 사용하였다.

2. 실험방법

가. Ag paste의 구성

Ag 파우더와 레진을 혼합하기 위해서는 전도성과 기재에 대한 접착력을 고려하여 Ag 파우더와 레진의 종류 및 함량을 적절히 조절하는 것이 중요하다. 즉, 파우더가 바인더 레진의 함량에 비하여 지나치게 많을 경우 Ag 파우더 입자간의 응집력이 심해지고 이것을 페이스트화 할 경우에는 분산이 잘 되지 않아서 인쇄성이 문제가 될 수 있다. 반면 레진의 함량이 지나치게 많을 경우 Ag 파우더 입자간의 접촉을 방해하여 전도성을 저하시키게 된다.

그리고 용제 함량에 따라 페이스트의 점도 및 TI 수치가 달라지고 용제 함량의 차이는 레올로지 특성과 블랭킷의 흡수 및 배출에 관련이 되어 연속 인쇄 매수에 영향을 미친다. 그리고 Ag 파우더의 형태에 따라서 Ag 파우더의 비표면적 및 탭밀도의 차이가 생기고 이에 따른 용제 함유량의 차이로 동일한 조합비로 페이스트를 제조하여도 점도 및 TI 수치가 달라지게 되어 인쇄 형상에 영향을 미치게 된다. 용제 종류에 따른 블랭킷의 흡수 배출도 중요한 요소이다. 본 연구의 선행실험의 결과 글리콜계 용제와 아세테이트계 용제의 1:1 비율이 본 연구에서 사용하게 될 블랭킷의 흡수와 배출 특성에 적합하여 용제를 1:1로 혼합하여 사용하였다. 용제 함량 및

Ag 파우더의 형태에 따른 터치패널 전극의 물성을 연구하기 위해 용제의 함량에 따른 페이스트를 4종류와 Ag 파우더 입자의 형태에 따른 페이스트 2종류를 제조하여 총 6종류의 페이스트를 제조하였다. Ag paste의 구성을 Table 5에 나타내었다.

Table 5. The Formulation of Ag Paste

	Ag powder(%)	Resin N.V.(%)	Solvent(%)
Paste(1)	Flake A 75	Epoxy resin 10	15
Paste(2)	Flake B 75	Epoxy resin 10	15
Paste(3)	Spherical C 75	Epoxy resin 10	15
Paste(4)	Flake A 73.5	Epoxy resin 9.8	16.7
Paste(5)	Flake A 72.1	Epoxy resin 9.6	18.3
Paste(6)	Flake A 70	Epoxy resin 9.3	20.7

나. 페이스트 제조방법

페이스트의 제조는 각각의 레진과 용제를 핫플레이트 상에서 80 ℃의 온도에서 300 rpm의 속도로 2시간동안 열을 가하면서 바인더 수지를 제조하였다. 바인더 제조과정에서 발생한 기포를 제거하기 위해 교반탈포기(PDM-300, (주)대화테크)를 사용하여 교반 및 탈포 공정을 행하였는데 mixing 과정에서 공전 1350 rpm, 자전 1200 rpm으로 2분간 혼합한 후, antifoaming 과정에서 공전 1200 rpm, 자전 100 rpm으로 1분간 탈포하였다. 그 후, 탈포가 끝난 바인더 수지에 Ag 파우더를 첨가하고 premixing을 한 후, 3-roll mill(ETRM-6.5, 경용기계)로 170 rpm에서 5회 연속하여 페이스트를 분산 하였다. 분산된 페이스트를 다시 믹싱한뒤 안정화를 위하여 불밀을 돌린 후 실험을 진행 하였다. Fig. 15에 Ag 페이스트의 제조 과정을 도식화하여 나타내었다.

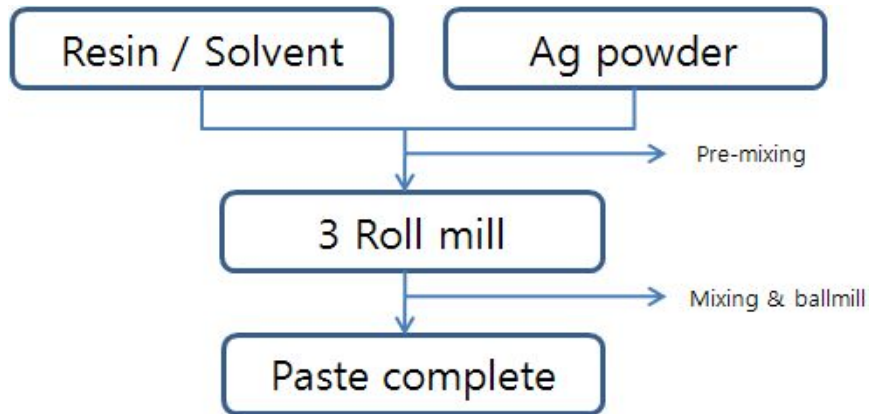


Fig. 15. Manufacture Process of Ag Paste.

다. 그라비어 오프셋 인쇄

본 연구에서 사용한 그라비어 오프셋 인쇄기를 Fig. 16에 나타내었다. 그라비어 오프셋 인쇄기(SFA(주))는 반자동 system으로 사용하였다. 그라비어 롤은 선폭 80 μm , 선간 80 μm , 홈 깊이 17 μm 패턴과 선폭 50 μm , 선간 50 μm , 홈 깊이 14 μm 패턴, 2가지의 롤을 사용하였다. 블랭킷은 태인 케미컬(주) TI 7300 제품을 사용하였다. 블랭킷 사양을 Table 6, 인쇄 조건은 Table 7에 나타내었다. 인쇄된 패턴은 130 $^{\circ}\text{C}$, 15분의 조건으로 건조하였다.

Table 6. The specification of Blanket sheet

Blanket	PET thickness	silicone thickness	Ave. thjckness	Range	Swelling (%)	Hardness
TI 7300ES	250 μm	600 μm	850 μm	20 μm	1.14	27



Fig. 16. Image of Gravure off-set Printing Machine.

Table 7. The Specification of Printing Condition

Type	Off speed (%/s)	Set speed (mm/s)	Doctor pressure (bar)	Set waiting time(s)
Pattern printing	70	150	300	p2

3. 측정 및 분석

가. Ag 페이스트의 분산 특성 측정

제조한 Ag 페이스트의 분산성은 KS M 5463 (도료의 연화도 시험방법)에 의거하여, 흠의 깊이가 0~25 μm 까지 측정할 수 있는 입도계와 스크래퍼로 되어 있는 grindometer cat-NO.1510 (Germany)를 사용하여 측정하였다. 분산이 되지 않았을 때 스크래퍼에 의해 굽힘이 나타나는데, 이를 Videomicroscope (Alphasystec, Korea)를 이용하여 100배율로 측정하였다.

