UV경화수지 수축률 및 표면에너지 이형력에 관한 영향

Effect of adhesive force to shrinkage and surface energy on UV curing resin

*권기환[1], #유영은[2], 최두선[2], 강신일[1]
*K. H. Kwon[1], #Y. E. Yoo(yeyoo@kimm.re.kr)[2], D. S. Choi[2], S. I. Kang[1]
[1] 연세대학교 기계공학과, [2]한국기계연구원 나노공정팀,

Key words : Adhesive force, UV resin, surface energy,

1. 서론

다양한 디스플레이 분야에서 마이크로/나노 패턴들이 응용되고 있으며, TFT-LCD, PDP, LED와 같은 평판 디스플레이 쪽에서는 대면적화, 박막화, 경량화가 아주 중요한 부분으로 작용하게 되었다. 그로인해 그 내부 부품들도 박막 경량화를 위해 UV경화 방식의 제품들을 사용한다. UV 경화 기술로 개발된 제품은 표면 경도, 표면 광택, 전기 절연성 등에서 기존의 열 건조 제품에 비해 우수한 특성을 가진다는 것이 소비자, 제품 개발 엔지니어, 경영자들에게 인식되면서 UV 경화는 인쇄, 코팅이 필요한 여러 가지 제품 생산에 UV 경화 방법이 도입되고 있고, UV 경화 기술로 생산되는 제품의 수요는 날로 증가하여 세계적으로 매년 12~20% 정도씩 늘어 가고 있다. 오늘날에는 UV 경화기술을 이용한 제품이 인쇄나 코팅 제품에만 그치지 않고, UV의 장점을 이용하는 제품이나 기술이 계속 발전하여 순간적으로 제품을 접착(Bounding)하는 정밀 접착 분야까지 확대·이용되고 있다. UV경화수지의 장점은 매우 짧은 경화시간에 완전경화가 가능하고, 표면경도가 높아 스크래치에 강하며, 표면광택이 좋고, 1액형으로 사용가능하기 때문에 취급이 간편하며, 무용제형 도료로서 공해가 거의 없으며, 설비비가 비교적 싸고 system을 최대한 간단하게 구성할 수 있어서 생산성 향상에도 큰 도움이 되며, 내열온도 낮은 소재에 적합해서 Film을 base로 한 coating이나 구조물형성에 유리하다는 장점이 있다. 이러한 장점을 바탕으로 UV경화수지를 이용한 마이크로 패턴성형이 이루어지고 있는데, 이러한 제품들은 제작상 많은 문제점들을 가지고 있다. 특히 패턴의 이형시 미성형, 박리, 파괴와 같은 부분이 주요 문제점으로 작용하고 있다.

본 연구에서는 uv경화수지를 이용한 마이크로 패턴의 성형/이형과정에서 발생하는 변수 특히 표면에너지와 수축률에 따른 차이점을 이형력과 관련하여 연구하였다.

Fig. 1은 이형시 작용하는 각 힘의 요소와 그 힘들에 의해 발생하는 현상들을 나타내고 있다. 3가지 다른 물질들이 두개의 층을 경계로 구분되어 있는데 $F_{resin-mold}$의 힘을 최소화 시키는 것이 이형력에 도움이 된다. 그러기 위해서는 황동 마스터와 수지간의 접착력을 최소화시켜주고 필름과 수지사이의 접착력을 최대화시켜주는 것이 유리하다.

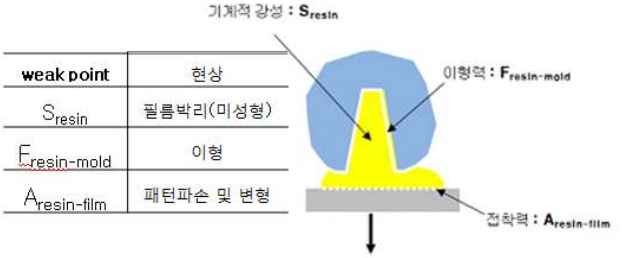

Fig. 1 Three force involving releasing of micro featured film and weak point

2. 실험장치 및 방법

이형력을 측정하기 위한 방법은 기존의 평판필름 성형공정과는 다른 방법으로 진행하였다. 기존의 방법은 UV경화를 한 후에 전체 면적 중 한쪽 부분만을 잡아서 이형 시켜주는(peeling)과정으로 이형을 시켜주었는데, 이것은 각 시간에 따른 이형력에 차이를 나타내었다. 그것을 조금 더 보정해줄 수 있는 방법으로 전체면적을 동시에 이형할 수 있는 방법을 이용하였다.

