

# 마이크로/나노 패턴 성형을 위한 Hot Embossing System 개발

## Development of Hot Embossing System for Micro/Nano Pattern Forming

\*#이혜진<sup>1</sup>, 이낙규<sup>1</sup>, 이근안<sup>1</sup>, 최석우<sup>1</sup>

\*#H. J. Lee<sup>1</sup>(naltl@kitech.re.kr), N. K. Lee<sup>1</sup>, G. A. Lee<sup>1</sup>, S. Choi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원

Key words : Hot Embossing, Thermal Imprinting, Process Parameter, Precision Actuating

### 1. 서론

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.

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. 유기디스플레이 플라스틱 기판 사용과 유기구동소자의 적용으로 기존 디스플레이에서 기대할 수 없는 Flexible 한 특성을 부여할 수 있으며, 고속 대면적 저가 공정의 적용으로 생산비용의 절감 역시 가능하다.

본 연구를 통해 차세대 마이크로/나노 부품 및 모듈 생산기술의 핵심이 될 Thermal Imprint 기술의 하나인 Hot Embossing 성형 기술에 대한 시스템 개발 결과를 제시하고자 한다.

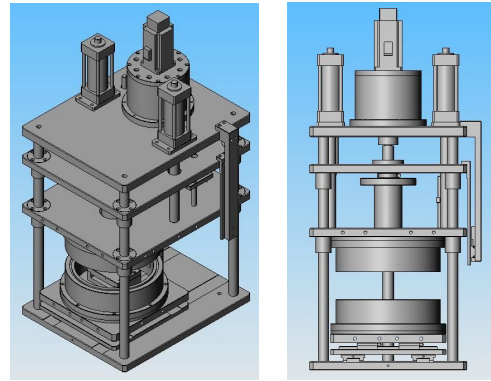
### 2. Hot Embossing System의 구성

본 연구 초기에 많은 문헌 및 시스템 기술이 가장 앞선 외국 기술에 대한 자료 검토를 통해 Hot Embossing 성형 시스템의 구성을 다음과 같이 구분하였다.

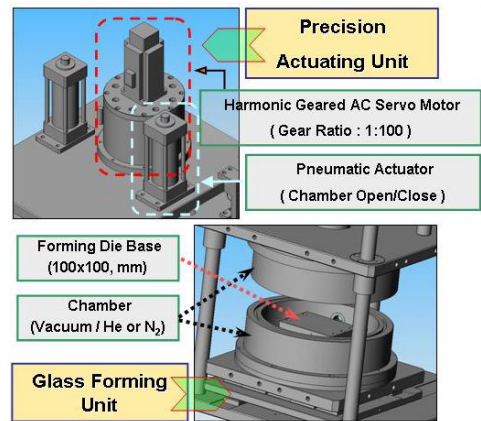
- (1) 정밀 구동부
  - : 시스템 구동을 위한 Actuating 방법 선정
- (2) 정밀 성형 하중 측정부
  - : Hot Embossing 성형 하중 측정 및 성형 단계 설정을 위한 모듈
- (3) 환경 조성부
  - : 온도 및 분위기 조성/유지를 위한 Chamber 모듈
  - : 지그 및 기타 부위로의 열전달 방지 모듈
- (4) 금형 고정 및 성형 가압/가열부
  - : 금형을 고정하기 위한 지그 및 성형 가압을 위한 지그 모듈
  - : 금형 및 소재의 가열을 위한 모듈
- (5) 정밀 Alignment 조정부
  - : 성형 Alignment가 필요한 부품/모듈 성형을 위한 부분

### 3. Hot Embossing System 설계

위와 같은 시스템 모듈 구성을 통해 설계된 시스템의 3D CAD 모델을 Fig.1-(a)에 나타내었고, 시스템의 구성모듈들은 Fig.1-(b)와 같이 구성하였다.



(a) 3D CAD Model of Hot Embossing System



(b) Main Components of Hot Embossing System

Fig.1 Design and Structure of Hot Embossing System

### 4. Hot Embossing System 제작

설계된 3D CAD Model을 바탕으로 부품들의 초정밀 가공 및 조립공정을 통해 Hot Embossing System을 Fig.2와 같이 제작하였다.

Hot Embossing 성형 시스템은 마이크로/나노 크기의 패턴을 가지는 부품 및 모듈을 열간으로 성형해야 한다. 그러므로 구동 시스템은 외부의 영향에 안정적이어야 하며, 정밀하게 하중 또는 변위 제어 단계를 수행할 수 있어야 한다.

