

실버페이스트의 건조특성에 관한 실험연구

Experimental Study on Characteristics Analysis for Dry and Curing of Silver Paste

*#김 광영¹, 조정대¹, 윤성만¹, 유종수¹, 이택민¹, 남수용²

*#K. Y. Kim(kykim@kimm.re.kr)¹, J.D.Jo¹, S.M.Yoon¹, J.S.Yu¹, T.M.Lee¹, S.Y.Nam²

¹한국기계연구원 인쇄전자연구실, ²부경대학교

Key words : Silver Paste, Screen Printing, Dry, Curing

1. 서론

현재 기능성 페이스트를 사용한 인쇄전자 소자의 제작에 있어 박막 필름 표면의 편평도, 화학적 내구도, 안정된 온도분포 등에 의한 건조 및 경화에 대한 문제점 등이 많이 나타나고 있으며, 이러한 문제점을 해결하는 것이 매우 중요하다. 박막을 플라스틱 필름에 프린팅 하는 경우에 나타날 수 있는 문제점으로 shrinkage, bending, strain, delamination, crack, film peeling, long-term fatigue 등이 있으며 현재 건조, 경화의 방식으로는 열풍, 적외선, 레이저, UV 등이 프린팅에서 많이 이용되고 있다. 필름에 프린팅 된 박막 표면으로 부터의 건조 과정은 박막표면으로부터의 물질 및 열전달뿐만 아니라 박막 층 내에서의 열 및 물질전달의 복잡한 과정에 의존한다. 페이스트, 필름 및 인쇄의 조건에 맞는 최적의 건조 장치의 운전 조건을 만들어 주는 것이 소자의 생산에 매우 중요하다. 폴리머 필름의 성형 및 건조에 대한 몇몇의 연구가 있으나^{1,2} 페이스트의 건조 상태에 대한 명확한 측정방법 및 건조 상태를 판단할 수 있는 변수의 기준이 없는 상태이며, 현재에는 전기적인 특성(비저항 측정), 물리적인 특성(접착성, 표면경도), 표면 형상 등을 가지고 평가하고 있는 실정이다. 건조와 관련된 변수의 결정을 위해 인쇄된 페이스트의 무게 변화를 이용하여 건조 상태를 판단하는 측정방법³, 광학 측정법을 이용하여 입자의 브라운운동 측정을 통해 건조 상태를 판단하는 방법에 대해 연구가 이루어지고 있다.

수 mm 또는 수십 mm 입자 사이즈를 가지는 나노 페이스트의 가장 큰 문제점은 저온, 고속건조가 어려운 것이 현실이며, 페이스트의 입자가 작을수록 건조시간이 더욱 길어지고 건조 온도도 상승하

게 된다. 소자의 특성 향상과 생산성성을 높이기 위하여 최적의 인쇄 속도에 대한 고속건조 조건의 동기화가 필요하다.

따라서 프린팅에서 건조조건을 확립하고 건조기 설계를 위한 기초연구로 상용의 페이스트를 구입하여 프린팅 및 건조 실험을 수행하고 그 특성을 측정하여 최적의 프린팅조건과 장치설계에 활용하고자 실험적 기초연구를 수행하였다.

2. 페이스트 및 프린팅

프린팅에 사용한 페이스트는 70-80%의 은 나노 입자를 포함하고 있는 상용화된 제품을 사용하였으며, 사양은 Table 1에 정리하였다.

사용한 기계는 반자동의 스크린 프린팅 장치로써 500 mesh SUS 체판을 사용하고 페이스트는 인쇄 전에 충분히 교반하여 PET 필름 위에 박막으로 인쇄하였다. 인쇄한 시료는 1-5분 까지 dry oven과 hot plate를 사용하여 건조하고 접착성, 표면경도, 면저항, 표면거칠기 등을 측정하였다. Table 2는 스크린인쇄공정조건을 나타낸다.