나. Ag 페이스트의 점도 측정

그라비어 오프셋 인쇄기를 사용하여 전도성 패턴을 형성시킬 때는 Ag 페이스트의 레올로지 특성을 고려해야 한다. 제조한 Ag 페이스트의 레올로지 측정에는 HAAKE사의 Rheoscope 1 (Germany)를 사용하였으며, 시료대는 직경이 35 mm의 평행판이고, 시료간격은 0.8 mm로 설정하였으며, 이 때 측정온도는 25 $^{\circ}\text{C}$ 로 하였다.

다. 전도성 패턴의 접착성 측정

제조한 Ag 페이스트로 형성한 전도성 패턴의 접착성 측정은 KS M ISO 2409(도료의 밀착성 시험방법)에 의거하여 전도성 패턴을 십자가 모양으로 cross-cutting하여 100개의 셀을 만든 후 셀로판 테이프로 부착한 뒤 전도성 패턴 셀이 떨어지는 개수로써 양호한지 아닌지를 판단하였다.

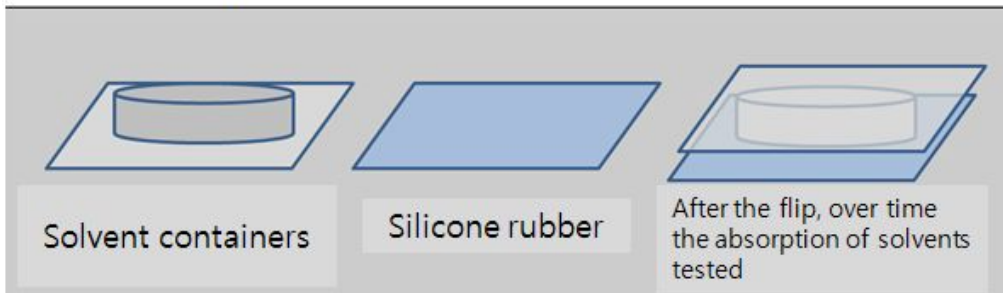
라. 전도성 패턴의 전기전도성 측정

제조한 Ag 페이스트로 형성한 전도성 패턴의 전기전도성 측정은 전도성 도막의 표면을 저항 측정기 (,KEITHLEY)를 이용하여 2-point probe 방식에 의해 선저항을 측정하고, 전도성 패턴 막의 두께는 SEM 및 조도계 (SJ-401, Mitutoyo)로 도막의 단면을 측정하여 확인하였다. 그리고 저항 측정기를 통해 얻어진 값에 두께를 적용하여 전도성 패턴 자체의 비저항을 환산하였다.

바. 그라비어 오프셋 인쇄기를 이용한 연속인쇄 측정

그라비어 오프셋 인쇄기의 특징은 블랑켓의 swelling 현상이다. 이 현상의 주 요인은 Paste내 존재하는 용제의 흡수 배출에 큰 영향을 받는다. 따라서 본 연구에서는 이러한 Swelling 현상을 연속 인쇄 매수와 블랑켓에 대한 용제의 흡배출 Test로 확인하였다.

Solvent absorption test



Solvent emissions test

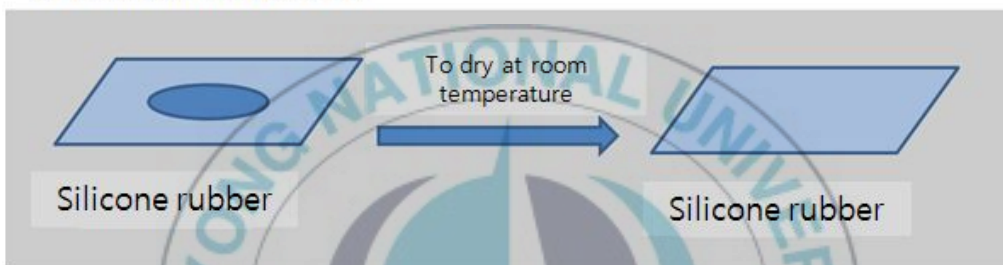


Fig. 17. Image of Blanket Sheet Emissions and Absorption Test

IV. 결과 및 고찰

1. Ag paste의 분산성

Ag Paste에 사용되어진 Ag 파우더, 용제의 함량에 따라 분산성을 평가하였다. 페이스트의 굵힌 위치의 수치가 작을수록 분산이 잘된 페이스트라고 할 수 있다. Ag paste의 분산성을 측정한 결과 구형 타입의 Ag 파우더를 사용하여 제조한 Paste(3)이 분산성이 더 우수함을 알 수 있었다. 이는 구형 타입의 Ag 파우더가 탭 밀도 및 입자가 갖는 부피가 크고 표면적이 작아 바인딩에 필요한 Ag 파우더의 함유량이 플레이크 타입의 Ag 파우더에 비해 작아지기 때문이다. 함유량이 작은 구형 타입의 Ag 파우더는 페이스트 상에서 같은 양의 바인더를 넣을 때 플레이크 타입의 Ag 파우더에 비해 바인더의 함량이 상대적으로 커지게 되며, 바인더의 함량이 커질수록 Ag 파우더를 감쌀 수 있는 바인더의 양이 늘어나 Ag 파우더 간의 상호작용을 저하시킴으로써 구형 타입의 Ag 페이스트가 플레이크 타입의 Ag 페이스트보다 분산성이 더 우수하게 나타난 것으로 사료된다. 또한 같은 형상의 Ag 파우더라고 할지라도 최대 입경이 작을수록 분산성에 있어서는 더 유리함을 알 수 있었다. Table 8에 각각의 Ag paste가 굵히기 시작한 지점과 이미지를 나타내었다. 본 연구에서 제조된 Ag 페이스트의 경우 Paste(3)은 $3\sim 4\mu\text{m}$, 나머지 Paste의 경우 $4\sim 5\mu\text{m}$ 범위에서 굵힘이 발생하였다. Ag 파우더의 입경이 $0.7\sim 4\mu\text{m}$ 을 감안하였을 때 Ag 페이스트의 분산성은 모두 우수함을 알 수 있다.

