

헬리컬 기어 쌍의 치형 오차를 고려한 대리모델 기반 다목적 강건 최적설계

임 동 우¹⁾, 박 용 식¹⁾, 박 민 혁¹⁾, 문 상 구¹⁾, 심 휴 태¹⁾

현대모비스¹⁾

Surrogate-assisted multi-objective robust optimization of helical gear pair considering manufacturing uncertainty due to profile error

Dongu Im¹⁾ · Yongsik Park¹⁾ · Minhyeok Park¹⁾ · Sanggoo Moon¹⁾ · Hyutae Sim¹⁾

Hyundai MOBIS¹⁾

Key words : Gear Optimization, Helical Gear, Surrogate Model, Transmission Error, Load-dependent Power Loss

교신저자, E-mail: 임동우, idongu@mobis.com

최근 들어 전기차 감속기의 내구성과 더불어 저소음화 및 고효율화에 대한 중요성이 커짐에 따라 이를 고려한 기어 쌍의 최적설계 연구가 활발히 진행되고 있다. 그중 기어 쌍의 전달오차와 부하 동력 손실은 각각 소음과 효율에 밀접한 영향을 갖는 대표적인 성능지표로 기어 제원과 치형오차에 의해 결정된다. 기어 등급에 따라 결정되는 치형오차는 기어 쌍의 하중 분배 특성에 영향을 미치게 되며 전달오차와 부하 동력 손실에 직접적인 영향을 미친다. 따라서, 실제 기어 쌍의 성능 개선을 기대하기 위해서는 기어 쌍의 매크로 및 마이크로 제원과 더불어 기어 등급에 따라 결정되는 치형오차를 고려한 강건 최적설계가 요구된다.

본 연구에서는 치형오차를 고려한 헬리컬 기어 쌍의 다목적 강건 최적설계 방법론을 제시한다. 성능 지표로 피크 투 피크 정적 전달 오차(PPTE)와 효율을 선정하였으며, 이를 위해 해석적 모델과 머신러닝 기반 탄성유체윤활(EHL) 솔버를 각각 활용하였다. 또한 치형오차에 따른 불확실성 공간 내 몬테카를로 해석을 가속화하기 위해 대리 모델(Surrogate Model)을 적용하였다. 대리모델 중 크리깅(Kriging) 기반의 몬테카를로 해석을 통해 평균 성능을 개선함과 동시에 치형오차에 대한 민감도를 현저히 저감시킬 수 있었다. ISO 6급 조건에서 결정론적 최적화 대비 PPTE 및 효율의 표준편차를 약 50% 감소시킬 수 있었다. 본 연구에서 제안한 방법론을 통해 기어 쌍의 평균 성능뿐만 아니라 치형오차에 대한 민감도를 함께 저감할 수 있을 것으로 기대된다.