

형상기억 고분자를 이용한 리벳 기술 개발

Development of a novel Riveting Method with Shape Memory Polymer

*김지석, #조규진, 고제성, 이준영

*J. S. Kim, #K. J. Cho(kjcho@snu.ac.kr), J. S. Koh, J. Y. Lee

서울대학교 기계항공공학부

Key words : Shape Memory Polymer, Blind Rivet, Assembly, Micro Robot

1. 서론

금속 재료의 링크와 관절로 이루어진 기존의 로봇과 달리 복잡해와 유연한 flexure 조인트로 이를 대신하는 소형 로봇의 경우, 서로 다른 부분을 결합하기 위해 기존의 결합 방법을 사용하는 것에는 한계가 따른다. 대표적인 기존 결합 방법인 볼트와 너트, 리벳, 핀, 스테이플러, 자석 등을 사용하는 경우 결합 부위의 무게가 지나치게 증가하거나, 결합 자체가 힘든 구조이거나, 결합력이 약하다는 이유 등으로 인해 소형 로봇의 결합 방법으로는 선호되지 않고 있다[1].

형상기억 고분자의 가장 큰 두 가지 성질은 유리전이 온도(T_g) 이상의 고무상태(rubbery state)에서 탄성계수가 급격히 낮아짐과 동시에 원래의 모양으로 되돌아가려는 성질(Shape Memory Effect)과, 원래의 모양 복구 이후 온도를 다시 낮추면(T_g 이하), 유리상태(glassy state)로 돌아와 탄성계수를 회복하는 성질이다[2]. 이러한 성질을 이용해 형상기억 고분자를 볼트 형태로 만들어 특정 온도 이상에서 기계 부품 자동 해체 시스템을 구성하는 기존 연구가 있었지만[3], 해체가 아닌 결합을 위한 형상기억 고분자의 사용은 시도된 바가 없었다.

형상기억 고분자를 결합을 위한 기계 요소로 사용한다면 가벼운 무게와 결합 및 해체 반복성은 보장되지만, 이 외에도 제조의 용이성, 사용의 편리성 및 원하는 결합력을 위한 요소 설계 등을 고려해야 한다.

제조의 용이성을 위해서는 열 압착기를 이용해 형상기억 고분자 판 형태를 레이저

가공하는 제조법이 사용되었다. 레이저 가공을 통해 원하는 형태의 기계 요소를 매우 작은 크기로 제작할 수 있었다.

사용의 편리성과 강한 결합력을 동시에 만족시키기 위해서 고안된 여러 가지 요소 디자인 중, 리벳 형태의 디자인이 선택되었다. 리벳 디자인은 연결하고자 하는 파트에 최소한의 구멍을 뚫어 결합이 가능하고, 결합 전 삽입을 위한 모양 형성이 가능하여 사용이 편리할 뿐 아니라 우수한 결합력을 보여 주었다.

본 논문에서는 형상기억 고분자 판을 리벳 형태로 레이저 가공하는 새로운 고분자 가공 및 응용을 통해 복잡재끼리의 결합에 작은 무게와 손쉬운 결합, 강한 결합력 및 결합 반복성을 확보할 수 있는 대안적인 방법을 제시한다.

2. 제작 방법

제작에 사용된 형상기억 고분자 재료는 일본의 DiAPLEX 社에서 구매한 펠릿(pellet) 형태의 열 가소성 수지(MM-5520)이다. 이를 주형 틀에 넣고 열 압착기로 성형을 하면 원하는 형태로 가공이 가능하다. 또한 압착기에 가해 주는 압력을 조절하여 결과물의 두께를 조절할 수도 있다.

형상기억 고분자를 0.6mm 의 판 형태로 제작하고 난 후에는, 스캐닝 속도 100 mm/s, 출력 2.7W, 가공 횟수 120 회의 조건으로 리벳 형태 고분자를 가공하였다.

