

UV 경화 수지를 이용한 고풍상비 미세 패턴의 이형 특성에 관한 연구

A Study on the Releasing of the UV Cured High Aspect Ratio Micro Features

*유영은¹, 권기환², 윤재성¹, 박영우², #최두선¹

*Y.-E. Yoo¹, K. H. Kwon², J. S. Yoon¹, Y. W. Park², #D.-S. Choi¹(choids@kimm.re.kr)

¹한국기계연구원 나노공정기계연구본부, ²충남대학교 메카트로닉스 공학과

Key words : UV curable resin, releasing, surface energy, adhesiveness, degree of cure

1. 서론

마이크로 표면 구조물은 디스플레이 기기를 포함한 여러 분야의 제품에서 광학 특성 개선, 표면의 기능화 등을 위해 적용 사례가 증가하고 있으며[1-4], 이와 함께 적용 범위가 넓어지고 있다. 이러한 마이크로 표면 구조물의 크기 및 형상은 응용 제품에서 요구되는 특성에 의해 결정되나, 최근 표면 구조물의 평면 방향 크기는 더욱 작아지는 반면 패턴의 높이는 커지고 있어 구조물의 형상비는 증가하고 있는 추세이다. 제품의 성능 및 기능 향상을 위한 이러한 패턴 형상의 경향은 이러한 구조물이 응용된 제품의 생산을 일반적으로 더욱 어렵게 하여 개발된 응용 제품의 제품화에 큰 장애 요인이 되고 있다. 특히 표면 구조물의 형상비가 증가하는 경우 더욱 악화되는 이형성은 전체 공정에서의 주요한 병목 기술이 되고 있어, 이형 기술 개발이 고풍상비 미세 구조물 응용 제품의 생산 여부에 크게 영향을 미치게 되나 이형에 관한 연구[5-6]는 상대적으로 미흡한 상황이다.

마이크로 표면 구조물이 응용된 제품은 제품의 용도, 기능, 크기 및 적용 소재 등에 따라 다른 생산 공정의 적용이 필요하게 되는데 크게 사출 성형과 같은 주기적 성형 공정과 롤성형과 같은 연속 성형 공정으로 구분될 수 있다. 광학 필름과 같이 유연한 형태의 부품인 경우 연속 성형 공정인 롤 성형 공정 적용이 일반적이며 미세 표면 구조물의 구현 및 생산성 향상을 위해 점도가 낮아 성형성이 우수하고 경화가 빠른 UV 경화 수지가 사용되고 있다.

본 연구에서는 UV 경화 수지를 적용한 미세 패턴 응용 필름의 성형 공정 중 이형 특성 분석을 위해 수지의 표면 에너지 및 성형 공정 조건에 의한 성형 수지의 금형 표면에 대한 접착성 실험을 수행하였다.

2. 접착성 실험

미세 패턴이 응용된 필름의 경우 일반적으로 Fig. 1에서와 같은 구조를 가지며, 따라서 미세 표면 구조물의 이형 과정에서는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 베이스 필름과 성형 수지 사이의 접착력, 성형 수지와 금형 사이의 이형력, 성형 수지의 기계적 강성의 세 형태의 힘이 관련 된다. 이러한 힘의 상대적 크기에 의해 서로 다른 형태의 이형 문제가 발생하게 되는데, 금형과 성형 수지 사이의 이형력이 다른 두 힘에 비해 상대적으로 작을 때 양호한 이형 결과를 얻을 수 있다. 금형과 성형 수지 사이에 작용하는 이형력은 패턴의 형상, 금형 표면 거칠기, 성형 수지의 경화도, 경화후 수축 및 표면 에너지 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받게 된다. 패턴의 형상이나 금형 표면 거칠기 등은 제품의 요구 특성에 의해 결정되는 점을 고려할 때, 이형성 개선을 위해서는 성형 수지 및 수지의 특성을 고려한 공정 기술 개발이 매우 중요하다.

