

필름타입 힘센서를 이용한 토크센서 개발 Development of Torque sensor using film type force sensor

*김동기¹, #김종호¹, 권영하²

*D. K. Kim, #J. H. Kim(jhkim@kriss.re.kr), Y. H. Kwon²

¹한국표준과학연구원 질량힘센터, ²경희대학교 기계공학과

Key words : Torque measurement, low cost torque sensor, film type force sensor

1. 서론

토크(Torque) 측정기술은 자동차, 조선, 로봇, 의료산업 등 거의 모든 산업분야에 필요한 측정기술이다. 일반적인 정적(static) 토크를 측정하기 위한 센서는 스트레인게이지(strain gage)를 이용한 토크센서가 가장 많이 사용되고 있다. 스트레인 게이지를 이용한 토크센서는 비교적 우수한 성능을 보이지만 게이지를 기구부에 부착하는 공정이 까다롭고, 제작단가가 비싸다는 단점이 있다. 또한 토크변화에 따른 게이지 저항의 변화량이 미세하여 S/B 비(signal to noise ratio)가 작기 때문에 별도의 고가의 증폭장치(amplifier)가 필요하고 노이즈에 취약하다.

본 연구에서는 제작 및 기구부에 부착이 용이하고 제작단가가 저렴하여 대량생산이 가능한 필름 형태의 단축 힘센서를 이용하여, 신호변화가 크고 별도의 증폭장치가 필요 없는 토크센서를 개발하고 정적 토크시험기를 이용하여 토크센서의 정적 하중성능을 평가하였다.

2. 설계 및 제작

Fig. 1 과 같이 토크센서를 설계하였다. 토크센서는 케이스 역할을 하는 guide chassis 와 base chassis, 외부에서 가해지는 토크를 센서에 전달하는 loading joint, 필름형태의 단축 힘센서(force sensor) 네 개와 각 센서에 부착된 폴리머범프(polymer bump)로 구성된다. Loading joint 에 시계방향 혹은 반 시계방향의 토크가 가해지면 네 개의 힘센서 중 대각선 방향에 위치한 두 개의 센서가 토크를 동시에 측정하는 구조를 가지고 있다.

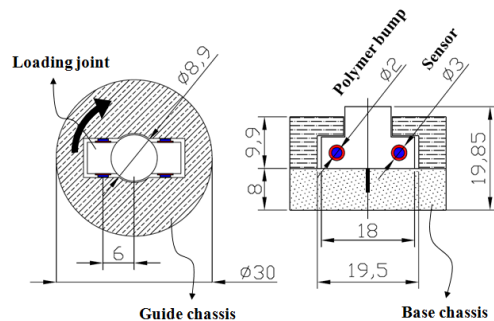


Fig. 1 Schematic design of low cost torque sensor

설계된 센서를 Fig. 2 와 같이 제작하였다. 센서는 유연한 폴리이미드 필름 기반의 FPCB(flexible printed circuit board) 위에 스크린 인쇄법으로 전극층과 저항층을 인쇄하여 네 개의 힘센서를 하나의 기판위에 제작하였다. 각 chassis 와 loading joint 는 anodizing aluminum 을 이용하여 가공하였다. 양면테이프를 이용해 제작된 센서를 loading joint 에 부착 후 두 개의 사시를 볼트로 체결하였다.

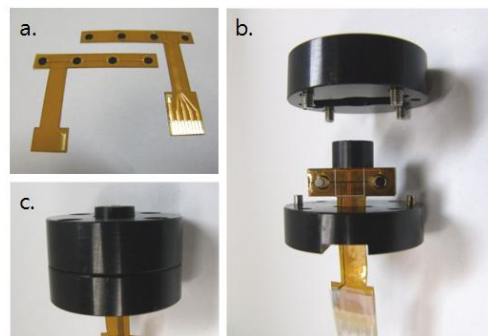


Fig. 2 Fabricated torque sensor apparatus: a. film type force sensor using polyimide film FPCB; b. divided torque sensor; c. combined torque sensor apparatus.