먼저 아래 Fig. 2와 같이 100mm×100mm 사이즈의 황동 마스터 기판에 200um×120um사이즈의 사각패턴을 기계 가공하였다. 그리고 이것을 wire cutting을 이용해서 15mm×15mm사이즈로 절단해서 그것을 시편으로 이형력을 측정하였다.

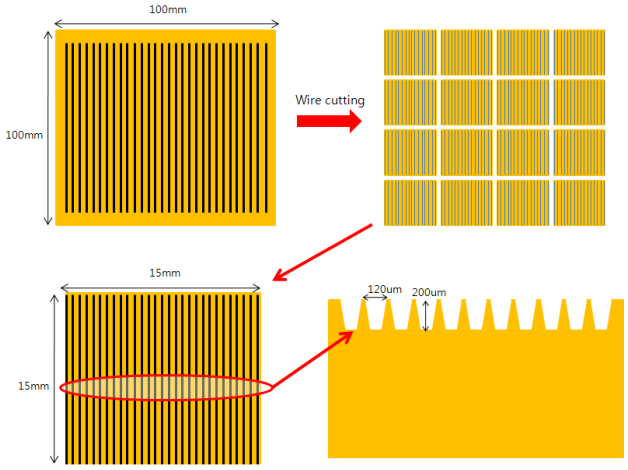

Fig. 2 Block diagram of multi-modal chatter model of a high speed machining center (Times New Roman 9pt)

이형력을 측정하는 방법은 여러 가지 방법이 있는데 이번실험에서는 Load cell을 이용한 peel test방법을 사용하였다. 이 방법은 다양한 시편에 적용이 가능하며, 실험의 재현성이 뛰어나고, 측정하는 동안에 만들어지는 필링곡선(peeling curve)을 통해 측정값의 신뢰도를 평가할 수 있다는 장점을 지니고 있다.[2,3]아래 Fig.3를 통해 측정 장비를 확인할 수 있다. 측정장비의 재원으로 Load cell은 AMD사의 AD4935-50N을 사용하였고, 스탠드는 90도 인장시험용인 IMADA사의 MV-500N II제품을 사용하여 측정하였다.

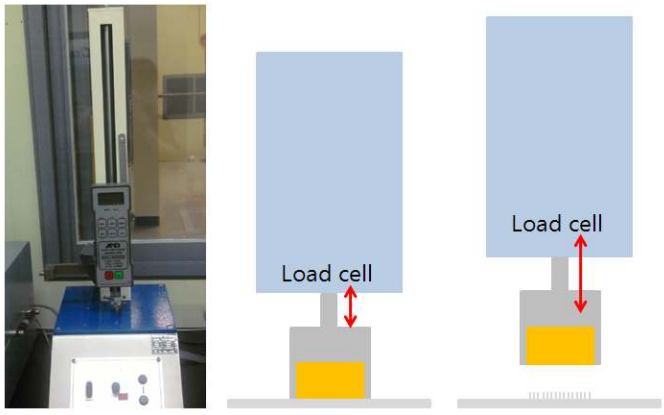

Fig. 3 Adhesive test machine and adhesive force to one time releasing

이형력을 측정하기 위해 사용한 UV경화 수지는 아크릴 계열의 제품으로 두 가지 다른 타입의 소재를 사용하였는데 다FMS 특성은 동일하고 표면에너지에서만 차이를 보이는 것을 사용한 것으로, 이것이 실제 이형력에 어떠한 영향을 미치는지 확인해 보기 위해 사용하였다. 경화기는 Minulta Tech 의 MT-GJ50제품을 사용하였다. 경화공정조건은 아래 table 1과 같은 조건으로 실험을 수행하였다.