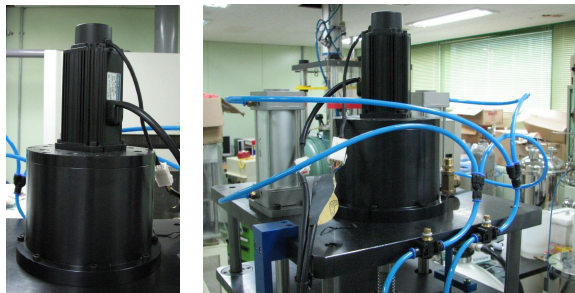
본 연구에서는 이러한 시스템의 특성에 부합하는 구동기로 AC Servo Motor와 정밀한 구동을 위해 1:100의 감속비를 가지는 Harmonic 감속기를 선정하였다. Harmonic 감속기는 백래쉬가 없이 정밀한 구동이 가능하며, 고 감속비를 이용하여 마이크로/나노 크기의 성형을 위한 정밀 구동이 가능한 부품이다.

또한 성형 공정 중 산화를 방지하기 위해 챔버를 제작하였으며, 챔버의 구동은 공압 구동을 이용하였다. 또한 열간 성형공정 중에 발생할 수 있는 열적 에러를 최소화 하기위해 센서부에 전달되는 열을 차단할 수 있는 냉각 유닛을 설계/제작하였다.

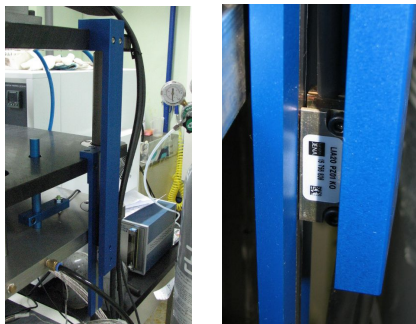
Hot Embossing 성형 공정의 경우 성형 대상 소재의 열적 변형 특성에 따라 하중제어 또는 변위제어 단계가 필요하게 되는데, 이 중에서 정밀 변위 제어를 수행하기 위해 본 시스템에는 0.05 $\mu$ m의 정밀도를 가지는 Linear Scale을 Loading Plate에 설치하여 이 변위 센서의 신호를 이용하여 성형 위치 또는 성형 속도 등의 변위와 관련된 제어를 수행하게 된다.



Fig.2 Manufactured Hot Embossing System



[ 정밀구동부(좌) 및 챔버구동부(우) ]



[ 정밀 변위 측정 센서 모듈 ]

Fig.3 Manufactured Main Modules

### 5. Hot Embossing 공정 구성

마이크로 및 나노 패턴을 성형하기 위해서는 성형공정 변수 중 온도 및 하중을 복합 제어해야 한다. 두 가지 중요한 변수들을 동시에 제어하지 못하면 이형문제 등의 심각한 성형 에러 등이 발생할 수 있다. 본 시스템은 Fig.4와 같은 Hot Embossing 성형공정을 수행할 수 있도록 시스템 제어기(Controller)를 구성하였다.

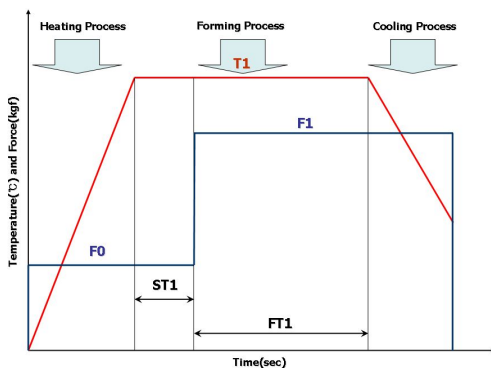


Fig.4 Hot Embossing Process Chart

### 6. 결론

본 연구를 통해 개발한 Hot Embossing System은 시스템 수정 및 변경을 통해 Thermal Imprint 성형공정에 대한 다양한 연구를 수행할 수 있도록 제작되었으며, 추후에는 본 연구를 바탕으로 성형공정 변수에 대한 분석 연구를 수행할 예정이다.

### 후기

본 연구는 한국생산기술연구원에서 수행중인 “디지털 인쇄 기법을 이용한 광진소자의 직접제작 기술 개발” 및 “D/W기법을 이용한 미소부품 제조기술 개발” 과제를 통해 얻어진 연구 결과로, 이에 관계자 여러분들에게 감사의 말씀을 올립니다.

### 참고문헌

1. T.Kitahara, Y.Ishikawa, T.Terada, N.Nakajima, K.Huruta, "Development of micro-lathe", J. Mechanical Engineering Laboratory, 50, 5, 117-123 1996.
2. N.Kawahara, T.Suto, T.Hirano, Y.Ishikawa, Y.Kitahara, N.Ooyama, T.Ata, "Microfactories; new applications of micro-machine technology to the manufacture of small products", Microsystem Technologies, 3, 2, 37-41, 1997.
3. T.Kitahara, K.Ashida, M.Tanaka, Y.Ishikawa, N.Ooyama, Y.Nakazawa, "Microfactory and Microlathe", Proc. of International Workshop on Microfactories, 1-8, 1998.
4. N.Oyama, S.Kokaji, M.Tanaka, K.Ashida, N.Mishima, H.Maekawa, T.Tanikawa, K.Kaneko, "Desktop Machining Microfactory", Proc. of 2nd International Workshop on Microfactories, 13 -16, 2000.