

표면 접촉각 제어를 통한 마이크로 그라비아 오프셋 프린팅에서의 유체 전이에 관한 실험적 연구

Experimental Study of Liquid Transfer at the Micro-gravure-offset Printing by Controlling the Surface Contact Angle

*강현욱¹, #성형진¹, 이택민², 김동수²

*H. W. Kang¹, #H. J. Sung¹ (hjsung@kaist.ac.kr), T. -M. Lee² and D. -S. Kim²

¹KAIST 기계공학과, ²한국기계연구원 나노기계연구본부 PEMS 팀

Key words : Gravure offset printing, Ink transfer, Liquid transfer, Contact angle

1. 서론

최근 미세 전자회로를 저렴하게 대량 생산하기 위해 롤투를 인쇄 공정을 활용하는 PEMS (Printed Electro-Mechanical System) 공정에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 여러 인쇄 기술 중에서 전통적 인쇄매체를 출력하는 기술로 널리 사용되어온 그라비아 오프셋 인쇄기술에서의 잉크 전이에 관한 연구를 수행하였다. 그라비아 오프셋 인쇄공정에서의 잉크 전이과정은 plaste cylinder 의 패턴 내에 유입된 잉크가 blanket cylinder 로 전이되는 과정과 blanket cylinder 에 전이된 잉크가 다시 substrate 로 전이되는 두 번의 전이과정을 갖는다 (Fig. 1). 본 연구에서는 이러한 잉크의 전이과정에서 전이 관계 요소들의 표면 접촉각이 잉크 전이 성능에 미치는 영향에 대해 알아보려고 한다. 이를 위해 잉크 전이 과정을 두 기관 사이의 유체 전이 과정으로 모사하고, 이를 실험적 방법을 통하여 전이 성능에 대해 분석해 보았다.

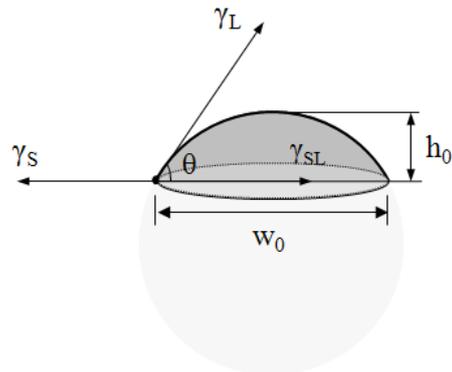


Fig. 2 Geometry of the droplet cross section; point shape droplet.

$$\gamma_L \cos \theta = \gamma_S - \gamma_{SL}, \quad (1)$$

본 연구에서는 다양한 접촉각을 얻기 위하여 표면 코팅 (surface coating), 플라즈마 표면처리 (plasma surface treatment), 계면 활성제 (surfactant), EWOD (electro-wetting-on-dielectric) surface 등을 실험적으로 고려하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

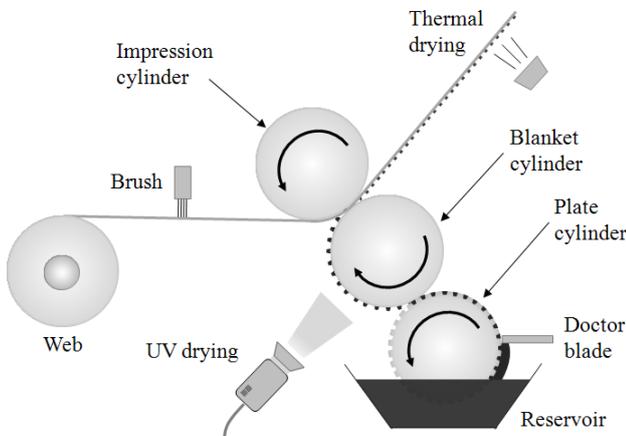


Fig. 1 Schematic of a typical micro-gravure-offset printing process.

