

공 학 석 사 학 위 논 문

Gravure Offset 인쇄에 의한  
미세전극패턴용 Ag Paste의 물성연구



2013년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

인 쇄 공 학 과

장 아 람

공 학 석 사 학 위 논 문

Gravure Offset 인쇄에 의한  
미세전극패턴용 Ag Paste의 물성연구

지도교수 남 수 용

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2013년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

인 쇄 공 학 과

장 아 람

장아람의 공학석사 학위논문을 인준함.

2013년 2월 22일



주 심 공학박사 안 석 출 (인)

위 원 농학박사 이 영 세 (인)

위 원 공학박사 남 수 용 (인)

# 목 차

목차 .....	i
List of figures .....	iv
List of tables .....	v
Abstract .....	vi
I. 서 론 .....	1
II. 이 론 .....	3
1. TSP(Touch Screen Panel) .....	3
가. TSP(Touch Screen Panel)의 기본구조 .....	3
나. TSP(Touch Screen Panel)의 작동원리 .....	4
2. 인쇄 종류에 따른 패턴 형성 방법 .....	6
가. 에칭법 .....	6
나. 스크린 인쇄법 .....	6
다. 그라비아 오프셋 인쇄법 .....	9
(1) 그라비아 오프셋 .....	9
(2) 그라비아 오프셋 잉크의 전이성 .....	10
3. 전도성 페이스트 .....	13
가. 전도성 필러 .....	15
나. 바인더 .....	16
다. Percolation point 와 percolation curve .....	17
라. 전도성 페이스트 분산 기술 .....	18
4. 레올로지 .....	19

가. 동적 점탄성 .....	22
III. 실험 .....	25
1. 시료 .....	25
가. Ag 분말 .....	25
나. 바인더(Resin) .....	26
다. 용제(Solvents) .....	28
2. 실험방법 .....	28
가. Ag paste의 구성 .....	28
나. Ag paste의 제조방법 .....	29
다. 그라비어 오프셋 인쇄 .....	30
3. 측정 및 분석 .....	31
가. Ag paste의 분산 특성 측정 .....	31
나. Ag paste의 레올로지 특성 측정 .....	32
다. 전도성패턴의 접착성 측정 .....	33
라. 전도성패턴의 전기전도성 측정 .....	33
마. 그라비어 오프셋 인쇄기를 이용한 연속인쇄성 측정 .....	34
IV. 결과 및 고찰 .....	35
1. Ag paste의 분산성 .....	35
2. Ag paste의 Rheology 특성. ....	36
3. Ag paste의 그라비어 오프셋 인쇄적성 .....	40
4. Ag 입자 형태 및 바인더의 분자량에 따른 접착성 .....	43
5. 용제의 종류에 따른 블랭킷의 흡배출 특성 .....	44
6. Ag 입자 형태 및 용제 함량에 따른 Ag 페이스트의 전기전도성 .....	46

V. 결 론 ..... 48

참고문헌 ..... 50

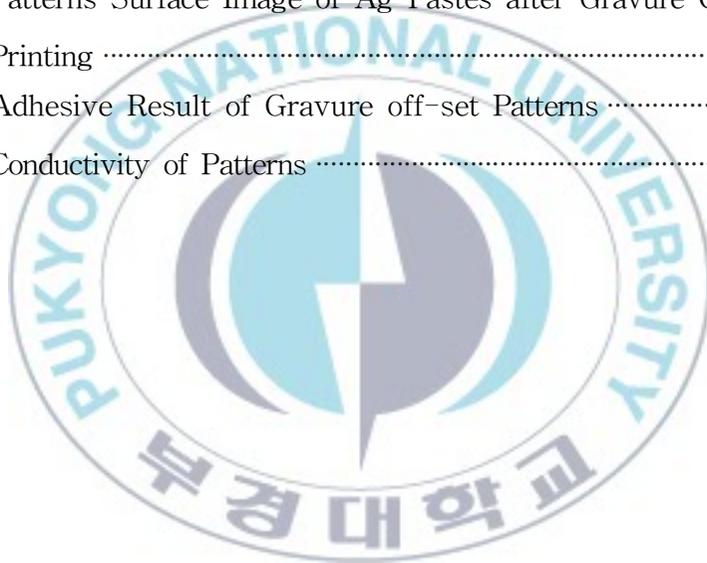


## List of Figures

Fig. 1. Base Composition of Touch Screen Panel. ....	4
Fig. 2. Structure of Touch Screen Panel(Resistive Touch Screen). ....	5
Fig. 3. Structure of Touch Screen Panel(Capacitive Touch Screen). ....	5
Fig. 4. Screen Printing Photoresist Etching Process. ....	6
Fig. 5. Resist Movement During the Discharge. ....	7
Fig. 6. Mechanism of Plate Separation. ....	8
Fig. 7. Mechanism of Gravure Off-set Printing. ....	11
Fig. 8. Principles of transcription for Gravure Off-set Printing. ....	12
Fig. 9. Percolation Point and Percolation Curve. ....	17
Fig. 10. Three Step of Dispersion Process. ....	19
Fig. 11. Material Typical S-S Curved Line. ....	20
Fig. 12. The Pseudoplastic Flow Morphology of Material. ....	21
Fig. 13. Dynamic Viscoelasticity Measure ((a):Amplitude sweep, (b):Frequency sweep). ....	24
Fig. 14. SEM Pictures of Ag Powder. ....	26
Fig. 15. Composition of Epoxy. ....	27
Fig. 16. Process of Ag Paste Manufacture. ....	30
Fig. 17. Image of Gravure off-set Printing Machine. ....	31
Fig. 18. Image of Grindometer. ....	32
Fig. 19. Image of Blanket sheet Emissions & Absorption Test. ....	34
Fig. 20. Shear Rate Dependent of Ag pastes Viscosity. ....	38
Fig. 21. Shear Stress Dependent of G' & G'' for Ag Pastes. ....	38
Fig. 22. Time Dependent of Absorptions for Ag Pastes. ....	46

## List of Tables

Table 1. The Type of Conductive Paste .....	14
Table 2. The Properties of Conductive Ag Powder .....	25
Table 3. Composition and properties of binder resins for Ag pastes ..	27
Table 4. The Formulation of Ag Paste .....	29
Table 5. The Dispersibility Results of Ag Pastes .....	36
Table 6. Patterns Surface Image of Ag Pastes after Gravure Off-set Printing .....	41
Table 7. Adhesive Result of Gravure off-set Patterns .....	44
Table 8. Conductivity of Patterns .....	47



# A study on Properties of fine electrode patterns on Gravure Offset Ag Paste.

*Ah-ram Jang*

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

## **Abstract**

Mobile phones, digital cameras, DVD, PDP, LCD, DMB and other digital consumer electronics market grows significantly, semiconductors and other electronic parts and equipment needs for the manufacturing process has also changed significantly. IC, electronic components, LCD, PDP, OLED, FED, SED, and the display market, in addition to donor-acceptor type of organic solar cells, titanium dioxide, zinc oxide, etc., such as dye-sensitized solar cells and fuel cells, even in the energy sector of the new As the commercialization of the production process closer to the simplification and process are being explored to reduce cost.

Production of printed electronics technology can be applied to the case of cleaner production, and increase productivity by reducing process waste from the exposure process and the material cost reductions through cost savings can be used to improve the competitiveness of the product. The process can enable low-temperature plastic substrate, and through it, and so can easily

form a large-area thin-film process is made possible. Current specific application (RFID, Display for the C / F, etc.) are being commercialized in a variety of print methods to achieve this is through. Conventional method of forming a conductive pattern usually, but using screen printing, fine pitch screen printing by the limits of the mask pattern is difficult to form, roll-to-roll printing hard for high-speed printing and mass production is difficult .

The roll-to-roll printing method as an alternative to screen printing to produce electronic devices by printing techniques that were used traditionally in the latest technology and processing techniques applied to precision control are very economical to implement fine-line printing equipment has been evaluated as . In order to function as electronic devices, especially the dozens of existing micro-level of non-dot print fine line printing is required, the line should not break at all, because according to the specifications required to fit the ink transfer conditions should be established.

In this study of roll-to-roll printing conductive paste suitable for gravure offset printing by developing Ag Paste for forming fine patterns to study the basic physical properties with the aim of this study were to.

# I. 서 론

휴대전화, 디지털 카메라, DVD, PDP, LCD, DMB 등 디지털 가전제품 시장이 크게 성장함에 따라, 반도체 및 기타 정밀 전자부품의 제조공정 및 장치에 대한 요구도 크게 변화하고 있다. IC, 전자부품, LCD, PDP, OLED, FED, SED 등 디스플레이 시장 이외에 도너-억셉터 형태의 유기 태양전지, 산화티탄, 산화아연 등의 염료감응 태양전지 및 연료전지 등의 에너지 분야에 있어서도 신제품의 실용화가 가까워짐에 따라 생산 공정의 단순화와 공정비용을 줄이기 위한 연구가 진행되고 있다.

인쇄전자 기술을 제품생산에 적용할 경우 청정생산이 가능하고, 공정의 절감을 통한 생산성 증가와 노출현상공정에서 낭비되는 재료비용의 절감을 통한 원가절감으로 제품의 경쟁력을 높일 수 있다. 또 저온공정이 가능케 할 수 있고 이를 통하여 플라스틱 기판 등에 쉽게 박막을 형성할 수 있으며 대면적 공정이 가능하게 된다. 현재 특정한 응용 분야(RFID, Display용 C/F등)에 상용화가 진행되고 있으며 다양한 인쇄방식을 통해 이를 실현하고 있다. 전도성 패턴의 형성방법으로 기존에는 주로 스크린 인쇄법을 사용하였으나, 스크린 인쇄법은 마스크의 한계에 의해 고정세 패턴 형성이 어렵고, roll-to-roll printing이 힘들어 고속인쇄 및 대량생산이 어려운 문제점이 있다.

이러한 스크린 인쇄의 대안으로 롤투롤 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 갖추기 위해서는 기존의 도트 인쇄가 아닌 수십 마이크로 수준의 미세 선 인쇄가 요구되며, 선의 단절이 전혀 없어야 하는 요구를 충족하는 잉크 전이 조건이 정립되어야

한다.

본 연구에서는 roll-to-roll printing 중 그라비아 오프셋 인쇄에 적합한 전도성 페이스트를 개발하기 위해 Ag powder의 종류와 바인더의 분자량, 블랭킷 두께에 따른 인쇄의 신뢰성 등 선행실험을 통해 얻은 결과들을<sup>1,2,3,4,5,6)</sup> 바탕으로 미세 전극 패턴 형성을 위한 Ag Paste 기본 물성을 연구하는 것을 본 연구의 목표로 하였다.



## Ⅱ. 이 론

### 1. TSP(Touch Screen Panel)

#### 가. TSP(Touch Screen Panel)의 기본 구조

터치스크린 패널은 하나의 입력장치로서, 키보드나 마우스와 같은 입력 장치를 사용하지 않고, 화면에 나타난 문자나 디스플레이에 표시되어 있는 버튼에 사람의 손 또는 물체가 닿으면, 그 위치를 파악하여 특정한 기능을 처리하는 패널이다. 이를 통해서 대화적, 직감적인 조작을 가능하게 하여 누구나 손쉽게 컴퓨터를 조작할 수 있는 방법이다.

