

스크린인쇄조건에 따른 후막인쇄물의 잉크층 두께에 관한 분석

임규진, 이암*, 신종순**

한국기계연구원, 세원스크린테크*, 중부대학교 정보매체공학부**

(2002년 8월 12일 접수, 2002년 9월 30일 최종본 접수)

Analysis of the Effect of Screen Printing Variables on Thick Film Thickness

Kyu-Jin Lim, Arm Yi, Jong-Soon Shin***

Korea Institute of Machinery and Materials, Saewon Screen Tech*,
Department of Information Media Engineering, Joong-Bu University**

(Received 12 August 2002, in final form 30 September 2002)

Abstract

Four screen mesh counts of 100, 150, 200, and 305 threads per inch are chosen and a designed test figure is exposed on them for printing experiment to measure the ink deposit thickness. Among a number of variables, the ink viscosity, the screen gap and the squeegee pressure and speed are estimated with their effected thickness. These variables affect as much as around 50% compared with the theoretical ink volume listed by the mesh manufacturer and each variable has different influence on the thickness. The data and graphs have been analyzed for the thick film production.

1 서론

다른 인쇄방식과 달리 수십 마이크론의 두꺼운 잉크층을 인쇄할 수 있다는 특징 때문에 스크린 인쇄는 PCB, 전도체, 저항체, 유전체 등 후막전자제품 생산에 널리 쓰이고 있다. 특히 전도층, 유전층 및 발광층 등이 후막적층으로 인쇄되어 생산되는 무기EL램프는 금후 휴대폰, 자동차 명판 및 각종 전자장치의 백라이트로 널리 쓰일 것으로 전망되고 있어 이 방면으로 사업을 개척하고자 하는 스크린 인쇄 업체로서는 정확한 잉크층 두께의 인쇄는 이제 피할 수 없는 과제라고 할 것이다.

잉크층 두께에 영향을 주는 가장 큰 인자는 스크린 망사, 잉크, 피인쇄체 그리고 유제층의 선택에 있다. 스퀴지의 압력, 각도, 속도 및 경도, 그리고 홀더에 물린 스퀴지 길이 등의 영향도 두 번째로 고려되어야 할 주요 인자라고 할 수 있다. 일정 두께를 얻기 위하여는 스크린 망목수와 유제층 두께의 정확한 선택과 도포가 우선적이긴 하다.⁴⁾ 그러나 스크린 망사 제조 공급사 별로 망사 선택에 따른 이론적 잉크층 두께 자료를 제시하고 있고⁵⁾⁶⁾ 잉크층 두께에 관한, 여러 가지 이론적 접근이 있어 왔으나⁴⁾⁷⁾⁸⁾¹²⁾ 실제적인 측정정치와 비교하면 편차가 많다는 것이 밝혀졌다.⁴⁾⁹⁾¹⁰⁾ 같은 스크린 망사를 가지고 인쇄하여도 스퀴지 압력이 높으면 잉크층이 얇아지고 스퀴지 속도를 빠르게 하면 두꺼워지며 잉크의 점도가 낮으면 얇은 잉크층 형성에 유리하고 점도가 높아지면 스퀴지 속도를 느리게 해야 양호한 인쇄층이 형성되는 등 인쇄작업 프로세스 조건들에도 어느 정도 잉크층이 변화하기 때문에⁸⁾¹¹⁾¹³⁾ 정확하고 균일한 잉크층을 얻기 위하여는 이에 대한 많은 데이터와 그래프가 필요하다. 그러나 문헌과 정보 상에는 위와 같은 내용의 기본적인 설명만 있을 뿐이어서 실질적인 생산작업에는 미흡하다. 이런 이유로 차제에 인쇄기상에서 각 변수들의 영향을 실험을 통하여 확보하고 분석한 것이다.

