

T700 탄소섬유 적층 복합재 / 알루미늄 적용 하이브리드 경량 토크센서 연구

A Study on the Lightweight Torque Sensor made of T700 Carbon Fiber Laminate Composite / Aluminum

*전광우¹, 서갑호¹, 박용식¹, 윤성조¹, 박성호¹, 전정수¹

*K. W. Jeon¹, K. H. Seo¹, Y. S. Park¹, S. J. Yun¹, S. H. Park¹, J. S. Jeon¹

¹한국로봇융합연구원 실용기술연구본부

Key words : Carbon fiber laminate composite, Torque sensor, Hybrid, Lightweight

1. 서론

항공우주 및 방산분야의 대표적인 경량화 소재로 사용되는 탄소섬유 강화 복합재는 기존 금속재 대비 비강성 및 비강도 특성이 우수하며 설계자의 요구조건에 따라 강성 및 강도의 조절이 가능한 설계 유연성을 갖는다. 로봇분야의 경우 기구부 프레임등에 복합재로 적용을 통해 전체 시스템의 경량화를 추구하고 있다. 국내의 경우 복합재 샌드위치 패널을 적용한 로봇 프레임이 개발되었으며, LCD 유리기관 이송을 위한 로봇 손 개발이 수행되었다. 복합재 적용을 통한 로봇의 경량화는 시스템 자체의 자중을 감소시키는 효과와 더불어 고유진동수 및 감쇠계수 등의 진동특성, 충격 특성을 향상 시킬 수 있다.

로봇 시스템의 토크 제어시 사용되는 토크센서는 스트레인 게이지를 사용하여 트랜스듀서의 프레임에 발생한 변형을 전기적 신호로 변환하고 이를 제어에 활용하고 있다. 이러한 토크센서의 경우 로봇 시스템 구성에 있어 주요한 부품으로 인식되고 있으나 설계 및 제작이 정형화되어 있어 경량화에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 로봇 시스템의 경량화 효과를 극대화하기 위해 기존 금속재가 적용된 토크센서 트랜스듀서 프레임에 탄소섬유 복합재를 적용하고자 하였다.

2. 경량 토크센서의 개요 및 설계

토크센서는 탄성변형을 기반으로 하는 트랜스

듀서의 기구부 프레임에 접착식 스트레인 게이지를 부착하고 인가된 토크에 따라 발생하는 변형을 측정하는 방식이 사용되고 있다. 이때, 트랜스듀서의 기구부 프레임은 주로 알루미늄이 적용되고 있다.

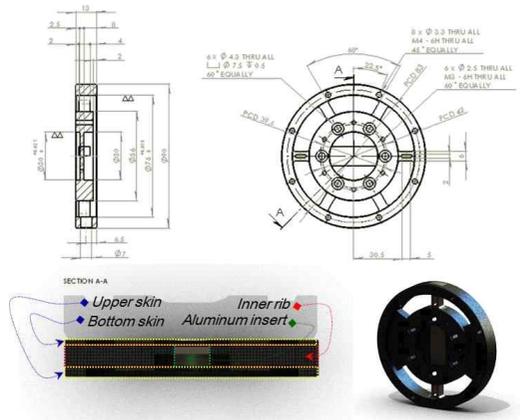


Fig. 1 Configurations of lightweight torque sensor

본 연구에서는 기존 알루미늄이 적용된 토크센서의 트랜스듀서 프레임의 경량화를 위해 T700 carbon fiber를 적용하여 설계 및 제작을 수행하였다. 이때, 접착식 스트레인 게이지가 부착되는 리브의 경우 신호의 정확성 및 선형성을 유지하기 위해 알루미늄 인서트를 적용하여 Carbon laminate composite / AL insert hybrid type으로 설계하였다. Fig. 1은 탄소섬유 복합재가 적용된 트랜스듀서 프레임의 형상을 보여준다. 이때, 금속재에 비해 평면에 발생하는 전단 강성이 비교적 낮은 복합재가 적용

됨을 감안하여 각 리브의 보강설계를 수행함으로써 기존과 동등한 수준의 강성 및 강도를 갖도록 하였다.

3. 경량 토크센서의 제작

탄소섬유를 적용한 트랜스듀서 프레임은 오토클레이브 공법을 사용하여 제작 하였으며 준등방성 (Quasi-isotropic) 재질의 특성을 갖도록 $[0^{\circ}/90^{\circ}/\pm 45^{\circ}]_n$ 의 적층정보에 따라 제작하였다. 사용된 탄소섬유 적층 복합체는 Toray社 T700계열의 원사를 소재로 하는 3K CF3327 Carbon fiber woven prepreg를 사용하였다. 이때, 하이브리드 타입이 적용된 토크센서의 경우 이종부재간의 접합부(composite / AL) 계면의 접착면에서 층간분리(delamination)이 발생하지 않도록 각 파트별 별도의 1차 성형을 수행하고 성형된 파트를 FM73 접착필름(adhesive film)을 사용하여 접착 후 2차 가공을 수행하였다. Fig 2의 a는 오토클레이브 공법에 사용된 온도 및 압력 이력곡선을 나타내며 b는 제작과정을 보여준다.

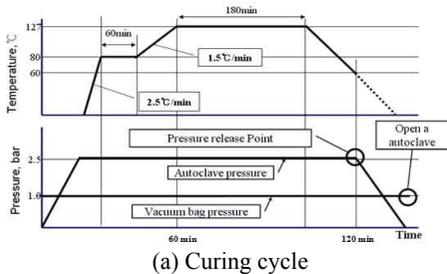


Fig. 2 Curing cycle and manufacturing procedures

제작된 경량 토크센서 프레임의 총 무게는 78g으로 측정되었으며, 이는 기존 알루미늄으로 제작된 토크센서 프레임의 무게인 135g보다 약 40%가량의 무게감소 효과가 나타남을 확인하였다. 제작된 경량 토크센서 프레임의 적층정보에 따른 방향별 강성을 계산하고 이를 Table 1에 정리하였다. 이때, 준등방성 재질특성을 갖도록 제작된 토크센서 프레임의 경우 면내의 각 방향별 강성이 동일하며 면내 전단강성의 경우 약 14.41GPa로 나타남을 확인하였다.

Table 1. Laminate engineering constants

T700 carbon fiber woven laminate composite		
E_L/E_T (GPa)	G_{LT} (GPa)	ν_{LT}
59.73	14.41	0.22

4. 결론

모터를 이용한 로봇 시스템의 제어시 사용되는 토크센서의 경량화를 위해 탄소섬유를 적용한 설계 및 제작을 수행하였다. 제작된 경량 토크센서 프레임은 기존 대비 약 40%이상의 중량감소 효과를 얻음을 확인하였다.

후기

This research was partially supported by Ministry of Knowledge Economy (MKE), Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) and Daekyung Leading Industry Office through the Leading Industry Development for Economic Region,

Ministry of Knowledge Economy (MKE), Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) and Biomedical IT Convergence Center.

참고문헌

1. 최기환, 한창우, 이상룡, “대면적 TFT-LCD 유리 기판 이송용 복합재료 로봇 손 개발에 관한 연구,” 대한기계학회지, 26, 1357~1365, 2002.
2. 김동기, 김중호, 권영하, “필름타입 힘센서를 이용한 토크센서 개발,” 한국정밀공학회 학술대회, 1061~1062, 2011.
3. 주진원, 나기수, 김갑순, “병렬관구조를 이용한 소형 6축 힘/토크센서의 설계 및 특성평가,” 대한기계학회지, 22, 352~364, 1998.