

# 최대 전단 응력 기반 e-Shift 구동 감속기의 구조 안정성 분석에 관한 연구

안 서 연<sup>1)</sup> · 고 동 신<sup>\*1)</sup>

고등기술연구원 기계융합시스템센터<sup>1)</sup>

## A Study on the Structural Stability Analysis of an e-Shift Drive Reducer Based on Maximum Shear Stress

Seoyeon Ahn<sup>1)</sup> · Dongshin Ko<sup>\*1)</sup>

*Mechanical Convergence System Center, Institute for Advanced Engineering<sup>1)</sup>*

**Key words** : e-shift (전자식 변속 장치), Finite element method(유한요소법), Maximum Shear Stress(최대 전단 응력), Reducer(감속기)

\* 교신저자, E-mail: dsko@iae.re.kr

본 연구는 미래형 전자식 변속 시스템의 핵심 기술인 e-Shift 구동 감속기의 구조적 안정성과 성능 고도화를 목적으로 하며, 최대 전단 응력을 고려한 정밀 구조해석을 통해 보급형 액추에이터의 설계 적합성을 분석하였다. 기존 DC 모터 기반 감속기와 BLDC 모터 기반 감속기의 비교 분석을 통해 모터 출력 토크, 감속비, 응력 분포, 안전율 등을 유한요소해석(FEA) 기법으로 평가하였다.

구조해석 결과, DC모터 감속기 기어는 대부분 항복강도 대비 50% 이하의 응력 수준을 보였으나, 기어 1의 경우 최대 허용 토크 8.4 N·m 수준에서 안전율이 1 이하로 감소하여 재질 변경 또는 설계 보완이 필요한 것으로 분석되었다. 반면, BLDC모터 감속기는 전체 기어셋에서 안전율 1 이상을 확보하였으며, 기어 4는 최대 토크 26 N·m에서도 안전율 1.6이 도출되었다.

또한, 웜기어 접촉면은 최대 전단 응력이 발생할 것으로 예상되는 부위에 대해 30 $\mu$ m 크기의 요소로 정밀 모델링되어 Tresca 이론을 기반으로 응력을 분석하였으며, 마찰계수 0.2를 고려한 경우에도 안전율 1 이상을 유지하였다. 특히, 유리섬유 강화율을 30%에서 50%로 변경 시 DC모터 기어의 안전율이 1.11~1.4까지 상승하여 구조적 보완책으로 유효함을 확인하였다.

본 연구는 e-Shift 시스템의 핵심 구성품인 감속기 기어셋에 대한 정밀 구조해석을 통해 고성능화를 위한 설계 방향을 제시하며, 향후 BLDC 기반 고정밀 저소음 액추에이터 개발에 대한 기술적 기초자료로 활용될 수 있다.

후기: 본 연구는 2025 년도 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원 연구비 지원에 의한 연구임(20026356, 글로벌 대응형 eShift 구동 부품 성능 고도화 기술개발)



Figure. 1 Maximum shear stress position and stress distribution of worm gear