2 실험

2-1 스크린 제판

스크린 망목은 폴리에스테르의 평직으로 305, 200, 150, 100 threads per inch의 4종류를 골랐다. 그 이유는 305#는 자동차용 계기 명판 생산을 위하여 항상 사용하던 것이어서 스퀴지 운전조건에 따른 인쇄품질 상태를 파악하고 있어 표준과 수준차이를 쉽게 판단할 수 있었기 때문이다. 200#, 150#, 100#는 수십 마이크론급의 후막인쇄물로서 인쇄패턴의 품질이 또한 수준급으로 요구되는 제품에 흔히 적용되는 망목은 100#~200#에서 선택하기 때문이었다.

Table 1. Data of the screen meshes experimented.

Mesh count		Wearing	Thread Diameter	Fabrics Thickness	Opening	Opening Area	Theoretical Ink Volime
per cm	per inch	Plain/Twill	μm	μm	μm	%	cm^3/m^2
P120T	305T	PW	35	53±2	48	34	17.8
P79T	200T	PW	55	84±2	72	32	27.0
P59T	150T	PW	55	88±2	114	46	40.1
P39T	100T	PW	71	122±2	183	52	63.3

그 외의

스크린 제판은 다음과 같이 제조되었다.

Table 2. Estimation of the screen.

screen mesh	망사측정 두께(μm)	유체층두께 (μm)	실제tension (N/cm)
305	47	31	28
200	63	42	24.5
150	81	59	24
100	113	76	24.5



Fig. 1. Test design (1/3reduced)

유체는 영국 Autotype International PTE.Ltd의 Autosol Plus II

2-2 스퀴지 등 인쇄변수

스퀴지에 해당하는 변수들은 스크린에 맞는 각도, 홀더 밖으로 나온 유연한 길이, 경도, 스퀴지 날의 모양, 압력, 훑는 속도 등 여러 가지를 바꾸어 그 경향을 실험할 수 있으나 우선적으로 압력과 속도를 운전 변수로 취하였다.

Table 3. Constant variables of the printing experiment.

constant variables	specifications
squeegee attack angle	holding 45°
squeegee hardness	72±2°shore
squeegee free length	30.9 mm
squeegee edge shape	plain
squeegee width	61 cm
parallelism of squeegee/screen/substrate assembly	parallel
substrate	polycarbonate (한화 Glastic PC sheet CCL500, 0.5 mm Thickness)

스퀴지의 압력, 스퀴지의 속도 외에 스크린과 피인쇄체(PC)간의 간격인 스크린 갭, 잉크 도포밀대(flood blade)의 속도와 잉크의 점도를 운전 변수로 취하여 4 종류의 스크린 망사에 대하여 다음과 같이 각 변수의 수준을 정하였다. 각 변수에 대한 이수준은 그 동안의 현장 작업표준과 후막인쇄에서 통용되는 일반적인 허용한계를 참고하여¹⁰⁾ 정하였다. 다만 잉크도포 밀대는 일단 스퀴지 속도와 똑같이 하였다.

Table 4. Variables and levels of the print experiment.

Process variables	levels			
Screen mesh count (threads/inch)	① 305			
	② 200			
	③ 150			
	④ 100			
Ink viscosity (poise) Brookfield RV/DV-E 6# spindle at 22±1°C	#305황색잉크	#200초록잉크	#150청색잉크	#100검정잉크
	① 235	① 527	① 468	① 504
	② 90	② 246	② 232	② 152
	③ 50	③ 147	③ 134	③ 82
Screen gap (mm)	① 3			
	② 5			
Squeegee pressure (level)	① 3 in Minong MSP8060 GN			
	② 12			
Squeegee speed (cm/sec)	① 19			
	② 43			
	③ 81			

인쇄실험은 Table 5 와 같이 스크린 망사×잉크점도×스크린 갭×스퀴지 압력×스퀴지 속도로 각 수준마다 실시한 실험 프로세스는 $4 \times 3 \times 2 \times 2 \times 3 = 144$ 회로써 각 프로세스마다 3 개의 인쇄 시료를 채취하였다. 실험인쇄기는 Minong Corp.Ltd.의 MSP8060GN을 사용하였다. 건조한 잉크층 두께는 디지털 마이크로메타(Mitutoyo Digimatic Indicator 543-690B)로 측정하였고 충분히 건조후 (100℃:3분→70℃:30분) 고형분 함량으로 Wet Ink Thickness를 역산하였다.