Table 8. The Dispersibility Results of Ag Pastes

Paste(1)	 4~5 μm	Paste(2)	 4~5 μm
Paste(3)	 3~4 μm	Paste(4)	 4~5 μm
Paste(5)	 4~5 μm	Paste(6)	 4~5 μm

2. Ag paste의 Rheology 특성.

Table 2와 같이 Ag 파우더의 종류 및 용제의 함량을 달리하여 제조된 Ag paste의 분산 특성 및 응집 구조를 평가하기 위해 paste의 레올로지를 측정하였고, 그 결과를 Figure 18~19에 나타내었다. 제조된 Ag 페이스트의 shear rate에 따른 점도의 특성을 보면 낮은 shear rate에서 높은 shear rate로 갈수록 점도가 감소하는 shear thinning 거동을 함을 알 수 있다. 이것을 인쇄성과 관련하여 생각 했을 때 낮은 shear rate 영역은 인쇄가 끝난 후 오로지 중력의 힘에 의해서 퍼지게 되는 때에 해당한다고 하면 $0.01\sim 0.1\text{s}^{-1}$ 에서 점도가 높을수록 레벨링 불량으로 인하여 표면 거칠기가

나빠질 것을 예상할 수 있다. 높은 shear rate영역에서는 페이스트가 블랭킷의 압력을 받아서 roll 홈에서 도막이 빠져나올 때에 해당하게 되며, 그에 해당하는 $10 \sim 100 \text{ s}^{-1}$ 영역에서는 점도가 낮아서 유동성이 좋은 페이스트가 토출성이 우수하게 된다. Paste의 저장탄성율(G')과 손실탄성율(G'')은 그라비어 오프셋으로 형성된 도막의 두께와 관련 있다. 높은 stress 영역에서의 저장탄성율이 높으면, 홈에서 도막이 두껍게 off되며, 낮은 영역에서의 저장탄성율이 높으면, substrate에 set 될 때 100% 도막이 전이된다. 만약 낮은 stress영역에서 G' 이 낮으면 set공정에서 도막이 양분화되어 블랭킷에 잔류하게 된다.

Fig. 18에 Paste (1)~(3)까지 Ag 파우더의 종류에 따른 Viscosity 거동을 나타내었다. Flake A 타입의 Paste(1)의 T.I(Thixotropy Index)의 경우 $5/50=3.88$, Flake B 타입의 Paste(2)은 $5/50=2.72$, Spherical C 타입의 Paste(3)은 $5/50=2.74$ 로 Flake A 타입의 Paste(1)이 Thixotropy특성이 강함을 알 수 있으며, 저장탄성률(G')이 높을 것으로 예상된다.

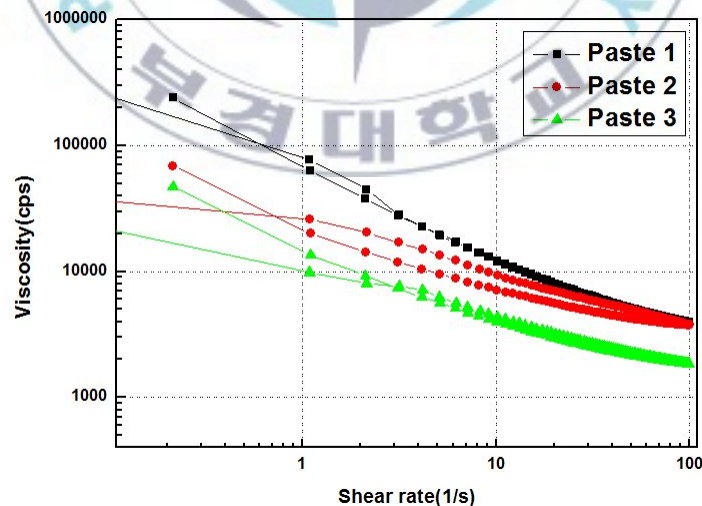


Fig. 18. Shear Rate Dependent of Ag Pastes Viscosity for Kind of Ag Powder. (Rate Range : 0.1~100 1/s).

Fig. 19에 Paste (1),(4)(5)(6)까지 용제의 함량에 따른 shear rate에 따른 Viscosity 거동을 나타내었다. Ag 파우더의 종류는 Flake A 타입으로 고정하고 용제의 함량에 따른 레올로지 특성을 검토하였다. 용제 함량이 15%인 Paste(1)의 T.I(Thixotropy Index)의 경우 $5/50=3.88$, 용제 함량이 16.7%인 Paste(4) $5/50=4.31$, 용제 함량이 18.3%인 Paste(5) $5/50=4.64$, 용제 함량이 20.7%인 Paste(6) $5/50=5.91$ 로 4종류의 페이스트 모두 낮은 shear rate에서 높은 shear rate로 갈수록 점도가 감소하는 shear thinning 거동을 함을 알 수 있다. 용제의 함량이 많아질수록 점도는 떨어지지만 T.I의 경우 올라가는 경향을 알 수 있다.

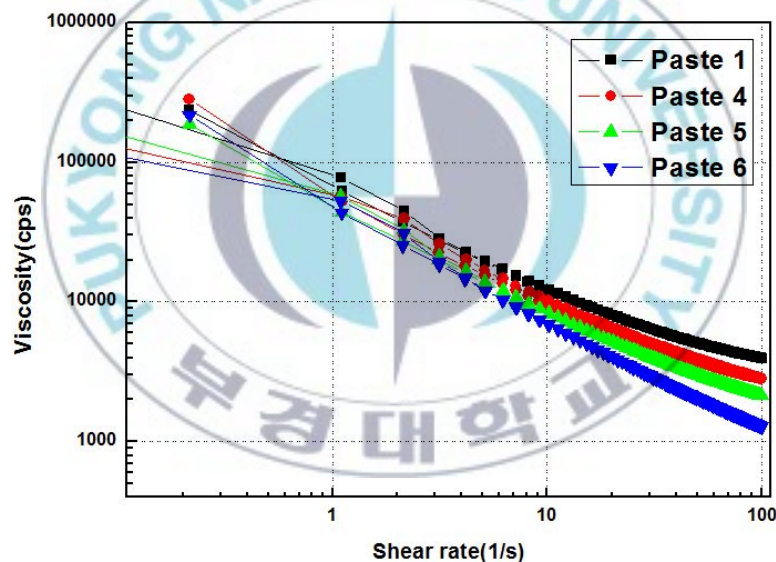


Fig. 19. Shear Rate Dependent of Ag Pastes Viscosity for Kind of Solvent. (Rate Range : 0.1~100 1/s).

초기 저장탄성률(G')은 그라비어 오프셋 인쇄시 그라비어 홈에서 off될 때 도막의 두께에 영향을 끼친다. Fig. 20, 21에 stress(0.1~1000)에 따른 저장탄성률(G')과 손실탄성률(G'')의 거동을 나타내었다. Fig. 20에 Paste

(1)~(3)을 비교하였다. 강한 Thixotropy 거동을 보이는 Paste(1)의 경우 초기 저장탄성률(G')이 가장 높았으며, 이러한 탄성률에 의해 그라비아 오프셋 인쇄 공정의 off시 홈에서 빠져나오는 도막의 양이 가장 많을 것으로 예상된다.

