

강과 Aramid/phenol 복합재로 구성된 자동차 변속기 기어의 진동소음 특성

김 현 웅^{*1)} · 김 상 현²⁾ · 이 수 정²⁾ · 김 현 준³⁾ · 임 채 홍³⁾ · 이 광 진²⁾ · 김 봉 준²⁾ · 김 철^{*1)}

경북대학교 기계공학부¹⁾ · 경창산업 중앙연구소²⁾ · 현대자동차 연구개발본부³⁾

NVH Characteristics of Automotive Transmission Gears Made of Steel and Aramid/phenol Composite

Hyunwoong Kim¹⁾ · Sanghyeon Kim²⁾ · Sujeong Lee²⁾ · Hyunjun Kim³⁾ · Chaehong Lim³⁾ · Kwangjin Michael Lee²⁾ · Bongjoon Kim²⁾ · Cheol Kim¹⁾

¹⁾Department of Mechanical Engineering, Kyungpook National University, 80 Daehak-ro, Book-gu, Daegu 41566, Korea

^{*2)}Central R&D, Kyung Chang Industrial Co., 6 Seongseo-ro 35-gil, Dalseo-gu, Daegu 42719, Korea

³⁾Hyundai Motor Company, 150 Hyundaienguso-ro, Namyang-eup, Hwaseong, Gyeonggi-do 18280, Korea

Abstract : Hybrid gears made of steel and fiber-reinforced polymeric composite material are recently attracting electric vehicle designers' attention due to their possible advantages such as lightweight and lessened transfer of noise and vibration for automotive transmissions. Composite material may be placed in-between the steel teeth and hub regions in the radial direction. The partial usage of polymeric composite material for a gear can reduce the transmissibility of vibration from teeth to the hub as well as the weight of the gear-train. Using the finite element and boundary element methods, vibration and noise analyses have been performed in order to calculate SPL (sound pressure level) for pure steel and hybrid gears, separately. At specified points of a tooth and a hub, the changes in SPL are computed and are compared to check how effective the polymeric composite region is. The reduction in SPL of the hybrid gear is observed by comparing to that of pure steel gear. To minimize weight and vibration of the hybrid gear, design optimization is applied by considering both vibrational characteristics and fatigue strength.

Key words : Composite gear(복합재 기어), Car transmission(변속기), Noise(소음), Vibration(진동), Kevlar/phenol (케블라/페놀 복합재)

1. 서 론

대부분의 섬유강화 고분자 복합재료들은 금속재료에 비해서 높은 비강도(strength-to-density ratio) 및 비강성(stiffness-to-density ratio)을 갖는 우수한 재료 특성을 보인다. 최근 확산되는 전기차는 무거운 배터리의 장착으로 동급의 내연기관 차보다 무게가 더 나가기 때문에 변속장치 기어의 경량화가 요구되고 있다.

복합재료 기어에 관한 연구는 매우 드물며, 최근 5년 이내에 관련 연구가 3편 발표되었다. Nitsch 등¹⁾은 미래 전기자동차 용 변속기의 기어를 강재와 플라스틱으로 제작했을 때 진동/소음의 감소여부를 해석하였다. Handschuh 등²⁻³⁾은 T700SC/epoxy 탄소 섬유강화 복합재료와 강재로 구성된 헬리콥터용 기어를 제작하여 진동특성을 실험적으로 평가하였다. 강재 기어에 비해서 하이브리드 기어의 진동특성이 전달 토크와 회전속도에 따라서 크게 변하는 것을 발견하였다.

본 연구에서는 긴 Kevlar 섬유가 불규칙적으로 배

* 김현웅, khu6102@naver.com, 김철, kimchul@knu.ac.kr

열되어(즉, 특정한 방향성이 없이) 페놀수지에 함침시켜서 고강도 기어용 새로운 복합재료를 개발하여 강과 복합재료 하이브리드 기어에 적용하였다. 기어 이(tooth) 부분과 중심의 허브(hub)는 기존의 강재로 되어 있고, 그 사이 부분은 적층된 Kevlar/phenol 복합소재로 제작되었다.