2. 표면 접촉각

표면 접촉각 (surface contact angle)은 유체가 고체 표면 위에 놓여질 때 발생한다 (fig. 2). 이는 열역학적 평형 (Thermodynamic equilibrium)에 의해 분석되며, 유체, 고체, 기체의 세 가지 상이 접촉점 (contact point)에서 화학적 퍼텐셜 (chemical potential)의 평형을 이루게 된다. 각각의 계면에서의 에너지는 다음과 같이 표현하였으며, γ_S (surface tension of the solid), γ_L (surface tension of the liquid), γ_{SL} (interfacial tension between the solid and the liquid), 평형 관계식은 다음과 같이 표현된다.

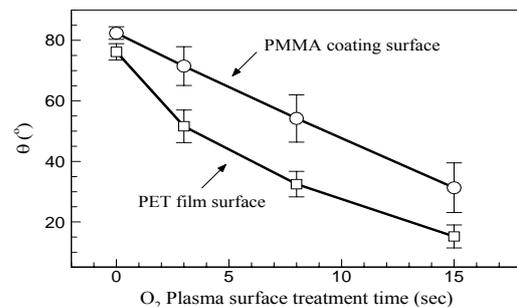


Fig. 3 Contact angle depending on the plasma treatment time.

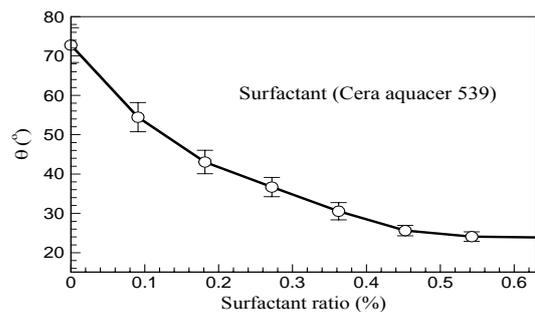


Fig. 4 Contact angle depending on the surfactant ratio.

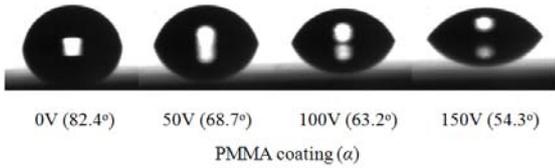


Fig. 5 Pictures of sessile drop on the electrowetting-on-dielectric depending on the applied voltage (PMMA coating surface).

3. 실험 설계

두 기판 사이의 잉크 전이에 관한 실험적 접근을 위하여 Fig. 6 과 같이 실험 장치를 구성하였다. 실험은 실험 장치에 설치된 두 기판에 일정한 접촉각을 가지는 필름을 설치한 후, 두 필름 사이에 유체를 놓고 기계적 장치를 통하여 윗판을 아랫판 쪽으로 이동하여 유체와 기판을 접촉시키고 다시 윗판을 위 쪽으로 이동시킨다. 이때 일어나는 잉크 전이 과정을 고속 카메라를 통하여 관찰하고, 측정된 결과를 바탕으로 각 평면의 접촉각에 따른 유체 전이율을 측정하였다.

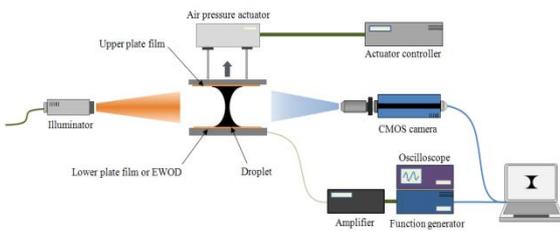


Fig. 6 Schematic of experimental setup

4. 실험 결과

다양한 접촉각에 따른 두 기판 사이에서의 유체 전이 결과를 Fig. 7 에서 살펴볼 수 있다. 실험 결과는 윗면의 접촉각이 감소할수록 유체의 전이율이 증가하게 되며, 또한 아랫면의 접촉각이 증가할수록 유체의 전이율이 증가함을 보이고 있다. Fig. 8 은 실험을 통하여 관찰된 유체 전이 과정이며, 접촉각의 변화에 따른 접촉면과 유체 전이율의 차이를 볼 수 있다. Fig. 9 는 표면 접촉각이 같은 두 기판 사이에서의 유체 전이율을 보이고 있으며, 접촉각의 크기가 작아짐에 따라 이론값에서 멀어짐을 알 수 있다. 이는 동적 표면에너지의 증가와 같은 외적 영향의 증가에 따른 것으로 분석된다.