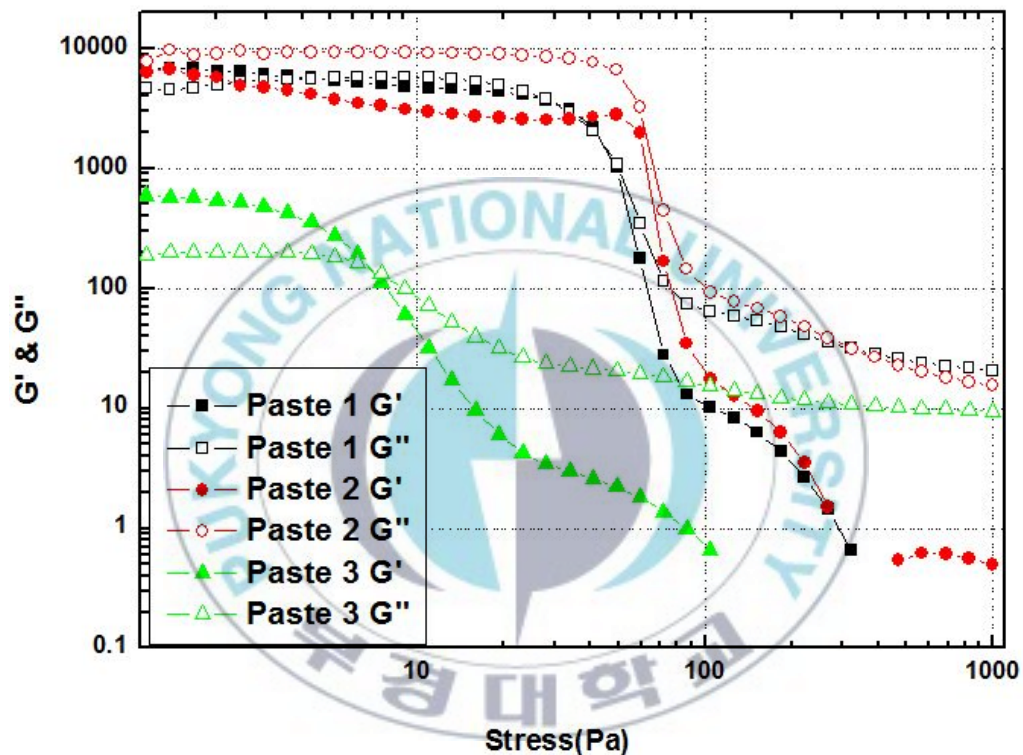


Fig. 20. Shear Stress Dependent of G' & G'' for Ag Pastes for Kind of Ag Powder. (Stress Range: 0.1~1,000Pa)

Fig. 21에 Paste (1),(4)(5)(6)를 비교하였다. 모두 강한 Thixotropy 거동을 보이지만 점도가 낮을수록 저장탄성률(G')이 낮아지는 것을 알 수 있다. 강한 Thixotropy 거동을 보이더라도 저장탄성률(G')이 낮아져 점도가 떨어질수록 그라비아 오프셋 인쇄 공정의 off시 홈에서 빠져나오는 도막의 양이 작아질 것을 예상할 수

있다.

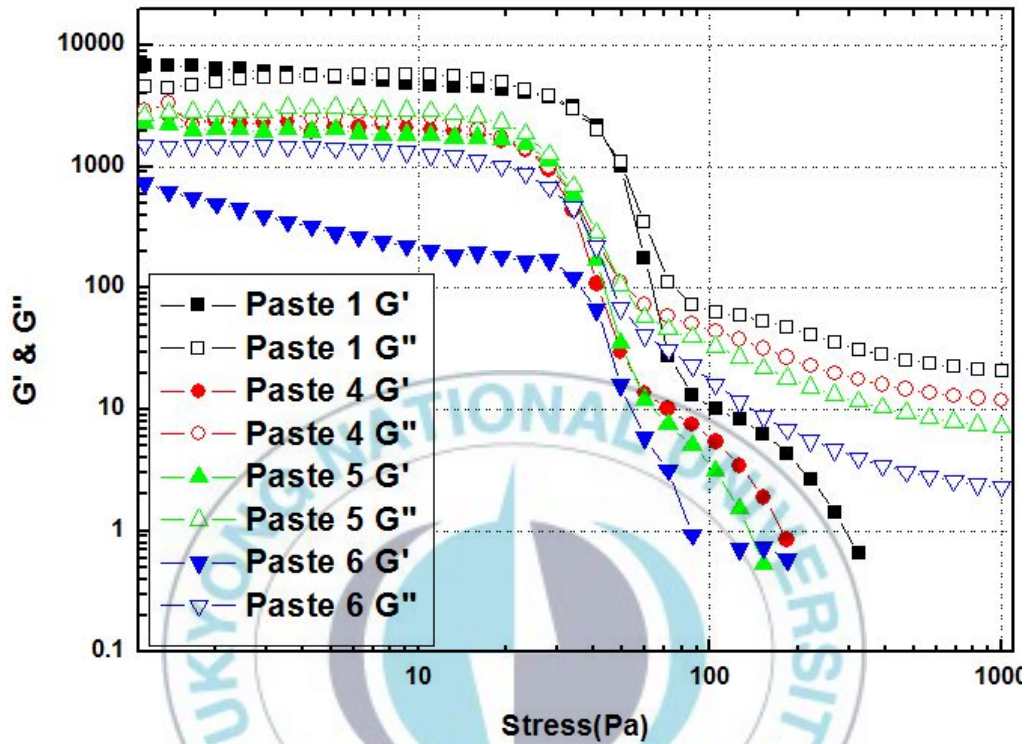


Fig. 21 Shear Stress Dependent of G' & G'' for Ag Pastes for Kind of Solvent. (Stress Range: 0.1~1,000Pa)

3. Ag Paste의 그라비아 오프셋 인쇄적성

위에서 다룬 레올로지 결과를 바탕으로 그라비아 오프셋 인쇄적성을 살펴 보았다. 80 μ m 선폭을 가지는 그라비아 롤로 50회 연속인쇄 후 패턴결과를 현미경 촬영하여 Table 9에 나타내었고 50회 패턴의 높이를 측정하여 Table 10에 나타내었다.

Table 9. Patterns Surface Image of Ag Pastes after Gravure off-set Printing

Sheet	10 sheet	30 sheet	50 sheet
Paste (1)			
Paste (2)			
Paste (3)			
Paste (4)			
Paste (5)			
Paste (6)			

Paste(1)~(3)은 Ag 파우더의 종류에 따른 인쇄 적성을 비교하였다. Paste(1)의 경우 강한 Thixotropy 거동을 보이고 저장탄성률(G')이 높아 패턴 형성과 퍼짐이 모두 양호하게 나왔다. Paste(2)의 경우 저장탄성률(G')은 높지만 T.I 수치가 낮아 패턴이 퍼졌고 Paste(3)의 경우 저장탄성률(G')과 T.I 수치가 모두 낮아 패턴의 퍼짐이 가장 심하게 나타났다. 세가지 페이스트 모두 Epoxy Resin을 사용하여 Resin자체의 점착성으로 인해 off-set 적성이 뛰어나 패턴의 형성이 잘 되었다.