터치스크린 기술은 적용 디바이스의 범위를 넓혀가면서 은행의 ATM, PDA/PMP, 노트북의 터치패드, 네비게이션 등에서 최근 관심이 집중되고 있는 태블릿 PC나 스마트폰에 이르기까지 광범위하게 사용되고 있다. 터치스크린은 휴대성이 좋고 작동방식이 간편하여 직관적으로 쉽게 사용할 수 있는 장점을 가지고 있는 반면 정확성, 속도, 문자입력 등에서는 아직 까지 기존 입력장치 대비 보완해야 할 부분이 존재한다.<sup>7)</sup> 여기서 용어의 혼돈을 일으킬 수 있는 소지가 있다. 일반적으로 터치패널이 모니터 화면에 붙어 있으면 그 구조를 터치스크린이라고 부르며, 터치패널이 마우스를 대신하여 커서를 이동시키는 것에 사용될 때의 구조를 터치패드라고 한다. 즉, 가장 기본이 되는 구조가 터치패널(touch panel)인 것이다. 터치패널의 기본구조를 Fig. 1에 나타내었다.

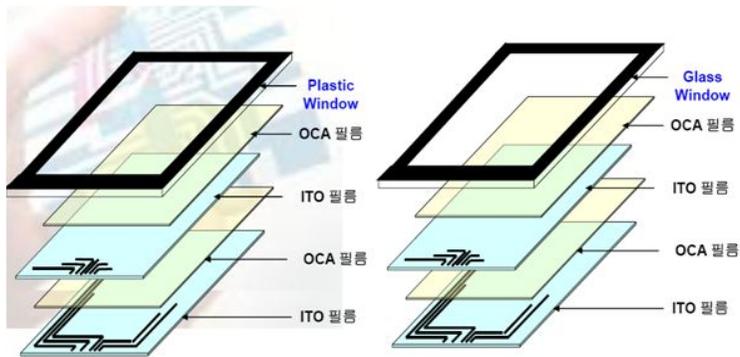


Fig. 1. Base Composition of Touch Screen Panel

## 나. TSP(Touch Screen Panel)의 작동원리

터치스크린의 작동원리는 여러 가지가 있다. 크게 분류를 하면 터치스크린 표면에서 직접 입력을 받을 수 있는 방식과 터치스크린 외곽에 적외선 발광소자 설치한 후 적외선 중간의 신호가 외부에 의해 간섭을 받는지를 측정하는 방식 등 두개로 나눌 수 있다. 전자가 대부분의 소형 디스플레이 장치(PDA, PMP, 휴대폰 등등)에서 사용되는 반면 후자는 좀 더 큰 디스플레이 장치(모니터 급 이상)에서 많이 사용된다.<sup>8)</sup>

터치스크린을 직접 입력하는 방식에서는 크게 저항막(Resistive) 방식과 정전용량(Capacitive) 방식으로 나눌 수 있다. 저항막 방식은 터치스크린을 누르는 순간 발생하는 압력에 의해 전압이 발생하게 되고 그 전압차이로 입력을 감지하는 방식이다. 이 저항막 방식의 장점은 입력할 수 있는 도구의 특성을 가리지 않는다는 것인데 이는 터치스크린 표면에 압력을 줄 수 있는 것이라면 모두 입력할 수 있는 도구로 쓰여 질 수 있기 때문이다. 따라서 이 방식으로 만들어진 터치스크린은 손톱으로도 동작을 시킬 수 있다.

다른 방식인 정전용량 방식은 작동원리가 다르다. 정전용량 방식은 표면에 전류가 흐를 수 있는 물질(전도체)이 닿을 경우 그 전류가 전도체를 통해 빠져나가는 정도를 측정하여 입력한 위치를 판단하여 입력을 처리하는 방식이다. 당연히 전류가 빠져나가지 못하는 손톱으로는 입력한 위치를 측정할 수 없다는 문제가 있다. 하지만 반응속도가 빠르고 멀티터치 구현 및 내구성에 유리하여 현재는 저항막 방식보다 폭넓게 사용된다. Fig. 2, 3에 저항막 방식과 정전용량 방식의 구동원리를 나타내었다.

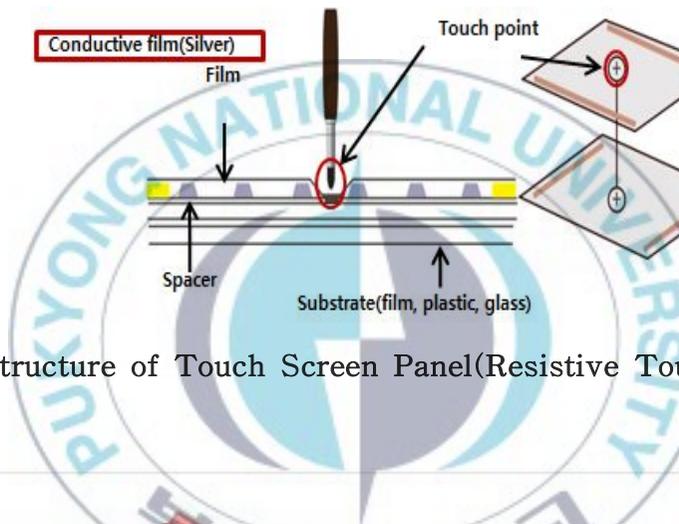


Fig. 2. Structure of Touch Screen Panel(Resistive Touch Screen)

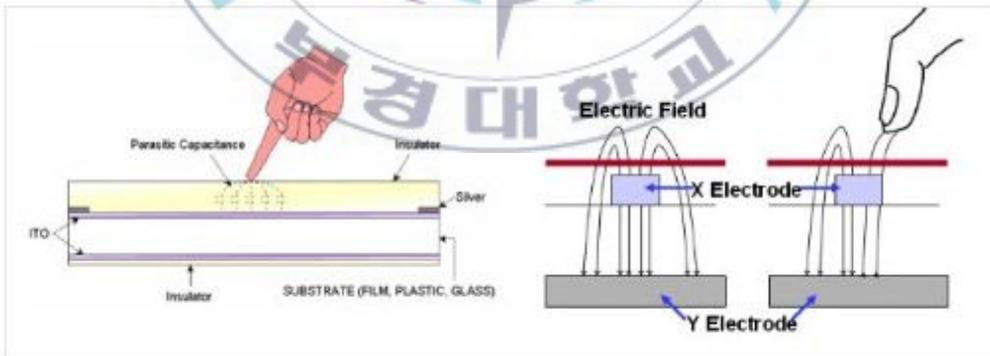


Fig. 3. Structure of Touch Screen Panel(Capacitive Touch Screen)

## 2. 인쇄 종류에 따른 패턴 형성 방법

### 가. 에칭 법

전도성 물질 위에 포토레지스트를 입힌 후 UV광이나 부식성 물질로 판을 식각해서 패턴을 형성하는 방법이다.

에칭법(etching)으로 전도성 패턴을 형성할 경우, 정밀한 패턴의 성형이 가능한 장점이 있는데 반해 사용되는 장비가 많고 공정이 많고 복잡하여 생산효율이 낮다. 또한 기재 전체에 금속을 도포하여 패턴을 제조하기 때문에 재료비용이 많이 들며, 에칭 공정에서 산성 유액 등의 유해 물질이 다량 발생하므로 환경처리 비용이 발생하게 되는 문제점이 있다.

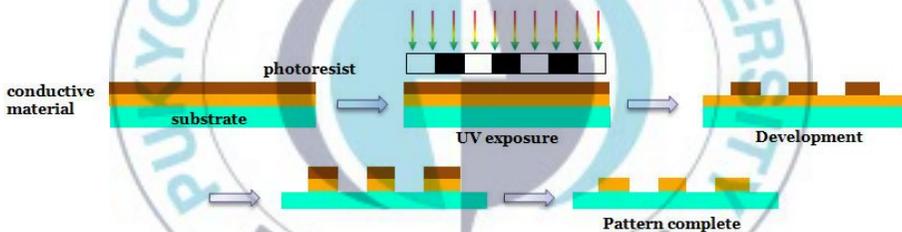


Fig. 4. Screen Printing Photoresist Etching Process

### 나. 스크린 인쇄법

스크린 인쇄는 스크린판의 오프닝을 통해서 판상의 잉크를 스퀴지로 밀어내어 피인쇄체에 잉크를 전이시키는 방식이다. 기본적으로 잉크가 스크린판의 오프닝을 통과하는 것이기 때문에 저점도 페이스트부터 고점도 페이스트 까지 다양한 잉크의 종류에 적용될 수 있는 것이 장점이다. 제판면에서는 기본적으로 유연성이 있는 망사와 감광성 유제로 구성되어있고

인쇄는 고무 스퀴지에 의해 행해지기 때문에 변형하기 쉽고 깨지기 쉬운 피인쇄체에도 인쇄가 가능한, 매우 융통성 있는 기법이라 말할 수 있다.

오늘날, 스크린 인쇄 기술이 전기, 전자 등의 타 산업에서 활발하게 이용되고 있는 최대의 이유는, 도전성 잉크나 레지스트 잉크 등의 기능성 잉크가 평면, 곡면 등의 기재 모양에 관계없이 간단하게 인쇄할 수 있는 방식이기 때문이다. 최근, 급속히 개발이 진행되고 있는 태양전지나 연료전지의 분야에서도 스크린 인쇄 기술의 이용이 주목되며, 전자 산업에서 스크린 인쇄 기술은 계속 발전하게 될 것이다.

스크린 인쇄의 메커니즘은 크게 롤링과 토출, 판분리, 레벨링의 4단계로 나누어진다. Fig. 5는 롤링과 토출시의 페이스트의 궤적을 나타낸 것이다.



Fig. 5. Resist Movement During the Discharge.

이렇게 페이스트의 롤링이란, 롤링하는 페이스트의 표면 부분이 스퀴지와 의 계면에서의 전단력에 의해, 항상 일정한 점도로 안정시키는 기능을 하는 것이다.

토출의 단계에서는 페이스트가 스퀴지면에서 수직방향으로 힘을 받아 이 힘이 앞으로 전달되고 압력을 받은 페이스트는 스크린 망사의 오프닝을 통해 기판에 도달하게 된다. 페이스트 토출량은 스퀴지 각도와 함께 스퀴지 속도에 의해서도 영향을 받는다. 즉 느린 속도에서는 힘을 긴 시

간 주기 때문에 토출되는 페이스트의 양도 많아진다고 생각할 수 있다.

스크지의 이동에 따라 페이스트를 토출한 후 스크린은 스스로의 장력에 의해서 기판으로부터 분리된다. 해상성과 연속 인쇄성의 면에서 스크린 인쇄에서 중요한 과정이다. 스크린 마스크의 개구부를 통과하여 기판 표면에 도달한 페이스트는 그 상태에서는 시간과 함께 점도가 상승하고, 또한 기판과 마스크와의 사이에서의 번짐을 일으키게 된다. 페이스트는 기판 표면에 도달한 후, 곧바로 스크린 마스크와 분리되는 것이 이상적이다.