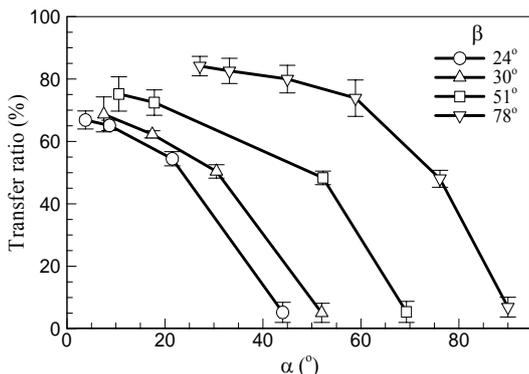


Fig. 7 Variation of the transfer ratio with the surface contact angle.

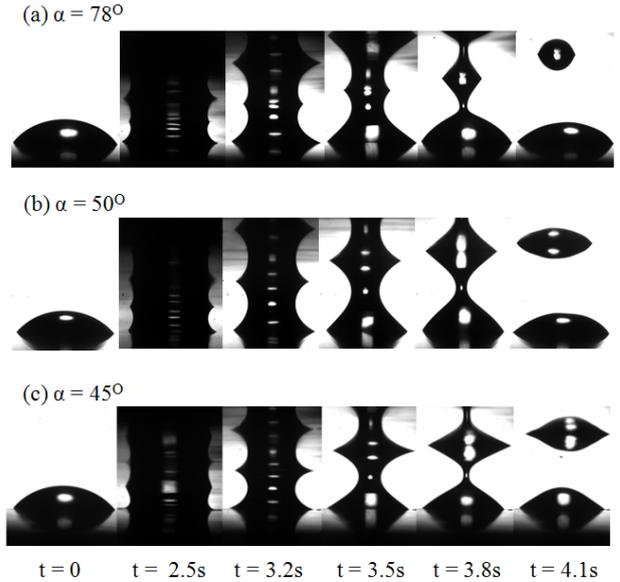


Fig. 8 Sequential pictures of droplet separation between two parallel plates with $\beta = 45^\circ$ and (a) $\alpha = 78^\circ$, (b) $\alpha = 50^\circ$, (c) $\alpha = 45^\circ$.

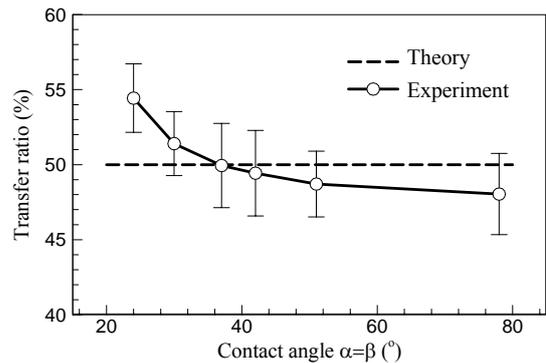


Fig. 9 Transfer ratio for same contact angle.

5. 결론

마이크로 그라비아 옵셋 공정에서의 잉크 전이 공정을 살펴보기 위해 두 기판 사이의 유체의 전이 과정을 실험적인 방법을 통하여 살펴보았다. 실험적 접근을 위하여 표면 처리 기법을 통한 유체의 접촉각 제어 방법을 살펴 보았으며, 두 기판 사이의 유체 전이에서 윗면과 아랫면의 접촉각의 크기가 전이율에 중요한 영향을 끼침을 알 수 있었다. 얻어진 결과를 통하여 그라비아 옵셋 프린팅 기술에서 최적의 성능을 낼 수 있는 제판, 옵셋판, 기판의 표면 에너지 제어에 관한 방법과 접촉각을 선정하기 위한 조건을 제시 할 수 있는 기반을 마련하였다.

후기

이 논문은 2008 년도 정부(지식경제부)의 재원으로 산업 기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. M. Pudas, "Gravure-offset printing in the manufacture of ultra-fine-line thick-films for electronics," Oulu University Press, 2004.
2. P. G. de Gennes, "Wetting: statics and dynamics", Reviews of Modern Physics., 57, 3 (Part I), July 1985, pp. 827-863.