3 결과 및 고찰

3-1 이론적두께와의 편차

건조경화된 인쇄 잉크층을 디지털 마이크로메타로 측정할 때 민판 인쇄부분 중 일정 위치를 정하여 인쇄결과를 모두 측정하였다. 3개의 샘플을 각 실험번호 마다 측정하였다. 측정기의

Table 5. An experiment procedure with 305 tpi mesh

실험번호 (스크린망사305#)	황색잉크점도 (poise)	스크린 겹 (mm)	스퀴지 압 (level)	스퀴지 속도 (cm/sec)
1	235	3	3	19
2				43
3				81
4			12	19
5				43
6				81
7		5	3	19
8				43
9				81
10			12	19
11				43
12				81
13	90	3	3	19
14				43
15				81
16			12	19
17				43
18				81
19		5	3	19
20				43
21				81
22			12	19
23				43
24				81
25	50	3	3	19
26				43
27				81
28			12	19
29				43
30				81
31		5	3	19
32				43
33				81
34			12	19
35				43
36				81

오차변동($\pm 1.5\mu\text{m}$)을 고려하지 않고 수차례 반복에도 같은 디지털 표시값으로 잉크층 두께를 정하고 젖은 잉크층으로 역산하였다. 이 값과 스크린 망사 메이커가 제시한 이론적 잉크층 두께와 비교하였다.(Table. 6) 메이커가 제시한 이론적 잉크 두께와 인쇄 실험한

실제 잉크두께를 비교해 보면 모두 이론치보다 얇은 잉크층으로 인쇄되었다. 이는 O.M.Hohl등¹⁴⁾⁷⁾¹²⁾¹³⁾의 측정결과와 경향이 같다고 할 수 있다. 편차는 그들이 측정한 값보다 큰 약 50%내외 인것으로 나타났다.

Table 6. Deviation from theoretical ink thickness.

스크린 망사 (tpi)	메이커가 제시한 이론적 잉크 두께 (μm)	실제 잉크 두께 (μm)	편차 (max. %)	메이커가 제시한 망사 두께 (μm)	실제 측정된 망사 두께 (μm)
305	17.8	12 \pm 2	44	53 \pm 2	47
200	27.0	18 \pm 8	63	84 \pm 2	63
150	40.1	35 \pm 8	33	88 \pm 2	81
100	63.3	45 \pm 13	48	122 \pm 6	113

3-2. 스크린 망사별 잉크층 두께

자동차 계기명판 인쇄용으로 주로 사용하는 305tpi는 잉크층 두께보다 색상과 패턴의 선 예성 등 일반 인쇄효과를 우선시하면서 스크린 인쇄의 두툼한 질감, 불투명도를 부가적 품질로 획득하기 위하여 사용하는 것이다. 실험에서는 다른 두꺼운 스크린 망사와 비교하기 위하여 채택한 것인데 잉크의 점도, 스크린갭, 스퀴지압 및 스퀴지 속도에 관계없이 잉크층 두께는 일정한 것으로 나타났다. 후막인쇄시 적용한다면 12 \pm 2 μm 잉크층의 두께를 어느 운전 변수에서나 안정적으로 구할 수 있어 두께 이외의 원하는 인쇄품질상태를 보면서 운전 변수를 용이하게 선택할 수 있다