소재의 표면 에너지 및 경화도에 따른 이형 특성 분석을 위해서 서로 다른 표면 에너지를 가지는 UV 경화 수지를 적용하였다. 유사한 비율의 Bisphenol A 및 Urethane 계열의 수지가 혼합된 UV 경화 수지를 기본 수지(Resin A)로 하여 표면 에너지를 조절하기 위해 Resin A의 기능을 일부 치환한 Resin B의 두 종류를 사용하였다. 각 소재를 평판에 코팅하여 경화한 후, 접촉각은 Resin A의 경우 87°, Resin B의 경우 110° 정도의 측정되어(Fig.

3) Resin B가 상대적으로 표면 에너지가 낮은 것으로 확인 되었다. 위에서 언급한 두 소재를 이용하여 미세 패턴 금형으로 사용되는 황동기판에 대해서 경화 후 수지의 접착성을 평가하였다. Fig. 4에서와 같이 100mm x 100mm 크기의 황동 기판 위에 각각의 수지를 코팅한 후 4개의 영역으로 나누어 서로 다른 강도 값을 가지는 UV 광에 노출하였으며(Table 1), 또한 노출 시간을 다르게 하여 경화도 차이에 의한 수지의 접착 특성을 평가하였다. 노광 강도는 코팅된 수지층 위에 4개의 영역에서 서로 다른 차단율을 UV 필터를 제작하여 사용하였으며, 실제 각 영역에 대하여 실측된 UV 노광 강도 값을 Table 1에 나타내었으며, 노출 시간은 10초, 15초, 20초의 세 값으로 설정하였다.

앞에서 기술한 바와 같이 황동 코어 위에 코팅되어 경화된 수지의 접착 특성은 각 영역의 코팅 층을 각각 16개의 정사각 조각으로 절개하여 나눈 후(Fig. 5) 동일한 접착력을 가지는 테이프를 코팅 층 상면에 부착한 후 떼어내어 테이프에 부착되어 나온 성형 수지 조각 개수를 이용하여 접착성을 반 정량적으로 평가하였다. 테이프에 부착 되어 나온 수지 층 조각이 많을 수록 수지의 황동에 대한 접착성이 더 낮은 것으로 판단할 수 있다.

3. 실험 결과

Table 2 에서 볼 수 있듯이 Resin A(고 표면 에너지 소재)와 Resin B(저 표면 에너지 소재)의 경우 시험한 모든 경화 시간이나 UV 강도에 대해서 황동에 대한 Resin B의 접착성이 현저히 낮음을 알 수 있다. 이러한 낮은 접착 특성은 UV 소재를 이용한 필름 성형에 매우 유리할 것으로 판단되며, Resin A와 B의 경우 표면 에너지 이외의 광학적 혹은 유변학적 특성은 차이가 없어 저 표면 에너지 소재를 이용한 현실적인 이형성 개선이 가능할 것으로 보인다. UV 노출 시간에 의해서는 소재에 따라 다소 다른 경향의 결과를 얻었다. Resin B의 경우 노광 강도가 클 때(노광 조건 1 & 2) 짧은 노광 시간에도 충분히 경화되어 접착성에 큰 차이가 없으나, 노광 강도가 작을 때는 노광 시간이 작을 때 충분히 경화 되지 않아 접착력이 다소 증가한 것으로 보인다. Resin A의 경우 전체적으로 접착력이 커 노광 강도나 시간에 의한 영향이 Resin B에 비해 적은 것으로 판단되나 정확한 특성 분석을 위해서 추가적인 실험이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

UV 경화 수지를 이용한 미세 패턴 응용 필름의 성형 과정에서 미세 패턴의 이형성에 영향을 미치는 것으로 판단되는 UV 수지의 금형 표면에 대한 접착성을 평가 분석하였다. 이를 위해서 서로 다른 표면 에너지의 성형 수지를 사용하였으며, 이에 대해서 서로 다른 UV 노광 강도 및 노출 시간을 적용하여 수지의 경화도 및 성형 후 표면 에너지 차이에 의한 접착 특성을 평가하였다. 향후 수지의 접착 특성이 실제 패턴의 이형 특성과의 연관성 규명 및 이형성 향상을 위한 공정 기술 개발의 수행이 필요하다.



