

# 핫엠보싱 시스템을 이용한 마이크로 펌프 유로패턴 성형공정 도출 Research on the Hot Embossing Condition of Micro Pump Fluidic Channel

\*이혜진, 최석우, 이낙규, 이형욱, 나경환, 최장호

\*H. J. Lee(naltd@kitech.re.kr), S. Choi, N. K. Lee, H. W. Lee, K. H. Na, J. H. Choi

한국생산기술연구원 디지털성형공정팀

Key words : Hot Embossing, Micro Pump, Micro Fluidic Channel, PC

## 1. 서 론

최근의 디스플레이 산업은 LCD, PDP로 대표되는 기존 FPD의 대형화, 저가화와 차세대 디스플레이 기술로 주목받고 있는 OLED, 더 나아가 Flexible Display 등에서의 획기적인 기술발전으로 급속한 시장 확대를 주도하고 있다. 특히 Flexible Display는 아직은 연구개발 단계에 있지만 단순한 평판 유기디스플레이 개념을 뛰어넘는 첨단기술을 요구하는 분야로 우리나라와 일본 등 세계 디스플레이 강국을 중심으로 활발한 연구 활동이 이루어지고 있다. 이는 향후 인류 삶의 형태를 변화시키고 엄청난 시장을 창출할 수 있는 전략기술로 인식되고 있다.

현재 세계 디스플레이 기술개발 방향의 핵심은 대면적화, 경량화, 고화질화, 그리고 시장 확대를 위한 저가화에 중심이 맞춰져 있다. 그러므로 이러한 대형 평판 디스플레이 제품은 시장진입을 위해서는 반드시 저가화 전략이 필요하며 이를 위해 생산단가를 낮추기 위한 연구가 집중되고 있다. 관련 기술 동향은 공정기관 크기를 확대함으로써 한 번에 여러 장의 디스플레이를 생산하는 방식으로 공정단가를 줄이는 방향으로 개발되어지고 있다. 또한 제품 설계 단순화라든가 공정단계를 줄이는 방법, 새로운 대면적 저가공정기술 개발 등이 제품 저가화라는 궁극적인 목표를 위해 포괄적으로 연구되고 있다. 물론 이를 위해 세부적으로 해결해야 할 기술적 난제들이 많은 것도 사실이다.

한편, 자체발광특성으로 고화질 화면을 제공하면서 슬림화, 경량화 등의 장점을 갖는 유기디스플레이 제품은 새로운 차원의 다양한 저가 마이크로/나노공정 적용을 가능케 하고 있다. 하지만, 현재 대표적인 유기디스플레이인 AM-OLED 제품은 기능상의 우수성(고화질, 경량, 초박형, 저전력 등)으로 기존의 평판디스플레이 시장과 경쟁하고 있을 뿐, 잠재적 가격 경쟁력을 실현화할 수 있는 공정기술 개발이 미진한 실정이다. 향후 디스플레이 시장 확보를 위해 기존 평판디스플레이 대비 가격 경쟁력은 성능이나 대화면 구현 못지않게 중요한 요소이다. 이러한 유기디스플레이 분야는 플라스틱 기판 사용과 유기구조소자의 적용으로 기존 디스플레이에서 기대할 수 없는 Flexible 한 특성을 부여할 수 있으며, 고속 대면적 저가 공정의 적용으로 생산비용의 절감 역시 가능하다. 이로 인해 시설 구축비용은 AM-OLED의 1/3 수준이 될 것으로 전문가들은 예상하고 있다.

이러한 전반적인 기술 추세에 맞추어 디스플레이, 바이오, 에너지 분야에 사용되고 있는 다양한 Micro Device들의 제작에 소요되는 공정비용 절감을 위해 현재의 식각공정 기반의 반도체 공정을 대체할 수 있는 공정기술에 대해 활발히 연구가 진행되고 있다.

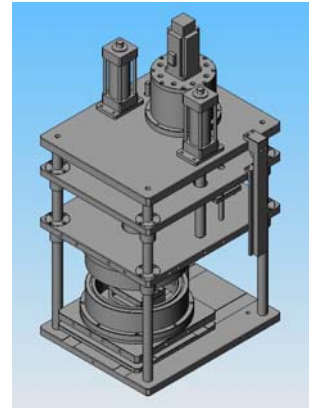
본 연구를 통해 차세대 마이크로/나노 부품 및 모듈 생산기술의 핵심이 될 Thermal Imprint 기술의 하나인 Hot Embossing 성형 기술에 대한 시스템 및 성형 기술에 대한 결과를 제시하고자 한다. 특히 본 연구의 초점을 최근 다양한 응용분야를 가지고 있는 마이크로 펌프 모듈을 구성하고 있는 상하 유로 패턴을 Hot Embossing 성형 기술을 이용해 제작하는 공정조건 도출에 맞추었다.

## 2. Hot Embossing System

본 연구를 통해 Hot Embossing 성형 시스템을 5개의 모듈(정밀 구동부, 정밀 성형하중 측정부, 환경 조성부, 금형 고정 및 가압/가열부, 정밀 Alignment 조정부)로 구성하여 Hot Embossing 성형 시스템의 기반기술을 확보하기 위해 시스템의 설계 및 제작에

관한 연구를 수행하였다.

개발된 Hot Embossing 성형 시스템의 3D CAD Model과 제작된 시스템의 사진을 Fig.1에 나타내었다.



