

TEOS 를 사용한 UV 경화성 수지의 물성 개선

*이수도¹, 최재원¹, 하창식², 손민수², 이석희³

¹ 부산대학교 지능기계공학과

² 부산대학교 고분자공학과

³ 부산대학교 기계공학부

Mechanical properties Improvement of UV-curable resin using TEOS

*S. D. Lee¹, J. W. Choi¹, C. S. Ha², M. S. Son², S. H. Lee³

¹ Dept. of Mech & Intelligent system. Eng., Pusan National Univ.

² Dept. of Polymer Science & Eng., Pusan National Univ.

³ School of Mechanical Eng., Pusan National Univ.

Key words : UV-curable resin, TEOS, Mechanical properties, Microstereolithography

1. 서론

기존의 Microelectromechanical systems(MEMS)는 복잡한 형상의 3 차원 구조물을 제작하는 것에 제한이 있다. 또한 세장비가 높은 구조물은 기계 파트에 매우 유용하게 쓰이지만 이온 에칭이나 마이크로 드릴링 등의 공정에서의 제작이 힘들다.

마이크로광조형(Microstereolithography)은 3 차원 CAD 데이터로부터 얻은 단면 정보를 한 층씩 적층하여 가공하므로 복잡한 형상의 구조물도 쉽게 가공할 수 있다. 그러므로 다른 공정과의 차별성을 가질 수 있으며 한계를 극복할 수 있는 장점이 있다[1,2].

그러나 재료 종류의 제한과 기계적 물성, 가공 시 수축 등의 문제로 기계 부품에 적용이 어렵다. 기계 부품으로의 적용을 위해서는 수지의 기계적 물성에 대한 정확한 파악이 중요하다. 온도에 따른 물성, 습도, 시간 등의 이유로 정확한 물성을 파악하기 힘들기 때문에 쾌속 조형을 통해 생산된 물품이 시작품이 아닌 양산품으로의 가치에 대해 제한을 받는다[3]. 쾌속 조형의 기술을 이용하는 마이크로광조형 또한 비슷한 재료를 사용하므로 같은 문제점을 가질 수 있다.

최근 고분자 분야와 기계 분야에서 수지의 강성과 열, 전기적 특성 등을 향상 시키고자 하는 연구가 진행되고 있다. 기계적 물성을 향상 시키는 방법으로는 수지에 나노파티클을 섞는 방법, 신터링 방법, 도금을 하는 방법 등 여러 방법이 제시되었다. 첨가제로 사용되는 파티클에는 금속, 세라믹, 클레이, 유리 섬유 등 여러 재료가 사용되고 있다. 이러한 적용은 기계적 강성 향상에 있어 매우 큰 효과를 보인다. 뿐만 아니라 수축 현상, 마찰 특성, 열적물성, 전기적 물성 등 첨가물에 따라 다양한 효과를 볼 수 있다 [3-6]. 금속 파티클은 수지에 따라 섞을 수 있는 양이 매우 제한적이고 분산제 등을 사용하여야 한다. 이는 수지의 점도가 최대한 낮아야 하는 조건이 따르기 때문이다. 또한 신터링 방법은 금속 등의 재질로 된 최종 구조물을 얻을 수 있지만 정밀도에 있어 부족하다.

현재 복합재 연구는 주로 강성, 열 특성, 전기적 특성, 마찰 특성 등에 관한 것이다. 예를 들어 Lungu[7] DEGDM(diamethacrylic monomer)에 cellulose triacetate, glass fiber, Al(OH)₃ powder, Kevlar pulp 와 같은 다양한 물질을 섞어 순수 수지보다 탄성 계수가 최대 500%까지 향상되는 결과를 발표하였다[7].

본 연구에서는 재료의 기계적 물성을 높이기 위해 물과 혼합하여 실리카를 생성할 수 있는 TEOS(tetraethyl orthosilicate)를 상용 수지와 혼합하여 연구를 진행하였다. 제공되는 수지는 탄성 영역이 넘어가면서 파손되는 취성의 성질을 가진다. 이는 민감한 변위를 요구하는 프루브와 같은 곳에 적용이 어렵다. 그러므로 강도를 유지하면서 변형

률을 높이는 것을 목적으로 한다. TEOS 는 물과 혼합하여 가수분해 과정과 중합 과정을 거쳐 실리카 파티클을 얻을 수 있다. TEOS 를 0 - 20 wt. %를 섞은 각각의 재료로 시편을 제작하여 인장시험을 실시하였다.