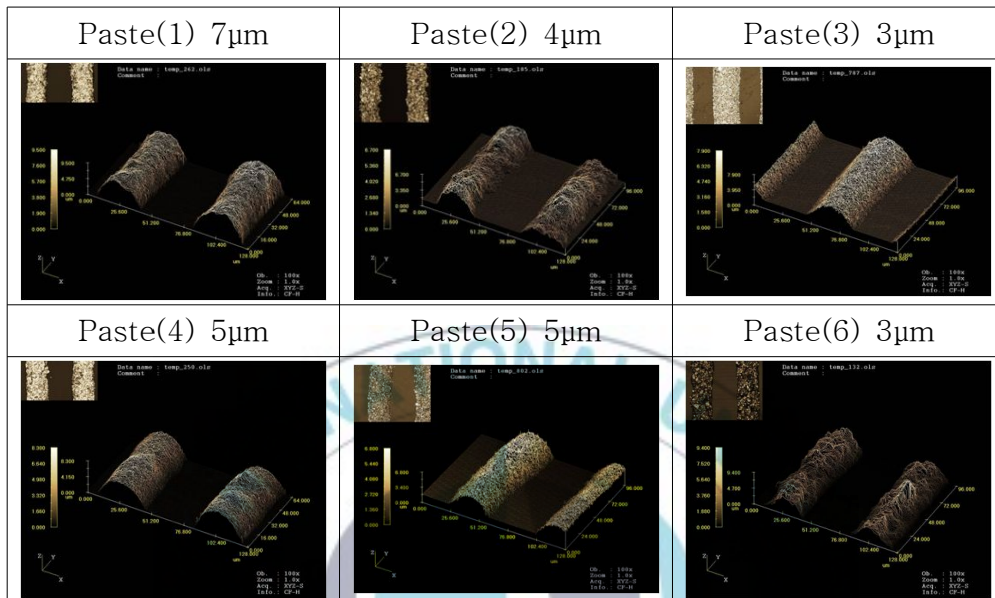
Paste(1), (4)~(6)는 용제의 함량에 따른 인쇄 적성을 비교해 보면 Paste(1)의 경우 강한 Thixotropy 거동을 보이고 저장탄성률(G')이 높아 패턴 형성과 퍼짐이 모두 양호하게 나왔다. Paste(4),(5) 또한 강한 Thixotropy 거동을 보이고 저장탄성률(G')이 중간 정도로 나타났다. 인쇄된 패턴 역시 양호한 수준을 나타내었다.

Paste(6)의 경우 제조된 Paste 중에서 가장 강한 Thixotropy 거동을 보이지만 점도가 2000cps(50rpm)대로 상대적으로 낮은 수치를 보이고 오히려 Thixotropy 거동이 너무 심하여 인쇄 패턴의 형성에 마이너스 요소로 작용하여 패턴의 형성이 잘 되지 못한 것으로 사료된다.

형성된 패턴의 단면을 삼차원 분석기를 이용하여 확인하였다. Flake A 타입의 Ag 파우더를 사용한 Paste(1)의 경우 레올로지 결과와 동일하게 두께가 $7\mu\text{m}$ 로 두껍게 형성 되었으며, Spherical C 타입의 Ag 파우더를 사용한 Paste(3)의 경우 $3\mu\text{m}$ 으로 가장 얇게 패턴이 형성 되었다.

전체적으로 강한 Thixotropy 거동을 하면서 저장탄성률(G')이 높은 Flake A 타입의 Ag 파우더를 사용하여 제조한 Paste의 두께가 다른 형태의 Ag 파우더로 제조한 Paste에 비하여 두께가 두껍게 올라갔음을 알 수 있다.

Table 10. Patterns Cross Section Image of Ag Pastes after Gravure off-set Printing



4. Ag 입자 형태 및 용제 함량에 따른 접착성

Ag paste를 스크린 인쇄로 전극 패턴을 형성한 후 Cross-cutting을 한 결과를 Table 11에 나타내었다. 패턴도막을 100개의 셀로 나눈 뒤 셀로판 테이트로 떼어내어 셀이 하나도 떨어져 나가지 않으면 접착력이 우수한 것으로 판단하였다. 플레이크 타입의 Ag 파우더를 사용하여 제조한 Paste (1),(2),(4),(5),(6)은 우수한 결과를 보였지만 구형 타입의 Ag 파우더를 사용하여 제조한 Paste (3)은 부분적으로 커팅된 부분이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 피인쇄체와 인쇄도막의 접착력은 바인더 수지에 의해 크게 좌우되지만, Ag파우더의 특성에 따라서도 영향이 나타남을 알 수 있었다. 표면적이 넓고 두께가 얇아 Ag 파우더끼리의 접촉면이 큰 플레이크 타입의 Ag 파우더를 사용한 페이스트가 접착력이 더 우수함을 알 수

있었다.

Table 11. Adhesive Result of Gravure off-set Patterns

Ag paste	Adhesive result (cross-cut cell count)
Paste(1)	100/100
Paste(2)	100/100
Paste(3)	84/100
Paste(4)	100/100
Paste(5)	100/100
Paste(6)	100/100

5. 용제의 종류에 따른 블랭킷의 흡배출 특성

그라비아 오프셋 인쇄법에서는 인쇄용 블랭킷으로 부터 유리 기판 등의 피전사체에 인쇄용 잉크를 100% 전사시키므로, 인쇄용 블랭킷 표면에는 실리콘 고무 시트를 사용하고, 인쇄용 잉크에는 블랭킷 표면의 실리콘 고무에 용해되기 쉬운 용제를 첨가하고, 이 용제를 실리콘 고무에 용해시키고, 인쇄용 잉크와 실리콘 고무 계면의 계면 장력을 저하시킴으로써 실리콘 고무로부터 인쇄용 잉크를 박리되기 쉽게 하여 인쇄용 잉크를 블랭킷으로 부터 피전사체 상에 전사시킨다. 그러나, 장시간 연속 인쇄를 실시하면, 블랭킷 표면의 실리콘 고무 시트에 인쇄용 잉크에 함유되는 용제가 서서히 침투하여 실리콘 고무 시트가 팽윤되므로, 인쇄 패턴의 형상이 변동되어 인

쇄의 재현성이 저하되는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 연속인쇄에 적합한 용제 선정을 fig. 17.과 같은 방법으로 블랭킷 흡수 배출 Test로 검토하였으며, 그 결과를 Fig. 22에 나타내었다.