판분리 후 기판 위의 페이스트는 본래의 물성에 의해 레벨링 되거나 형상을 보존한다. 레벨링 후 패턴 형상은 페이스트의 레올로지와 기판과의 젖음성으로 결정된다. 예를 들어, 저점도라도 인쇄 후에 메쉬 자국이 남는 페이스트는 판분리 후의 점도 상승이 빠르다고 생각할 수 있다. 스크린인쇄 프로세스의 최적화를 위하여 다음의 4가지 조건을 고려하여야 한다.

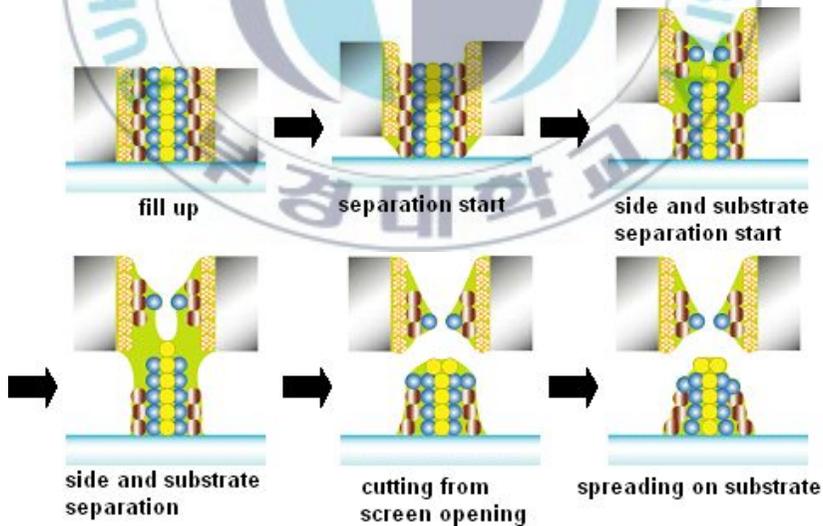


Fig. 6. Mechanism of Plate Separation.

첫 번째로 판 분리를 위하여 판과 피인쇄체의 적절한 간격이 필요하다.

이것을 이격거리라고 한다. 이격거리가 매우 높을 경우 스크린 메쉬의 장력이 감소하여 정상적인 판분리가 어렵기 때문에 적절한 거리조절이 필요하다.

두 번째, 스퀴지 압력은 기관 전체에 압력을 가하게 하여 스크린 망사위의 페이스트를 균일하게 흐르게 하는 정도가 좋다.

세 번째, 스퀴지 각도는 페이스트의 토출량에 큰 영향을 주기 때문에 원하는 토출량을 고려하여 설정해야 한다. 스퀴지 각도가 낮을수록 힘이 가해지는 면적이 증가하여 페이스트 토출량이 많아지게 된다.

네 번째, 인쇄속도 또한 토출량에 영향을 주므로 페이스트의 토출이 불량할 경우 인쇄속도를 낮추어 페이스트가 충분한 힘을 받아 토출될 수 있도록 조절해야 한다.

## 다. 그라비아 오프셋 인쇄법

### (1) 그라비아 오프셋

반도체 디바이스에 미세하고 또한 고정밀도의 전극 패턴을 형성하는 오프셋 인쇄의 한 방법이다. 전자 회로 기관이나 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 제조비용이 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 대체법으로 주목받고 있다. 그라비아 오프셋 인쇄법에서는 인쇄용 블랭킷으로부터 유리기관 등의 피전사체에 인쇄용 잉크를 100%전사시키므로 인쇄용 블랭킷 표면에는 실리콘 고무 시트를 사용하고, 인쇄용 잉크에는 블랭킷 표면의 실리콘 고무에 흡수되기 쉬운 용제를 첨가하고, 이 용제를 실리콘 고무에 흡수시켜 인쇄용 잉크와 실리콘 고무 계면의 계면 장력을 저하시킴으로써 실리콘 고무로의 인쇄용 잉크를 박리되기 쉽게하여 인쇄용 잉크를 블랭킷으로부터 피전사체 상에 전사시키는 방법의 인쇄법이다. 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.<sup>13)</sup> 그라비아 오프셋 인쇄공정에서의 잉크 전이과정은 Plate Cylinder의 패턴에 채워진 잉크가 Blanket Sheet로 전이 되는 과정과 Blanket Sheet에 전이된 잉크가 다시 기재로 전이되는 두 번의 전이과정을 통해 인쇄가 진행된다.

## (2) 그라비아 오프셋 잉크의 전이성

그라비아 오프셋 잉크의 전이율은 피인쇄체, off 압력, Set 압력, 흡의 깊이, 독터 날의 각도, 등에 의해 달라진다. 피인쇄체에 따른 잉크의 전이는 피인쇄체가 유연한 것, 평활한 것, 흡유성이 좋은 것이 인쇄가 잘 되며, 연질 염화비닐, 그라비아 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 인압

이 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 따라 전이율이 달라진다. 점착성이 강한 바인더라면 100% 전이가 되지만, 그렇지 않을 경우 패턴의 뜯김현상이 일어나 단선이 발생한다. 하지만 Set공정의 강한 압력은 도막의 퍼짐을 유발할 수 있기 때문에 정확한 off압력과 set압력, 시간 등의 인쇄조건을 맞추는 것이 중요하다. 그라비아 오프셋 인쇄 시 발생하는 잉크의 매커니즘을 Fig. 7에 나타내었다.

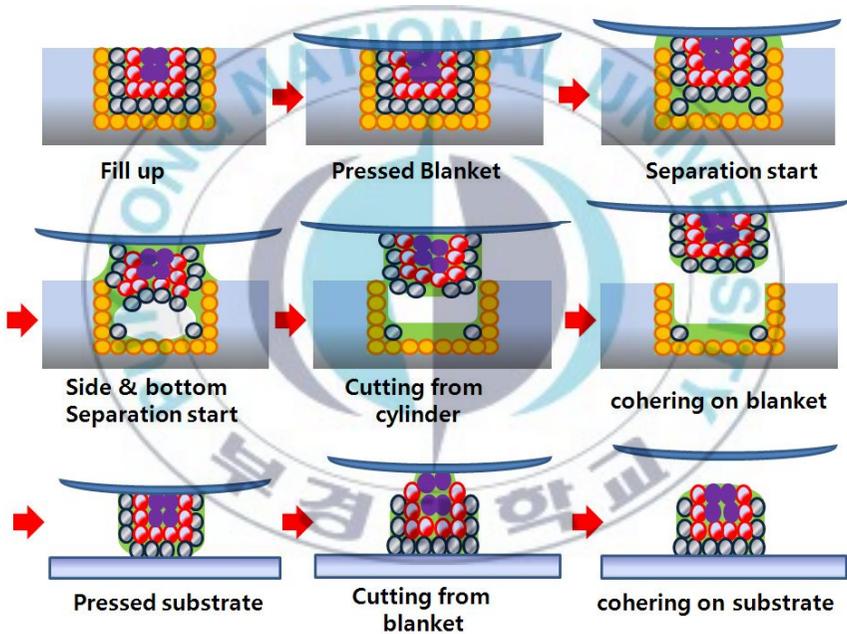


Fig. 7. Mechanism of Gravure off-set Printing.

Plate Cylinder 홈에 충전된 잉크가 독터링에 의해 평탄화된 후 블랭킷 실린더에 접촉하면서 압력을 받게 되며 이때의 압력을 off 압력이라고 한다. 이때 Paste안의 용제가 블랭킷으로 흡수되면서 Paste의 점도가 순간적으로 상승하면서 생긴 점착성에 의해 Plate cylinder 홈에서 도막이 빠

저나온다. 이 과정을 off 공정이라 한다. off 공정에서의 도막의 두께와 sharpness가 패턴 형성에 영향을 미친다. 이렇게 off된 도막은 바인더의 저장탄성률( $G'$ )에 의해 블랭킷상에 응집이 일어나 균일한 도막을 형성한다. 그 후 도막은 기재에 전이시키는데 이 공정을 set 공정이라 한다. set 공정에서의 압력은 패턴의 두께와 폭에 영향을 미치게 되며, set 속도는 패턴의 sharpness에 영향을 미친다. set속도가 지나치게 빠르면 점착성이 올라간 Paste에서 잔사가 발생할 수 있으며, 그로인해 수염현상이 일어나 패턴의 sharpness가 떨어지고, 합선 등의 인쇄불량이 생기기 때문에 적절한 속도가 중요하다.

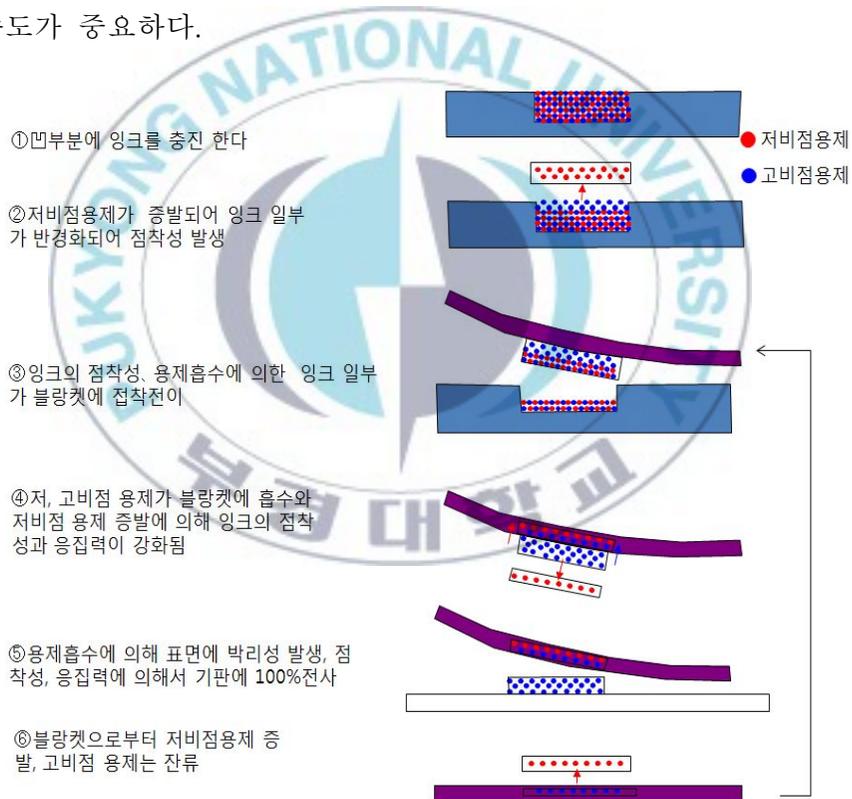


Fig. 8. Principles of Transcription for Gravure off-set Printing.

### 3. 전도성 페이스트

전도성 페이스트 또는 전도성 잉크는 액체이면서도 인쇄와 건조 등의 patterning 공정을 통해 전도성을 가질 수 있게 만들어진 물질을 말한다.