2. 기어의 동적 해석

Fig. 1과 같은 복합재료 하이브리드 헬리컬기어에 대하여 동적해석을 수행하였다. 진동 및 소음해석을 위해서 3D FEM 요소를 사용하여 기어를 모델링하였다. 이 기어는 치와 허브 부분은 강 SCr420HB으로 구성되었고, 중간 부분은 Kevlar/phenol 복합재료로 만들어 졌다. 사출성형을 통해서 미리 놓은 섬유에 페놀수지를 주입하고 경화시키는 일체성형을 적용하였다.

FEM 모델에 측정된 엔진토크를 가한 후 모달해석과 강제응답해석을 수행하였다. 이결과를 Virtual Lab BEM 모델에 적용하여 소음해석을 하였다.

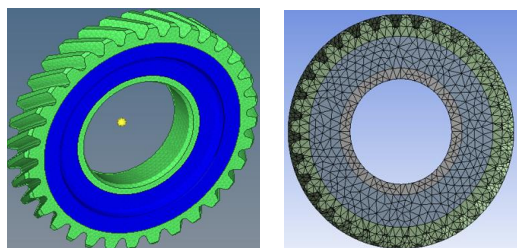


Fig. 1 FE model of the hybrid gear consisting of outer and inner steel and middle polymeric composite material

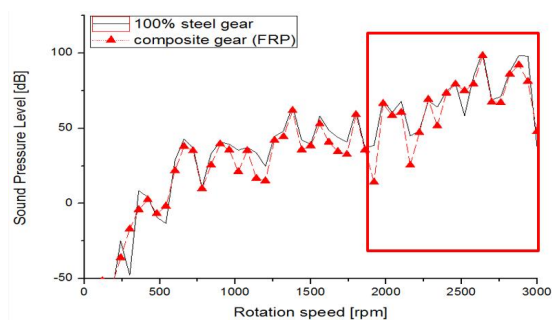


Fig. 2 SPL results from comparison between 100% steel and composite hybrid gears.

Fig. 2와 같이 관심 RPM 영역대에서 하이브리드 기어의 SPL이 100% 강 기어보다 낮아짐을 확인하였다. 이는 고분자 복합재료의 부분적 적용이 기어 치에서 중심 축으로 전달되어 베어링을 통해서 변속기 하우징으로 전달되는 진동의 감쇠에 효과가 있음을 입증하는 것이다. 또한, 하이브리드 기어의 최적의 반경방향 크기를 계산하기 위해서 설계최적화를 하여 Fig. 3과 같은 결과를 얻었다.

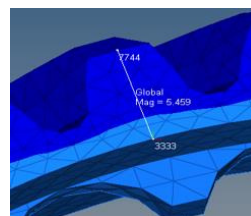


Fig. 3 The radial size of the polymeric composite resin in the hybrid gear after design optimization.

3. 결 론

고분자 복합재료와 강으로 구성된 헬리컬기어에 대한 FEM 진동소음해석 결과 치에서 중심축으로 전달되는 진동이 어느 정도 감쇠되어 차량 변속기에 적용가능함을 확인하였다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 광역협력권산업육성사업 (R&D, P0002124)으로 수행된 연구결과입니다.

References

- 1) C. Nitsch, B. R. Hohn, K. Stahl, M. Otto, M. Heider, and F. Vogler, "Prospects of Compound-Gears for e-Mobility Applications," Conference on Future Automotive Technology: Focus Electromobility, Munchen, March 18-19, 2013.
- 2) R. F. Handschuh, G.D. Roberts, R. R. Sinnamon, "Hybrid Gear Preliminary Results—Application of Composites to Dynamic Mechanical Components," NASA/TM-2012-217630.
- 3) R. F. Handschuh, K.E. LaBerge, S. DeLuca, and R. Pelagalli, "Vibration and Operational Characteristics of a Composite-Steel Hybrid Gear," NASA/TM-2014-216646.