

UV 나노임프린트를 위한 UV 경화성 수지의 경화 모델 개발

이진우(포항공대 대학원 기계공학과), 조동우*(포항공대 기계공학과),
이승숙(한국기계연구원 지능형 정밀기계연구부)

주제어 : UV nanoimprint(UV 나노임프린트), Degree of cure(경화도), Curing model(경화모델),

나노테크놀로지 중의 한 가지인 나노임프린트 리소그래피 기술은 수 ~ 수십 나노 급의 선폭을 가지는 스탬프(stamp)를 전자빔 리소그래피(electron beam lithography)를 이용하여 제작한 후 스탬프에 형성된 패턴과 동일한 형상을 원하는 곳에 모사하는 기술이다. 이 기술은 크게 열을 가하는 방식과 UV 경화성 수지를 이용한 방식으로 나뉜다. 열을 가하는 나노임프린트 리소그래피 방식의 경우는 열 경화성 수지를 이용하여 고온 조건에서 스탬프를 고압으로 눌러 원래의 형상을 모사하며, UV 나노임프린트는 광경화 반응을 이용하여 수지를 경화 시켜 모사하는 차이점이 있다. UV 를 이용한 방식은 상온 저압에서 모사가 가능한 장점 때문에 최근에 여러 곳에서 연구가 활발히 진행되고 있다.

UV 나노임프린트 공정에서의 핵심은 나노 단위의 형상 정밀도를 가지는 스탬프를 정확하게 제작하는 것과 이러한 스탬프를 사용하여 패턴 형상을 정확히 모사하는 것이다. 후자의 경우처럼 모사된 패턴이 원래의 형상을 잘 반영하기 위해서는 UV 조사에 의한 수지 경화 특성을 파악하는 것이 필수적이다. 하지만 현재 UV 나노임프린트 공정에서는 수지의 경화 현상에 대한 연구의 진행이 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실제 공정에서 필요한 요소들을 고려한 수지의 경화 현상에 대한 모델을 제시함으로써 경화 특성에 관해 고찰해 보고자 한다. 경화 모델을 제시함으로써 실제 UV 나노임프린트 과정에서 적절한 공정 조건을 선택하는 데 도움을 줄 수 있으며 수지의 경화 정도 판별을 통해 최적화된 형상의 제조에 도움을 줄 수 있다.

본 연구에서는, 이전 연구에서 개발되어 실제 UV 나노임프린트 공정에서 사용되고 있는 UV 경화성 수지에 대한 경화 모델을 수립하였다. 실제 공정에서의 주요한 공정 변수는 UV 조사 시간, UV 조사 파워, UV 조사 시 공정 온도 등이 있다. 그러므로 개발된 경화 모델은 이러한 공정 변수들이 포함되도록 하였다. UV 조사 시간 및 조사 파워의 변화에 의한 경화 모델 개발을 위하여 UV 경화 장치와 경화도 측정을 위한 FT-IR 을 사용하였다. 또한 UV 조사 시 온도 변화에 의한 경화 모델 개발을 위해서는 경화 장치 외에 UV-vis spectrometer 를 사용하였다. UV 조사 파워를 0.5mW 에서 38mW 로 변화시켜 가면서 UV 조사 파워에 따른 경화도의 변화를 파악하였으며, 수지의 온도를 20°C 에서 65°C 까지 변화시켜 가면서 온도 변화에 따른 경화도의 변화를 파악하여 경화 모델을 완성하였다. 개발된 경화 모델을 검증하기 위하여 두 가지 다른 종류의 UV 경화성 수지를 제조하였고, 두 수지에 대하여 경화 모델의 개발을 위해 수행했던 동일한 실험을 반복하여 경화도를 분석하였다. 마지막으로 이러한 실험 결과 데이터를 개발된 경화 모델에 대입하여 경화 모델의 정확성을 검증하였다.

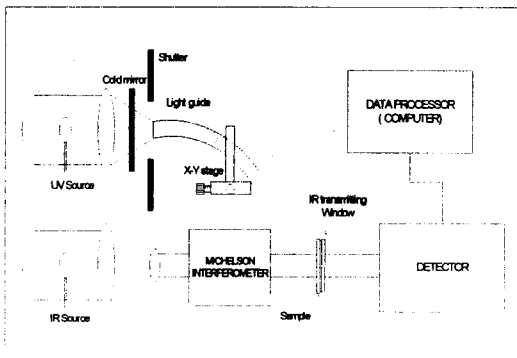


Fig.1 UV 경화성 수지의 실시간 경화도 측정시스템

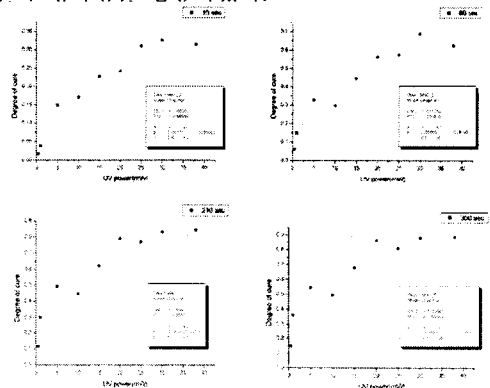


Fig.2 Degree of cure plot by irradiation power