이들은 주로 금속입자나 금속산화물, 카본블랙, 그라파이트, CNT 등의 전도성고분자 들을 유동성을 가진 고분자의 바인더와 혼합하는 방식으로 제조된다. 이러한 방식으로 만들어지는 전도성 페이스트들은 바인더의 종류에 따라 두 가지의 건조방식으로 나눌수 있다.

첫 번째는 고온소성형 페이스트이다. 이 페이스트는 보통 전도성 필러와 글라스 플릿(glass flit)을 고분자 바인더에 혼합하여 만들어진다. 이렇게 만들어진 페이스트를 인쇄공정을 거쳐 도막을 형성하고 건조한 후 300℃ 이상의 고온으로 처리하면 폴리머가 열분해되면서 금속 필러간에 용착이 일어나고 최종 도막에는 전도성 필러와 글라스플릿만 남게 된다. 이때 글라스플릿 성분은 필러가 용착 할 때 기재 쪽으로 압축되어 기재 계면으로 편재, 밀착성을 유지하는 역할을 한다. 전도성 필러는 입자들끼리 용착하여 하나의 큰 금속 덩어리로 일체화되기 때문에 전도성 면에서는 상당한 성능을 발휘할 수 있는 장점이 있다, 하지만 300℃ 이상의 고온에서 견디는 기재를 사용해야 한다는 것은 최근의 TSP 개발경향인 플렉시블한 기재의 사용은 불가능하다는 점에서 단점이 되고 있다.

두 번째로 고분자형 페이스트이다. 바인더에 도전성 필러를 분산하여 페이스트를 제조하는데 내부에 분산된 필러는 바인더의 경화(또는 건조)와 함께 3차원적으로 연속구조를 띄고 이를 통해 인쇄된 패턴이 전도성을 가지게 된다. 바인더는 기재와 밀착함과 동시에 필러를 고정시키는 역할을 한다. 최종도막에는 유기물이 남게 되고 경화온도는 상온에서 150 ℃ 정도로 낮은 온도에서 성막이 가능하기 때문에 고온 소성형에 비해 기재

를 선정할 수 있는 범위가 넓어지는 것이 장점이라고 할 수 있다.<sup>15)</sup>

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 입자간에 전기저항이 존재하고 고분자인 바인더의 존재 때문에 실현할 수 있는 전도성에는 한계가 있다.

이와 같이 도전성 잉크에서는 경화 온도와 도전성이 서로 상충관계에 있기 때문에 이를 해결하기 위하여 금속의 나노 입자를 활용해서 저온에서도 금속이 용착된 도막을 형성하는 것, 유기 금속화합물의 분야에서 발생하는 활성금속을 이용하여 도막을 만드는 것, 산화은을 이용하는 것, 저융점의 합금을 이용하는 것 등이 개발 되고 있다.<sup>16)</sup>

**Table 1. The Type of Conductive Paste**

조성	기능	저온형 페이스트	고온형 페이스트
Conductive filler	전도성 부여	Ag, Cu, Ni, C	Ag, Ag-Pd, Au, Ag-Pt, Au-Pd, Au-Pt, Cu, Ni
Frit	전도성 입자의 연결기판에의 밀착성 입자의 보호	-	Glass Flit K2SiF6 등
Binder	입자, Frit의 분산 인쇄성의 부여	Acryl, Epoxy, Polyester, Urethane 등	Ethyl Cellulose, Acryl
Solvents	결합제의 용해 점도 조성	Carbitol계 Cellosolve 계 Alchol 계	Carbitol계 Cellosolve 계 Alchol 계

## 가. 전도성 필러(Conductive Filler)

전도성 필러는 전도성 페이스트의 구성요소의 70~80%를 차지하는 부분이기 때문에 패턴화 된 페이스트의 도막 특성을 나타내는데 가장 큰 역할을 한다. 전기가 흐르는 것이 가능한 물질은 모두 전도성 필러가 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. 이러한 이유로 전도성 필러로 사용 가능한 금속들은 산소나 수분에 의한 부식이 적고 전성, 연성 등의 특성이 좋은 귀금속이 많이 쓰이게 된다.

Ag는 금속 중에서 비저항(고유저항)이 가장 낮은 것은 아니지만 금이나 구리의 재련 등으로 일정수준의 생산이 항상 이루어져 가격이 금(Au)이나 백금(Pt)과 같이 비슷한 고유저항을 가지면서도 가격이 몇 배나 높은 금속에 비해 사용하기가 용이하고 금속자체로 안정되어있기 때문에 보존 안전성도 좋아 전도성 필러로 많이 쓰인다. 물론 훨씬 가격이 싼 금속 산화물도 전도성을 띄긴 하지만 Ag같은 순수 금속만큼의 전도성을 가지기는 힘들다. 카본블랙이나 흑연은 일반적인 상온의 분위기에서는 안정하기 때문에 전도성 필러로 사용이 가능하다.<sup>18)</sup>

이런 전도성 필러로 전도성 페이스트를 제조하여 도전 패스를 형성하면 금속 자체의 저항 보다 높아지게 된다. 그 이유는 전류가 흐르기 위해서는 전자가 금속입자와 입자간의 계면을 통과해야 하는데 이 때 입자 표면사이에서 생기는 계면저항 때문이다. 따라서 전도성 잉크로 만든 패턴에서 전기적 저항을 최소화하기 위해서는 금속입자들 간의 접촉면적을 늘이는 것이 중요하다. 그래서 Ag 파우더 입자의 크기가 크면 클수록 계면저항이 줄어들고 입자간의 접촉면적이 늘어나 전도성에는 유리하다. 하

지만 최근의 TSP 경향상 50 $\mu\text{m}$ 이하의 얇은 패턴의 인쇄를 목적으로 하고 있고, 이러한 인쇄공정은 Ag 입자의 크기가 클수록 인쇄성에 방해를 받는 요소로 작용할 수 있다. 그러므로 적절한 Ag powder의 크기의 조합을 찾는 것이 인쇄 패턴의 전도성과 인쇄성 두 가지 모두를 위한 방법이다.

Ag의 경우 은 이온을 함유한 용액을 적절한 방법으로 환원하고 건조하여 Ag powder를 제조하며 환원의 공정조건을 조정하는 것에 의해 입도 등 입도분포를 제어하는 것이 가능하다. 이러한 방법으로 만들어진 Ag powder의 경우 보통 구형(sphere)을 나타내며, 이것을 다시 가공하여 판형(Flake) 타입의 두 가지 Ag powder를 제조할 수 있다.

구형 Ag powder의 경우 평균적인 입자가 작기 때문에 고온소결에서 Ag의 평균 용해점보다 더 낮은 온도에서 용융이 일어나기 때문에 고온소결형 Ag paste의 필러의 역할에 유리하다. 그에 반해 고분자형 paste의 경우 구형 Ag powder는 경화, 건조 후 Ag 입자간의 접촉점이 작기 때문에 높은 저항을 나타내며, 이는 약점으로 작용하게 된다. 이에 반해 판형의 Ag powder의 경우에는 고분자형 paste의 경화, 건조의 공정 후에도 판과 판 사이의 면접촉이 가능하므로 구형 Ag powder에 비해 더 높은 전도성을 띠게 되고 이는 저온건조형의 장점으로 작용한다.<sup>19)</sup>

## 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 입자 간의 접촉을 막기 때문에 저항이 커지게 된다. Ag 분말은 가공할 때 입자 간의 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.

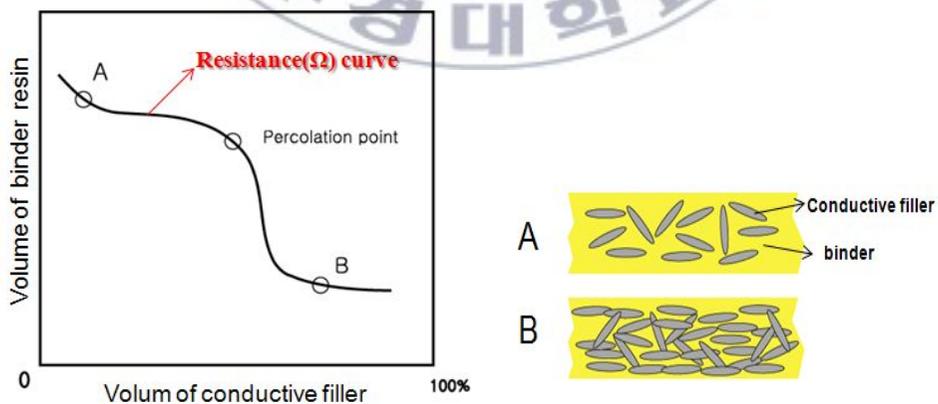


Fig. 9. Percolation Point and Percolation Curve.

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 높아지게 된다. 따라서 바람직한 전도성 잉크의 배합은 전도성 필러의 사용은 최소화 하면서 전도성은 가장 좋은 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.<sup>20)</sup>

## 라. 전도성 페이스트 분산 기술

전도성 페이스트의 분산은 단순히 전도성 필러와 고분자 바인더, 용제 첨가제의 혼합이 아니다. 전도성 필러가 제대로 분산되지 않고 페이스트 내부에서 뭉쳐있거나 첨가제가 제대로 혼합되지 않았다면 점도와 레올로지 특성, 인쇄성 등에 큰 영향을 미치게 된다. 전도성 필러는 일반적인 안료와는 달리 표면 활성을 띠고 있기 때문에 페이스트에 유동성을 나타내게 하는 고분자 바인더와의 혼합이 쉽지 않다.

이를 보완하기 위해 전도성 필러의 표면을 산성으로 처리하여 입자간의 표면에너지를 줄이고, 고분자 바인더에 의한 젖음성을 좋게 하여 페이스트 제조 시에 더 좋은 분산성을 가지게 한다. 또한 분산제 같은 첨가제를 사용하여 표면에너지를 줄이는 것도 분산특성을 우수하게 하는 한 방법이 된다. 하지만 이러한 표면처리와 분산제들은 전도성 페이스트의 패턴 형성 후 전도성 필러사이의 도전 패스의 형성을 방해하는 작용을 하기 때문에 사용상에 여러 가지 제약이 따르게 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. 10에 일반적인 분산 공정을 나타내었다.



Fig. 10. Three Step of Dispersion Process.

#### 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.

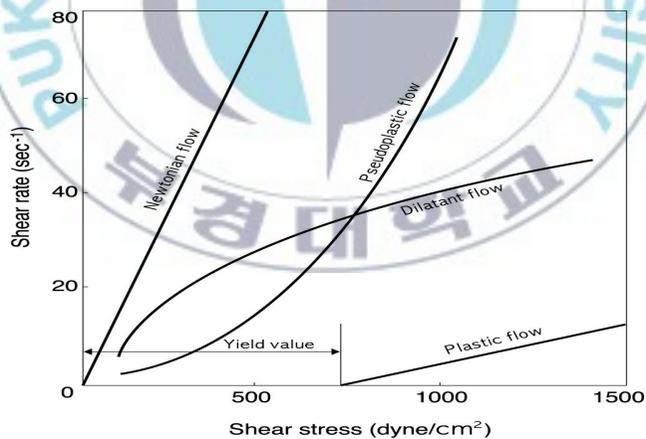


Fig. 11. Material Typical S-S Curved Line.