Fig. 1 Typical structure of a micro patterned film

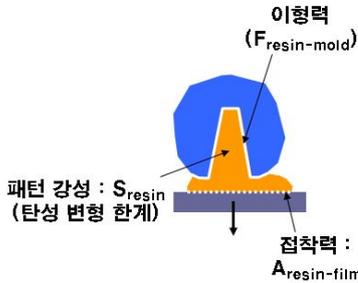


Fig. 2 Some forces for releasing of a micro patterned film

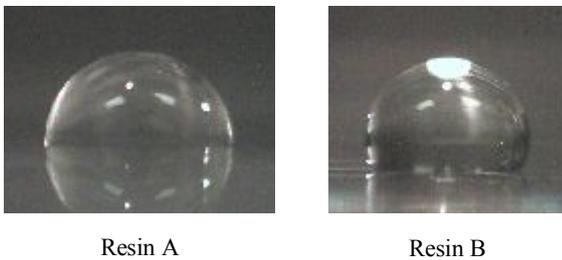


Fig. 3 Contact angle measured for Resin A & Resin B

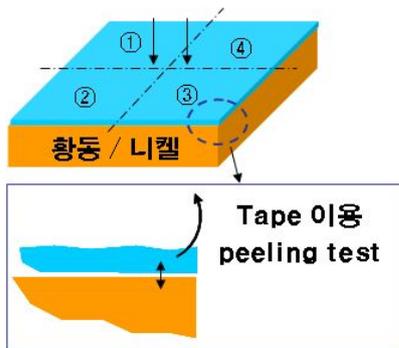


Fig. 4 A schematic for curing of UV curable resin coated on the brass substrated and the peeling test

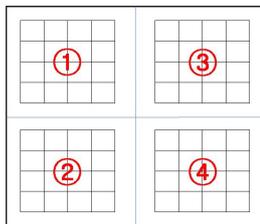


Fig. 5 Four regions with different UV intensities and sub-cells for tape peeling test to estimate the adhesiveness

Table. 1 Conditions for experiments for adhesiveness

변수 1	영역	①	②	③	④
	UV intensity [mW/cm ²]	11	3	1	<0.1
변수 2	No.	I	II	III	X
	노광시간[sec]	10	15	20	
변수 3	소재 표면 에너지	A	B	X	
	접촉각	87°	110°		

Table. 2 Results of the tape peeling test for adhesiveness estimation

		경화시간		
		20초	15초	10초
R e s i n	A			
	B			

후기

본 연구는 지식경제부의 전략 기술개발 사업으로 진행 중인 대면적 미세 가공 시스템 기술 개발 과제의 지원으로 수행되었습니다. 관계자의 노고에 감사 드립니다.

참고문헌

1. C. Henoeh, T. N. Krupenkin, P. Kolodner, J. A. Taylor, M. S. Hodes, A. M. Lyons, C. Peguero and K. Breuer : 3rd AIAA Flow Control Conference, 2006, AIAA 2006-3192
2. K. Kim and C. J. Kim : Proceedings of the IEEE Conerence on MEMS, Las Vegas, NV, Jan. 2002, pp. 479-482.
3. Akihiro Funamoto and Shigeru Aoyama : J. Soc. Inf. Display 14(2006), 1045
4. Chen-Jung Li, Yi-Chin Fang, Wei-Tang Chu, and Ming-Chia Cheng : J. Soc. Inf. Display, 16(2008), 545
5. Uffe Rolf Ario Theilade, Erik Kjaer, and Hans Nergaard Hansen, "The Effect of Mold Surface TopographyonPlastic Part In-Process Shrinkage in Kinjection Molding," ANTEC 2003, 463-467
6. Yuhua Guo, Gang Liu, Yin Xiong and Yangchao Tian, "Study of the demolding process-implications for thermal stress, adhesion and friction control," J. Micromech Microeng. 17, 9-19, 2007