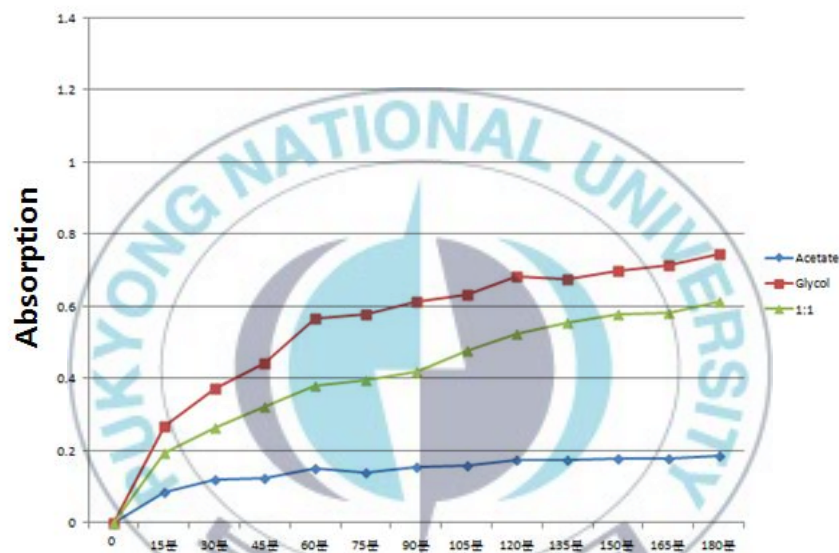


Fig. 22. Time Dependent of Absorptions for Ag Pastes

용제의 종류에 따른 흡수 Test결과 Acetate계 용제의 경우 흡수량이 적고 3시간 내에 흡수가 완료됨을 알 수 있다. 하지만 Glycol계 용제의 경우 흡수량이 비교적 많으며, 흡수 시간이 3시간이 지나도 계속적인 흡수를 진행함을 알 수 있다. Fig. 22.에서 보면 Acetate계 용제의 경우 초기의 흡수량이 작다. 이는 연속 인쇄시 인쇄 초반에 블랭킷에 의한 용제의 흡수량이 작아 초반의 에이징 횟수(패턴의 뜯김)이 작을 것으로 예상되며 시간이 지남에 따라서도 흡수량이 늘어나지 않고 작기 때문에 인쇄가 진행될수록 블

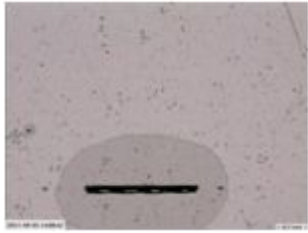
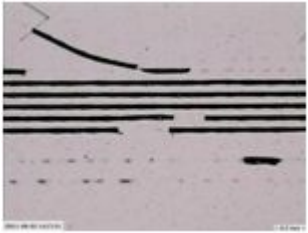
랭킷에 흡수되지 못한 용제가 블랭킷 표면에 남아 인쇄 표면의 퍼짐을 유발할 것으로 예상된다.

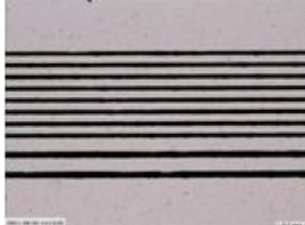
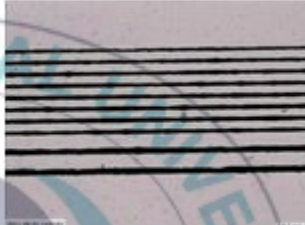
Glycol계 용제의 경우 초기 흡수 속도가 빠르기 때문에 초기 인쇄 도막의 용제를 블랭킷이 빠르게 흡수하여 도막 자체를 마르게 하여 세트 진행시에 전이가 완벽하게 일어나지 않을 것으로 예상되어 에이징 횟수(패턴의 뜯김)이 길게 진행될 것으로 예상된다. 하지만 블랭킷이 충분히 용제를 흡수하고 난 후 부터는 용제의 흡수량이 많고 오래 지속되므로 연속 인쇄량에 있어서는 유리할 것으로 예상된다.

Glycol계와 Acetate계 용제를 1:1 혼합한 용제의 경우 초기의 흡수속도가 빠르지 않고 시간이 지난 뒤에도 계속적으로 블랭킷에 의해서 흡수가 진행되므로 Glycol계와 Acetate계 용제의 장점을 취합할 수 있을 것으로 예상되어 진다. 본 연구의 선행실험으로 Glycol계 용제와 Acetate계 용제, 둘의 1:1 혼합 용제로 3가지 페이스트를 만들어 연속인쇄를 진행 했을 때 가장 1:1 혼합용제의 결과가 가장 우수하게 나왔다 따라서 본 연구에서 제조한 페이스트의 경우 모두 Glycol계 용제와 Acetate계 용제를 1:1 비율로 혼합한 용제를 사용하였다.

50 μ m 선폭의 패턴 인쇄 결과는 아래 Table 12에 나타내었다. 80 μ m 선폭의 패턴 인쇄 결과 Paste(2),(3),(6)의 경우 패턴의 퍼짐성 및 두께, 접착력에서 결과가 좋지 못하므로 50 μ m 패턴에는 인쇄를 진행하지 않았다.

Table 12. Change of Gravure off-set Patterns

Paste 1, 50 μ m pattern	
10sheet -	50sheet -
	
Paste 4, 50 μ m pattern	
10sheet, line width 44 μ m thickness 4.5 μ m	50sheet, line width 55 μ m thickness 4.5 μ m
	
100sheet, line width 60 μ m thickness 4.5 μ m	-
	

Paste 5, 50 μ m pattern	
10sheet -	50sheet, line width 35 μ m thickness 6 μ m
	
100sheet, line width 37 μ m thickness 6 μ m	150sheet, line width 45 μ m thickness 5 μ m
	