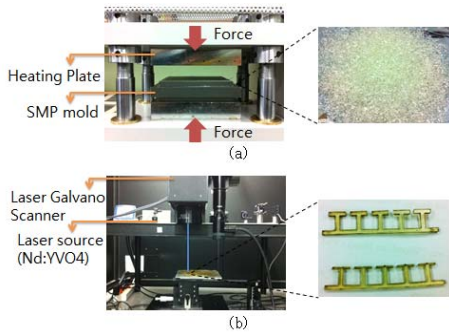


Fig. 1 Manufacturing process for SMP rivet (a) Molding SMP plate with a heating press machine (b) Cutting SMP plate into rivet shape with a laser machine

3. 결합 테스트

결합 테스트를 위해서 Fig. 2 와 같이 두께 0.6mm, 길이 5.8mm, 높이 1.5mm, 무게 4mg 의 형상기억 고분자 리벳을 제작하였다. 그림의 (a) 부분은 레이저 가공된 리벳을 온도를 높여 오므린 후 다시 온도를 낮추어 작은 구멍에 삽입하기 좋은 형태로 유리화(glassify)한 모습이다. 오므려진 상태로 연결하고자 하는 두 파트의 구멍에 집어 넣고, 열을 가하여 리벳을 원래 형태로 복구시켜 주면 고정이 완료된다. Fig. 3 에서와 같이 형상기억 고분자 리벳으로 고정된 한 쌍의 탄소 섬유 강화 플라스틱 판은 1kg 의 무게까지 견딜 수 있음을 확인하였다.

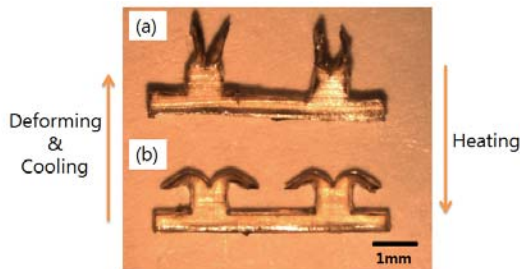


Fig. 2 Magnified view of the shape memory polymer rivet (a) Temporary fixed shape before insertion (b) After recovering its original shape

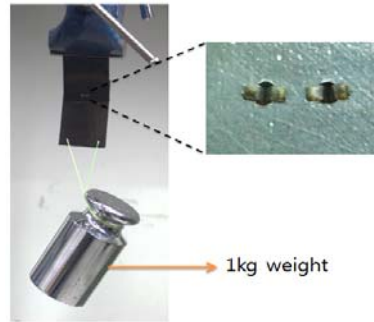


Fig. 3 Two carbon fiber reinforced plastic sheets assembled with shape memory polymer rivet.

4. 결론

본 연구에서는 형상기억 고분자를 재료로 하여 매우 작은 무게로 강한 결합력을 가지며, 손쉽게 결합할 수 있고 결합 반복성이 우수한 새로운 형태의 소형 로봇 파트 결합 방법이 제시되었다.

형상기억 고분자를 이용한 리벳 기술은 열을 가해 원래 형상을 복구시킴으로써 결합이 이루어지므로, 원통형 파트나 보이지 않는 결합부위를 연결하기 위한 블라인드 리벳으로도 활용될 수 있어 그 가치가 크다고 할 수 있을 것이다.

후기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부) 의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012-0000348).

참고문헌

1. A. G. Gillies and R. S. Fearing, "A micromolded connector for reconfigurable millirobots," Journal of Micromechanics and Microengineering, vol. 20, no. 10, p. 105011, Oct. 2010
2. M. Behl and A. Lendlein, "Shape-memory polymers," Materials Today, vol. 10, no. 4, pp. 20-28, Apr. 2007
3. J. D. Chiodo, E. H. Billett, and D. J. Harrison, "Preliminary investigations of active disassembly using shape memory polymers," Proceedings. EcoDesign, pp. 590-596, 1999