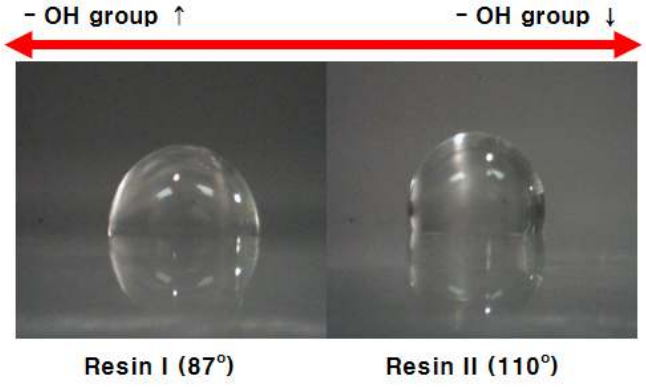

Fig. 4 Using resins with different surface energy

Table 1 The Conditions of UV curing

	condition
Curing time	15(sec)
electric power	40(W)
Coating thickness	100(nm)

3. 이형력 측정 실험

Resin I과 Resin II을 비교해보면 Resin II가 표면에너지가 더 작기 때문에 이형시 작용하는 각 힘에 대한 조건들을 확인해 보면 이형에 어떠한 영향을 미치는지 알 수 있다. one time releasing 상태를 만들어 주면서 이형력을 측정해본 결과 아래 Fig. 5와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

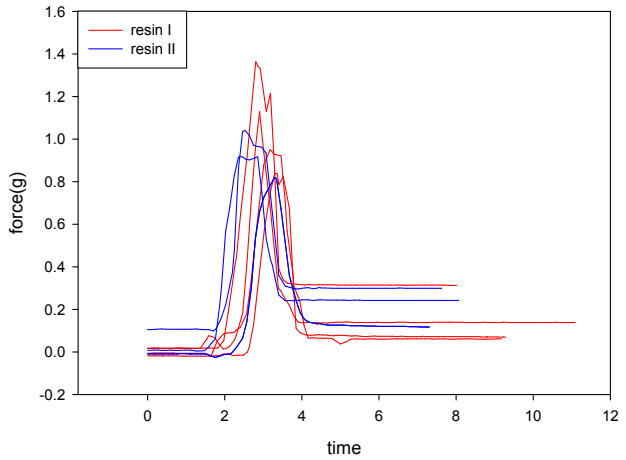

Fig. 5 Measurement results of adhesive force to different material

각 Resin에 따른 이형력을 보면 차이가 있기는 하지만 소재별로 이형력의 차이가 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 또한 table 2를 보면 이형시 필름박리나 pattern 파손의 비율이 resin II가 Resin I에 비해 낮게 나오고 그 면적 또한 낮은 것으로 확인할 수 있었다.

Table 2 Rate of break away & damage the pattern

	rate/area rate
Resin I	40% / 10%
Resin II	20% / 7%

4. 결론

UV경화 수지를 이용해서 다양한 Coating 제품이나 구조물을 제작할 수 있는데 마이크로/나노패턴 구조물을 제작할 때 많은 문제점들이 발생한다. 그 중 가장 큰 문제점들이 이형시 발생하는 박리나 패턴의 파손이다. 이것의 주요 요인으로 소재의 특성을 들 수 있는데, 본 연구에서는 소재의 표면에너지가 이형력에 어떠한 영향력을 미치는지 알아보기 위해 표면에너지가 다른 두 소재로 이형력을 측정하였다. 그 결과 두 소재사이에 어느 정도의 이형력 차이가 발생하는 것을 확인하였고, 패턴의 파손이나 박리의 부분에서도 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 실험의 정밀도나 error범위가 너무 크고, 소재별 특성 외에 다른 공정상 주요요인에 대한 연구도 추가적으로 진행되어야 할 것으로 예상된다

후기

본 연구는 지식경제부의 전략 기술개발 사업으로 진행중인 대면적 미세 가공 시스템 기술개발 과제의 지원으로 수행 되었습니다 관계자의 노고에 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

1. http://www.smv.co.kr/upload/(3)UV%20curing.pdf
2. 김성룡, 이호영,“접착력의 측정”, 접착 및 계면 학회지 제4권 3호, (2003)
3. ASTM D-1876
4. 권기환, 제태진, 유영은, 최두선, 박영우. “고형상비 미세패턴의 의형력에 관한 실험적 연구”, 대한기계학회 추계학술대회 논문집, 2009
5. KIMM, (주)엘지에스, 디스플레이 장치용 보안필름(등록번호 : 특2007-0006339)