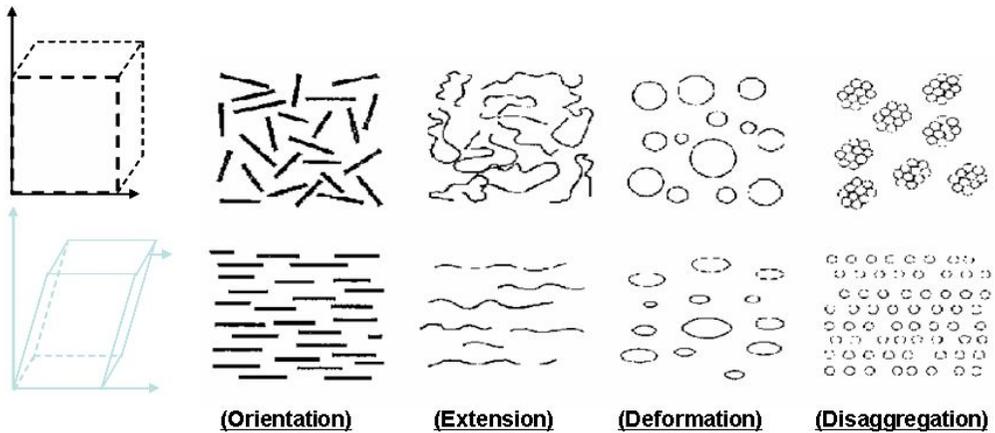


Fig. 12. The Pseudoplastic Flow Morphology of Material.

또한 의소성 유동을 shear-thinning 유동이라고 하는데, 요즘에는 후자의 용어를 더 많이 사용한다. 플렉소 잉크나 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 줄, 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. 여

기서 항복응력은 흐름에 필요한 최소한의 전단 응력을 말한다. 소성 유동은 빙검 유동(Bingham flow)이라고 한다.<sup>14,15)</sup>

인쇄에서 레오로지는 매우 중요한 부분이며 레오로지의 특성을 잘 파악하여야 좋은 인쇄물을 얻을 수 있다. 레벨링을 예로 들면 인쇄 후 오렌지 필이나 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 우수하다.<sup>21)</sup>

## 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.

$$\text{Input} \Rightarrow \text{strain} : \gamma = \gamma_0 \sin(\omega t) \quad (1.1)$$

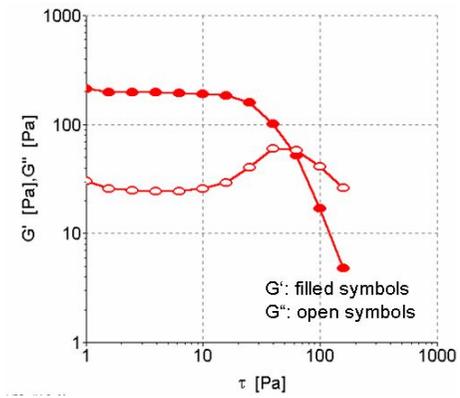
$$\text{Output} \Rightarrow \text{stress} : \tau = G\gamma_0 \sin(\omega t) \quad (1.2)$$

즉, 어떤 유체에  $\gamma$ 만큼의 변형을 sin 형태로 주었을 때 느끼는 응력  $\tau$ 가 식 1.1과 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.  $\delta$ 와  $G'$ ,  $G''$ 의 관계를 식 1.3에 나타내었다.

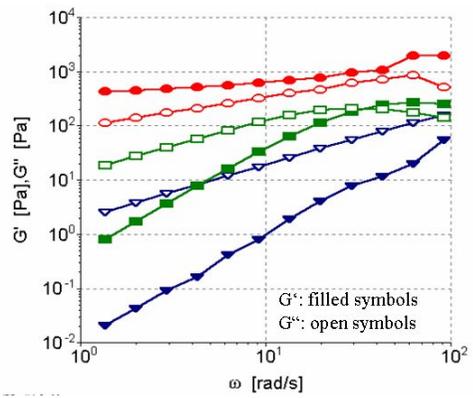
$$\tan\delta = G''/G' \quad (1.3)$$

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 스프링처럼 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.

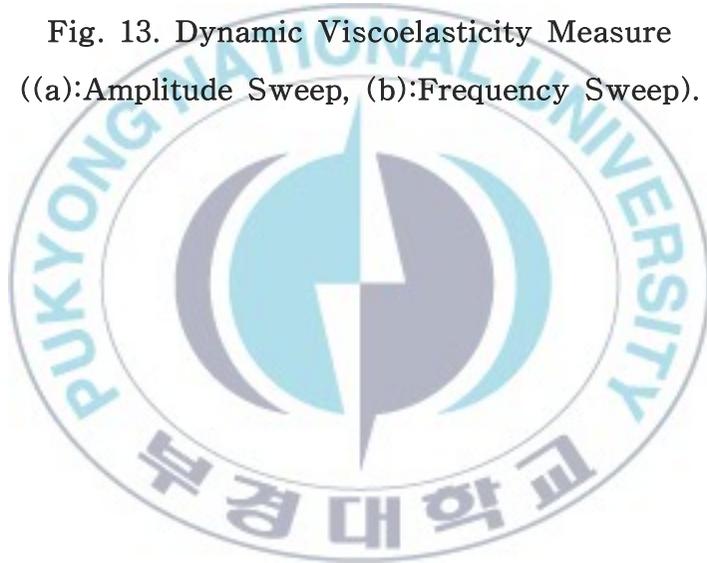


(a)



(b)

Fig. 13. Dynamic Viscoelasticity Measure  
((a):Amplitude Sweep, (b):Frequency Sweep).



### Ⅲ. 실험

#### 1. 시료

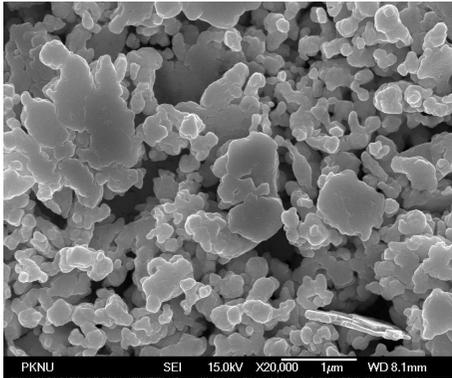
##### 가. Ag 분말

본 연구에서는 미세전극패턴에 전도성을 부여해줄 전도성 필러로서 크기와 형상이 다른 Ag 파우더 2종류를 사용하였으며 판상의 Flake A(HP0202END, (주)희성금속)과 구형의 Spherical B(#500, INOCAM)를 사용하였다.

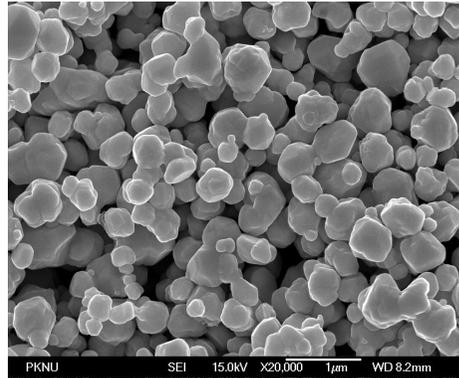
각각의 전도성 필러의 특징을 Table 2에 나타내었고, 형상을 SEM촬영하여 Fig. 14에 나타내었다.

Table 2. The Properties of Conductive Ag Powder

Type	Particle size (D50)	Particle size Distribution	Specific surface area	Tap density
Flake A	1.9 $\mu\text{m}$	3.0~4.0 $\mu\text{m}$	0.8~1.3m <sup>2</sup> /g	3.0~3.5g/cm <sup>3</sup>
Spherical B	0.18 $\mu\text{m}$	1.0~4.0 $\mu\text{m}$	1.0~1.5m <sup>2</sup> /g	2.5~3.5g/cm <sup>3</sup>



Flake A



Spherical B

**Fig. 14. SEM Pictures of Ag Powder.**

판상의 Ag는 접촉 면적이 넓고 두께가 얇기 때문에 우수한 적층 구조를 형성하며 패킹성이 뛰어나, 높은 전도성을 나타낼 수 있다는 장점이 있다. 그리고 구형의 Ag는 Ag 끼리의 접촉 면적이 작아 바인더의 유동 특성과 건조 특성에 좋고 그라비어 오프셋 인쇄 시 off공정에서 블랭킷에 접촉한 페이스트의 용제 흡수성에 좋은 역할을 한다. 또한 Flake Ag에 비해 입경이 작기 때문에 미세한 그라비어패턴에 충전이 용이하다.

#### 나. 바인더(Binder)

Substrate에 대한 접착성과 분말 상태인 전도성 필러에 유동성 및 인쇄 적성을 부여해 줄 도막형성 재료로써 용액중합법에 의해 합성된 용액상의 에폭시 수지 (FPE-307, FP(주))과 (FPE-109, FP(주))를 사용하였다. 이번 실험에서 사용된 에폭시 수지의 분자구조를 Fig.5 에 나타내었고, Table 3에 분자량이 다른 두가지 바인더 수지의 물성을 나타내었다. 그라비어 오프셋 인쇄 적성을 향상 시키기 위해 base 용제로써 바인더 수지에 대해 용해력이 우수하며, 블랭킷에 흡수율이 적절하며, 고비점 용제인 BCA

(2-(2-Butoxyethoxy) ethyl acetate,을 사용하였다.

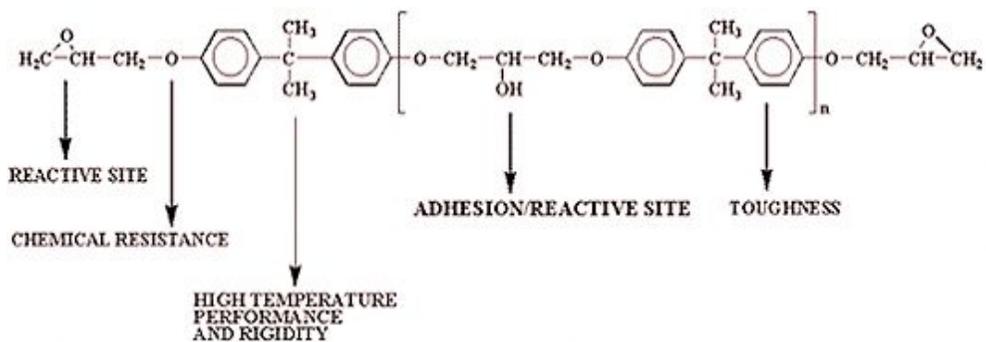


Fig. 15. Composition of Epoxy.

Table 3. Composition and Properties of Binder Resin for Ag Paste

Model name	FPE-307	FPE-109
Molecular weight	1563 - 2272	2273 - 3846
Tg (°C)	115-125	125-132
Solid (%)	50	50
Base solvent	BCA	BCA

## 다. 용제(Solvent)

Gravure Off-set의 점도 및 레올로지 특성과 블랑켓과의 흡배출 능력을 확인하기 위해 Acetate계, Glycol계, Alcohol계의 3가지 용제를 사용하여 페이스트를 제조 하였으며 각각의 분산성을 위해 소량의 첨가제가 사용되어 분산성을 확보 하였다.