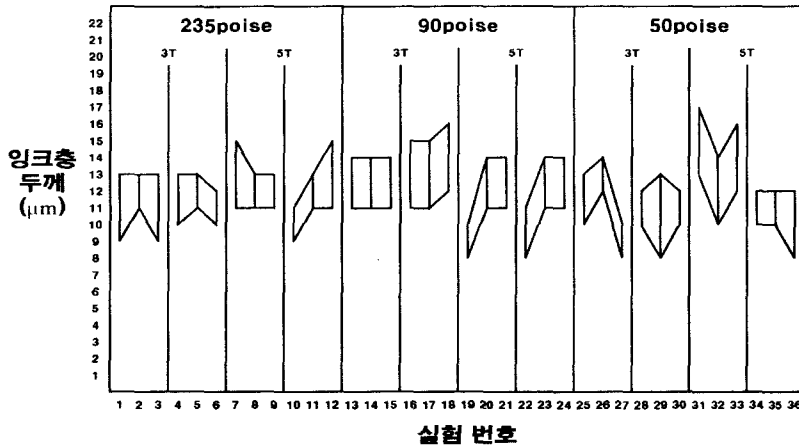


Fig. 2. Experiment number vs. ink deposit thicknesses on 305 tpi

200tpi에서부터 100tpi까지의 스크린에서 잉크층 두께를 그래프에 나타낸 결과, 잉크점도, 스크린 맵과 스퀴지 압 조건에 관계없이 속도가 증가하면 대부분 잉크층 두께가 두꺼워지는 경향을 보였다. 이 경향은 200tpi에서는 저점도일때만 뚜렷하였다. 그러던 것이 150tpi에서는 속도의 증가에 따라 어느 점도에서나 일반적으로 잉크두께가 증가하였고 100tpi에서는 속도

