

마이크로/나노 패턴 성형을 위한 Hot Embossing System 개발 Development of Hot Embossing System for Micro/Nano Pattern Forming

*#이혜진¹, 이낙규¹, 이근안¹, 최석우¹

*#H. J. Lee¹(naltl@kitech.re.kr), N. K. Lee¹, G. A. Lee¹, S. Choi¹

¹ 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.

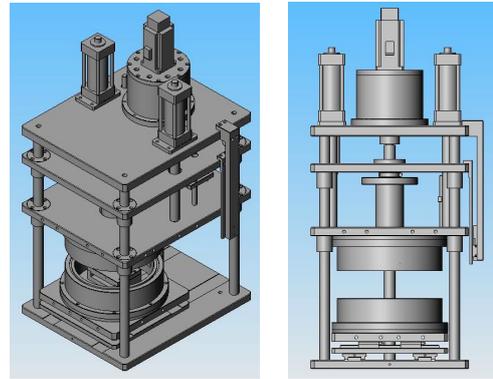
2. Hot Embossing System의 구성

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

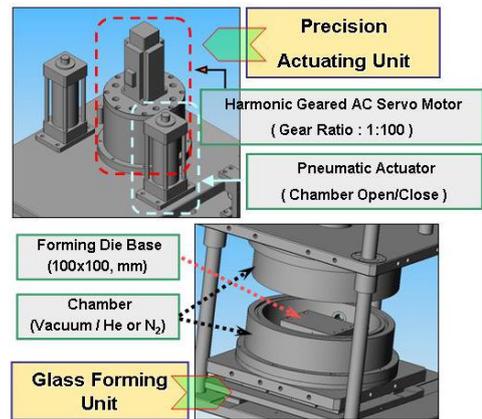
- (1) 정밀 구동부
: 시스템 구동을 위한 Actuating 방법 선정
- (2) 정밀 성형 하중 측정부
: Hot Embossing 성형 하중 측정 및 성형 단계 설정을 위한 모듈
- (3) 환경 조성부
: 온도 및 분위기 조성/유지를 위한 Chamber 모듈
: 지그 및 기타 부위로의 열전달 방지 모듈
- (4) 금형 고정 및 성형 가압/가열부
: 금형을 고정하기 위한 지그 및 성형 가압을 위한 지그 모듈
: 금형 및 소재의 가열을 위한 모듈
- (5) 정밀 Alignment 조정부
: 성형 Alignment가 필요한 부품/모듈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

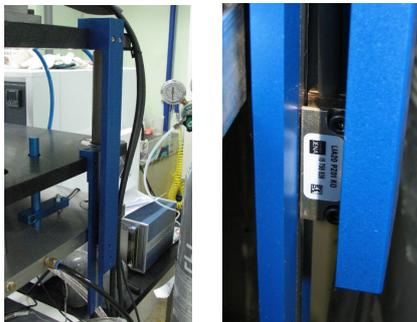
Hot Embossing 성형 공정의 경우 성형 대상 소재의 열적 변형 특성에 따라 하중제어 또는 변위제어 단계가 필요하게 되는데, 이 중에서 정밀 변위 제어를 수행하기 위해 본 시스템에는 0.05 μ m의 정밀도를 가지는 Linear Scale을 Loading Plate에 설치하여 이 변위 센서의 신호를 이용하여 성형 위치 또는 성형 속도 등의 변위와 관련된 제어를 수행하게 된다.



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.

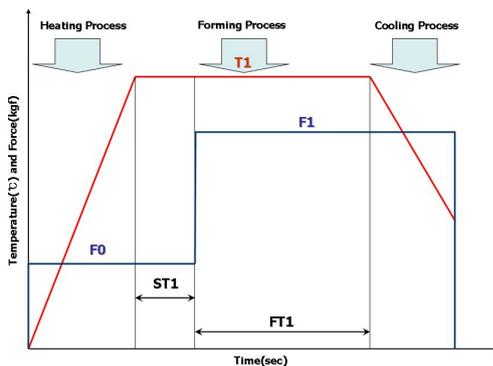


Fig.4 Hot Embossing Process Chart

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.