(a) 3D CAD Model of Hot Embossing System



(b) Manufactured Hot Embossing System

Fig.1 3D CAD Model and Picture of Hot Embossing System

## 3. 마이크로 펌프 상하 유로 패턴 금형

마이크로 펌프 모듈(Fig.2)을 구성하고 있는 상하 유로 패턴을 Hot Embossing 공정을 이용해 성형하기 위한 금형을 Fig.3과 같이 마이크로 정밀 가공을 통해 제작하였다.

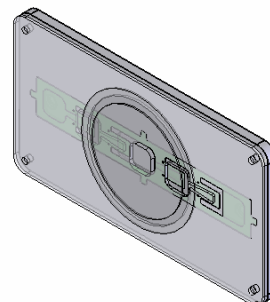


Fig.2 3D CAD Model of Micro Pump Module



(a) Upper Fluidic Channel



(b) Lower Fluidic Channel

Fig.3 Hot Embossing Mold of Micro Pump Fluidic Channel

#### 4. 마이크로 펌프 유로 패턴 성형 실험

마이크로 펌프 모듈(Fig.2)을 구성하고 있는 상하 유로 패턴 중에서 다양한 크기의 패턴을 가지는 하부 유로 패턴의 최적 Hot Embossing 성형 공정 조건을 도출하기 위해 실험을 수행하였다.

본 연구에서는 성형 온도, 성형 하중, 가압 시간, 소재 두께 등의 Hot Embossing 성형 공정 변수들 중에서 형상 정밀도에 가장 영향력이 큰 성형 공정 변수를 도출하기 위한 실험을 수행하였다.

Fig.4에 마이크로 펌프 모듈의 하부 유로 패턴에서 가장 중요한 성형성 평가기준이 되는 성형 깊이에 대한 기준값들을 나타내었다.

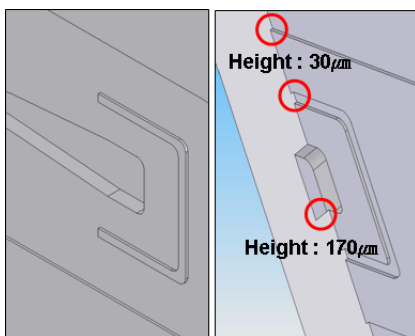


Fig.4 Forming Characteristic Value of Lower Fluidic Channel

마이크로 펌프 하부 유로 부품의 소재는 PC(Polycarbonate)를 사용하였고, 이 소재의 최적 성형 온도는 실험을 통해 150℃임을 도출할 수 있었다.

성형하중의 영향을 알아보기 위해 소재 두께 1mm인 PC 소재를 이용하여 실험을 수행하였으나, 성형하중이 400Kgf 이상에서는 성형성이 향상되지 않음을 관측할 수 있었다. 이러한 현상은 소재가 패턴에 충전되는 유동량보다 금형의 외곽부에서 소재에 가해지는 하중으로 인한 구속효과가 커서 발생하는 것으로 분석되었다. 400Kgf에서의 실험결과를 Fig.5에 나타내었다. 실험결과와 같이 성형 형상이 원하는 형상을 이루고 있지 않음을 알 수 있었다.

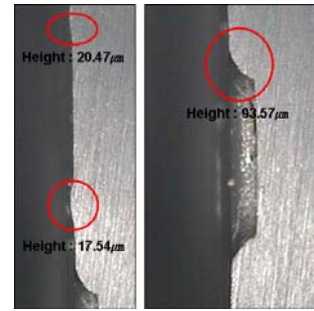
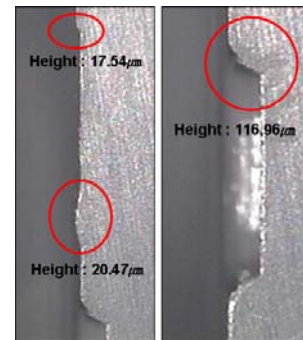
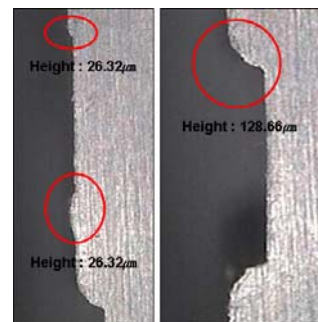


Fig.5 Hot Embossing Result of Lower Fluidic Channel (Thickness : 1mm / Temp. : 150℃ / Force : 400 Kgf)

패턴의 성형성을 향상하기 위해 두께 2mm인 소재를 이용하여 실험을 수행한 결과 소재의 유동성이 확보되어 1mm의 경우보다 성형성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. Fig.6에 그 결과를 나타내었다. 지금까지의 결과를 분석한 결과 Hot Embossing 성형 공정에서는 패턴의 크기에 따라 소재의 유동성을 확보할 수 있는 두께를 우선적으로 도출한 후 성형하중 및 가압시간에 대한 변수 영향을 검토하는 방향으로 연구를 진행해야 함을 판단할 수 있었다.



(a) Thickness : 2mm / Temp. : 150℃ / Force : 500 Kgf



(b) Thickness : 2mm / Temp. : 150℃ / Force : 650 Kgf

Fig.6 Hot Embossing Results of Lower Fluidic Channel

#### 후기

본 연구는 한국생산기술연구원에서 수행중인 “디지털 인쇄 기법을 이용한 광전소자의 직접제작 기술 개발”과제로 수행중이며 이에 관계자 여러분들에게 감사의 말씀을 올립니다.

#### 참고문헌

1. Harutaka Mekar, Hiroshi Goto, Masaharu Takahashi, "Development of ultrasonic micro hot embossing technology", Microelectronic Engineering, 84, 1282-1287, 2007.
2. Rean-Der Chien, "Hot embossing of microfluidic platform", International Communications in Heat and Mass Transfer, 33, 645-653, 2006.