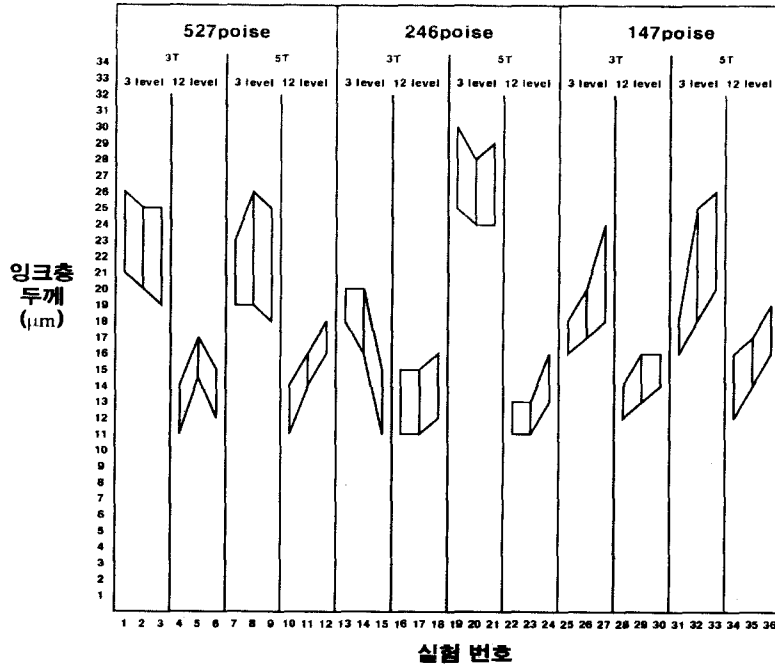


Fig. 3. Experiment number vs. ink deposit thicknesses on 200 tpi

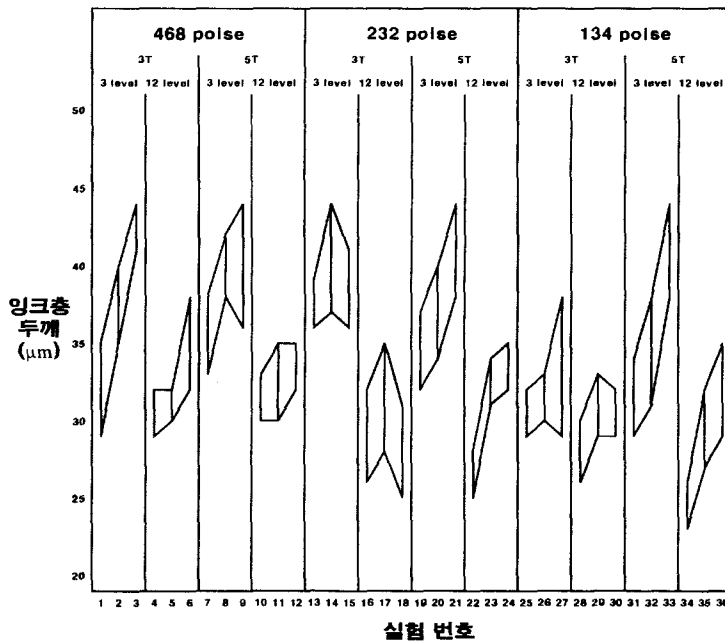


Fig. 4. Experiment number vs. ink deposit thicknesses on 150 tpi

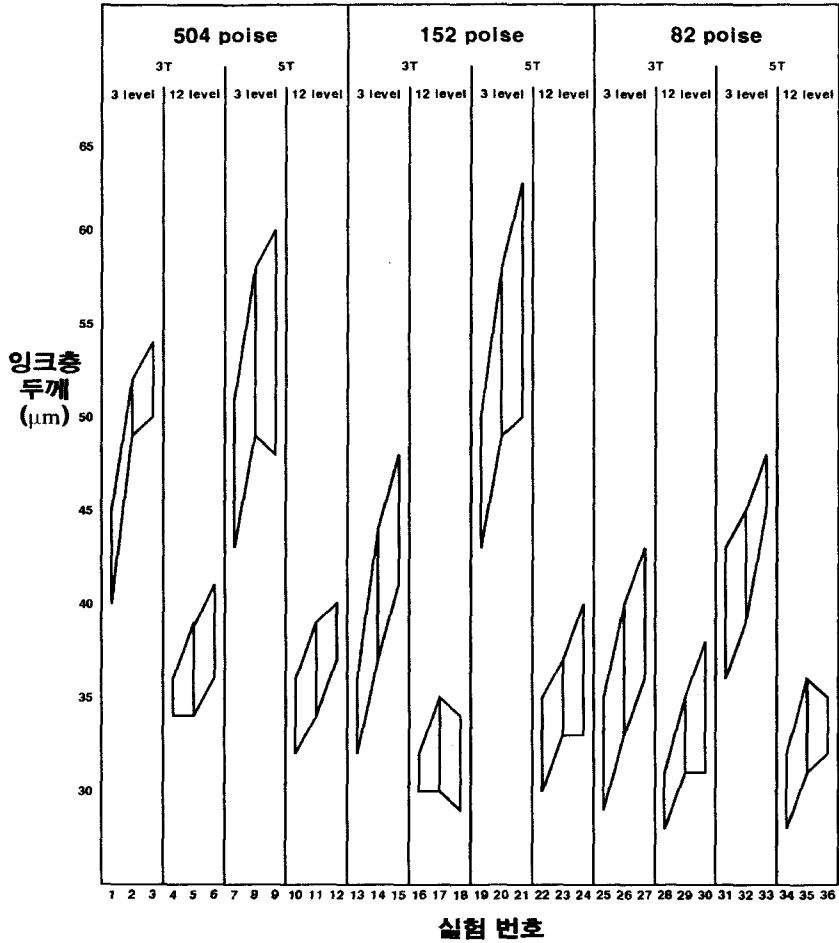


Fig. 5. Experiment number vs. ink deposit thicknesses on 100 tpi

의 증가에 따라 모든 조건에서 뚜렷하게 잉크두께가 증가하였다. 이로써 망사가 굵어지고 opening area가 넓어지면 스퀴지 속도증가에 따라 잉크층이 많이 채워지고 많이 내리는 것을 알 수 있다. 속도의 증가는 2배 그리고 4배로 처음 속도를 증가시켜 모든 실험을 수행하였다. 그러나 속도에 영향받기 시작한 인쇄는 잉크층 두께가 10%씩 증가하였을 뿐이다. 예상대로 200tpi~100tpi에서 모두 스퀴지압에 따라 잉크층 두께가 크게 차이 났다. 스퀴지 압력이 세면 그만큼 잉크층은 얇아 졌다. 낮은 압력에서 30 μ m이던 것이 높은 압력에서는 13 μ m으로 얇아진 경우를 최고치로 하여 보통 30%정도는 얇아짐을 볼