## 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.

본 연구에서는 Flake 타입의 Ag와 Spherical 타입의 Ag의 비율에 따른 페이스트의 물성과 인쇄성의 변화 및 수지의 분자량의 차이에 따른 그라비아 오프셋 인쇄공정시 연속인쇄성의 변화와 패턴 형상의 변화를 측정하기 위한 6종의 paste를 제조하였는데 선행연구를 통하여 Ag powder는 70~75%이고 수지는 1500~3500의 당량일 때 Ag Paste가 최적의 조건을 가짐을 참고하여 Table 4와 같이 Ag Paste의 물성표를 나타내었다.<sup>2,3,6)</sup>

**Table 4. The Formulation of Ag Paste**

	Ag powder(%)		Resin N.V.(%)		Solvent + Additive (%)	Total
	Flake A	Spherical B	FPE-307	FPE-109		
Paste 1	72	-	8	-	20	100
Paste 2	72	-	4	4	20	100
Paste 3	72	-	-	8	20	100
Paste 4	73	-	3	3	21	100
Paste 5	62	10	4	4	20	100
Paste 6	52	20	4	4	20	100

#### 나. Ag paste 제조방법

페이스트의 제조순서는 우선 각각의 에폭시 레진과 용제를 가열조건에서도 용제의 증발을 막아주는 4구 플라스크에 1:1로 투입하여 핫플레이트 상에서 60℃의 온도로 가열하면서 임펠러를 이용해 300 rpm의 속도로 교반하는 작업을 6시간동안 실시하여 50wt%의 순도를 가진 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(EXAKT 80S, Germany)로 170 rpm에서 5회 연속하여 페이스트를 완성하였다. Fig. 16에 Ag 페이스트의 제조 과정을 도식화

하여 나타내었다.

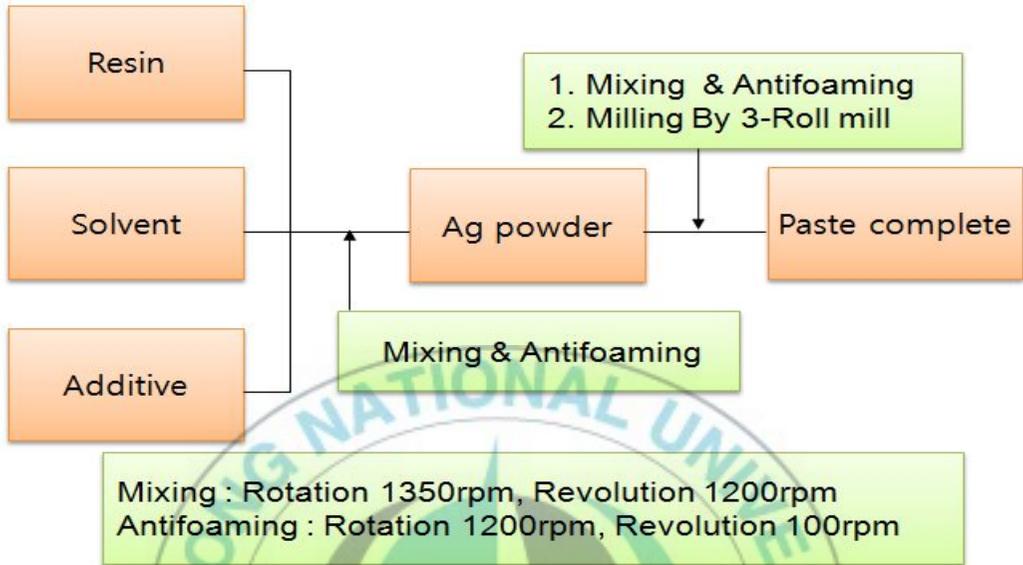


Fig 16. Process of Ag Paste Manufacture.

#### 다. 그라비어 오프셋 인쇄

본 연구에서 사용한 그라비어 오프셋 인쇄기를 Fig. 17에 나타내었다. 그라비어 오프셋 인쇄기((주)SFA)는 반자동 system으로 사용하였으며 그라비어 롤은 선폭 40 um, 선간 40 um, 홈 깊이 15um 을 사용하였으며, 블랭킷은 (주)Taein Chemical의 TI 7300ES를 사용하였다. 인쇄조건은 오프속도 100mm/s, 셋 속도 150mm/s, 독터링 압력 120 bar로 인쇄하였다. 인쇄된 패턴은 130℃, 15min의 조건으로 건조하였다.<sup>1)</sup>



Fig. 17. Image of Gravure off-set Printing Machine.

### 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  $\mu\text{m}$ 까지 측정할 수 있는 입도계와 스크래퍼로 되어 있는 Grindometer (Cat. No. PD-1510) (Germany)를 사용하여 측정하였다. 분산이 되지 않았을 때 스크래퍼에 의해 긁힘이 나타나는데, 이를 Videomicroscope (Alphasystec, Korea)를 이용하여 100배율로 측정하였다.



Fig. 18. Image of Grindometer.

#### 나. Ag 페이스트의 레올로지 특성 측정

Ag 페이스트의 분산, 유동성 및 스크린 인쇄시 페이스트의 유변학적 성질을 검토하기 위해 HAAKE사의 Rheoscope 1 (Germany)를 사용하여 페이스트의 레올로지를 측정하였다. 측정 항목은  $0.1 \sim 100 \text{ s}^{-1}$  범위의 전단속도에 따른 점도 변화를 측정하는 Viscosity profile과  $0.1 \sim 1000 \text{ Pa}$  범위의 전단응력에 따른 저장 탄성율( $G'$ )과 손실 탄성율( $G''$ ) 변화를 측정하는 Amplitude sweep을 사용하였다. 시료대는 직경이 35 mm의 평행판이고, 시료간격은 0.8 mm로 설정하였으며, 이 때 측정온도는  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ 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(Sanyo)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.

### 마. 그라비아 오프셋 인쇄기를 이용한 연속인쇄 측정

그라비아 오프셋 인쇄의 특징은 블랑켓의 swelling 현상이다. 이 현상의 주요인은 Paste내 존재하는 용제의 흡수 배출에 큰 영향을 받는다. 따라서 본 연구에서는 이러한 Swelling 현상을 블랑켓에 대한 용제의 흡배출 Test로 확인하였다.

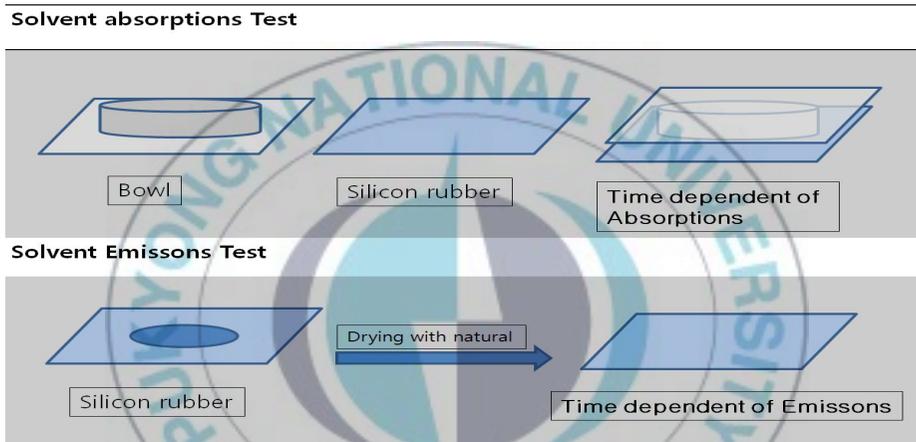


Fig. 19. Image of Blanket Sheet Emissions & Absorption Test.

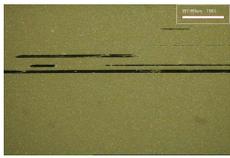
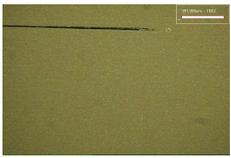
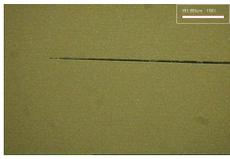
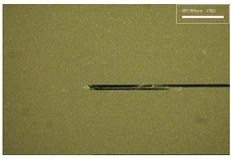
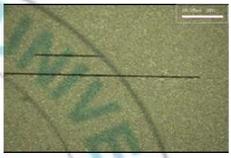
## IV. 결과 및 고찰

### 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 Spherical Ag 파우더를 사용하여 제조한 Paste (6)이 분산성이 더 우수함을 알 수 있었다. 이는 Spherical Ag 파우더가 탭 밀도 및 입자가 갖는 부피가 크고 표면적이 작아 바인딩에 필요한 Ag 파우더의 흡유량이 Flake Ag 파우더에 비해 작아지기 때문이다. 흡유량이 작은 Spherical Ag 파우더는 Paste 상에서 같은 양의 바인더를 넣을 때 Flake Ag 파우더에 비해 바인더의 함량이 상대적으로 커지게 되며, 바인더의 함량이 커질수록 Ag 파우더를 감쌀 수 있는 바인더의 양이 늘어나 Ag 파우더 간의 상호 작용을 저하시킴으로써 Spherical Ag 페이스트가 Flake 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 5에 각각의 Ag Paste가 굵히기 시작한 지점과 이미지를 나타내었다. 본 연구에서 제조된 Ag 페이스트의 경우 전체적인 경향상 바인더 레진의 평균 분자량이 클수록 분산성이 낮아지게 되고, Flake형 Ag를 단독으로 사용한 Paste 보다 Spherical Ag 파우더가 첨가되었을 때 분산성이 더 좋아지는 것을 확인할 수 있다.

Table 5. The Dispersibility Results of Ag Pastes.

Paste(1)	 5-6 $\mu\text{m}$	Paste(2)	 5 $\mu\text{m}$
Paste(3)	 5-6 $\mu\text{m}$	Paste(4)	 6 $\mu\text{m}$
Paste(5)	 4-5 $\mu\text{m}$	Paste(6)	 4-5 $\mu\text{m}$

## 2. Ag Paste의 Rheology 특성.

Table 4와 같이 Ag 파우더의 종류 및 바인더의 함량을 달리하여 제조된 Ag Paste의 분산 특성 및 응집 구조를 평가하기 위해 Paste의 레오로지를 측정하였고, 그 결과를 Fig. 20, 21에 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 표

면 거칠기가 나빠질 것을 예상할 수 있다. 높은 Shear Rate 영역에서의 수치는 Off 공정 중 페이스트가 블랭킷에 의해 압력을 받아서 그라비아 홈에서 도막이 빠져나올 때에 해당되며, 그에 해당하는  $10\sim 100\text{s}^{-1}$  영역에서는 점도가 낮아질수록 유동성이 좋은 페이스트가 되어 토출성이 우수하게 된다. Paste의 저장탄성률( $G'$ )과 손실탄성률( $G''$ )은 그라비아 오프셋으로 형성된 도막의 두께와 관련 있다. 높은 Stress 영역에서의 저장탄성률( $G'$ )이 높으면, 그라비아 홈에서 토출 되는 도막이 두꺼워지며, 낮은 영역에서의 저장탄성률( $G'$ )이 높으면, Set공정 시 도막이 블랭킷으로부터 기재에 100% 전이된다. 만약 낮은 Stress 영역에서  $G'$ 이 낮으면 Set공정에서 도막이 양분화되어 블랭킷에 잔류하게 된다.