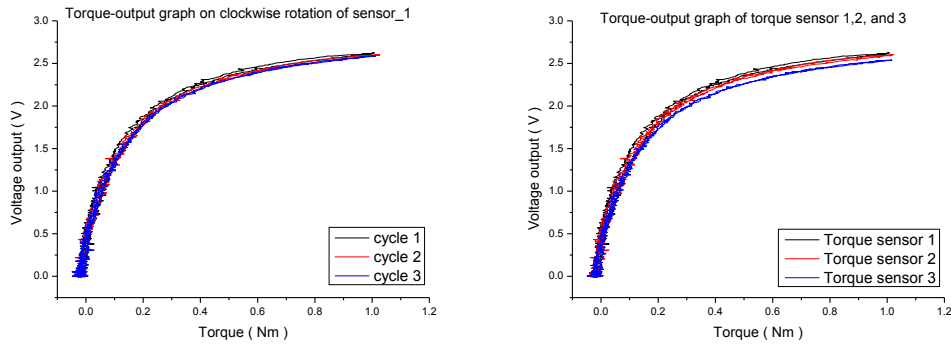


Fig. 4 Static torque test results according to test cycles of torque sensor 1, 2, and 3.

3. 평가 및 결과

센서의 특성을 정량적으로 평가하기 위해 Fig. 3 과 같은 정적토크 평가장치를 제작하였다. 평가장치는 정밀 다축셀(F_x, F_y, F_z, M_z)과 x, y, z 축 linear actuator, 회전력을 줄 수 있는 rotation actuator 를 이용하였다. 두 개의 jig 를 이용하여 제작된 토크센서를 스테이지와 다축셀에 연결하였다. 다축셀을 통해 불필요한 하중(F_x, F_y, F_z)이 가해지지 않도록 모니터링 하면서 다축셀, 토크센서, 스테이지가 정렬이 되도록 하였다. 정렬 후 rotation actuator 를 시계방향으로 10 deg/min 의 각속도로 회전을 주면서 0~1 Nm 의 하중을 인가 및 제거하며 토크센서의 신호를 측정하였다. 세 개의 토크센서를 시계방향과 반 시계방향으로 각각 3 회 동일한 조건으로 실험을 수행하고 그 결과를 Fig. 4 에 나타내었다. 측정된 토크센서의 정적하중 특성 hysteresis error, repeatability error, uniformity error 는 다음과 같이 나타났다. 최대 hysteresis error 는 1.151%, 동일 센서에서 동일 방향으로 3 회 회전력을 인가했을 때 최대 repeatability error 는 0.602%,

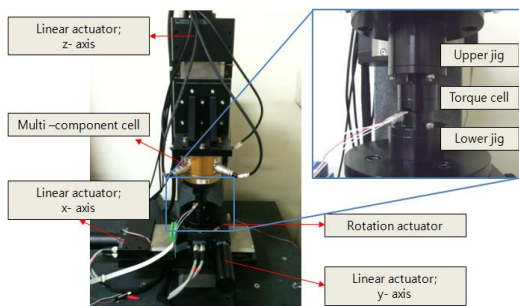


Fig. 3 Calibration set-up for static torque test

동일 센서에서 시계방향과 반 시계방향의 출력의 평균은 각각 2.52 V 와 2.61 V 로 약 0.09 V 의 오차가 있었다. 세 개의 토크센서의 결과를 비교한 최대 uniformity error 는 3.003 % 였다.

4. 결론

필름타입의 힘센서를 이용하여 토크센서를 개발하였다. 개발된 센서는 제작이 용이하여 제작단가가 낮을 뿐만 아니라 대량생산이 가능하다. 또한 센서의 신호변화가 커 S/B 비가 높으며 별도의 증폭장치가 필요 없다. 개발된 토크센서의 hysteresis error 와 uniformity error 는 각각 약 1.1%와 3.0%로 비교적 양호한 특성을 보였다. 반면 비선형성은 크게 측정되었는데 이는 센서의 반복성(0.6%)이 매우 좋기 때문에 커브피팅을 통하여 센서의 보정(calibration)을 수행하면 선형성을 상당 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 지식경제부 지원으로 수행하는 21 세기 프론티어 연구개발사업(인간기능 생활지원 지능로봇 기술개발사업)의 일환으로 수행되었습니다..

참고문헌

1. 권영하, 강대임, “동적 Torque 비접촉식 측정기술 개발”, KSRI-89-95-IR.1989.
2. 김종호, 권현준, 김동기, “힘센서를 이용한 6 축 힘센서 구조 및 그 구조에 의한 힘 및 모멘트 측정방법” 특허실용 등록번호 10-2009-0107283. 2009.