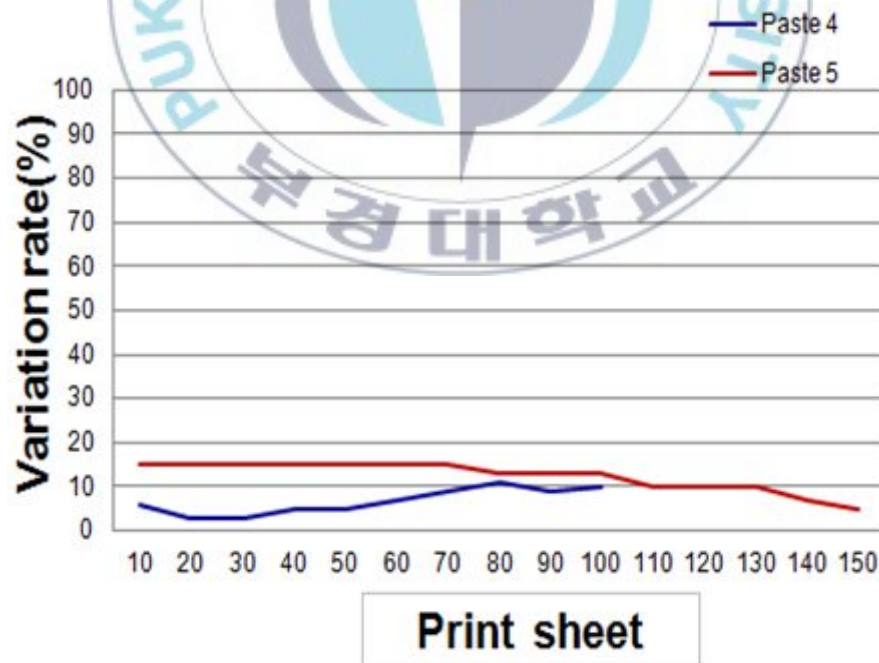


Fig. 23. Variation Rate of Pattern Width

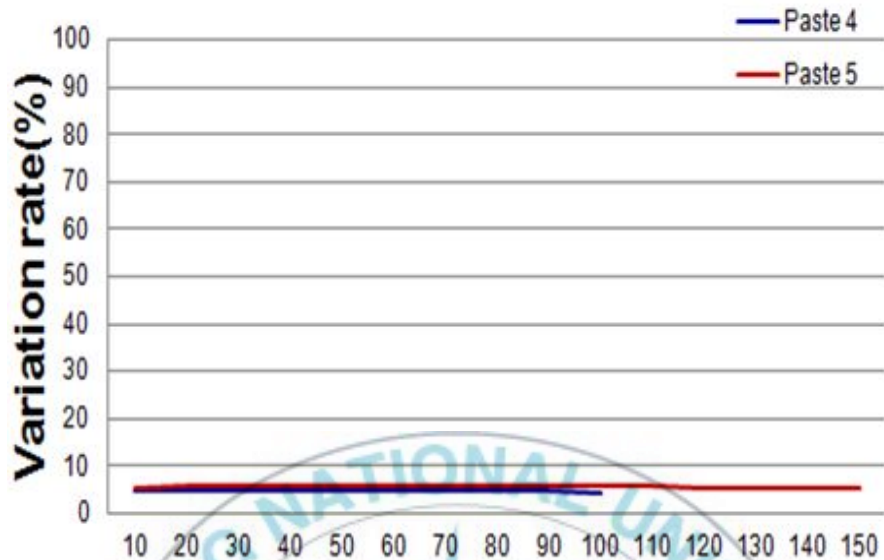


Fig. 24. Variation Rate of Pattern Thickness

Paste(5)의 초기 패턴의 선폭이 설계치 보다 얇게 형성되다가 70매 이후 선폭이 굵어지기 시작했다. 이에 비해 Paste(1)의 경우 초기 패턴의 뜯김이 심했고 50매 까지 패턴이 제대로 형성 되지 않아 인쇄를 진행하지 않았다. Paste(4)의 경우 연속인쇄는 가능했으나 초기부터 선폭이 굵어지기 시작해 100매 이후 선폭 변화가 심해서 100매 까지 인쇄 했으며 선폭이 굵어져 패턴의 쇼트가 발생할 확률이 높아질 것으로 예상된다. 세가지 페이스트 모두 강한 Thixotropy 거동을 보이고 저장탄성률(G')이 가장 높았다. $50\mu\text{m}$ 의 인쇄 결과로 보면 T.I가 4~5 사이 점도가 3000~4000cps(50rpm) 영역대에서 저장탄성률(G')가 높은 레올로지 특성을 가지는 Paste가 그라비아 오프셋의 최적 레올로지 특성 값이라고 사료된다. 연속 인쇄 결과 용제 함량이 18.2%이고 T.I 수치가 $5/50=4.64$ 인 Paste(5)이 150매의 연속인쇄 매수와 패턴의 형상에서 가장 우수한 물성을 나타내었다.

6. Ag 입자 형태 및 용제 함량에 따른 페이스트의 전기 전도성

패턴의 전기 전도성을 비저항으로 나타내었다. 비저항 값은 표면저항 (4-point probe)을 두께로 환산한 값이므로 그 패턴의 고유저항 값이다. 페이스트 모두 10^{-5} 값을 나타내었다. 사용한 Ag 파우더의 종류에 따른 전도성을 비교하면 Spherical C 타입의 Ag 파우더를 사용한 Paste(3)이 $5.9 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ 로 가장 높은 비저항을 가졌다. 이는 플레이크 타입의 Ag 페이스트가 구형 타입의 Ag 페이스트보다 형성된 전극 패턴에서 입자간의 접촉이 더 조밀하기 때문이다. 플레이크 입자들 간의 면 접촉이 구형 입자들 간의 선 접촉 보다 접촉 면적이 커지기 때문에 Ag 필러간의 도전 패스가 잘 형성되어 우수한 비저항이 나타난 것으로 사료된다. 용제 함량의 차이에 따른 Paste의 경우 전도성의 차이는 거의 없다고 봐도 무방할 정도로 차이가 작았다. 전도성 전극 도막의 전도성 결과를 Table 13에 나타내었다

Table 13. Resistivity of Patterns

Paste(1)	$4.3 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$	Paste(4)	$4.4 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$
Paste(2)	$4.0 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$	Paste(5)	$4.4 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$
Paste(3)	$5.9 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$	Paste(6)	$4.7 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$

Ag 파우더의 형태에 따른 Paste에서는 Paste(2)이 가장 우수한 전도성을 나타냈다. Flake B 타입의 Ag 파우더가 Flake A 타입의 Ag 파우더보다 Ag 입자 사이즈가 더 크고 입경이 큰 입자가 페이스트 상에서 고르게

분산되면 접촉면이 유리해지기 때문에 Ag 필러간의 도전 패스가 잘 이루어져 전기 전도성이 우수해진 것으로 사료된다.

플레이크 타입의 Ag 파우더를 사용한 페이스트 간의 전도성 차이는 크게 나지 않지만 Flake B 타입의 Ag 파우더를 사용한 Paste(2)이 4.0×10^{-5} Ω.cm의 전도성을 가지며 가장 우수한 전도성을 나타내었다.



V. 결 론

Gravure off-set 인쇄공정에 적합한 터치패널용 전도성 Ag paste를 제조하였으며 그에 따른 특성을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Rheology 특성에 따른 Ag paste의 인쇄 특성을 검토한 결과 강한 Thixotropy 거동을 보이고 점도가 높으면서 저장탄성률(G')이 높은 Flake A타입의 파우더를 사용한 Paste(1)이 인쇄 후 두께가 가장 높았으며, 강한 Thixotropy 거동을 보이고 저장탄성률(G')이 높아도 점도가 낮아지면 두께가 높이 올라가지 않음을 알 수 있었다. 그라비아 오프셋 인쇄의 특성상 두께가 너무 높게 올라가도 좋지 않으므로 두께가 $5\mu\text{m}$ 이며 T.I 수치가 $5/50=4.64$ 이고 점도가 3000cps(50rpm)인 Paste(5)가 Rheology 특성에 따른 인쇄 특성이 가장 우수하였다.