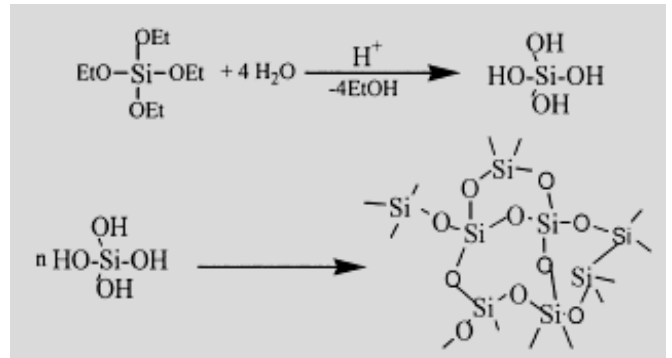


Fig. 1 The sol-gel reaction of TEOS leading to the siloxane bond formation

Table 1 Components of composite resin (g)

	TEOS	H2O	Ethanol	Silica
1 wt. %	0.5051	0.1746	0.4461	0.2336
3 wt. %	1.5464	0.5345	1.3658	0.7151
5wt. %	2.6316	0.9096	2.3242	1.2169
7 wt. %	3.7634	1.3008	3.3239	1.7403
10 wt. %	5.5556	1.9203	4.9068	2.5691
15 wt. %	8.8235	3.0498	7.7931	4.0802
20 wt. %	12.5000	4.3205	11.0401	5.7804

2. 재료 및 시편 제작

수지는 상용 수지인 SI40[®] 과 SOMOS11120[®]을 사용하였다. 재료의 강성을 높이기 위한 재료는 TEOS 를 혼합하였다. TEOS 는 기본 수지인 SI40[®]과 SOMOS11120[®] 각각 50g 에 0-20 wt.% 로 혼합하였다. 혼합 조건은 일정 온도 (약 80°C)에서 4h 동안 교반기를 사용하여 혼합하였다. 온도를 주는 이유는 TEOS 의 hydrolysis 과정에서 생성되는 끓는 점이 78.4°C인 에탄올을 제거하기 위함이다. TEOS 와 H₂O 를 혼합하여 silica 를 얻어내는 반응을 Fig. 1 에 나타내었으며, Table 1 에 TEOS 와 물이 혼합 될 때 생성되는 silica 양과 에탄올의 양을 나타내었다. TEOS 를 혼합할 시 SOMOS11120 의 15 wt. %가 넘는 경우 분산 상태가 좋지 못하고 상이 분리되었다. 이는 중합 반응에서 생성되는 에탄올이 잔류함에 따른 영향으로 보여진다.

TEOS 는 In-situ 법 중 sol-gel 법에 사용하는 무기 알콕시

화합물이다. 이는 수지와 물을 혼합하여 중합 반응과 실리카 파티클이 생성된다. In-situ 방법으로 실리카 파티클을 생성하면 주변의 수지 때문에 일정 이상 실리카 파티클이 성장할 수 없으므로 나노 사이즈를 얻을 수 있다. 생성된 소량의 나노 입자는 탄성을 및 내열 온도 등 고분자 재료의 물성을 향상 시킨다. 이러한 특성을 이용하여 수지와 세라믹을 섞었을 때의 향상된 기계적 물성을 얻을 수 있다 [8,9].

3. 실험 및 결과

시편 제작은 몰드를 사용하여 혼합 수지를 채운 뒤 약 2.5W의 UV light를 60min를 조사하였다. 그리고 몰드에서 분리한 뒤 후경화를 위해 충분히 조사하였다. 본 연구에서는 수지 경화를 위해 EXFO사에서 개발한 OmniCure® S2000 Mercury 램프를 사용하여 경화시켰다. 인장 시험기는 동원 에스엠사의 US204LCD®로 20mm/min의 속도로 시험하였다.

SOMOS1120® 수지에 대한 최대 인장 강도는 기본 수지에서 약 6Kg/mm²으로 측정되었다. SOMOS1120®은 TEOS의 비율이 증가함에 따라 Fig. 2와 같이 인장 강도가 급격히 감소함을 알 수 있었다. 그 이유로는 혼합비가 증가할수록 실리카의 양이 증가하지만 같이 생성되는 에탄올과 수지의 화학적 반응으로 인해 수지의 성질에 변화를 가져온 것으로 사료된다. 반면 Fig. 3과 같이 SI40®은 최대 인장 강도가 3wt. %일 때 8.65kg/mm²으로 측정되어 약간의 증가를 보였으며, 탄성 구간 내 변형률은 기본 수지의 약 70%정도 향상되었다.

4. 결론

본 연구를 통해 상용 수지(SI40®, SOMOS1120®)와 TEOS를 혼합한 수지의 기계적 강성 및 변형률을 테스트하였다. SI40의 3wt. %를 혼합한 수지의 최대 인장 강도가 약간의 증가를 나타내었으며 변형률은 약 70% 향상되었다. 이것은 마이크로 단위 구조물 생성에 있어 탄성 구간 내 변형률 이용한 구조물에 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.