Fig. 20에 Paste (1)~(6)까지 각각의 Ag 파우더 조합에 따른 바인더의 분자량 및 함량 차이에 대한 Viscosity 거동을 나타내었다. 그리고 Fig. 21에 Stress(0.1~1000)에 따른 저장탄성률( $G'$ )과 손실탄성률( $G''$ )의 거동을 나타내었다.

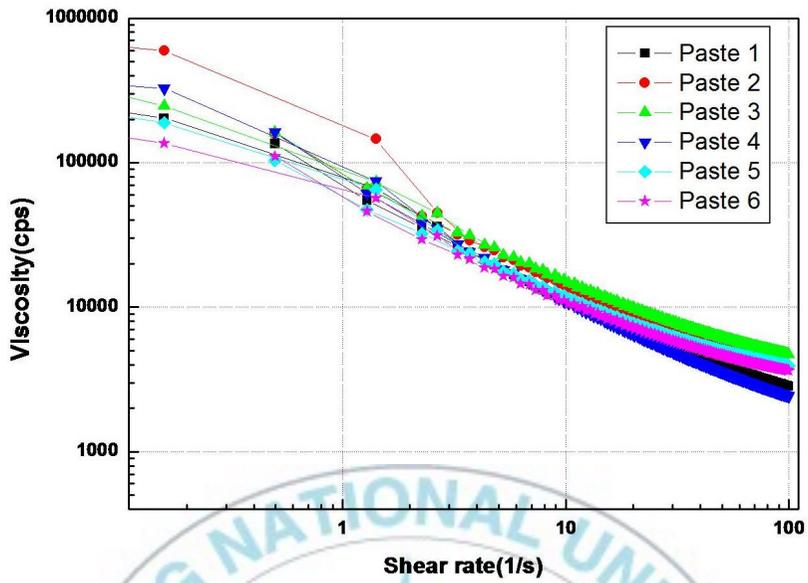


Fig. 20. Shear Rate Dependent of Ag Pastes Viscosity

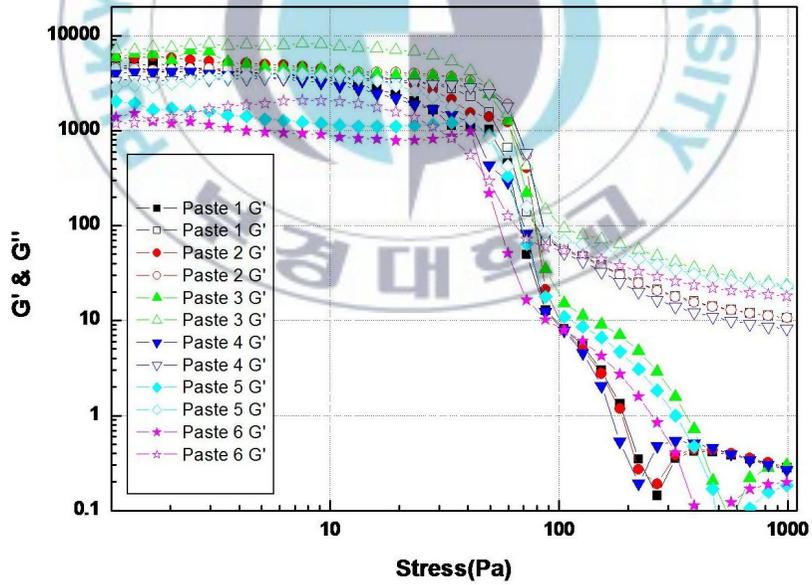


Fig. 21. Shear Stress Dependent of  $G'$  &  $G''$  for Ag Pastes

Fig. 20에 Paste (1), (2), (3)은 바인더 수지의 분자량 차이에 따른 비교를 나타낸 것인데 바인더의 분자량이 높을수록 점도가 높았으며 T.I.(Thixotropy Index)는 5/50의 범위에서 순서대로 4.90, 4.77, 4.18으로 분자량이 높을수록 그 수치가 낮았다. 또한 Paste (2), (4)는 바인더 수지 고형분의 함량 차이에 따른 비교를 나타낸 것으로 수지의 고형분 함량이 작을수록 점도는 낮았으나 T.I.는 5/50의 범위에서 순서대로 4.77, 5.57으로 고형분 함량이 작을수록 T.I. 수치가 높음을 알 수 있었다. 그리고 Paste (2), (5), (6)은 구형 Ag powder의 함량 차이에 따른 Viscosity 거동을 나타낸 것이다. Flake Ag 단독인 Paste (2)의 T.I.의 경우 5/50의 범위에서 4.77의 수치를 나타내었고, Spherical Ag 가 10% 치환된 Paste (5)의 경우 5/50의 범위에서 4.27의 수치를 나타내었으며 Spherical Ag가 20% 치환된 Paste (6)의 경우 5/50의 범위에서 3.92의 수치를 나타내었다. 그러므로 Flake Ag를 단독으로 사용한 Paste (1)~(4)의 Thixotropy 특성이 강함을 알 수 있으며, 이들은 Spherical Ag가 첨가된 Paste (5), (6)보다 저장탄성률( $G'$ )이 높을 것으로 예상된다.

초기 저장탄성률( $G'$ )은 그라비아 오프셋 인쇄 시 그라비아 홈에서 off될 때 도막의 두께에 영향을 끼친다. Fig. 16에 Stress(0.1~1000)에 따른 저장탄성률( $G'$ )과 손실탄성률( $G''$ )의 거동을 나타내었다. Fig. 21에 Paste(1)~(3)을 비교하였다. 강한 Thixotropy 거동을 보이는 Paste (3)의 경우 초기 저장탄성률( $G'$ )이 가장 높았으며, 이러한 탄성률에 의해 그라비아 오프셋 인쇄 공정의 Off시 홈에서 빠져나오는 도막의 양이 가장 많을 것으로 예상된다.

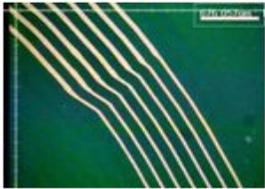
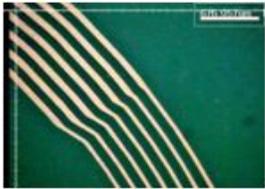
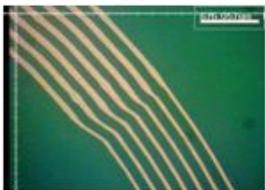
### 3. Ag Paste의 그라비아 오프셋 인쇄적성

위에서 다룬 레올로지 결과를 바탕으로 그라비아 오프셋 인쇄적성을 살펴보았다.

그라비아 롤 패턴 중 선폭이  $70\mu\text{m}$ 에서  $40\mu\text{m}$ 으로 변경되는 구간을 50회 연속인쇄 후 패턴결과를 현미경 촬영하여 Table 6에 나타내었다.



**Table 6. Patterns Surface Image of Ag Pastes after Gravure Off-set Printing**

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

이번 실험에서 제조한 Paste는 고분자 바인더 수지의 분자량과 함량의 차이와 Ag 파우더의 형상의 차이에 따른 인쇄적성을 비교한 것이다.

먼저 Paste (1), (2), (3)은 각각의 순서대로 바인더 수지의 분자량의 차이에 따른 비교를 나타낸 것이다. 바인더 수지의 분자량이 가장 높았던 Paste (3)의  $G'$ 이 가장 높았고, 그에 반해 T.I. 수치는 낮아지는 것을 확인하였다. 이 페이스트의 패턴 형상을 관찰 했을 때 다른 패턴에 비해 초기 선폭이 얇고 인쇄매수가 증가할수록 선폭이 점점 얇아지는 것을 확인할 수 있다. 하지만 인쇄 초기 에이징(패턴의 뜯김)이 오랫동안 일어나서 패턴이 Off 공정 시 블랭킷의 용제흡수에 의해 set 공정 시 패턴의 전이 불량이 나타남을 알 수 있었다.

Paste (2), (4)는 바인더 수지의 함량에 따른 비교를 나타내었다. Paste (4)는 바인더 수지의 함량이 다른 페이스트들 보다 작아서 T.I. 수치는 높았지만 저장탄성률( $G'$ )이 낮고 점도도 낮아 초기 선폭도 퍼졌으며 인쇄가 진행될수록 선폭이 급격하게 늘어났다.

Paste (2), (5), (6)은 Spherical Ag의 함량에 따른 비교를 나타내었다. Spherical Ag의 함량이 많아질수록 T.I.는 낮아지지만 저장탄성률( $G'$ )이 높아져서 초기 선폭은 얇으나 인쇄매수가 증가할수록 선폭이 급격하게 증가했고 Flake Ag를 단독으로 제조한 페이스트에 비해 아령현상이 많이 발생함을 알 수 있었다.

#### 4. Ag 입자 형태 및 바인더의 분자량에 따른 접착성

Ag 페이스트를 스크린 인쇄로 전극 패턴을 형성한 후 Cross-cutting을 한 결과를 Table 7에 나타내었다. 패턴도막을 100개의 셀로 나눈 뒤 셀로 판 테이트로 떼어내어 셀이 떨어져나간 개수를 세어 접착력을 판단하였다. Flake 타입의 Ag 파우더를 사용하여 제조한 Paste (1)~(4)은 우수한 결과를 보였지만 Spherical 타입의 Ag 파우더를 첨가하여 제조한 Paste (5), (6)은 극히 부분적으로 테스트용 셀이 떨어지는 것을 확인하였다. 일반적으로 피인쇄체와 인쇄도막의 접착력은 인쇄방법, 건조방법, 바인더 수지의 특성에 의해 크게 좌우되지만, 이번 실험과 같이 다른 조건을 동일시 하였을 때에는 Ag파우더의 특성에 따라서도 접착력에 영향이 나타남을 알 수 있었다.

Spherical Ag 파우더에 비해 표면적이 넓고 두께가 얇아 패턴을 인쇄했을 때 상대적으로 더 많은 층을 이루고 접촉하는 면적이 넓은 Flake Ag 파우더를 단독으로 사용한 Paste의 접착력이 더 우수한 것을 알 수 있다.

Paste (5), (6)을 비교했을 때 Spherical Ag 파우더의 함량은 Paste (5)이 더 낮는데 아래의 Table 10.을 확인하였을 때 Spherical Ag 파우더의 함량이 낮은 Paste(5)의 접착력이 높은 것을 알 수 있다. 따라서 같은 분자량의 바인더 수지를 사용하였을 때 표면적이 작은 Spherical Ag 파우더의 함량을 늘일수록 접착력이 떨어지는 것을 알 수 있다.

**Table 7. 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)	100/100
Paste(4)	100/100
Paste(5)	97/100
Paste(6)	93/100

## 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 인쇄의 재현성이 저하되는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 연속인쇄에 적합한 용제 선정을 Fig. 19과 같은 방법으로 블랭킷 흡수배출 Test로 검토하였으며, 그 결과를 Fig. 22에 나타내었다.