수 있다. 100tpi에서는 504poise와 152poise 잉크점도의 경우 스퀴지 압력에 따라 $63\mu\text{m}$ 이던 것이 $40\mu\text{m}$ 로 떨어지는 것처럼 압력에 따라 $20\mu\text{m}$ 정도 얇아짐을 알 수 있다. 그 정도도 3T에서 5T로 스크린 간격이 벌어지면 좀 더 커짐을 볼 수 있다. 따라서 스크린 갭 또한 어느 정도 잉크층 두께에 영향을 준다고 하겠다. 스크린 간격을 더 벌려주면 잉크층 두께차가 스퀴지 속도 증가에 따라 더 영향받게 된다. 즉, 간격이 좁을 때 보다 벌어지면 속도 증가에 따라 잉크층 두께 증가가 좀더 커짐을 알 수 있다. 또한 스크린 간격을 더 벌려주면 스퀴지 압력차가 잉크층 두께차를 더 나게 함도 알 수 있다. 이와 같이 스크린 갭은 스퀴지 속도와 압력의 효과를 증가시킨다고 하겠다.

잉크점도의 영향은 305tpi와 200tpi에서 별로 나타나지 않았다. 그러나 150tpi에서 부터는 고점도가 저점도보다 잉크층 두께가 큰 양상을 보였고 100tpi에서는 그것이 더 확실하게 나타났다. 100tpi의 82poise에서 잉크층 두께는 152poise때 보다 $10\mu\text{m}$ 낮아 22%차이를 보였다 (at 5T, 3 level). 504poise때보다는 20% 낮은 값이다.

4 결론

두꺼운 잉크층 인쇄를 이용한 EL램프등 전자제품을 생산하기 위하여는 정확하고 균일한 잉크층 두께의 스크린 인쇄조건이 매우 중요하다. 그러나 막연히 스크린 망사 제조처가 제공한 이론치를 의존할 수는 없다. 실제 두께 편차가 50%정도 나기 때문이다. 망사가 두꺼워 질수록 그 차이는 커지며 인쇄조건에 따라서도 다르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 같은 망사 상에서도 스퀴지 압력 > 잉크점도 > 스퀴지 속도 > 스크린 간격 순으로 잉크층 두께가 영향을 받는다. 이런 운전 변수 역시 망사가 더 두꺼워 지면 더 크게 잉크층 두께에 영향을 주고 있다. 스크린 인쇄에 의한 전자적 특성값을 허용오차내에서 정밀하게 생산한다는 것은 이런 변수에 대한 잉크층 두께의 충분한 검증이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- (1) www.graphicsolutionsinc.com/elo.htm, "Electronic-luminescence (July 12, 2002)"
- (2) www.dupont.com/mcm/luxprint/newlight.html, "Electrolumnescent Lamps for

Backlights and Animation Signs"

- (3) www.dupont.com/mcm/luxprint/about.html, "EL Lamp Market"
- (4) www.sgia.org/db/member/spdf_pdfs/estimate.pdf, "Estimating Ink Deposit in Screen Printing: Improving Your Accuracy"
- (5) www.g-e-m.com/info/idust/table.html, "Table 1,2,3 for Nylon Mesh, Polyester Mesh, Stainless Steel Mesh"
- (6) Specifications of Screen Printing Materials, (주)삼본스크린 간
- (7) www.mse.eng.ohio-state.edu/course/coursewebpages/659_h/lectures/ThickFilmTech_file/frame.htm, "Wet film thickness(tw) and fired film thickness can be estimated"
- (8) www.4hcd.com/docs/HEN201.htm, "Determining Print Thickness"
- (9) www.sgia.org/db/member/sptf_pdfs/wetdry_1.pdf, "A Guideline to Wet and Dry Ink Deposit Measurement Methods"
- (10) www.g-e-m.com/info/indust/indust4.html, "Screen Printing for the Industrial User"
- (11) www.dek.com/homepage.nsf/dek/screenprint_setup.html, "Squeegee Force and Speed", [_printer.html](#), "Table 3,4,5"
- (12) www.hybridscrn.com/screen_info.htm, "Wet Print Thickness"
- (13) www.g-e-m.com/info/indust/indust10.html, "Print Thickness"
- (14) www.marubeni-sunnyvale.com/sp_ls_77a.html, "LS-77A Specifications"