2. Ag 파우더 종류에 따른 인쇄 적성을 검토한 결과 Flake A 타입의 Paste(1)과 Flake B타입의 Paste(2)의 패턴의 Sharpness가 우수하였다. 또한 플레이크 타입의 Ag 파우더가 구형 타입의 Ag 파우더보다 substrate와의 접착력이 더 우수함을 알 수 있었다.

3. 용제의 함량에 따른 인쇄 적성을 검토한 결과, 선폭이 큰 패턴의 경우 인쇄된 도막안의 용제 함량이 선폭이 작은 패턴의 도막의 용제 함량보다 상대적으로 많아서 선폭이 클수록 용제함량이 작은 Paste의 인쇄적성이 뛰 어났고 반대로 선폭이 작을수록 용제 함량이 많은 Paste의 인쇄적성이 뛰

어 났다. 인쇄된 도막의 크기에 따라 도막안에 함유되어 있는 용제의 양이 달라지므로 선폭이 클수록 용제양이 많아서 그만큼 블랭킷에서 흡수하는 용제의 양이 많아져 블랭킷의 팽윤이 빨리 일어나게 되어 연속인쇄에 불리하게 되고 반대로 선폭이 작은 경우 도막의 용제의 양이 작아 블랭킷이 흡수하는 용제의 양이 작아지므로 팽윤이 늦게 일어나게 되어 연속인쇄에 유리해지게 됨을 알 수 있었다.

미세선폭의 구현을 위해서는 강한 Thixotropy 거동을 보이고 저장탄성률(G')이 높은 레올로지 특성을 가지는 것이 유리함을 알 수 있었고 수치적으로 T.I 수치가 4~5 사이 점도가 3000~4000cps(50rpm) 영역대에서 저장탄성률(G')가 높은 레올로지 특성을 가지는 Paste가 그라비아 오프셋의 최적 레올로지 특성 값이라고 사료된다. 연속 인쇄 결과 용제 함량이 18.3%이고 T.I 수치가 $5/50=4.64$ 인 Paste(5)이 150매의 연속인쇄 매수와 패턴의 형상에서 가장 우수한 물성을 나타내었다.

4. 제조한 Ag Paste의 전도성을 측정한 결과 플레이크 타입의 Ag 파우더를 사용한 Paste의 경우 전도성의 차이가 거의 없었지만 완전한 판상의 형태를 가진 Flake B 타입의 Ag 파우더를 사용한 Paste(2)이 $4.0 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ 의 전도성을 가지며 가장 우수한 전도성을 나타내었다.

위의 5가지 결론으로부터 Flake A타입의 파우더를 사용했으며 T.I 수치가 $5/50=4.64$ 인 Paste(5) 가장 우수함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 알앤디비즈(주)(2005), 플렉시블 디스플레이 기술 및 업체동향, 알앤디비즈, p5~7.
2. 한국전자정보통신산업진흥회(2008), 터치 패널 시장 동향, 한국전자정보통신산업진흥회, p3.
3. 권지인, 원임순 (2008), 터치스크린 패널 시장 현황 및 국내업체에 대한 시사점, 정보통신정책 Vol 20, No. 13, p3~6.
4. 최주완, 신진국 (2008), 인쇄전자 기술개발 동향, 전기전자재료, Vol 21, No. 6, p11~19.
5. M. Lathi, S. Leppävuori, V. Lantto(1999), Gravure-offset-printing technique for the fabrication of solid films, applied surface science 142, p367~370.
6. Marko Pudas, Juha hagberg, Seppo Leppävuori, Member(2002), The absorption ink transfer mechanism of gravure offset printing for electronic circuitry, IEEE transactions on electronics packaging manufacturing, Vol 25, No. 4, p335~342.
7. Juha hagberg, Marko Pudas, Seppo Leppävuori, Ken Elsey, Alison Logan(2001), Gravure offset printing development for fine line thick film circuits, Microelectronics international, Vol 18, No. 3, p32~35.
8. M. Pudas, J. Hagberg and S. Leppävuori(2003), Roller-type gravure offset printing of conductive inks for high-resolution printing on

- ceramic substrates, International journal of electronics, Vol 92, No. 5, p251 ~ 269.
9. T. Kololuoma, M. Tuomikoski, T. Mäkelä, J. Heilmann, T. Haring, J. Kallioinen, J. Hagberg, I. Kettunen, H. Kopola(2004), Towards roll-to-roll fabrication of electronics, optics and optoelectronics for smart card and intelligent packaging, Proceedings of SPIE, 5364, p77 ~ 85.
10. 김충환, 인쇄전자를 위한 롤투롤 그래비어 오프셋 인쇄 장비, 대한기계학회 춘추학술대회, p. 1940~1945
11. Toshiyuki Honda, Application of the electrically conductive ink for electronics componets, 日本印刷學會志, Vol 40, No. 1, pp24~32, (2003)
12. 산업교육연구소 (2007), 2007 나노잉크와 인쇄전자기술시장 및 응용사례 세미나, 산업교육연구소, 전도성 은나노 잉크 part.
13. S.B Rane, T. Seth. G.J. Phatak, D.P. Amalnerkar, B. K. Das(2003), Influence of surfactants treatment on silver powder and its thick films, Materials letters, Vol 57, p3096~3100.
14. 김태현 (2008), RFID용 전도성 잉크, 고분자과학과 기술, Vol 19, No.1, p36.
15. J. Widoniak, S. Eiden-Assmann, G.Maret(2005), Silver particles tailoring of shapes and sizes, Colloides and Surfaces A, 270~271, p340~344.
16. Jin-woo Park, Seong-gu Baek(2006), Thermal behavior of direct-printed lines of silver nanoparticles, Scripta Materialia, 55,

p1139~1142.

17. R. Sangoi, C. G. Smith, M. D. Seymour, J. N. Venkataraman, D. M. Clark, M. L. Klemper and B. E. Kahn (2004), J. Disp. Sci. Tech, 25, p513.
18. F. Higashi, C. S. Cho, H. Kakonoki, and O. Sumita(1997), J. Polym. Sci., Polym. Chem. Ed 15, p2303.
19. Thomas G. Mezger(2002), The rheology handbook, Willian Andrew publishing, p13~22.
20. 김광웅, 황의정, 고분자 레올로지, 문운당, p16~19.
21. K. B. Gilleo(2006), Rheology and surface chemistry, Coating technology handbook, p1~11.
22. 村野俊次,(2005), "ディスプレイ・精密電子部品におけるスクリーン印刷の技術 革新一大面積化・高精細化とトラブル対策一", 技術情報協會, p62~86,