용제의 종류에 따른 흡수 Test결과 Acetate계 용제와 Alcohol계 용제의 경우 흡수량이 적고 2시간 내에 흡수가 완료됨을 알 수 있다. 하지만 Glycol계 용제의 경우 흡수량이 비교적 많으며, 흡수 시간이 3시간이 지나도 계속적인 흡수를 진행함을 알 수 있다. Fig. 22를 참고하면 Acetate계 용제와 Alcohol계 용제의 경우 초기의 흡수량이 작다. 이는 연속 인쇄 시 인쇄 초반에 블랭킷에 의한 용제의 흡수량이 작아 초반의 에이징(패턴의 뜯김)이 작을 것으로 예상되며 시간이 지남에 따라서도 흡수량이 늘어나지 않고 작기 때문에 인쇄가 진행될수록 블랭킷에 흡수되지 못한 용제가 블랭킷 표면에 잔류하여 인쇄 시 패턴의 찌짐 현상을 유발 할 것으로 생각된다.

Glycol계 용제의 경우 초기 흡수 속도가 빠르기 때문에 초기 인쇄 도막의 용제를 블랭킷이 빠르게 흡수하여 도막 자체를 마르게 하여 세트 진행 시에 전이가 완벽하게 일어나지 않을 것으로 예상되어 에이징(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.

이번 실험에서 사용된 혼합용제의 경우 초기의 흡수속도가 빠르지 않고 시간이 지난 뒤에도 계속적으로 블랭킷에 의해서 흡수가 진행되므로 세 가지 용제의 장점을 취합할 수 있을 것으로 예상되어 진다.

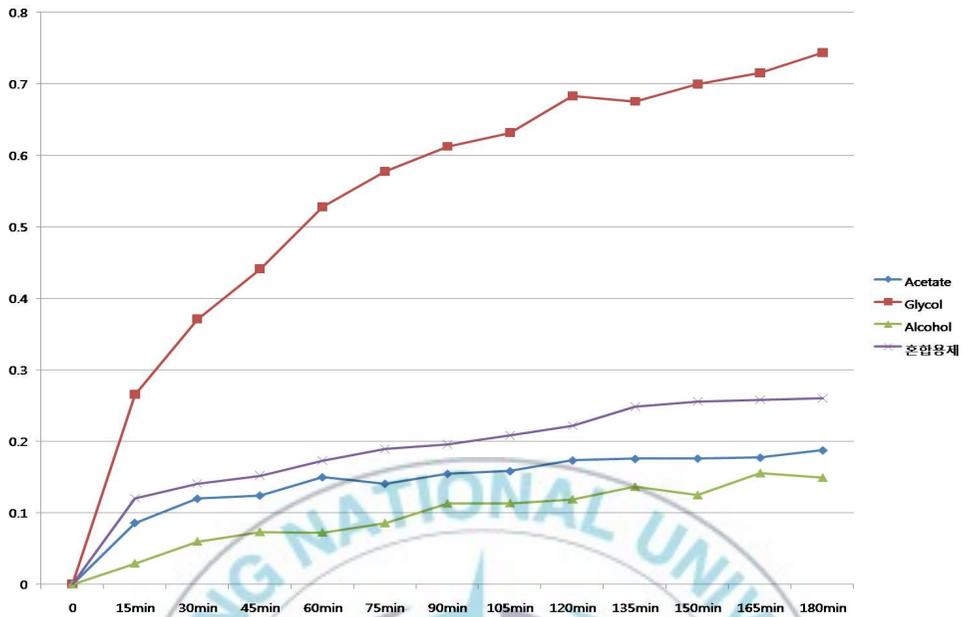


Fig. 22. Time Dependent of Absorptions for Ag Pastes

## 6. Ag 입자 형태 및 용제 함량에 따른 페이스트의 전기전도성

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 Flake A 를 단독으로 사용한 Paste (1)~(4)의 전도성이 Spherical B 타입의 Ag 파우더를 첨가한 Paste (5), (6)에 비해 더 높은 전기효율을 가지는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 Flake타입의 Ag 입자가 Spherical 타입의 Ag입자보다 인쇄된 전극 패턴에서 입자간의 접촉면적이 더 조밀하기 때문이다. Flake 입자들 간의 면 접촉이 Spherical

입자들 간의 선 접촉 보다 접촉 면적이 커지기 때문에 Ag 필러간의 도전 패스가 잘 형성되어 우수한 전기 전도성이 나타난 것으로 사료된다.

Paste (1)~(3)을 비교해보면 바인더 수지의 분자량이 높을수록 전도성이 우수했다. 또한 Paste (2), (4)를 비교했을 때 바인더 수지의 함량이 작을수록 전도성이 우수함을 알 수 있었고, Spherical Ag 입자를 첨가한 Paste (2), (5), (6)의 비저항을 비교해보면 Spherical Ag가 혼합된 페이스트보다 Flake Ag 단독으로 만들어진 페이스트가 전도성이 우수했다.

**Table 8. Conductivity of Patterns.**

Paste(1)	$4.4 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$	Paste(4)	$3.8 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$
Paste(2)	$4.1 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$	Paste(5)	$4.6 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$
Paste(3)	$3.7 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$	Paste(6)	$4.8 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$

## V. 결 론

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

1. Ag 페이스트의 분산성을 검토한 결과 본 실험에서 사용된 Flake Ag의 평균입자크기가  $1\sim 4\mu\text{m}$  임을 감안할 때 모든 페이스트가 1차 입자 크기로 고르게 분산 되었으며 바인더 레진의 평균 분자량이 클수록 분산성이 낮아지게 되고, Flake Ag를 단독으로 사용한 페이스트보다 Spherical Ag가 첨가되었을 때 분산성이 더 우수해지는 것을 확인할 수 있다.

2. Rheology 특성에 따른 Ag 페이스트의 인쇄 특성을 검토한 결과 강한 Thixotropy 거동을 보이고 점도가 높으면서 저장탄성률( $G'$ )이 높은 Flake A타입의 파우더를 단독으로 사용한 Paste (1)~(4)은 상대적으로 점도가 낮고 저장탄성률( $G'$ )이 낮은 Paste (5), (6)에 비해 인쇄초기에 미세패턴을 구현하기 쉽고 연속인쇄 시에도 Spherical Ag를 사용한 페이스트보다 패턴선폭 증가량이 작음을 알 수 있었다.

3. Ag 파우더 종류에 따른 인쇄 적성을 검토한 결과 Flake Ag를 사용한 Paste (1)~(4)보다 Flake Ag와 Spherical Ag를 혼합한 Paste (5), (6)의 패턴에 아령현상이 발생하는 것을 볼 수 있었다. 또한 Spherical Ag를 사용한 페이스트의 경우 Flake Ag를 단독으로 사용한 페이스트에 비해 접착력이 약한 것을 확인 할 수 있었다.

4. 수지의 분자량의 차이에 따른 인쇄 적성을 검토한 결과, 일정한 선폭을 가진 패턴을 인쇄할 때 상대적으로 분자량이 큰 바인더를 사용한 페이스트가 분자량이 작은 바인더를 사용한 페이스트에 비해 전기전도성이 더 우수한 것을 알 수 있었다.

5. 인쇄된 패턴의 형상을 비교하였을 때, 상대적으로 분자량이 큰 바인더를 사용한 Paste (3)의 경우 연속 인쇄 시 패턴의 폭이 점차 얇아지는 것을 확인 할 수 있었고, 페이스트의 분자량이 작을수록 연속인쇄 시 패턴의 폭이 점차 증가하는 것을 확인 하였다. 이번 실험에서는 Paste (2)의 저분자 바인더와 고분자 바인더를 1:1로 혼합한 페이스트의 인쇄물의 경우 인쇄과정에서 선폭의 변화가 가장 적은 것을 확인 할 수 있었다.

위의 5가지 결론으로부터 Flake A 타입의 Ag 파우더를 단독으로 사용하고 FPE-307과 FPE-109의 수지를 1:1로 혼합하여 제조한 T.I. 수치가  $5/50=4.77$ 에 점도가 5210(50rpm)인 Paste(2)가 가장 우수함을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. 김충환, 인쇄전자를 위한 몰투몰 그라비아 오프셋 인쇄 장비, 대한기계학회 춘추학술대회, p. 1940~1945
2. 김광영, 남수용, 김상진, 이정한, 손경천, 박창원, 조정대, Gravure offset법에 의한 미세패턴 전극 형성기술 개발, 한국정밀공학회 2010년도 추계학술대회논문집, p71~72
3. 황보혁, 미세패턴 형성을 위한 그라비아 오프셋용 Ag Paste의 제조와 물성 연구, 부경대학교, 석사학위논문(2012)
4. 노재호, 이택민, 조정대, 김동수, 블랑켓 두께에 따른 그라비아 오프셋 신뢰성에 대한 연구, 한국정밀공학회 2009년도 추계학술대회논문집, p209~210
5. 이승현, 남기상, 이택민, 윤덕균, 조정대, 그라비아 오프셋 프린팅 공정에서의 잉크전이 메커니즘 해석 연구, 한국정밀공학회지 제28권 10호 pp1146~1152
6. 김상진, 그라비아 오프셋 인쇄용 Ag Paste의 제조 및 물성연구, 부경대학교, 석사학위논문(2012)
7. 광민기, 스마트폰용 터치 기술 동향, Semiconductor Insight(2010)
8. 알앤디비즈(주)(2005), 플렉시블 디스플레이 기술 및 업체동향, 알앤디비즈, p5~7
9. 한국전자정보통신산업진흥회(2008), 터치 패널 시장 동향, 한국전자정보 통신산업진흥회, p3
10. 권지인, 원임순 (2008), 터치스크린 패널 시장 현황 및 국내업체에 대한 시사점, 정보통신정책 Vol 20, No. 13,
11. 최주완, 신진국 (2008), 인쇄전자 기술개발 동향, 전기전자재료, Vol 21, No. 6, p11~19.

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, 제19권, 1호, pp36.
15. J. Widoniak, S. Eiden-Assmann, G.Maret(2005), Silver particles tailoring of shapes and sizes, Colloides and Surfaces A, 270~271, pp340~344.
16. 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.
17. F. Higashi, C. S. Cho, H. Kakonoki, and O. Sumita(1997), J. Polym. Sci., Polym. Chem. Ed 15, p2303.
18. Thomas G. Mezger(2002), The rheology handbook, Willian Andrew publishing, p13~22.
19. 김광웅, 황의정, 고분자 레올로지, 문운당, p16~19.
20. 村野俊次, "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, p 62-86, (2005)
21. Toshiyuki Honda, Application of the electrically conductive ink for lectronics componets, 日本印刷學會志, Vol 40, No. 1, pp24~32, (2003)
22. M. Lathi, S. Leppävuori, V. Lantto(1999), Gravure-offset-printing

technique for the fabrication of solid films, applied surface science142, p367~370.

23. K. B. Gilieo(2006), Rheology and surface chemistry, Coating technology handbook, p1~11.