앞으로 변형률을 증가시키면서 강성을 같이 높일 수 있는 연구와 내열성, 마모성 등의 성질에 대한 테스트를 실시하고 실제 마이크로광조형을 이용한 가공에 있어서 적절한 개선 사항에 대한 연구 등이 요구된다.

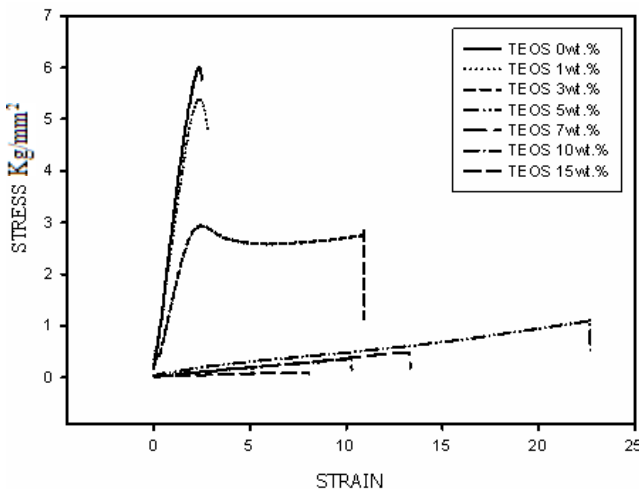


Fig. 2 Tensile test result of SOMOS1120®

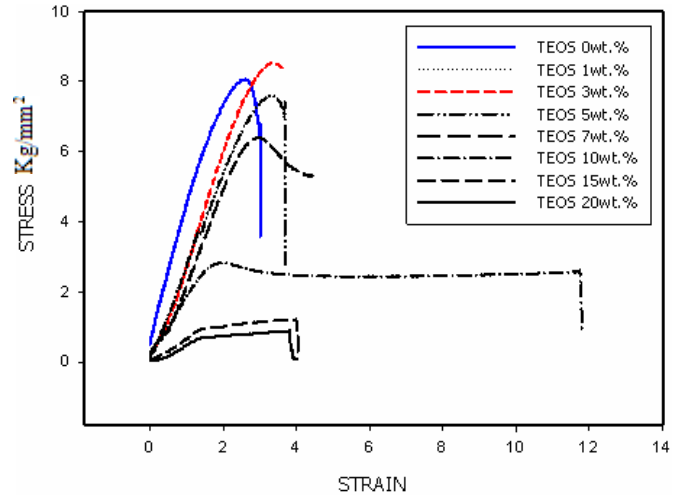


Fig. 3 Tensile test result of SI40®

후기

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2004-000-10507-0)지원으로 수행 되었음.

참고문헌

- Choi, J. W, Ha, Y. M., Lee, S. H., Choi, K. H., "Design of Microstereolithography System based on Dynamic Image Projection for Fabrication of Three-Dimensional Microstructures," Journal of Mechanical Science and Technology, 20, 12, 2006, Accepted for publication
- Choi, J. W, Ha, Y. M., Lee, S. H., Choi, K. H and Lee, S. H., "Fabrication of 3-Dimensional Microstructures using Dynamic Image Projection," Proceeding of the 1st International Conference on Precision Engineering and Micro/Nano Technology in Asia, Shenzhen, 472~476, 2005, China
- Hague, R., Mansour, S., Saleh, N., Harris, R., "Materials analysis of stereolithography resins for use in Rapid Manufacturing," Journal of Materials Science, 39, 2457-2464, 2004
- Cheag, C. M, Fuh, J. Y. H., Nee, A. Y. C., Lu, L., "Mechanical characteristics of fiber-filled photo-polymer used in stereolithography," Rapid prototyping Journal 5, 3, 112-119, 1999.
- Saleh, N., Hopkinson, N., Hague, R. J. M., and Wise, S., "Effects of electroplating on the mechanical properties of stereolithography and laser sintered part," Rapid prototyping Journal 10, 5, 305-315, 2004.
- Rong, M. Z., Zhang, M. Q., Zeng, H., Wetzel, B. and Friedrich, K., "Microstructure and tribological behavior of polymeric nanocomposites," Rapid prototyping Journal 53, 2, 72-77, 2001.
- Lungu, A., Mejiritski, A. and Neckers, D.C., "Solid state studies on the effect of fillers on the mechanical behaviour of photocured composites," Polymer, 39, 20, 4757-4763, 1998.
- Park, Y. W., Lee, D.S., "Mechanical and Thermal Properties of Ceramic-Modified Poly(amide imide)," Journal of Applied Polymer Science, 94, 1780-1788, 2004.
- Wahab, M. A., Kim, I., Ha, C. S., " Microstructure and properties of polyimide/poly(vinylsilsesquioxane) hybrid composite films," Polymer, 44, 16, 4705-4713, 2003.