Table 1 Specification of Ag paste

고형분	particle size	viscosity	specific resistance	Curing temp.
70~80%	nano particle	100,000 ±50,000	0.7 ~ 2.5 X 10 ⁻⁴ Ω · cm	150℃ /30~60min

Table 2 Process of screen printing

도포속도	인쇄속도	인쇄압력
50 mm/s	50 mm/s	2.0 kgf

3. 건조실험결과

PET 필름에 페이스트를 스크린 인쇄하고 dry oven과 hot plate에서 건조온도 140℃의 일정한 온도를 유지하여 5분까지 건조한 시료를 가지고 접착성, 표면경도, 면저항, 표면거칠기 등을 테스트한 결과는 Table 3-6이다.

접착성테스트는 시료에 대하여 크로스커팅하고 3M610테이퍼(600g)를 사용하여 측정한 결과 dry oven과 hot plate 모두 시간에 관계없이 양호한 상태를 나타내었으며, 연필경도계로 측정한 표면경도에서는 1분 건조한 것 보다 5분 건조한 시료가 경도가 높게 측정되었다. 비저항은 4-point probe를 이용하여 측정하였으며, 건조시간이 늘어남에 따라서 저항 값은 현저히 감소하였으며, 표면거칠기 테스트는 dry oven의 건조보다 hot plate에서 건조한 시료가 좋게 나타났으며, 5분 건조가 가장 좋게 나타나고 있다. 이것은 건조에 따른 유기용제의 증발에 기인한 것으로 판단된다. 비저항 값의 측정 결과를 살펴보면 hot plate에서 건조한 시료가 dry oven에서 건조한 시료보다 저항이 높게 측정되는 것을 확인할 수 있는데 이것은 건조 메카니즘의 차이에 기인한 것으로 판단된다. Dry oven의 경우는 대류와 전도에 의한 열전달에 의해 건조가 이루어지는 반면 Hot plate는 전도에 의한 열전달이 지배적으로 작용하기 때문이다.

4. 결론

플라스틱 필름 위에 박막의 필름을 인쇄하여 건조에 대한 기초실험을 수행한 결과 건조평가를 규정할 수 있는 특성을 확립하기에는 부족한 결과이며 향후 계속적인 다양한 많은 실험연구, 즉 건조방식의 변화에 따른 건조 및 건조와 관련된 변수 측정법의 다양화를 통해 고속 건조 조건을 확립하여 건조의 상태를 판단할 수 있는 유용한 지표를 확립할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Hansen,C.M." A Mathematical Description of Film Drying by Solvent Evaporation",J.Oil Colour Chem., Assoc.51,27,1968
2. N.Rameshand J.L.Duda,"Analysis of a Gap Dryer Used to Produce Polymer Films and Coatings" .,AIChE Journal Vol.47,No5,972,2001

3. 양시영, 대한기계학회 2005년도 춘계학술대회 논문집,2027-2032,2005

Table 3 Test of bonding strength

시간 건조방식	1 min.	3 min.	5 min.	비고
Dry oven	100/ 100	100/ 100	100/ 100	Cross-cutting test(KSM ISO15184)
Hot plate	100/ 100	100/ 100	100/ 100	Cross-cutting test(KSM ISO15184)

Table 4 Test of surface hardness

시간 건조방식	1 min.	3 min.	5 min.	비고
Dry oven	3H	3H	3H(4H)	연필경도계 (KSM ISO 240P)
Hot plate	3H	3H	3H(4H)	연필경도계 (KSM ISO 240P)

Table 5 Test of sheet resistance

시간 건조방식	1 min.	3 min.	5 min.	비고
Dry oven	260 mΩ	20 mΩ	2 mΩ	4 point probe(KSL 1619) kehay 2002 system /Keithley
Hot plate	550 mΩ	490 mΩ	34 mΩ	

Table 6 Test of surface roughness

시간 건조방식	1 min.	3 min.	5 min.	비고
Dry oven	974 nm	450 nm	555 nm	써프테스터 SJ-400 /Mitutoyo
Hot plate	492 nm	490 nm	580 nm	